

ESSAI
DE
GÉOGRAPHIE BOTANIQUE
DES
DISTRICTS LITTORAUX ET ALLUVIAUX
DE LA BELGIQUE
par JEAN MASSART ⁽¹⁾

AVANT-PROPOS

Un travail de géographie botanique, si modestes que soient ses tendances, ne peut plus se contenter de donner une énumération des plantes rencontrées dans une contrée déterminée en indiquant tout au plus dans quel genre de stations se rencontre chaque espèce. La liste qui représente l'inventaire de la flore n'est plus considérée que comme une première étape dans l'étude géobotanique; celle-ci ne sera complète que lorsqu'on aura réussi à définir les adaptations spéciales des plantes aux multiples conditions de milieu qui règlent la vie végétale dans la contrée étudiée. Ce n'est pas encore tout : connaissant les divers groupements de végé-

(1) Ce travail paraît aussi dans le tome XLIII du *Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*. Le texte est imprimé intégralement, mais le nombre des cartes, des diagrammes et des planches phototypiques est beaucoup réduit dans ce *Bulletin*.

taux et les raisons pour lesquelles telles espèces, et non telles autres, se rencontrent ensemble dans les mêmes stations, il s'agit de rechercher d'où viennent ces espèces : si elles sont nées sur place, si elles ont immigré en partant de régions voisines, ou si elles sont le reliquat d'une époque géologique antérieure.

Certes, il est difficile, sinon impossible, de remplir entièrement un programme aussi vaste et qui dans certaines de ses parties est encore assez vague. Aussi le présent travail n'a-t-il pas pour objet d'élucider tous les divers problèmes qui surgissent, mais de montrer comment d'autres, mieux préparés et disposant de plus de temps, pourraient réussir à faire l'étude géobotanique des districts qui nous occupent.

Ce travail comprendra successivement les parties suivantes :

Un exposé succinct de ce qu'on sait quant au passé géographique et géologique des districts littoraux et alluviaux ;

L'étude des conditions d'existence vis-à-vis desquelles les plantes doivent s'adapter, et des diverses associations d'espèces qui occupent le terrain ;

La comparaison des districts littoraux et alluviaux avec les autres districts de la Belgique, et avec les districts littoraux et alluviaux des pays voisins ;

Enfin, un exposé de nos recherches sur l'origine de la flore des dunes, des alluvions fluvio-marines et fluviales et des polders.

Au texte sont annexées des listes de plantes, des cartes, des diagrammes et des phototypies.

Les listes comprennent :

1° Une *liste géographique* indiquant les plantes qui ont été signalées dans les districts considérés, avec leur distribution géographique en Belgique et dans le reste de la Terre ;

2° Une *liste des associations* végétales des districts littoraux et alluviaux;

3° Une *liste éthologique* renseignant les principales adaptations des plantes étudiées.

Ces listes ont une pagination spéciale. La liste géographique est paginée avec l'indice *g*. La liste des associations est paginée avec l'indice *a*. La liste éthologique est paginée avec l'indice *e*.

*
* * *

Je suis heureux d'adresser ici mes remerciements cordiaux à tous ceux qui n'ont aidé dans mon travail : M. Durand, directeur du Jardin botanique; M. Rutot, conservateur au Musée d'histoire naturelle; M. J. Vincent, météorologiste à l'Observatoire; M. Grégoire, directeur *ad interim* de l'Institut chimique et bactériologique de Gembloux, m'ont fourni de précieux renseignements bibliographiques. — M. Bouly de Lesdain, M. C. Bommer, M^{me} Rousseau, M^{lle} C. Destrée et les regrettés A. Mansion, G. Lochenies et Delogne ont déterminé pour moi des lichens, des Champignons et des Bryophytes. Enfin, je dois aussi beaucoup de reconnaissance à ma femme, qui m'a aidé à dresser le tableau climatologique général.

CHAPITRE PREMIER.

LE PASSÉ DES DISTRICTS LITTORAUX ET ALLUVIAUX.

Le littoral belge et la plaine basse parcourue par l'Escaut et ses affluents inférieurs n'ont que depuis peu de temps l'aspect et la configuration que nous leur connaissons.

ÉPOQUE MIOCÈNE.

Si nous remontons jusqu'au temps où nous avons pour la première fois des données un peu précises sur l'état de la basse

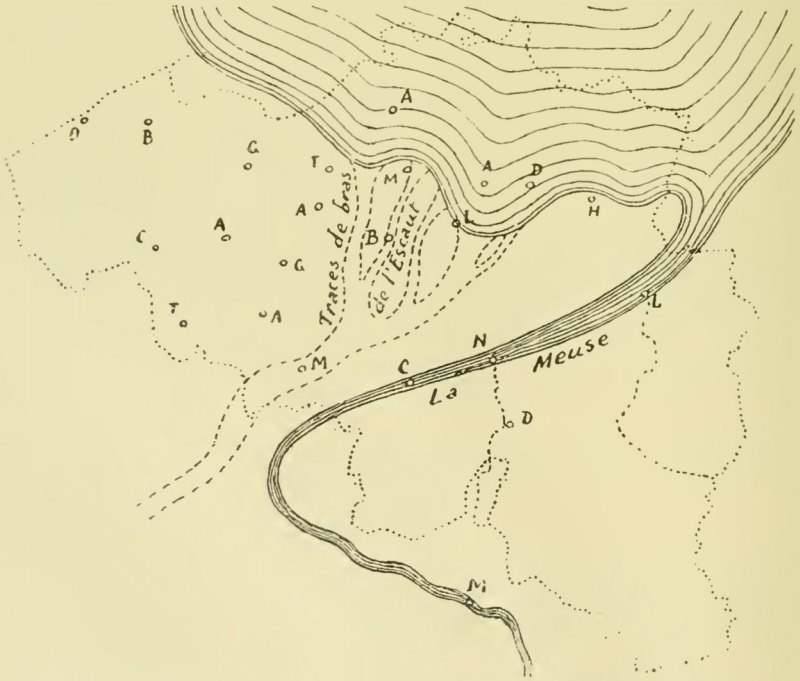


FIG. 1. — La Belgique à l'époque bolderienne, d'après M. RUTOT (1897).

Belgique actuelle, c'est-à-dire à l'époque bolderienne (fin du Miocène), nous voyons que la mer du Nord n'avait pas les mêmes limites que maintenant.

Elle s'étendait au NE. de notre pays et n'avait pas de communication avec la Manche; la Grande-Bretagne n'était pas séparée du continent européen ⁽¹⁾.

En ce temps, les districts étudiés (voir fig. 1) étaient presque entièrement continentaux; les rivières n'avaient pas encore leur

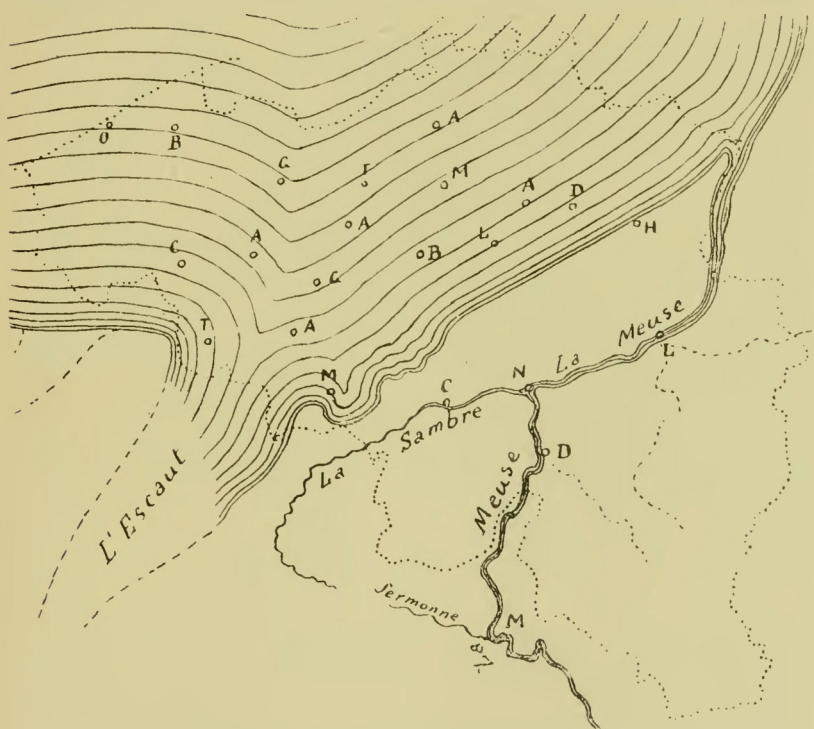


FIG. 2. — La Belgique pendant l'invasion diestienne maximum, d'après M. RUTOT (1897).

(1) Presque tous les détails relatifs à la basse Belgique, aux époques miocène, pliocène et pléistocène, sont empruntés aux intéressantes publications de M. RUTOT (1897, 1897-1898, 1903, 1906).

cours actuel; l'Escaut, assez mal délimité, se partageait en plusieurs bras (ont-ils été occupés simultanément ou successivement par les eaux du fleuve?), qui coulaient vers le N. ou le NNE.

ÉPOQUE PLIOCÈNE.

A l'époque diestienne (voir fig. 2), toute la basse Belgique et une partie de la moyenne Belgique sont envahies par la mer.

Puis, le sol s'exhaussa, refoulant de plus en plus la mer dies-

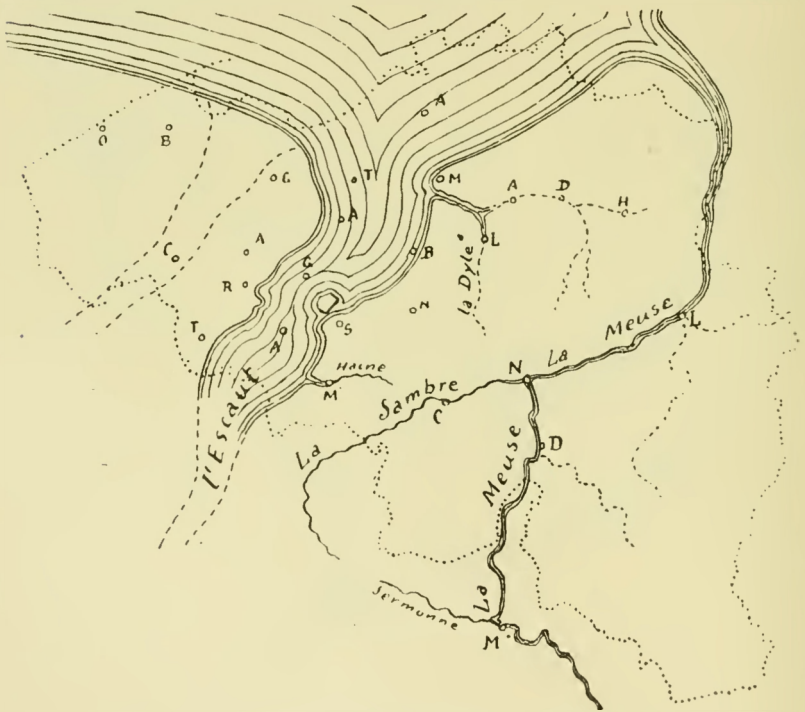


FIG. 3. — La Belgique vers la fin de l'époque diestienne, d'après M. Rutot (1897).!

tienne vers le N. (voir fig. 3). L'Escaut se jetait dans un large golfe qui pénétrait au loin dans les terres jusque au delà de la

frontière française. Sur le territoire mis à nu, des rivières creusèrent leur lit.

« Puisque depuis lors aucune mer ne s'est avancée aussi loin vers le Sud que la mer diestienne, les eaux douces ont toujours continué à s'écouler dans la même direction sur le territoire définitivement émergé, et cette persistance a amené le creusement des vallées de la moyenne et de la basse Belgique. Il en résulte donc ce premier point très important : *l'ébauche de la plupart des vallées de la moyenne et de la basse Belgique date de la fin de l'époque diestienne.* » (RUTOT, 1906, p. 24.)

Comme la pente générale du terrain était à cette époque inclinée vers le NNE., les rivières ont dû naturellement prendre cette direction; elles l'ont conservée à travers tout le Pleistocène et l'Holocène.

Il en résulte une curieuse discordance entre le cours actuel des rivières et la pente du terrain.

On pourrait dire que les rivières de la moyenne et de la basse Belgique coulent dans un lit « fossile ».

« Il n'est pas jusqu'aux toutes petites rivières de la région maritime, la Hames, la Hem, l'Aa ⁽¹⁾, l'Yser, la Waerdamme, etc., qui n'obéissent à la règle générale. Elles ne coulent pas, de leur origine à leur embouchure, en ligne droite, normalement à la côte, mais suivent, dans leur partie supérieure, un cours parallèle au littoral, avant de se diriger franchement vers la mer. — Il faut admettre que l'orientation commune de tous ces cours d'eau est bien, en effet, un héritage du passé .. » (CORNET, 1903-1904, p. M 262.)

ÉPOQUE PLÉISTOCÈNE OU QUATERNAIRE.

Moséen. A la fin du Pliocène, c'est-à-dire pendant la Poederlien et le Scaldisien, la pente générale du terrain était SN. Tout au début du Pleistocène, un mouvement du sol amena l'immersion de l'extrémité NE. du pays et la création d'un large golfe dans lequel débouchait la Meuse.

(1) Ces trois rivières sont en France. (Note de J. M.)

Pendant cette époque, appelée moséenne (fig. 4), l'Escaut coulait un peu à l'E. de sa position actuelle. A quelques kilomètres en amont de Gand, il se jetait dans une baie où débouchaient également la Lys, ainsi qu'un Rupel plus étendu que la rivière actuelle; ce Rupel ancien ne s'arrêtait pas à l'endroit où il se jette à présent

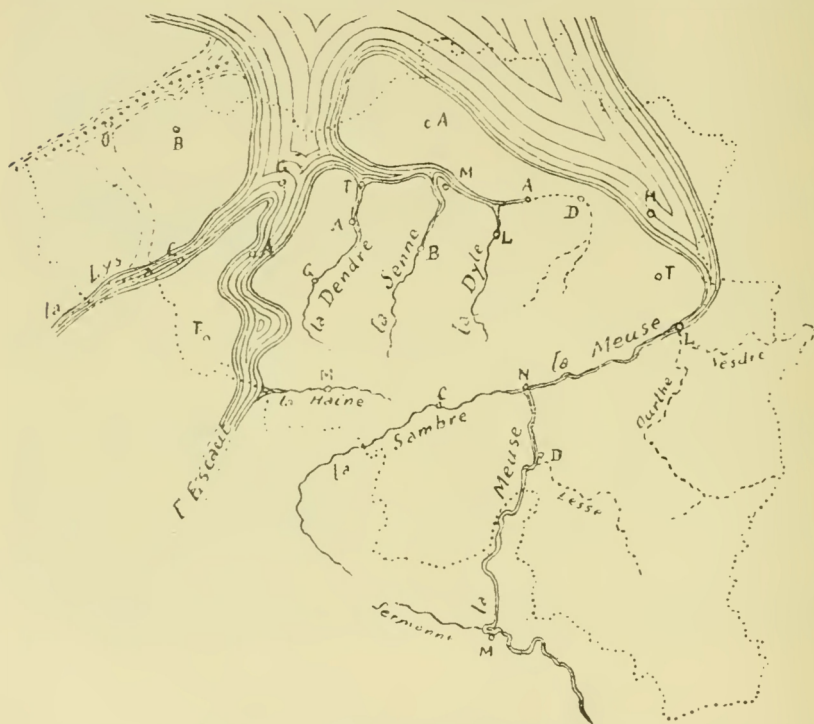


FIG. 4. — La Belgique pendant l'époque meséenne,
d'après M. RUTOT (1897).

dans l'Escaut, mais il continuait vers l'W., recevait la Dendre, et arrivait enfin à la mer. Quant à la Lys, elle avait à peu près la même direction qu'à présent. Peut-être détachait-elle un bras qui se dirigeait vers le NW. et qui allait confluer avec une autre rivière, venant du SW., des hauteurs de l'Artois.

Campinien. Un soulèvement s'est effectué vers le SE. du pays, et la pente générale est maintenant SE-NW. Le nord des provinces d'Anvers et de Flandre orientale est émergé (fig. 5). Le Rupel

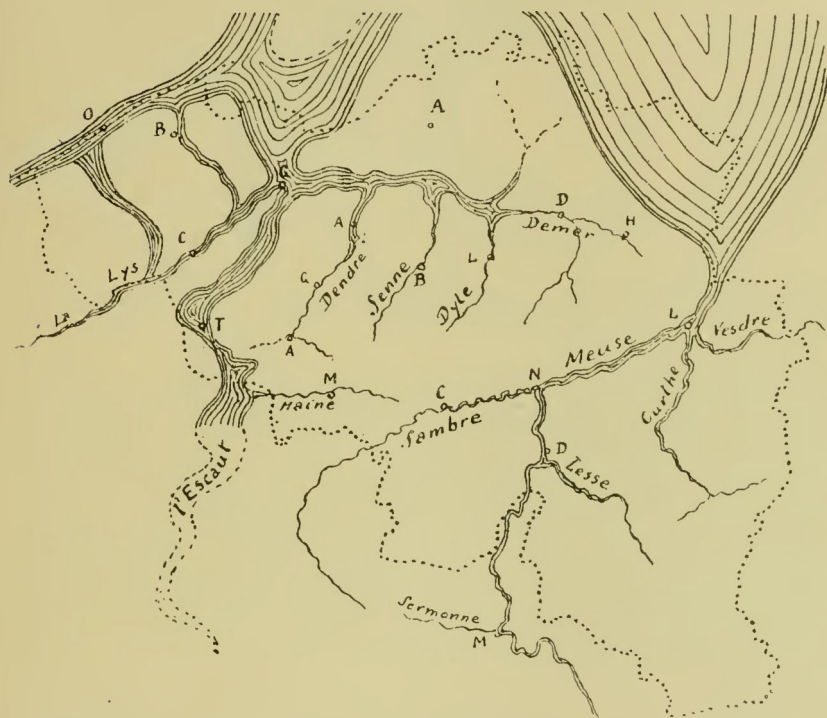


FIG. 5. — La Belgique vers la fin de l'époque campinienne.
d'après M. RUTOT (1897).

n'a guère changé. L'Escaut s'est encore un peu déplacé vers l'W. et occupe son lit actuel jusqu'à Gand. Il conflue ici avec le Rupel et la Lys et débouche dans un golfe. La Lys s'anastomose avec le fleuve descendant des collines de l'Artois. Ce fleuve passait à peu près sur l'emplacement de notre côte actuelle.

Pendant l'époque campinienne (vers sa fin?) un immense marécage se forma autour d'Anvers (fig. 6). Il contient des ossements



FIG. 6. — Le marécage campinien (dessiné sur une carte de la Belgique actuelle).
Le dessin m'a été communiqué par M. RUTOR.

des animaux de la faune du Mammouth. A Soignies, des tourbes semblables, remplies d'ossements de Mammouth et de *Rhinoceros tichorinus*, renferment en même temps des milliers d'Insectes, de coquilles et de débris végétaux. (RUTOR, 1906, p. 31.)

L'époque moséenne, et surtout l'époque campinienne, sont caractérisées par l'énergique creusement que les vallées ont subi. Cette érosion tenait sans doute en grande partie à ce que les pentes du terrain étaient plus accusées et que les rivières étaient par conséquent plus rapides.

Hesbayen. Il est caractérisé par un affaissement notable de toute la Belgique; en même temps, l'inclinaison du sol disparaissait. Cette disposition horizontale, à peine ondulée, du pays, concordait avec l'arrivée de masses énormes d'eau. Un régime de crues intenses s'établit. Presque toute la Belgique fut envahie par les eaux (fig. 7); la haute Campine anversoise et limbourgeoise et les plateaux élevés de l'Ardenne restèrent seuls émergés.

L'eau qui se répandait à la surface du sol était sans doute apportée par la Meuse et provenait de la fonte des glaciers des Vosges et des Alpes. (Voir carte 7, hors texte.)

Il est probable que la grande inondation hesbayenne était due en partie à ce que les eaux venant de l'Europe centrale allaient buter contre le front de l'immense glacier scandinave, qui s'étendait jusqu'au milieu de la Hollande. (RUTOR, 1906, p. 33.)

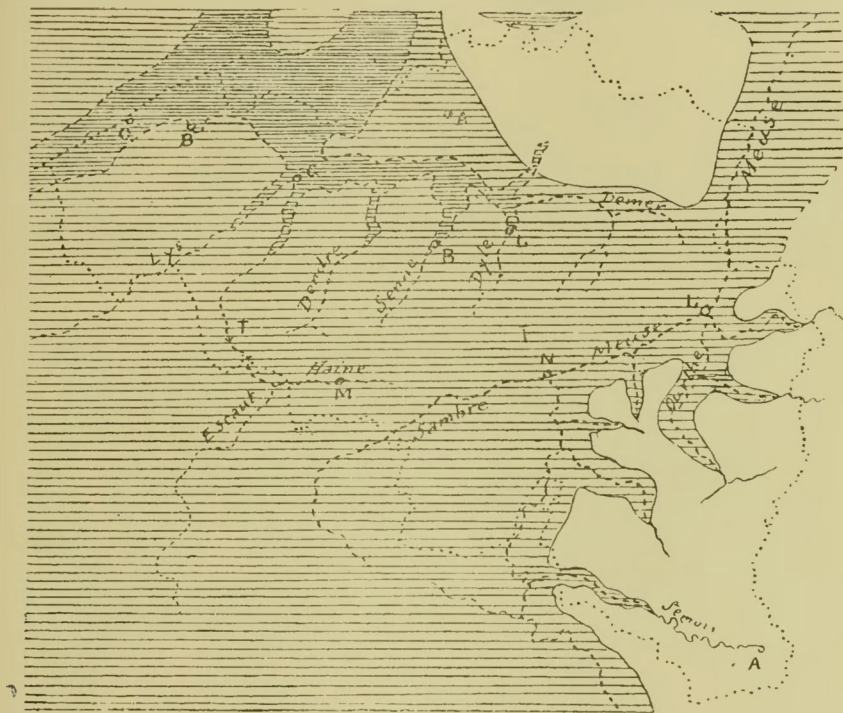


FIG. 7. — La Belgique pendant l'inondation hesbayenne, d'après M. RUTOR.

Brabantien. Lorsque les eaux hesbayennes se retirèrent, elles laissèrent sur le sol un limon gris, sur lequel se développa une végétation de tourbière. D'après M. PENCK, le SE. de l'Europe était à cette époque couvert par un steppe, c'est-à-dire par une végétation laissant à nu des étendues plus ou moins grandes de terrain. La flore était sans doute la même chez nous, tout au moins dans les endroits trop secs pour que la végétation marécageuse pût y

vivre. Lorsque le vent soufflait avec violence, il entamait le sol limoneux et soulevait des flots de poussières qui allaient s'abattre plus loin; ainsi s'est constitué un terrain limoneux à grains très fins, homogène, non stratifié, qui est le brabantien, analogue au « löss » éolien des géologues allemands.

Flandrien. Après cette période d'émersion, il y eut un nouvel affaissement notable du sol, amenant la mer sur toute la basse Belgique, et jusque dans les larges vallées des rivières : les Nèthes et leurs affluents, le Dèmer et ses affluents, la Dyle, la Senne, la Dendre, l'Escaut, la Haine, la Lys (fig. 8). Ça et là une île s'élevait au sein de la mer flandrienne, notamment au S. et à l'WSW. de

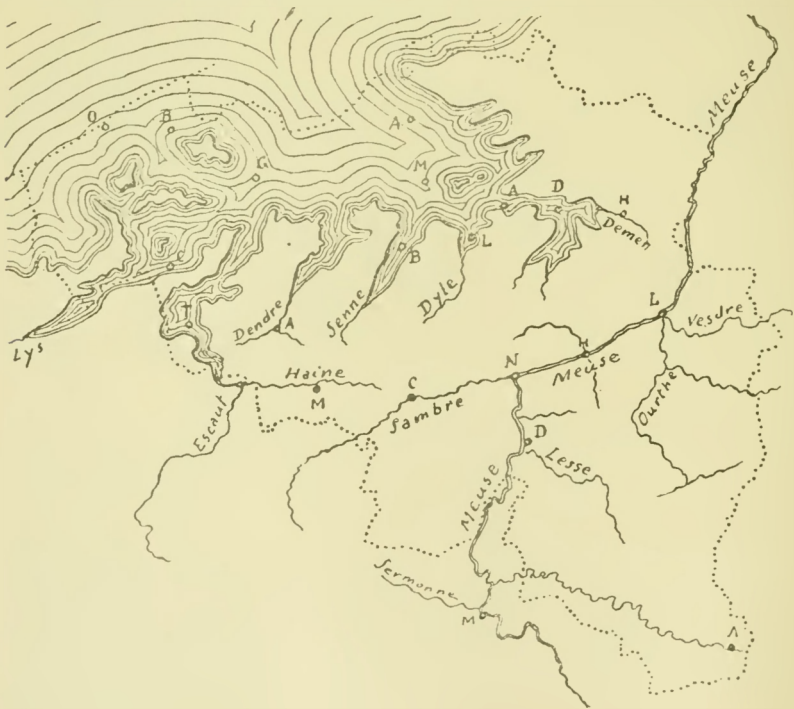


FIG. 8. — La Belgique au moment de l'extension maximum de la mer flandrienne, d'après M. RUTOT.

Bruges, et à l'E. de Malines. Les dépôts hesbayens étaient donc recouverts par les eaux marines sur une grande étendue. Les vagues et les courants remanièrent naturellement le limon qui occupait le fond de la mer : l'argile fut en grande partie enlevée, surtout dans les endroits où la mer flandrienne séjourna le plus longtemps, et il ne resta donc que du sable.

On voit sur la carte (fig. 8) que le littoral de la mer flandrienne avait une tout autre position que le littoral actuel. La mer flandrienne se prolonge vers le SW., alors qu'aux époques précédentes (voir les fig. 1 à 7) ce territoire était continental. Des collines de l'Artois descendait un fleuve dans la vallée duquel la mer flandrienne pénétra également, si bien que peu à peu la crête de l'Artois fut rongée. Un autre fleuve, coulant en sens inverse, se dirigeait de la crête vers la Manche; le même phénomène d'érosion s'y produisit. Finalement la barrière crayeuse réunissant les collines de l'Artois aux hauteurs du comté de Kent fut démolie par les eaux qui l'attaquaient des deux côtés à la fois : le Pas-de-Calais était creusé, mettant en communication la Manche et la mer du Nord, et séparant la Grande-Bretagne du continent.

Mais les eaux de la mer flandrienne durent bientôt reculer devant un nouvel exhaussement du pays. Sur le sol mis à nu, les rivières reprirent en partie leur cours ancien : les vallées avaient été plus ou moins bien conservées sur le fond de la mer flandrienne, et les eaux fluviales retrouvèrent leur lit primitif. Il s'était pourtant produit une modification importante au N. de Gand. Deux barres sableuses s'étaient dressées en travers de l'ancien golfe de Gand, L'une à 2 ou 3 kilomètres seulement au N. de l'emplacement de la ville, l'autre s'étendant environ d'Eecloo à Selzaete. La première eut pour effet d'arrêter l'Escaut. Celui-ci ne put plus couler directement vers le N.; il s'infléchit vers l'E. et se logea dans la vallée par laquelle le Rupel débouchait jadis dans le golfe de Gand. Par de larges méandres, l'Escaut, refoulant le Rupel, atteignit Rupelmonde, le point de confluence actuel des deux rivières, et d'ici la masse des eaux se fraya un nouveau passage vers le N. (voir carte 1 [hors texte]) : le lit Rupelmonde-Anvers-Santvliet (frontière hollandaise) était enfin creusé. Par où le fleuve passait, en aval de Santvliet, nous le verrons plus loin (p. 188).

Que devenait pendant ce temps la Lys, l'autre grande rivière qui se jetait jadis dans le golfe de Gand? D'après M. RUTOR (1897, 1, p. 60), cette rivière ne recreusa son ancien lit que jusqu'à Deynze; de là elle se dirigea vers le NW. Elle occupait ici le lit de la Vieille-Caele (voir carte 1 [hors texte]). Elle arriva ainsi au Moervaert, devant le plus septentrional des deux seuils qui obstruaient l'ancien golfe. Les eaux s'épanchèrent en un large lac, puis elles se créèrent une issue vers l'E. par la Durme actuelle. La carte 1 (hors texte) montre nettement quel aurait été ce trajet : il est jalonné sur toute sa longueur par des polders.

Plus tard, la rivière réussit à se creuser un cours des plus tortueux à travers les sables flandriens au NE. de Deynze : elle put ainsi rejoindre l'Escaut à Gand; à partir de ce moment, elle abandonna son ancien lit.

Cette manière de voir, qui avait déjà été défendue par M. VAN WERVEKE en 1892, paraît tout à fait plausible. Pourtant M. RUTOR (1897, 1, p. 61) émet l'hypothèse qu'il faudrait plutôt voir dans la Vieille-Caele continuée par le Moervaert et la Durme, le lit ancien de la Mandel, qui est actuellement un affluent de la Lys.

Quelle que soit la vérité au sujet de ce dernier détail, un fait général se dégage de toutes les études faites sur le cours des anciennes rivières de la plaine flamande. Aussi bien les auteurs que nous venons de citer que M. VAN OVERLOOP et M. VERSTRAETE sont d'accord pour admettre que les rivières ont beaucoup modifié leur cours depuis le retrait de la mer flandrienne.

Ajoutons que la plupart des anciens lits de rivières sont occupés à présent par des polders; c'est précisément ce point qui nous intéresse plus particulièrement et qui nous a engagé à donner quelques indications sur les vicissitudes de ces rivières.

. . .

Climat des périodes pleistocènes. Avant de continuer cette étude et de rechercher quels changements se sont effectués dans la configuration de la côte et de la plaine alluviale pendant l'Holocène, revenons un instant en arrière et demandons-nous quel était le climat qui régnait sur la Belgique pendant les diverses périodes

TABLEAU

*résumant la comparaison de la série glaciaire de M. PENCK
et des dépôts correspondants en Belgique, par M. RUTOT.*

GLACIAIRE DANS LE SE. DE L'EUROPE.		EN BELGIQUE.	
Époques.	Végétation.	Dépôts et végétation.	Époques.
Temps actuels. (Holocène.)	Forêts.	Forêts.	Temps actuels. (Holocène.)
		Grand développement des tourbières.	
Glaciation de Wurm.	Forêt. ? Toundra. Forêt? Toundra.	Sables, limons et argiles.	Flandrien.
3 ^e interglaciaire.	Steppe.	Limon éolien.	Brabantien.
	Forêt.	Limon, gravier, tourbe.	Hesbayen.
Glaciation de Riss.	Toundra.	Limon.	
		Tourbières de la basse Belgique.	Campinien.
2 ^e interglaciaire.	Steppe.	Sables, graviers.	
	Forêt.	Cailloutis.	Moséen.
Glaciation de Mindel.	Toundra.	Cailloutis, sables, glaise.	
1 ^{er} interglaciaire.	Steppe? Toundra?	Cailloutis, sables, glaise.	Pliocène supérieur.
Glaciation de Guenz.	Toundra.	Sables, glaise.	

que nous avons parcourues jusqu'ici. Cette question se posera de nouveau lorsque nous essaierons de démêler les origines variées de la flore littorale et alluviale; qu'il nous suffise à présent de mettre sous les yeux du lecteur une réduction du tableau (voir p. 181), dressé par M. RUTOT (1906), qui indique le synchronisme entre les périodes glaciaires et interglaciaires successives, admises par M. PENCK, et les périodes pleistocènes de notre pays.

ÉPOQUE HOLOCÈNE OU MODERNE.

Période des tourbières. Nous voici arrivés à l'aurore des temps historiques.

La mer a quitté le sol de la Flandre; celle-ci est sillonnée par des rivières qui sont sensiblement les mêmes que celles d'aujourd'hui. Le pays a une pente très faible; les eaux s'évacuent lentement et difficilement; de grands marais se forment au fur et à mesure du retrait de la mer flandrienne.

Sur la terre basse, gorgée d'eau, s'installe une végétation marécageuse, composée d'*Alnus glutinosa* (Aune), *Betula alba* (Bouleau), *Quercus pedunculata* (Chêne), *Pinus sylvestris*, *Myrica Gale*, *Scirpus lacustris*, *Sphagnum*, etc. Cette flore nous est assez bien connue; on la retrouve plus ou moins bien conservée dans les tourbières qui sont exploitées en divers points du littoral et de la plaine alluviale (voir phot. 139 à 141). Nous y reviendrons dans le chapitre relatif à l'origine de la flore littorale; pour le moment, faisons seulement remarquer que ces tourbières dépassent la plage actuelle, et qu'elles affleurent au fond de la mer du Nord; c'est de là que les tempêtes détachent d'énormes blocs de tourbe et les amènent sur la plage, surtout aux environs de Heyst et de Knocke (voir phot. 13).

Cette végétation n'était pas limitée à la bordure littorale. Elle couvrait également toute la Flandre, et on la retrouve sous les couches argileuses déposées par l'Escaut et ses affluents. La carte géologique de la Belgique renseigne la tourbe en de très nombreux points, sous les alluvions fluviales. Le 12 mars 1906, une brèche

survenue dans la digue du Polder « Den Esch » (voir phot. 130, 131), entre Tamise et Thielrode, a provoqué un affouillement profond qui a mis à nu les couches de tourbe et qui en a même soulevé de gros blocs. J'ai pu reconnaître dans ceux-ci des troncs de Bouleau (*Betula alba*), d'Aune (*Alnus glutinosa*), de Chêne (*Quercus*). Les observations faites par M. MOURLON montrent que cette couche de tourbe occupe la même position stratigraphique que celle du littoral : entre le Flandrien et l'argile inférieure des polders.

Les restes des végétaux habitant les marécages de la Flandre avant l'époque historique et pendant l'occupation romaine ne nous ont été conservés que dans les endroits où ils étaient soustraits à l'oxydation par une couche imperméable d'argile. Tout nous fait supposer que le sol flandrien était partout couvert de marécages. Mais la culture a envahi de plus en plus complètement la surface des sables flandriens : les marais ont été drainés, les bruyères ont été défrichées; la végétation indigène ne s'est plus maintenue que dans un petit nombre d'endroits.

Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre relatif à l'origine de la flore littorale.

Affaissement du littoral et dépôt de l'alluvion marine inférieure. La présence de ces tourbières sous-marines, dans lesquelles on reconnaît facilement les espèces citées plus haut, indique que la terre ferme a été plus étendue qu'elle ne l'est maintenant, et qu'au début de l'époque holocène les eaux de la mer s'étaient retirées au delà de la côte actuelle, laissant émergée une partie du fond de la mer du Nord; sur ces terrains s'installa une flore marécageuse identique à celle des endroits qui sont encore aujourd'hui continentaux.

Après l'ère de soulèvement qui amena l'évacuation de la mer flandrienne, il y eut un nouvel affaissement du littoral belge. A quel moment commença-t-il? Il serait impossible de le dire. Lorsque les légions de César arrivèrent dans le pays des Ménapiens et des Morins, c'est-à-dire dans ce qui est maintenant la plaine maritime, elles ne rencontrèrent que des bois et des marais. Il ne fut pas facile d'y poursuivre et d'y réduire à l'obéissance les Ména-

piens et les Morins ⁽¹⁾. Le mouvement de recul de la terre ferme avait-il déjà débuté? Y avait-il des dunes le long de la plage? Certaines portions de la forêt marécageuse étaient-elles déjà inondées à marée haute? César n'en dit rien; seulement il ne faut pas oublier qu'il n'attachait aucune importance à des détails de géographie ⁽²⁾. Strabon nous a laissé quelques renseignements plus circonstanciés. « Les Ménapiens, dit-il, habitent de petites îles dans les marais. Ils avaient là, dans les pluies, des refuges assurés; mais en temps sec, on les y prenait aisément. » (Cité d'après BLANCHARD, pp. 143-144.)

Peut-être la lente immersion de la côte sous les flots de la mer avait-elle déjà commencé à l'époque de César; mais elle n'avait certainement atteint que la bordure extrême du continent, située en dehors de la côte actuelle: en effet, dans les couches superficielles de la tourbe, on a trouvé en beaucoup d'endroits des monnaies datant des trois premiers siècles de notre ère, jusqu'à Constantin (mort en 337). Vers l'an 400, Marck (près de Calais) n'était pas encore inondé. M. BLANCHARD, à qui j'emprunte ces détails (p. 143), ajoute: « C'est l'époque où les peuples germaniques envahissent la Flandre et s'y établissent; or, ils n'ont pas laissé trace de leur présence sur la tourbe, ce qui donne à croire qu'ils ont trouvé la plaine inondée. L'invasion marine se serait donc avancée sur les plaines au cours des premières années du V^e siècle, en même temps que l'invasion germanique prenait possession des vallées de la Lys et de l'Escaut; le désarroi était complet, et l'on s'explique que personne n'en ait parlé ».

Ce qui prouve encore mieux que la mer n'avait pas atteint notre plage actuelle pendant l'époque romaine, c'est la découverte d'éta-

(1) Voici les citations, d'après BLANCHARD, p. 143. *Continentes silvas ac paludes habebant.* (DE BELLO GALLICO, III, cap. XXVIII, 2.) *Perpetuis paludibus silvisque muniti.* (IBID., VI, cap. V, 4.) *In sylvas paludesque confugiunt* (IBID.)

(2) Il a, par exemple, décrit d'une façon si imparfaite l'emplacement de *Portus Itius*, où il s'est embarqué pour l'Angleterre, que les géographes n'ont pas encore réussi à déterminer avec certitude la situation de ce point.

blissements gallo-romains au delà de la ligne des dunes qui bordent maintenant le rivage. M. RUTOR (1903, p. 5 du tiré à part) a reconnu, à marée basse, entre Middelkerke et Ostende, « l'emplacement d'une large station préromaine, à laquelle avait succédé une station belgo-romaine, qui furent recouvertes par l'alluvion marine ».

Non loin de là, presque en face des feux de Raversyde, le même infatigable chercheur a découvert, à l'extrême limite de la marée basse, « les restes d'un village du haut moyen âge. On y reconnaît des chemins ou des rues, des alignements de pilotis... » (RUTOR, 1903, p. 12 du tiré à part).

En face de Mariakerke-village, il y a également des traces de l'occupation humaine. (RUTOR, 1903, p. 13 du tiré à part.)

Ces quelques indications suffiront à montrer que l'inondation ne s'est pas opérée partout en même temps. Il faut d'ailleurs bien se rendre compte de ce que pendant cette période d'affaissement, le rivage de Belgique n'avait pas l'allure rectiligne qu'il affecte à présent. Le sol de la Flandre, c'est-à-dire le fond de la ci-devant mer flamandienne, n'était pas strictement horizontal ; il avait sans doute, dans les régions maintenant immergées, la même configuration, un peu bosselée, que dans les parties continentales. Or, il est évident que la mer entraînait plus profondément dans les creux du terrain, tandis que des endroits en relief formaient le long de la côte des caps et des presqu'îles.

L'inondation ne se poursuivait pas d'une manière continue et progressive ; divers indices montrent qu'elle procédait par à-coups, qui correspondaient sans doute à des tempêtes survenant lors des équinoxes. Il arriva, par exemple, que des marécages, où la mer avait fait irruption, furent plus tard abandonnés par les eaux salées et qu'une nouvelle végétation d'eau douce s'y installa, jusqu'au moment où la mer prit définitivement possession du terrain. C'est ainsi qu'on s'explique la présence de couches de sable plus ou moins argileux intercalées dans la couche de tourbe. M. DEBRAY a également signalé des phénomènes du même genre, dans la plaine littorale de la Flandre française, notamment à Bois-en-Ardres.

Partout où la mer atteignait le marécage boisé, elle tuait la

végétation : les arbres, les herbes, les Mousses, incapables de supporter le contact de l'eau salée, mouraient et se transformaient en tourbe.

Mais la mer amenait de nouveaux sédiments. Les dépôts consistent généralement, vers l'Est, « en une infinité de fines alternances de sable gris, fin, et d'argile sableuse..... Vers l'Ouest, l'argile disparaît plus ou moins et l'alluvion marine se compose principalement de sable fin, meuble, blanc jaunâtre, rempli de coquilles marines ». (RUTOT, 1903, pp. 4, 5 du tiré à part.)

Argile inférieure des polders. Sur la couche de débris provenant des plantes tuées par l'eau salée, ne se déposèrent pas seulement les sables amenés lors des tempêtes. Les multiples rivières qui se jetaient dans la mer du Nord, étalaient leurs eaux à marée haute à la surface des terrains progressivement envahis et y abandonnaient leurs sédiments les plus fins, les seuls que la lenteur de leurs cours leur permettait de tenir en suspension. Ces sédiments argileux constituent l'argile inférieure des polders.

Il y avait donc le long du rivage une bande de pays, large d'une vingtaine de kilomètres, qui était deux fois par jour inondée par la marée haute. Il n'y a plus en Belgique de région où l'on puisse se rendre compte de l'aspect que devait avoir cette vaste plaine. Elle présentait sans doute, sur une très grande échelle, l'apparence des schorres et des slikkes actuelles, c'est-à-dire des quelques points où le dépôt d'argile fluvio-marine s'opère encore sous nos yeux (voir p. 202). Les alluvions vaseuses des wadden de la Frise, donnent une idée de ce qu'était le district littoral de la Belgique pendant les premiers siècles du moyen âge.

L'abaissement du niveau de la terre par rapport à celui de la mer du Nord n'affectait pas uniquement le littoral. Au fur et à mesure que la côte s'enfonçait sous les flots, les rivières sortaient de leur lit dans la portion inférieure de leur cours, et les marées remontaient de plus en plus haut, arrêtant la descente des eaux vers la mer. Deux fois par jour, une large nappe s'épanouissait sur les terres basses bordant l'Yser, l'Escaut, le Rupel et ses affluents, la Dendre, la Lys.... et déposaient par-dessus les végétaux asphyxiés et trans-

formés en tourbe, des couches d'alluvions argileuses ou limoneuses.

Il est facile de définir jusqu'où s'étendirent les inondations pol-dériennes : l'argile qu'elles ont abandonné indique exactement quelles étaient leurs limites.

Cà et là une île surgissait du sein de la nappe d'eau saumâtre. La carte géologique de la Belgique au 40,000^e (planchette de Nieuport-Leke) en indique une au S.E. d'Ostende, à Zevecote. On sait aussi qu'il y en avait une autre qui est maintenant enclavée, dans les dunes littorales, à cheval sur la frontière française. Sur cette dernière, les habitants de la région voisine se rendaient anciennement pour manger des Mollusques (*Cardium edule*), qui étaient sans doute abondants dans la vase; les valves dépareillées de leurs coquilles forment un kjökkenmödding où l'on a retrouvé beaucoup d'objets de l'industrie humaine : poteries, armes, bijoux, médailles, etc., montrant que cette éminence était déjà fréquentée à l'époque de la pierre polie et qu'elle le fut jusqu'au VI^e siècle.

Les hommes, séduits par la fertilité de l'argile déposée par les eaux fluviomarines, y amenèrent bientôt leurs troupeaux. Pour se garantir des inondations lors des fortes marées, ils élevèrent des monticules dépassant de plusieurs mètres les hautes eaux. Ces monticules sont fréquents en Zélande et en Frise; ils portent le nom de terp (pl. *terpen*). Ils reposent en général directement sur la tourbe (voir BEEKMAN, p. 39). Un campement du même genre a été découvert à Vlisseghem par M. RUTOT (1903, p. 8 du tiré à part.)

Il est fort intéressant d'examiner les cartes qui ont été dressées pour donner une idée de la géographie de notre plaine maritime et alluviale pendant le moyen âge. Elles ne visent évidemment pas à une grande exactitude, puisque les documents graphiques font défaut; mais toutes sont d'accord pour montrer que les limites de la terre ferme, de la région inondée à marée haute, et des eaux, étaient très différentes de ce qu'elles sont maintenant.

La figure 9, empruntée à DE HOON, montre que la terre s'étendait au delà de la côte actuelle. Vers l'endroit où se trouve maintenant le Hont, le bras de mer par lequel l'Escaut débouche dans la mer du Nord, existaient il y a un millier d'années la presqu'île de Wulpen et l'île de Schooneveld, qui ont complètement disparu.

Le Hont n'existait pas, ou tout au moins il n'avait pas encore une grande largeur. Du temps de César, l'Escaut, au sortir de ce qui est maintenant la Belgique, coulait directement vers le Nord, et allait confondre ses eaux avec celles de la Meuse. Plus tard, cette communication s'obstrua en partie et l'Escaut se fraya un passage vers le NW., entre les îles de Tholen et de Zuid-Beveland. Plus tard encore, le Hont se creusa et les eaux du fleuve se déversèrent par ce nouveau chenal.

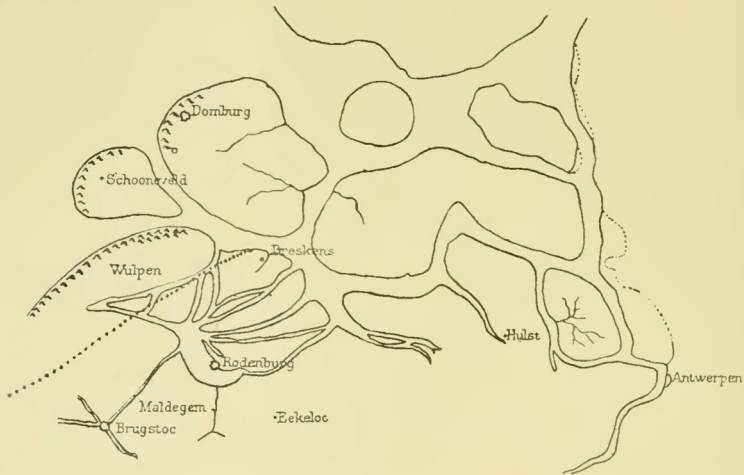


FIG. 9. — L'embouchure de l'Escaut au X^e siècle, d'après DE HOON.

Actuellement, les eaux de l'Escaut ne sont que rarement saumâtres à Anvers; elles ne sont franchement salées à chaque marée haute qu'au voisinage de Lillo. Or, les cartes géologiques montrent que de l'argile poldérienne, semblable à celle du littoral, se trouve bien plus haut qu'Anvers, jusqu'aux embouchures du Rupel et de la Durme. Il faut donc bien admettre qu'anciennement les eaux salées remontaient plus haut qu'à l'époque présente. Le chenal par lequel l'Escaut se jetait dans la Meuse, puis celui qui se dirigeait vers le NW., étaient probablement plus larges que le Hont. D'ailleurs le Hont, lui aussi, était jadis beaucoup plus large, avant

que les endiguements successifs ne lui eussent enlevé toutes les alluvions latérales que ses eaux pouvaient occuper à marée haute (voir la fig. 10 qui est une reproduction sommaire de la carte donnée par KUMMER). La masse d'eau qui pénétrait par le Hont

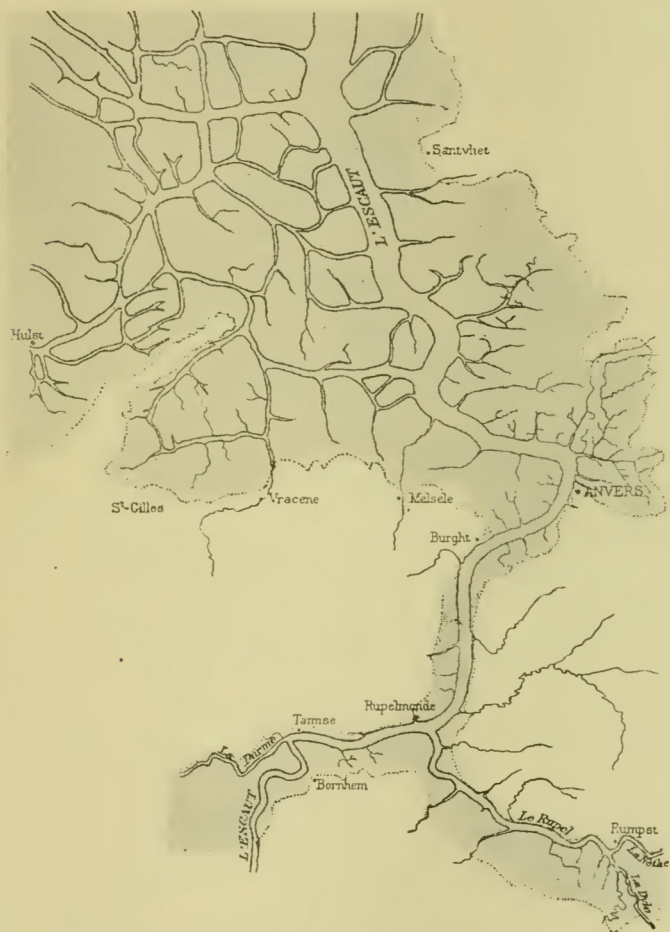


FIG. 10. — Les alluvions du Bas-Escaut (en Belgique) et de ses affluents, d'après KUMMER.

ancien, était certes bien supérieure à celle qui peut encore se glisser dans l'étroit goulet laissé entre les deux lignes de digues.

Construction de digues. Au fur et à mesure que des sédiments argileux rehaussaient le sol inondé, celui-ci était de moins en moins recouvert par les marées ordinaires; bientôt on put songer à le soustraire définitivement aux incursions de la mer, pour en faire un polder et le livrer à la culture.

Des digues furent construites, d'abord assez près de la limite extrême des alluvions poldériennes, puis de plus en plus loin vers la mer. Entre deux endiguements successifs, le sol continuait à s'exhausser sur la partie encore soumise au flot, de telle façon que les polders les plus anciens sont aussi les moins élevés. En même temps que des endiguements étaient opérés sur le littoral, on construisait aussi des barrières analogues le long de l'Escaut et de ses affluents inférieurs, tant dans la partie où l'eau est salée que dans celle où la marée faisait encore refluer les courants, mais où n'arrivaient pourtant plus les eaux marines.

On n'a pas de données précises sur l'époque des plus anciens endiguements, ni sur leurs auteurs. On admet assez généralement que les Normands furent les premiers constructeurs des digues et que celles-ci ont été élevées pendant le IX^e siècle. Ce serait donc entre le V^e et le IX^e siècle que se serait déposée en majeure partie l'argile inférieure des polders.

En même temps que des digues artificielles étaient dressées pour défendre les terres nouvellement conquises, une barrière de dunes de plus en plus épaisses et hautes s'établissait le long du rivage. Au XI^e siècle, les dunes occupaient déjà sensiblement leur position actuelle : les noms de Dunkerque, Oostduinkerke, Abbaye des Dunes, en font foi. (Voir BLANCHARD, p. 160.)

Dès que la vaste plaine d'argile poldérienne fut suffisamment abritée par les dunes et par les digues, les populations voisines s'y installèrent et y fondèrent de nombreux villages. Alors que les agglomérations de la Flandre sablonneuse, beaucoup plus anciennes, portent généralement des noms avec désinence *-hem*, *-zele*, etc., les villages nouveaux, établis par un peuple chrétien

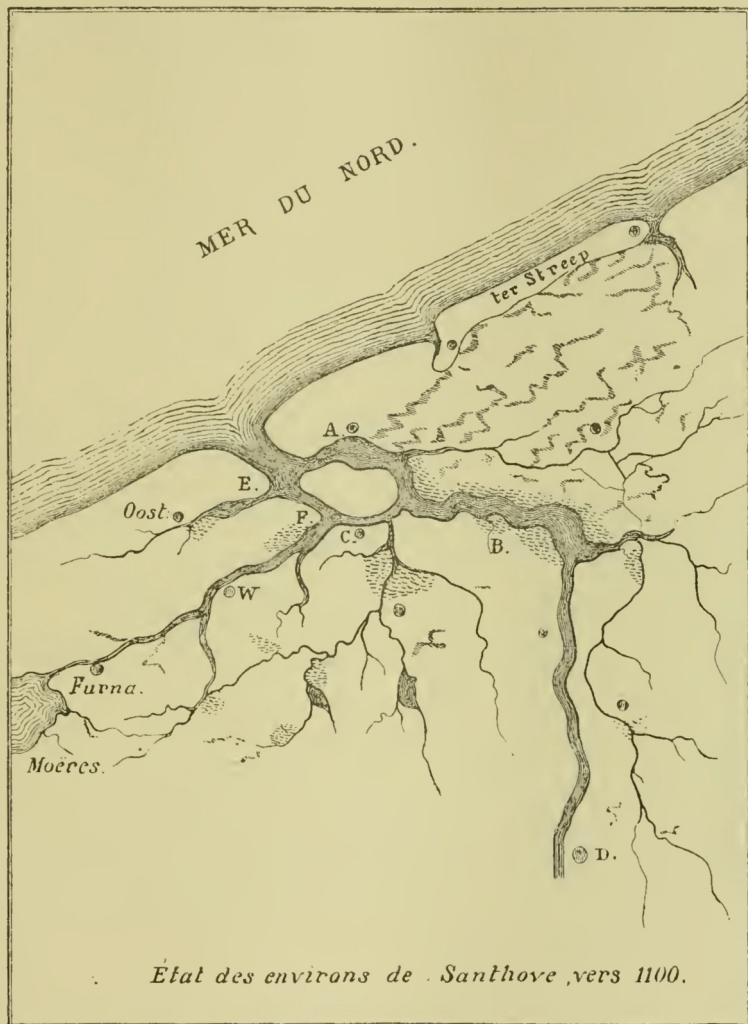


FIG. II. — L'embouchure de l'Yser, d'après M. MEYNNE (1876, 1.)

A. Lombartzyde. — B. Crique de Nieuwendamme. — C. Santhove (actuellement Nieuport). — D. Dixmude. — E. Crique d'Oostduinkerke. — P. Crique, ou ancien canal, de Furnes. — W. Wulpen. — Oost. Oostduinkerke. — A l'Est et à l'Ouest de "ter Streep", Ostende et Westende.

autour des églises et des chapelles, ont souvent des noms dans lesquels on trouve les mots *kerke* (église) ou *capelle* (chapelle). M. BLANCHARD (p. 162) donne une carte de la répartition des communes dont le nom comprend les termes *kerke* ou *capelle*. M. JONCKHEERE donne une carte analogue.

La plupart des communes de la plaine poldérienne datent du XII^e et XIII^e siècle. Mais il ne faudrait pas croire que cette région avait déjà à ce moment son aspect actuel. Les anciennes criques qui sillonnaient les alluvions et par lesquelles s'opérait l'écoulement des rivières débouchant dans la plaine, n'étaient pas encore barrées ni envasées et les bateaux pouvaient arriver jusqu'aux ports de Bruges, par le Zwyn (voir fig. 9 et 13), — de Ghisteltes et d'Oudenburg, par une crique débouchant à Ostende, — de Furnes et de Wulpen, par la crique qui devint plus tard le canal de Nieuport à Furnes (voir fig. 11).

L'endiguement de la plaine littorale était fort avancé, alors que les bords de l'Escaut et de ses affluents continuaient encore à être largement inondés à chaque marée. Il ne pouvait d'ailleurs pas en être autrement, puisque l'embouchure du fleuve venait de se déplacer. Les rives du Hont restèrent pendant fort longtemps un pays indécis, tour à tour reconquis par la mer et par les hommes (voir fig. 10).

Ruptures de digues. Dépôt du sable à Cardium et de l'argile supérieure des polders. L'affaissement du sol, qui avait permis l'inondation de la côte par les eaux poldériennes, continuait à s'effectuer. Pendant les XII^e, XIII^e, XIV^e et XV^e siècles, chaque violente tempête survenant lors des marées d'équinoxe, risquait de défoncer les digues et d'inonder une étendue plus ou moins considérable de polders.

C'étaient naturellement les points situés tout près de la mer qui étaient le plus exposés. Ainsi disparurent, pour toujours, des localités telles que Onze-Lieve-Vrouw-ter-Streep, au large d'Ostende, et Scarphout, au large de Blankenberghe, englouties en 1334.

« L'inondation de la Toussaint, en 1570, se fit sentir depuis Calais

jusqu'au Jutland. On dit qu'à Anvers les dégâts occasionnés aux quais et aux marchandises furent estimés à 100,000 florins. La marée pénétra cette fois fort loin dans le Rupel, dans la Dyle et les Nèthes, et un nombre considérable de villages furent momentanément inondés. » (MEYNNE, 1876, 2, p. 59.)

Il n'était pas rare non plus que les digues et les dunes fussent rompues et que la mer envahît brusquement les polders. C'est à une catastrophe de ce genre qu'est due la destruction du port

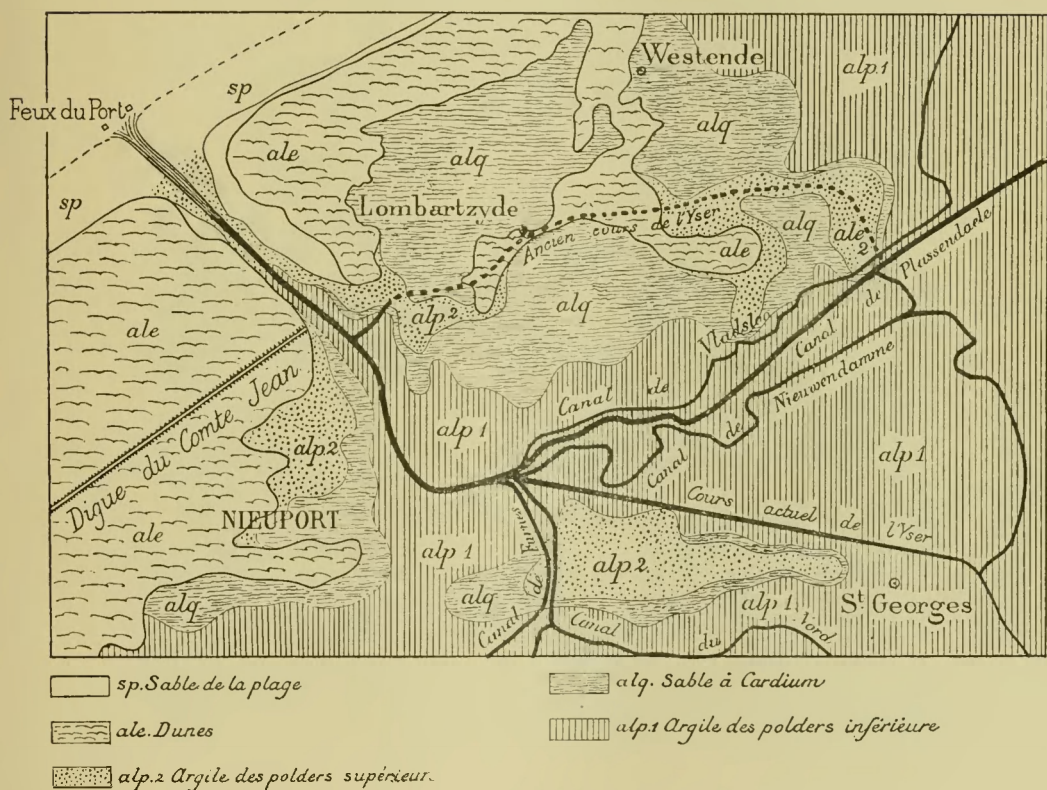


FIG. 12. — Carte géologique de l'embouchure de l'Yser, d'après la planchette « Nieuport-Leke », dressée par M. M. MOURLON, de la Carte géologique de Belgique.

de Lombartzyde, en 1134. Il est probable qu'en même temps fut obstrué le cours de l'Yser. La rivière cessa de passer par Lombartzyde et se creusa un nouveau lit qui passait à Santhoven ⁽¹⁾ ; un nouveau port se forma en ce point, d'où le nom de Nieuport qui lui fut donné. Les figures 11 et 12 permettent de se rendre compte de cette modification.

On conçoit qu'avec les moyens primitifs dont on disposait en ce temps, une rupture de digue n'était pas vite réparée. Pendant de longs mois, la marée continuait à pénétrer par la brèche et à apporter ses sédiments sableux. Cet état persistait en général assez longtemps pour qu'une faune de Mollusques sabulicoles, composée surtout de *Cardium edule* et de *Scrobicularia piperata*, pût s'installer dans le sable.

Les géologues belges donnent à ce dépôt le nom de « sable à *Cardium* ».

Plus tard, la mer ne faisait plus irruption d'une façon aussi violente, et dans la nappe d'eau plus calme, de l'argile se déposait par-dessus le sable à *Cardium* : c'est l'argile supérieure des polders. La figure 12 montre clairement l'ancien cours de l'Yser, les sédiments sableux qui ont comblé la vallée de la rivière, et enfin les couches d'argile supérieure des polders qui sont superposées au sable à *Cardium*.

Ce ne sont pas seulement les tempêtes et les marées exceptionnelles qui ravagèrent la côte et percèrent en maints endroits la barrière de dunes et de digues. Notre pays fut sans cesse le théâtre des guerres que se livraient nos voisins, et à chaque instant, les villes fortes du littoral durent, pour se couvrir pendant les sièges, ouvrir les écluses et permettre aux fleuves et à la mer d'inonder les pays environnants. C'est ainsi que les Moeres, au SW. de Furnes (voir fig. 11 et carte 4B [hors texte]) furent à diverses reprises asséchées, puis de nouveau noyées pendant les sièges que soutinrent les villes de Furnes et de Dunkerque.

(1) C'est le canal (ou crique) de Nieuwendamme (voir fig. 12). Ce lit est également abandonné, depuis qu'un nouvel Yser a été creusé, de 1643 à 1660.

Inutile d'ajouter que chacune de ces submersions déterminait le dépôt de nouvelles couches d'alluvions argileuses.

..

Les polders de l'Escaut, du Rupel, de la Durme, etc., subissaient les mêmes vicissitudes que ceux du littoral proprement dit. KUMMER a donné une description succincte des principaux endiguements, catastrophes et réparations de digues qui se sont succédé dans le bas Escaut.

Il ne paraîtra peut-être pas oiseux d'énumérer, d'après cet auteur, les plus importants de ces événements, afin de donner une idée des remaniements incessants que la plaine alluviale a subis depuis le IX^e siècle jusqu'en 1830.

Premières digues vers 830 à 850.

En 1042, 1087, 1100, ruptures de digues et inondations.

En 1124, création du polder de Lillo.

En 1164, 1170, nouveaux désastres.

En 1230, endiguement du polder de Battenbroeck ⁽¹⁾.

En 1260, endiguement à Saaftingen.

En 1302, il y a un combat naval important, à l'embouchure du Rupel, sur l'endroit qui est maintenant le polder de Hingene.

En 1331, endiguement de Borgerweert.

En 1341, réendiguement de Lillo.

En 1298, création du polder de Ruysbroeck, sur la rive gauche du Rupel.

En 1377, inondation du polder de Saaftingen.

En 1449, réendiguement de Saaftingen.

En 1523, endiguement du polder de Weert. Entre 1246 et 1523 s'était opéré le changement du cours de l'Escaut. Celui-ci emprunta la partie inférieure du cours du Rupel et abandonna le lit du

(1) Un grand nombre de ces localités sont renseignées sur les cartes hors texte 3A et 4A.

« Vieil Escaut », à Bornhem. (Voir la fig. 10 et la carte hors texte 4A. Voir aussi la phot. 152.)

En 1530, nouvelle inondation de Saaftingen.

En 1551, rupture des digues de Borgerweert et formation du Groote Weel de Burght (voir phot. 133 et 147); rupture des digues des polders de Hingene, Bornhem, Weert, Spierenbroeck.

De 1583 à 1585, siège d'Anvers par Alexandre Farnèse : toutes les digues en aval d'Anvers sont coupées. (Voir la pl. III dans le travail de KUMMER.) Saaftingen n'a plus été réendigué depuis lors.

En 1606, inondation des polders de Hingene et d'Eykenvliet.

De 1622 à 1648, guerre qui se termine par le traité de Münster ; beaucoup de polders sont remis sous les eaux pour les opérations militaires.

En 1658, rupture de digues à Bornhem et Hingene.

En 1663, endiguement des polders de Krankeloon, à Melsele.

En 1674, endiguement du polder Royal, à Melsele.

En 1682, inondations sur les deux rives de l'Escaut, en aval d'Anvers. — A Oorderen, il se forme des étangs qui subsistent encore aujourd'hui.

En 1691, le Peerdeschorre (en aval d'Anvers, sur la rive gauche), où il n'y a plus maintenant la moindre trace de digues, était encore un polder.

De 1694 à 1713, guerres de Louis XIV. Beaucoup de polders sont submergés.

En 1715, inondation partielle des polders de Thielrode, de Namur (jamais réendigué), de Wilmarsdonck, d'Austruweel.

De 1745 à 1748, guerre avec la France ; inondation des polders de Calloo, de Melsele, de Borgerweert.

En 1784, « guerre de la marmite » ; inondation des polders de Calloo et de Doel.

En 1794, guerres de la Révolution ; submersion des polders de la rive gauche de l'Escaut.

En 1802, inondation du polder de Battenbroek.

En 1808, rupture des digues de Hoboken, de Krankeloon et du polder Royal.

En 1808, guerres de Napoléon ; inondations des polders des deux rives de l'Escaut.

En 1809, endiguement du polder de Schelle; la même année, rupture de la digue; en 1810, réendiguement.

En 1814, le général Carnot fait inonder les polders des deux rives.

En 1820, rupture des digues des polders de Ruysbroeck, de Spierenbroeck, de Hingene, de Willebroeck, de Battenbroeck.

Le 5 février 1825, la plus forte marée connue : inondation des polders d'Eykenbroeck, de Weert, de Battenbroeck, de Willebroeck, de Schelle, du polder Royal.

En 1827, inondation du polder de Petit-Willebroeck, de Hendonck, de Ruysbroeck.

En 1828, inondation du polder de Battenbroeck.

On voit qu'elle est longue et monotone, la liste des sinistres qui ont sans relâche remis sous eau les polders de l'Escaut, au fur et à mesure que l'homme opiniâtre les endiguait et les réendiguait.

Quelques-uns de ces terrains (Saaftingen, Namur, Peerdeschorre) sont restés perdus.

* * *

Citons aussi, d'après M. BLANCHARD (pp. 167 et suiv.), comment se firent les endiguements du bassin de l'Yser. (Je supprime les notes bibliographiques).

« Le golfe de l'Yser, le plus vaste des estuaires du X^e siècle, diminue aussi rapidement que les autres et se réduit au XIII^e siècle à une petite crique. En 944, il s'étend jusqu'à Loo; au milieu du XI^e siècle, c'est encore une baie imposante où pénètre la flotte de Godwin. Cependant la partie méridionale s'assèche; en 1066, l'emplacement des communes de Saint-Jacques-Capelle, Oudecapelle, Caeskerke, Stuyvenkenskerke, forme un grand schorre, une bergerie appelée Bircla, et dépendant de la paroisse d'Eessen. Une longue digue, l'Oudenzeedijk (voir fig. 13), protège les parties émergées les premières, Lampernisse, Furnes, Eggewaertscapelle, contre un retour offensif des eaux; la levée part des dunes vers Oost-Dunkerke, passe par Avecapelle et Zoetenaey, et aboutit à la rivière vers le fort de Knocke. Au Nord, la côte forme une échancrure assez prononcée, car la ligne de dunes, à partir d'Oost-

Dunkerke, va droit à l'Est; c'est la vieille ligne qui borde encore aujourd'hui le sud du polder Lens, passe sous la ville de Nieupoort et continue jusque vers Saint-Georges, contrastant par la nature de son sol et par son élévation avec les basses terres qui l'entourent au nord et au sud. C'est là qu'entre 1083 et 1093 apparaît la terre



FIG. 13. — Reconstitution de l'estuaire de l'Yser au début du XII^e siècle, d'après M. BLANCHARD.

Les polders sont en blanc; les terres flamandaises et hesbayennes sont teintées.
(Ces teintes ont été ajoutées sur la copie faite ici.)

de Sandeshoved ⁽¹⁾, sur laquelle Philippe d'Alsace établira, un siècle après, la ville de Nieupoort. Sur la rive Est, le bord de la baie

(¹) Ou Santhoven; voir figure 11. (Note ajoutée par J. M.)

est constitué par les vieilles dunes de Lombartzyde et de Westende (¹); peut-être même un bras sépare-t-il Lombartzyde de Westende, si l'on en croit le dicton qui veut que le premier de ces villages ait jadis fait partie du Furnes-Ambacht. Par les tempêtes du N-W., la mer pénètre largement dans le golfe et fait encore sentir l'effet du flot jusqu'au delà de Loo, puisque les moines d'Eversham ne sont pas quittes des dégâts de l'inondation de 1105.

» Mais le recul définitif du golfe s'accuse au XII^e siècle. Au Sud, on s'empare des terres neuves de Dixmude (1104), et en 1166, l'Yser devant cette ville paraît bien n'être plus qu'une rivière. Au Nord, la langue de terre de Sandeshoved s'accroît aux dépens de l'estuaire, et le monastère de Bourbourg se partage les terres neuves avec le chapitre de Sainte-Walburge (1111-1112). Il semble qu'un bras existe encore, vers l'Est, rejoignant les terres basses des Moeres de Ghistelles; il est encore question, en 1171, de terres que le flot avait abandonnées jadis dans les paroisses de Slype, Leffinghe et Steene, ce qui ferait songer à une communication entre le golfe de l'Yser et les terres basses d'Oudenbourg par une crique, qui serait devenue plus tard l'Yperleet.

» A son tour, en 1138, l'abbaye des Dunes acquiert des terres neuves dans l'estuaire. On s'empare des grèves situées devant Rams cappelle, devant Pervyse (1139); à l'embouchure de la Venepe, qui amène les eaux de Furnes, les schorres ont tendance à s'accroître, et on peut prévoir qu'ils seront un jour mis en culture. De l'autre côté, les terres s'augmentent vers Schoore (1176); enfin, à Westende, Philippe d'Alsace donne à l'abbaye d'Oudenbourg les terres neuves où s'élèvera la ferme de Bamburg « entre les dunes et l'Yser », resserrant ainsi les passes de l'estuaire (1173). Les schorres continuent de s'accroître en 1205 à l'embouchure de la Venepe; l'apparition des paroisses de Mannekensvere (1239) et Saint-Georges (1240) indique un nouveau rétrécissement de la crique, quoiqu'il soit encore question, dans ces nouveaux territoires, d'inondations de la mer à empêcher. Pendant toute la fin du XIII^e siècle, on continue à endiguer, à délimiter les terres neuves, du côté des

(¹) Voir figure 12. (Note ajoutée par J. M.)

Hemmes de l'abbaye des Dunes, à Westende, à Saint-Georges. Enfin, en 1294, le comte Guy de Dampierre accorde l'octroi de faire une écluse qui barre la crique de Nieuwendamme; c'est la fin du golfe intérieur; en 1309, on peut construire un pont entre Lombartzyde et Nieuport. Les atterrissements se forment, dès lors, entre la nouvelle ville de Nieuport et la mer; en 1271 le Hemmekin « ke li mers a jetée et ki oncques ne fut dikée »; en 1280, un « jet de mer » entre Nieuport et les dunes : c'est le futur polders Lens, que viendra protéger bientôt la digue du comte Jean. »

• •

Enfin, pour terminer cette étude sur le passé des districts littoraux et alluviaux de la Belgique, signalons encore les modifications relativement récentes que l'homme a fait subir au littoral, dans la région du Zwyn.

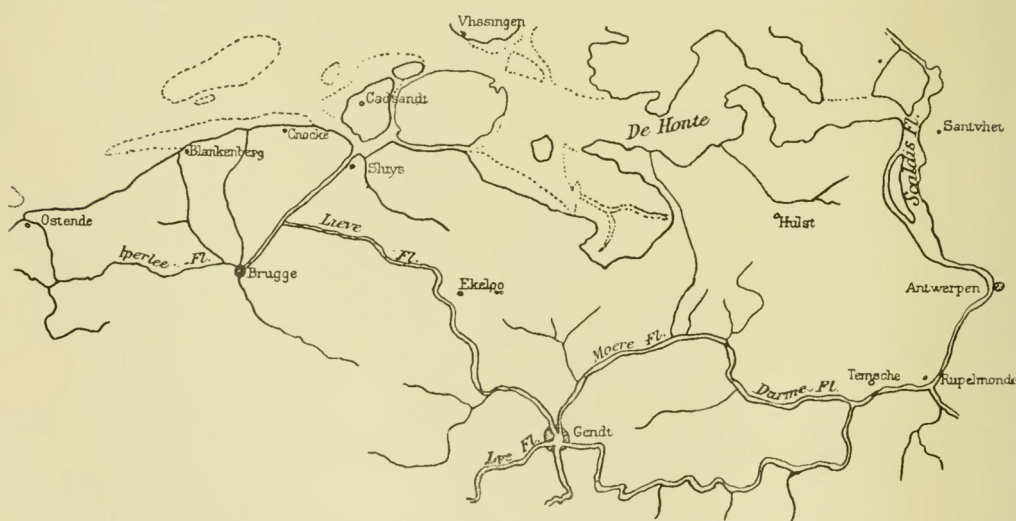


FIG. 14. — La Flandre en 1585, d'après MERCATOR.

M. WAUWERMANS nous renseigne, d'après Mercator, sur la situation de la côte en 1585 (fig. 14). On y voit que le Zwyn atteignait

encore Bruges, et que la Lieve établissait une communication directe entre la Lys et le Zwyn. — A Ostende débouchait une rivière⁽¹⁾ qui passait par Oudenburg et Bruges et qui recevait des affluents venant de Ghistelles et de Snaeskerke.

Les figures 15 et 16 montrent les étapes successives de l'endiguement et de l'envasement du Zwyn. Ces cartes sont assez explicites et se passent de commentaires.



FIG. 15. — L'embouchure du Zwyn en 1644, d'après P. VERBIST.

Depuis 1872, date de l'achèvement de la digue internationale, on s'efforce de favoriser la croissance de la longue flèche de sable (voir la carte hors texte 4C) qui obstrue de plus en plus l'ancienne

(1) Dans la partie basse de son cours, cette rivière s'appelait Iperlee ou Yperlee. D'autres rivières de la plaine maritime ont porté ou portent encore ce nom, notamment, un affluent de l'Yser, à Nieupoort (qui est appelé, par erreur, « canal de Vladsloo » sur la figure 12), et un autre affluent de l'Yser, qui passe par Ypres.

embouchure du Zwyn. Actuellement il ne reste plus qu'un très étroit goulet par lequel la mer pénètre encore dans l'ancien golfe.

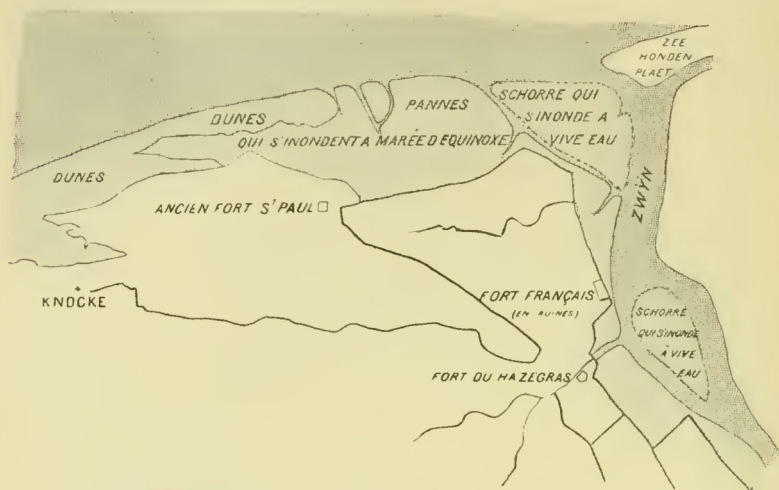


FIG. 16. — L'embouchure du Zwyn en 1839, d'après WOLTERS.

LIMITES ACTUELLES DES DISTRICTS LITTORAUX ET ALLUVIAUX.

Maintenant que nous connaissons les grands traits de l'histoire des districts que nous étudions ici, nous pouvons essayer de les délimiter. (Voir la carte 1, hors texte.) Nous réservons leur description plus complète pour les chapitres où nous étudierons les associations végétales.

Dunes littorales. Elles font un bourrelet presque continu le long de la plage; très larges entre la frontière française et Nieuport, elles se retrécissent de plus en plus vers Ostende, pour devenir de nouveau plus étendues au Coq. Depuis Wenduyn jusqu'à Heyst, elles manquent complètement et sont remplacées par la digue du comte Jean. A Heyst, elles reprennent une certaine largeur jusqu'à la frontière néerlandaise. Dans les endroits où elles sont assez

étendues, les dunes ne forment pas une ligne unique de monticules; elles sont disposées en plusieurs rangées, entre lesquelles s'étendent des vallées plus ou moins profondes et humides, les pannes.

Alluvions fluvio-marines : slikkes et schorres. En trois points de la côte, la ligne de dunes est coupée pour livrer passage à des cours d'eau : à Nieuport débouche l'Yser, — à Ostende, l'ancien Yperlee, — à Knocke, l'ancien Zwyn. En ces endroits, la sédimentation des alluvions apportées par les rivières continue à s'accomplir; il s'y forme des couches d'argile, en tout semblable à l'argile poldérienne qui s'est déposée depuis le IV^e siècle sur les terrains successivement noyés par la mer.

On appelle *slikke* la portion qui est inondée à chaque marée haute, même lors de la morte eau; le *schorre* est la portion plus élevée que les eaux n'atteignent qu'aux marées de vive eau (Voir phot. 93 à 107).

Sur la côte même, les slikkes et les schorres sont réduits à fort peu de chose. A Ostende, l'endiguement de l'ancienne rivière est complet, et l'on ne rencontre plus les plantes des alluvions saumâtres que çà et là dans les bassins de chasse. Les vases fluvio-marines les plus importantes sont celles du bas Escaut. En aval de Lillo, les eaux sont fortement salées à marée haute, et le fleuve est bordé d'intéressantes alluvions où se retrouvent les plantes caractéristiques de ce district.

Alluvions fluviales. En amont de Lillo, la salure n'est plus suffisante pour imprimer à la flore un cachet spécial; pourtant, on comprend que la limite ne soit pas tranchée nettement; il y a naturellement une région où les alluvions fluvio-marines et les alluvions fluviales se mélangent.

Cette région indécise s'étend jusque vers Burght. En amont de ce point, on ne rencontre plus que d'une manière tout à fait exceptionnelle les plantes des slikkes et des schorres.

Le district des alluvions fluviales remonte le long de l'Escaut et de ses affluents aussi haut que se fait sentir la marée. Pour plusieurs de ces rivières, la limite supérieure est artificielle et con-

stituée par une écluse ou un barrage; il en est ainsi pour l'Escaut à Gand, pour la Dendre à Termonde.

L'Yser ne possède plus d'alluvions fluviales, puisque le barrage est établi à Nieupoort au niveau des slikkes et des schorres.

Polders. Avant l'endiguement, les eaux de la mer et des rivières s'épalaient chaque jour sur toute la région littorale et sur la plaine basse qui borde les rivières. L'argile qu'elles ont déposée est sensiblement la même partout, qu'elle ait été transportée par les eaux saumâtres du littoral ou du bas Escaut, ou par les eaux douces, mais à courant très lent, des rivières. La différence de salure qui existait lors de la construction des digues s'est effacée petit à petit, et actuellement les polders marins ont les mêmes caractères que les polders fluviaux. Il n'y a donc pas de raison de séparer le district poldérien en une portion marine et une portion fluviale.

Latéralement, le district poldérien s'étend jusqu'aux districts campinien, flandrien ou hesbayen. Lorsque la pente du sol est forte, ainsi que c'est le cas le long des petits affluents de l'Yser, et aussi le long de la plupart des affluents de l'Escaut, le passage du poldérien au district voisin est net et précis. Mais lorsque le pays est très plat et qu'il se continue à peu près horizontalement au delà du poldérien aussi bien que sur celui-ci, la délimitation n'est possible que par l'examen de la terre et de la végétation. Il en est ainsi notamment dans le nord des deux Flandres; l'affaissement du littoral a continué après que les polders eussent été complètement mis à l'abri des inondations derrière les digues; si la barrière des dunes et des digues était rompue à présent, l'inondation s'étendrait donc notablement plus loin qu'au IX^e siècle, ainsi que le montre la figure 17 empruntée à VAN RYSSSELBERGHE. Dans ces régions sablonneuses, qui sont au-dessous du niveau des marées de vive eau, l'évacuation des eaux est aussi difficile que dans les polders argileux : ces pays sont rayés d'une infinité de petites rigoles bordées d'*Alnus glutinosa* (Aune), servant au drainage des eaux surabondantes (voir phot. 182).

Sable à *Cardium*. Il reste encore un dernier district, peu important au point de vue de son étendue. Ce sont les pays où

s'est déposée, lors de la rupture des digues, une couche assez épaisse de sable à *Cardium*. Il n'y a qu'un petit nombre d'endroits (voir carte 1 [hors texte]) où le dépôt de sable ait une puissance

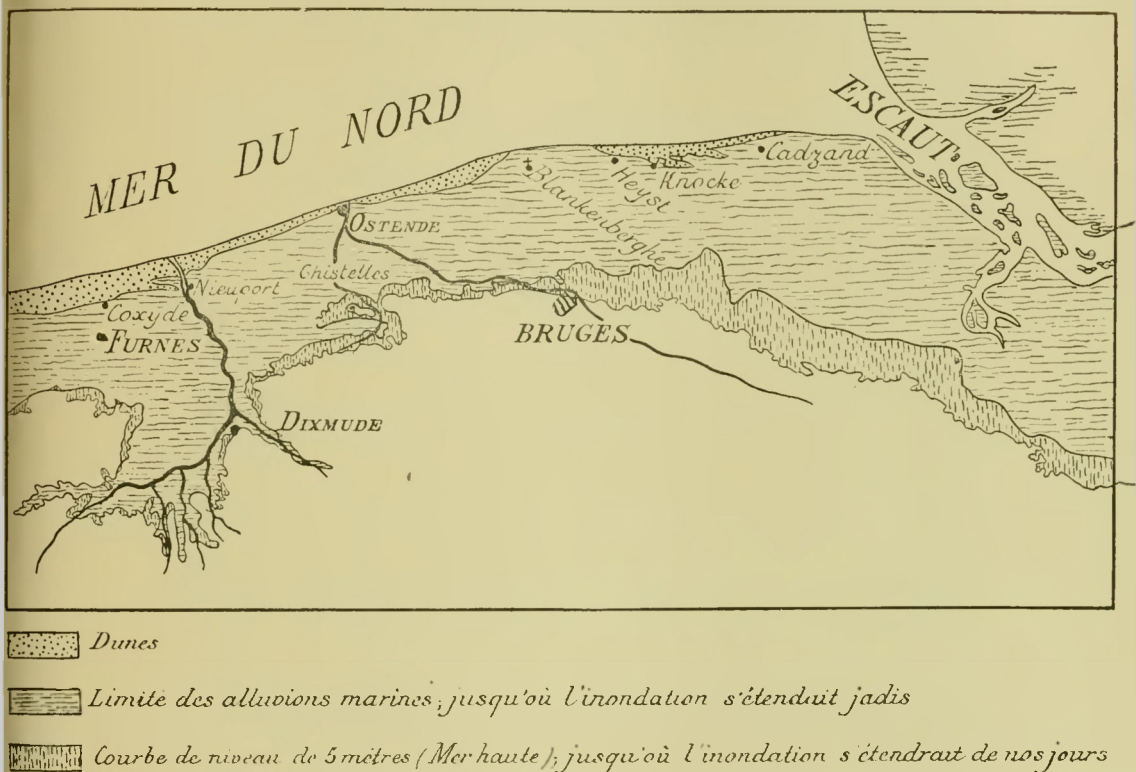


FIG. 17. — Limite des polders marins et courbe de niveau de 5 mètres, d'après FR. VAN RYSELBERGHE.

suffisante pour donner à la végétation un cachet particulier. Partout ailleurs, le sable existait en quantité assez minime et il a été mélangé intimement à l'argile sous-jacente.

* * *

Avant de clore ce chapitre, qu'il me soit permis de citer quelques

pages d'EDMOND PICARD, dans la *Forge Roussel*. Rien ne peut donner de la basse Belgique une idée à la fois plus rapide et plus juste. Disons que ce que l'auteur appelle « la campagne flamande » est notre district poldérien, que « les Flandres » correspondent à notre district flandrien, que sa « Campine » est notre district campinien, et son « Brabant » notre district hesbayen.

« Quand, le dos tourné à la ligne monotone des côtes de la Flandre, on regarde les flots jaunâtres de la mer du Nord, presque toujours brumeux, ne changeant de ton qu'avec les caprices du ciel tourmenté qui les surplombe, si ce n'est pas la sérénité et la joie qu'on sent descendre en soi, c'est une rêverie profonde et austère qui semble mieux en rapport avec le drame de la vie.

» Quand, laissant ce spectacle, qui élève en berçant, on se tourne vers l'intérieur et qu'on pénètre dans la ligne des dunes qui ourlent le rivage, le cœur s'apaise mais reste ému, devant l'horizon plus restreint des ondulations sablonneuses qui se succèdent, tantôt couvertes d'herbes dures et frissonnantes, tantôt nues, d'un jaune pâle et argenté, donnant à qui s'enfonce entre leurs plis l'impression du désert.

» Et, lorsque remontant sur leurs dernières croupes, on aperçoit tout à coup la campagne flamande, plate et indéfinie, se perdant loin, bien loin, dans un brouillard violacé, avec ses premiers plans de pâturages, ses rangées d'arbres parfois si nombreuses qu'elles donnent l'illusion d'une forêt, étalant la gamme des verts dans des tons si intenses qu'il semble qu'une ondée vient de les aviver en les lavant ; lorsque les toits rouges sur les blanches maisons rustiques piquent ce plantureux tapis et le relèvent, comme des nœuds sur une robe ; que les clochers de villages se montrent pareils à des phares dans cet espace sans bornes, on se demande quel est le plus puissant pour toucher notre âme, de cet océan de verdure tranquille et reposée, ou de cet océan toujours mobile dont on entend derrière soi la clameur.

» L'Escaut aussi, là où la marée se fait encore sentir et où les bâtiments de mer labourent ses flots, séduit, non par la variété des aspects, mais par la grandeur de ses rives basses et gazonnées, ne laissant voir des arbres que la cime, des maisons que les toits.

Ici encore tout s'unit pour former une harmonie mélancolique. La bande limoneuse des eaux s'allonge comme un serpent sur la surface uniforme et verte des polders. Les bestiaux blancs tachés de noir, marbrant les prés comme les voiliers marbrent le fleuve, semblent eux-mêmes rendus pensifs par la calme monotonie du spectacle.

» Si alors on pénètre dans le pays, on arrive bientôt à la région des gros villages où la propreté des Flandres éclaire le paysage par la blancheur laiteuse des habitations. De chacune de ces agglomérations, comme du moyeu d'une roue énorme, rayonnent les chemins plats des campagnes. Ils se déroulent en rubans à travers les cultures fertiles, bordées d'aulnes, laissant voir çà et là une terre grasse et foncée. Partout apparaissent, entre le feuillage, des maisons basses que le groupe principal semble avoir égrenées. L'esprit se repose dans une sensation profonde d'abondance tranquille et sûre d'elle-même.

» Pour qui cherche dans la nature une impression plus pénétrante encore de paix poétique, c'est dans la Campine qu'il faut aller, là où la zone des plaines vient se perdre en déserts de sable, sur lesquels les plantes de sapins plaquent leurs grandes taches sombres. La bruyère s'étale en nappes roses et odorantes au milieu desquels s'endort çà et là un marais. Les routes tracées au hasard dans le terrain stérile développent au loin leurs sinuosités paresseuses. Les maisons sont pauvres et rares. L'isolement pèse sur le paysage silencieux.

» La plaine flamandè prend fin. Nous voici en Brabant. Le sol se relève comme si une force souterraine le gonflait. Les premières collines restreignent l'horizon. Dans leurs flancs sont découpés les premiers chemins creux aux berges abruptes et ombragées, aux ornières profondes. Les crêtes se chargent de bois où poussent en hautes futaies les hêtres.

» Mais quand on avance sur les ondulations qui s'allongent, la grande culture se montre avec ses vastes surfaces sans arbres. Le paysage se ternit et sa nudité amortit toute sensation... »

CHAPITRE II.

LES CONDITIONS D'EXISTENCE DES VÉGÉTAUX.

Nous essayerons d'indiquer dans ce chapitre quel est le milieu dans lequel les Végétaux des districts littoraux et alluviaux se développent et de quelle façon ils s'adaptent à ces conditions.

Nous examinerons successivement le climat, le sol, les rapports des Végétaux avec les Animaux et avec les autres Plantes.

§ 1. — Le climat.

Définir un climat, au point de vue géobotanique, n'est pas aussi facile qu'on pourrait l'imaginer.

I. — DIVISION DE L'ANNÉE EN SAISONS.

Faisons remarquer en premier lieu que les saisons astronomiques délimitées par les équinoxes et les solstices ne correspondent nullement aux phases successives de la végétation dans un pays tel que la Belgique. L'hiver, c'est-à-dire la saison où les arbres, les arbustes et les grandes plantes herbacées sommeillent, va de la fin de novembre à la dernière quinzaine de mars. Le printemps, caractérisé par le réveil de la vie végétale, commence à la fin de mars et se termine déjà avec le mois de mai. L'été, avec le plein épanouissement de la végétation, comprend les mois de juin, de juillet, d'août et de septembre. Enfin, l'automne, où la vie s'arrête peu à peu, est plus court encore que le printemps ; il commence en octobre pour finir en novembre.

Il serait certainement logique de diviser l'année en quatre périodes concordant avec les saisons botaniques. Mais la façon dont sont publiées les observations météorologiques rend une pareille

subdivision pratiquement irréalisable : en effet, la plupart des recueils météorologiques donnent des moyennes mensuelles pour les minima et les maxima thermométriques, ainsi que pour l'humidité atmosphérique, et des totaux mensuels pour les quantités de pluie. Cette façon de présenter les moyennes et les totaux est fort logique pour les météorologistes, puisque les nombres ainsi calculés satisfont complètement aux nécessités de leurs études. Seulement, on voit que si nous voulions partager l'année en saisons botaniques, nous devrions calculer à nouveau toutes les moyennes et tous les totaux : besogne longue et fastidieuse. — Afin de pouvoir le plus facilement utiliser les nombres publiés, nous avons fait un compromis entre ce qui existe et ce qui serait désirable.

Nous divisons l'année en quatre saisons, délimitées de la façon que voici : l'hiver : décembre, janvier, février, mars; le printemps : avril, mai; l'été : juin, juillet, août, septembre; l'automne : octobre, novembre. Le lecteur qui consultera nos tableaux *C* (p. 216, 217), *E* (p. 223, ss.) et *G* (p. 238, ss.) voudra ne pas perdre de vue que l'année commence pour nous le 1^{er} décembre. L'année 1891 signifie donc : « du 1^{er} décembre 1890 au 30 novembre 1891 ».

II. — IMPERFECTION DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

Quelles sont les observations météorologiques dont on aurait besoin pour déterminer complètement le climat géobotanique d'un pays ?

a) *Température*. — En premier lieu, il faut connaître les températures maxima et minima de chaque jour, nombres d'après lesquels on calcule les moyennes. Celles-ci ne doivent jamais embrasser une période plus longue qu'une saison : la moyenne des maxima de l'année, ou la moyenne annuelle des minima, où tous les hauts et les bas se balancent et s'effacent, n'ont aucune importance pour nous; à plus forte raison, n'avons-nous pas d'intérêt à connaître la température annuelle moyenne, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau *G*.

Une difficulté insurmontable se présente, dès qu'on veut se ser-

vir des observations faites par les météorologistes. Comme c'est la température de l'air qui les intéresse le plus, c'est presque toujours elle seule qui est notée, alors que c'est la température de la plante elle-même que nous devrions connaître, non seulement celle des organes aériens, mais aussi celle qui règne au niveau du sol et même dans les portions souterraines. Lorsque le ciel est limpide, les objets placés au soleil s'échauffent beaucoup plus que l'air ambiant. Par contre, pendant les nuits claires le rayonnement refroidit les plantes et le sol bien au-dessous de la température de l'air. Or, il importe peu aux végétaux que l'air soit modérément chaud, si leurs feuilles grillent pendant le jour et gèlent pendant la nuit.

On ne saurait trop insister sur l'écart entre les températures auxquelles les plantes sont exposées en réalité et celles qui sont observées par les météorologistes. Le tableau suivant, dressé à l'aide de renseignements qui se trouvent dans le fascicule des *Monographies agricoles de la Belgique* consacré à la région limonéuse et sablo-limonéuse, résume des observations faites pendant quinze années consécutives à l'Observatoire d'Uccle, près Bruxelles. (Altitude 100 mètres.)

Les thermomètres donnant la température de l'air sont mis sous abri à 1^m50 au-dessus de la surface du sol ; les autres thermomètres sont couchés soit sur le sol nu, soit sur le sol couvert d'un gazon court (*).

Le tableau montre que des gelées sont relativement nombreuses sur le sol gazonné en mai, 7 en moyenne, — que des gelées blanches surviennent même en plein été, alors que l'air se maintient à une température de plus de 5° — et qu'en hiver le gazon peut avoir une température de 13° plus basse que celle de l'air. D'autre part, la couche superficielle du sol s'échauffe jusqu'à 55°.

Pour compléter ces notions au sujet de la température réelle des végétaux, donnons encore, d'après le même fascicule des *Mono-*

(*) En hiver, quand le sol est couvert de neige, ces thermomètres sont déposés sur la neige.

TABLEAU A.

Comparaison entre la température de l'air et celle du sol nu ou gazonné.

MOIS.	MAXIMUM ABSOLU.		MINIMUM ABSOLU.		MINIMUM MOYEN.		JOURS DE GELÉE.			
							Nombre moyen.		Nombre maximum.	
	Air.	Sol nu.	Air.	Sol gazonné.	Air.	Sol gazonné.	Air.	Sol gazonné.	Air.	Sol gazonné.
Décembre.	15,3	13,7	- 16,9	- 29,0	- 0,6	- 3,3	14	21	31	31
Janvier . .	13,5	15,0	- 20,2	- 27,4	- 0,8	- 3,2	16	22	23	30
Février . .	18,7	18,2	- 18,3	- 28,1	- 1,0	- 3,7	14	20	27	28
Mars . . .	21,7	23,3	- 14,0	- 19,0	1,4	- 1,9	10	20	20	27
Avril . . .	26,0	36,9	- 4,1	- 10,8	4,0	0,5	3	13	8	18
Mai	31,8	44,3	- 1,9	- 7,9	7,4	4,4	0,2	7	1	11
Juin. . . .	34,7	53,0	1,4	- 6,4	10,9	7,6	0	1,1	0	4
Juillet. . .	35,2	55,1	5,2	- 1,4	12,4	9,3	0	0,1	0	2
Août	35,3	51,1	5,3	- 0,7	12,5	9,0	0	0,2	0	2
Septembre.	32,3	42,3	1,5	- 3,6	11,0	6,3	0	2,0	0	7
Octobre . .	25,4	27,7	- 2,6	- 10,4	6,2	2,7	1	9	3	18
Novembre.	20,0	18,9	- 12,8	- 15,0	3,2	0,2	6	14	15	23

graphies agricoles, les températures minima observées, pendant l'hiver très rigoureux de 1838, dans l'air et dans le sol; celui-ci n'était pas couvert de neige.

TABLEAU B.

Température de la terre, en hiver.

A l'air, sans abri	- 20,6
A la surface du sol,	- 10,2
Immédiatement au-dessous	- 8,2
A la profondeur de 5 centimètres.	- 6,5
— 10 —	- 6,3
— 15 —	- 4,9
— 30 —	- 2,4
— 40 —	- 1,8
— 60 —	- 0,2
— 80 —	+ 0,5

b) *Vitesse d'évaporation*. — Une autre donnée météorologique très importante est celle de la vitesse d'évaporation. Les études géobotaniques de ces dernières années ont montré avec une évidence de plus en plus grande que l'aspect de la végétation et la structure des organes aériens dépendent plus encore de la vitesse de transpiration que de la température. Malheureusement ici les données météorologiques sont tout à fait insuffisantes; il n'existe d'ailleurs pas de méthode universellement appliquée et donnant des résultats comparables qui nous renseigne sur la vitesse d'évaporation. Les météorologistes observent, indirectement du reste, le degré hygrométrique de l'atmosphère, c'est-à-dire le rapport de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère à la quantité maximum que l'air pourrait en posséder à cette température. Mais la connaissance de l'état hygrométrique de l'atmosphère ne donne qu'une idée très imparfaite de la vitesse avec laquelle se fait l'évaporation. En effet, celle-ci augmente avec la température de l'air et avec la force du vent; elle dépend aussi, à un moindre degré, de la pression barométrique. Il résulte de ceci que pour une même humidité relative (de 80 par exemple), l'évaporation sera très intense s'il fait chaud et venteux, et presque nulle si l'air est froid et calme.

Dans divers observatoires on cherche à déterminer par voie directe la vitesse d'évaporation. On se sert surtout de l'évaporimètre de Piche. Par malheur, cet instrument n'est pas utilisable pendant l'hiver.

Il ne reste donc, pour nous renseigner sur la vitesse d'évaporation, que la mesure de l'état hygrométrique de l'atmosphère.

c) *Pluie*. — Un autre facteur important est la quantité de pluie reçue par le sol. Ces observations se font dans tous les observatoires et l'on possède à ce sujet des données fort nombreuses, dont l'exactitude laisse peut-être un peu à désirer, mais qui, telles qu'elles sont, nous sont d'un précieux secours.

d) *Quantité de lumière*. — Puisque les végétaux dont nous étudions la dispersion géographique sont en majorité des plantes autotrophes, ayant besoin de lumière pour l'assimilation du carbone, il serait de la plus haute importance de connaître la quantité de lumière reçue dans les divers points de la Terre. La mesure de l'intensité lumineuse se heurte à de grandes difficultés, et je ne pense pas qu'il y ait des observatoires météorologiques où on la fasse d'une façon méthodique et régulière. La chose ne serait pourtant pas impossible, ainsi que l'a montré M. WIESNER (1893-1895).

A défaut de la mesure de l'intensité lumineuse, il serait très utile d'avoir celle du nombre d'heures de soleil; mais bien peu nombreux sont les observatoires qui publient ce renseignement. Dans la plupart des recueils météorologiques, on se contente de donner la nébulosité, c'est-à-dire une estimation de la surface du ciel qui est couverte de nuages. Une telle observation laisse inévitablement beaucoup de place aux impressions subjectives de l'observateur; les chiffres ne sont donc pas strictement comparables.

e) *Vent*. — La même incertitude règne dans beaucoup de cas au sujet du vent. La direction est donnée avec précision, mais sa vitesse est souvent estimée d'après l'échelle de Beaufort ou d'après l'échelle terrestre (voir p. 222), au lieu d'être mesurée à l'anémo-

mètre; ajoutons d'ailleurs que l'estimation de la force du vent ne présente pas de grandes difficultés et que les chiffres sont donc assez comparables.

Les vents faibles n'ont d'intérêt pour la géobotanique que comme modificateurs de la transpiration. Dès que la vitesse atteint ou dépasse 12 ou 13 mètres par seconde, l'action mécanique du vent vient s'ajouter à son action desséchante, et ses effets deviennent des plus énergiques.

. . .

On voit par les pages précédentes, combien les renseignements que nous possédons sur le climat, considéré comme facteur géobotanique, sont imparfaits et souvent peu précis. SCHIMPER (1898, p. 190) a fait également remarquer que les observations météorologiques devraient être complétées dans diverses directions pour fournir un point d'appui aux recherches géobotaniques.

III. — COMPARAISON DU CLIMAT LITTORAL AVEC CELUI DES AUTRES PARTIES DE LA BELGIQUE.

Maintenant que nous savons quelles sont les données météorologiques qui nous seraient nécessaires, tâchons de tirer parti de celles dont nous disposons, en vue de déterminer les principaux éléments du climat.

Comparons d'abord le climat du littoral à celui des autres parties de la Belgique.

Les éléments du tableau C sont empruntés aux *Monographies agricoles de la Belgique*; dans chaque fascicule, le chapitre relatif au climat est rédigé par M. LANCASTER, directeur du service météorologique à l'Observatoire royal d'Uccle.

Les renseignements se rapportent à chaque mois, de décembre à novembre.

Les données du tableau C sont traduites en courbes sur les graphiques A, B, C, (voir diagramme 1).

a) *Température.*

Au point de vue thermique, le littoral subit de moins grandes variations que l'intérieur du pays; l'été y est moins chaud; l'hiver y est moins froid; le nombre des jours de gelée y est relativement faible. La neige ne persiste dans les dunes que pendant les hivers exceptionnels. Les graphiques A et B traduisent ces différences de la façon la plus démonstrative.

Pendant l'hiver rigoureux de 1906-1907, beaucoup de plantes étrangères qui ont été gelées dans les jardins du centre de la Belgique n'ont aucunement souffert sur le littoral. Signalons : *Evo-nymus japonicus*, *Prunus Lauro-Cerasus*, *Laurus nobilis*, *Lavatera arborea*, *Aucuba japonica*.

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer, le climat, tout en restant doux, perd de plus en plus sa constance. Ainsi, Furnes, situé à seulement 5 kilomètres de la mer, a déjà un climat moins régulier qu'Ostende. Nous ne possédons pas de renseignements météorologiques sur les polders fluviaux et les bords immédiats des rivières à marées; mais des stations telles que Somergem et Iseghem, situées en Flandre, à une faible altitude, nous permettent de nous faire une idée du climat qui règne le long de l'Escaut et de ses affluents. En effet, il est fort probable que le climat de ces polders et de ces bords de rivières est intermédiaire entre ceux de Somergem et d'Iseghem d'une part, et ceux de Turnhout et d'Uccle, d'autre part.

D'une façon générale, les districts géobotaniques qui nous occupent ont donc un climat fort égal. D'ailleurs, dans notre pays, ce n'est guère dans la portion élevée de la Campine (par exemple à Hechtel) et en Ardenne (par exemple à Bastogne) que le climat devient réellement rigoureux. Aussi y a-t-il pas mal d'espèces végétales, originaires de pays plus chauds, qui sont localisées au bord de la mer. Dans les contrées méridionales, elles habitent l'intérieur des terres aussi bien que le littoral, mais chez nous c'est uniquement au bord de la mer qu'elles trouvent les conditions thermiques nécessaires à leur maintien. Citons notamment *Phleum arenarium*, *Scirpus Holoschoenus*, *Juncus anceps*, *Glau-*

TABLEAU

Le climat du littoral comparé

LOCALITÉS.	MOYENNE DES MAXIMA.									
	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.
Ostende (altit. 6 m.) . .	6,4	3,9	5,8	8,9	12,2	15,2	18,8	20,5	20,3	18,4
Furnes (altit. 6 m.) . .	6,2	4,0	6,2	9,6	13,4	16,2	19,4	20,9	20,5	18,4
Somergem (altit. 22 m.) .	5,9	3,3	5,9	10,0	14,2	17,6	21,1	22,3	21,7	19,4
Iseghem (altit. 19 m.) . .	5,5	3,0	5,5	9,8	14,1	17,8	21,8	22,8	21,9	19,1
Turnhout (altit. 27 m.) .	5,7	3,0	5,9	10,4	15,3	19,0	22,6	23,5	22,7	19,5
Hechtel (altit. 64 m.) . .	5,2	2,2	5,6	10,3	15,3	18,9	22,6	23,4	22,7	20,2
Uccle (alt. 100 m.) . . .	4,1	3,2	4,9	8,0	12,7	17,0	20,4	21,8	21,2	18,1
Bastogne (altit. 503 m.) .	2,7	0,1	3,8	8,0	13,4	17,0	21,1	21,7	21,1	18,2
JOURS DE GELÉE.										
Ostende	9,3	16,7	11,7	4,6	0,9	0	0	0	0	0
Furnes	11,3	18,3	13,7	5,3	1,4	0,1	0	0	0	0
Somergem	13,7	21,0	15,1	8,0	3,6	1,0	0,1	0	0	0
Campine ⁽¹⁾	14,5	22,1	16,0	10,1	3,9	0,5	0	0	0	0
Uccle.	11,5	13,9	10,3	8,4	1,6	0	0	0	0	0
Haute-Ardenne ⁽²⁾ . . .	26,5	27,5	22,8	19,2	13,4	4,2	0,8	0	0	0

⁽¹⁾ Pour les jours de gelée, moyenne entre Turnhout et Hechtel.⁽²⁾ Pour les jours de gelée, moyenne entre Bastogne et Libramont.

celui de l'intérieur de la Belgique.

		MOYENNE DES MINIMA.											
	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.
8	9,4	1,3	- 1,3	0,1	2,6	5,2	8,3	11,6	13,2	13,4	11,6	7,4	3,2
4	8,9	0,7	- 1,7	- 0,5	2,2	4,3	7,4	10,8	12,2	12,4	10,6	6,5	2,5
0	8,8	0,0	- 2,7	- 1,1	1,7	3,0	6,6	10,2	11,6	11,8	9,6	5,6	2,1
4	8,4	0,5	- 2,1	- 0,7	2,0	4,4	7,4	11,2	12,6	12,7	10,4	6,2	2,5
9	9,0	- 0,1	- 3,2	- 1,6	1,4	3,9	7,3	11,1	12,1	12,2	10,3	5,9	1,8
3	8,8	- 0,6	- 4,0	- 2,1	0,8	3,2	6,7	10,5	11,9	12,0	9,6	5,5	1,2
6	7,5	- 0,2	- 1,2	- 0,2	1,3	4,3	7,4	10,9	12,6	12,5	10,3	6,6	2,6
0	6,7	- 3,4	- 6,9	- 4,8	- 2,1	0,4	4,1	7,3	8,9	8,8	6,6	3,0	- 0,7
EAU TOMBÉE.													
1	5,7	56	42	33	37	30	41	43	54	66	62	73	63
6	6,9	54	40	33	41	31	45	52	57	68	64	77	63
3	10,4	72	47	40	47	35	51	66	70	81	68	87	67
6	12,3	63	44	39	44	37	46	67	77	70	63	72	58
4	5,5	60	54	47	49	47	56	65	74	75	65	71	62
2	15,0	111	79	49	74	53	70	89	107	86	84	89	109

cium flavum, *Althaea officinalis*, *Ramalina evernioides*. La carte 10 (hors texte) montre la répartition géographique de *Phleum arenarium*.

Il y a aussi quelques plantes méridionales qui passent couramment l'hiver en plein air dans les jardins de la côte, alors qu'elles gèlent à Bruxelles; telles sont *Laurus nobilis*, *Lavatera arborea*, *Artemisia Abrotanum*.

De même qu'il y a des espèces que la douceur de l'hiver retient dans les districts littoraux, y en a-t-il d'autres que l'insuffisante chaleur de l'été en éloigne? Cela n'est pas impossible.

En tout cas, il est certain que la Vigne n'y mûrit jamais ses fruits, même quand elle est cultivée, comme c'est généralement le cas, sur la pente méridionale du toit des petites maisons de la dune (voir phot. 60 et 63); elle pousse vigoureusement et des raisins sont produits en abondance, mais ils n'arrivent jamais à maturité, faute de quelques journées assez chaudes. Ce qui est vrai pour la Vigne, l'est peut-être aussi pour des plantes sauvages, qui seraient ainsi exclues des districts littoraux. Il est possible que ce soit pour cette raison que *Galium cruciata*, *Satureja Clinopodium*, *S. Acinos*, *Malva moschata*, etc., ne réussissent pas à coloniser les dunes, les polders et la plaine flamandienne. Ce sont, en effet, des plantes qui sont surtout abondantes dans le Midi et qui fleurissent en plein été.

La limite septentrionale de trois de ces plantes est représentée sur la carte 10. On voit que cette limite n'est aucunement parallèle aux isothermes de janvier (carte 7), mais qu'elle suit sensiblement, surtout dans la partie occidentale, les isothermes de juillet. Ces faits semblent indiquer qu'elles ont besoin de fortes chaleurs en été, et qu'elles ne craignent nullement les fortes gelées de l'hiver, puisqu'elles se rencontrent dans l'Europe centrale et orientale, à climat continental. Ce ne sont pas non plus les conditions du sol ou de l'humidité qui peuvent rendre les dunes inaptées à l'existence de ces plantes, car on les rencontre fréquemment (surtout les deux premières) sur les sables tertiaires aux environs de Bruxelles.

Jusqu'à quel point la température du sol participe-t-elle à celle de l'air. Je ne pense pas que des observations aient été faites com-

parativement dans le sable des dunes et dans l'argile, telle que celle des polders. M. HILGARD (p. 306) donne des renseignements au sujet de la capacité calorique et de la conductibilité du sable et de l'argile. Le sable a une chaleur spécifique plus grande que l'argile, et pour une même quantité de chaleur absorbée, sa température s'élève donc moins que celle de l'argile. Ceci tendrait à faire supposer que la surface du sable ne subit pas de grandes variations de température. Mais il faut considérer, d'autre part, que le sable est mauvais conducteur de la chaleur, de telle sorte que la chaleur absorbée par la couche superficielle ne se transmet que lentement aux parties profondes, et qu'inversement, pendant la nuit, la chaleur de la partie inférieure n'atteint que lentement la surface. Il faut encore tenir compte de la teinte très pâle du sable, peu favorable à l'absorption de la chaleur. De l'ensemble des recherches, faites notamment par WOLLNY (d'après M. HILGARD), il résulte qu'en été, les sols sableux sont les plus chauds, puis les sols riches en humus, les sols calcaires et, enfin, les sols limoneux et argileux; tandis qu'en hiver ce sont les sols riches en humus qui sont les plus chauds, puis les limons et, enfin, les sables.

J'ai à diverses reprises déterminé, dans les dunes de Coxyde, pendant des journées très chaudes, la température du sable exposé directement aux rayons solaires à midi; le thermomètre a souvent marqué des températures comprises entre 57° et 58°. Il est certain que les feuilles et les tiges minces qui sont en contact intime avec le sol, par exemple *Erodium cicutarium*, *Leontodon hirtus*, les Mousses, prennent ces températures élevées.

Je n'ai pas d'observations de températures de la surface de l'argile des polders; d'après les données réunies par M. HILGARD, elle est probablement moins chaude que le sable. Sur les alluvions marines et fluviales, qui restent toujours fortement imprégnées d'eau, l'échauffement superficiel est naturellement peu appréciable.

En somme donc, s'il est vrai que la température de l'air, à 1 ou 2 mètres au-dessus du sol, est sensiblement plus basse en été et plus élevée en hiver, dans les dunes que dans les polders et les autres parties de la Belgique, en revanche la surface du sable s'échauffe plus en été et se refroidit plus en hiver que celle des autres terrains.

Humidité atmosphérique.

M. DURIÉUX (1900) déduit de ses observations que l'air est plus sec sur le littoral qu'à l'intérieur du pays. Cette conclusion est probablement inexacte, puisque sur toute la côte occidentale de l'Europe continentale, depuis Brest jusqu'à Skagen, l'humidité relative est supérieure à ce qu'elle est à l'intérieur des pays (voir tableau G, p. 238, ss.).

Pluie.

Les observations d'Ostende concordent avec celles des autres localités littorales : partout la quantité d'eau recueillie est inférieure à ce qu'elle est à quelques lieues de la mer, même lorsque le pays est plat (voir tableau G, p. 238, ss.).

M. DURIÉUX (1900, p. 393) attribue la faiblesse de la pluie à la rareté des orages. On constate, en effet, que c'est surtout en été que le déficit est considérable (voir tableau G, p. 238, ss. et diagrammes C et I), ce qui rend la pénurie d'eau d'autant plus sensible à la végétation : les plantes des dunes ne sont presque pas arrosées pendant les mois où le besoin d'eau est le plus vif ; et encore celle qui tombe s'infiltrerait-elle rapidement dans les profondeurs du sable où elle n'est plus accessible aux racines.

La rareté des pluies d'été est aussi très défavorable aux végétaux des schorres et des slikkes. Ils ont leurs racines dans un sol imprégné d'une solution concentrée de chlorure de sodium, qui n'est que difficilement absorbée ; elles n'ont donc l'occasion de prendre de l'eau que lorsqu'une pluie survient à marée basse et dilue la solution saline.

Il n'est pas rare non plus que les pluies soient trop peu copieuses dans les polders marins ; quoique ceux-ci soient situés endessous du niveau des hautes marées, les fossés qui irriguent les prairies tarissent pendant les étés secs et la végétation jaunit et dépérit. Ce fut notamment le cas en août et septembre 1906.

Quant aux polders fluviaux et aux alluvions des rivières à marées, leur végétation est toujours abondamment pourvue d'eau et, par conséquent, indépendante de la pluie.

Nébulosité. Intensité de la lumière.

Le ciel du littoral et des polders ne présente aucune particularité; la nébulosité est sensiblement la même que dans les districts continentaux. (Voir aussi le tableau G, p. 238, ss.) Pourtant les habitants du littoral ont l'impression fort nette que les brouillards y sont plus fréquents en hiver qu'à l'intérieur du pays.

Vent.

Voici les nombres donnés par M. DURIEUX (1900, p. 395) pour la direction du vent à Ostende, et ceux donnés par M. LANCASTER (1900, p. 430) pour Bruxelles. (Ces derniers nombres sont réduits en proportions ‰ pour les rendre comparables à ceux d'Ostende.)

TABLEAU D.*Direction du vent suivant les saisons (¹).*

DIRECTION DU VENT.	HIVER.		PRINTEMPS.		ÉTÉ.		AUTOMNE.	
	Ostende.	Bruxelles.	Ostende.	Bruxelles.	Ostende.	Bruxelles.	Ostende.	Bruxelles.
N.	60	33	152	92	125	93	59	45
NE.	130	77	207	131	115	88	116	87
E.	160	125	76	131	39	76	114	115
SE.	67	69	32	61	25	46	62	71
S.	190	158	107	96	100	82	210	157
SW.	180	332	158	227	214	279	210	323
W.	150	152	176	158	283	215	161	148
NW.	63	53	92	104	99	121	72	54

(¹) Dans le tableau D, les saisons sont les saisons astronomiques.

Aussi bien à Ostende qu'à Bruxelles, le vent souffle d'une façon prépondérante du SW. Mais au printemps, les vents de NE. à Ostende et ceux de NE. et d'E. à Bruxelles sont également fort fréquents.

Je me hâte d'ajouter que les nombres qui viennent d'être donnés n'intéressent pas beaucoup la géobotanique. En effet, on est généralement d'accord pour admettre que les vents faibles n'influencent guère la végétation, ni par leur action mécanique, ni par leur action desséchante. Il n'y a guère que M. HANSEN (1904) qui croit que même des vents peu rapides peuvent détruire le bord des feuilles. Quant à moi, je pense que les seuls courants atmosphériques dont nous ayons à tenir compte sont ceux dont la vitesse dépasse 14 mètres à la seconde, soit 50 kilomètres à l'heure (ils sont représentés par les nombres 7 à 12 dans l'échelle de Beaufort, et par les nombres 4, 5, 6 dans l'échelle terrestre). Il est donc logique de ne tenir compte que de ces vents violents, que nous appellerons indistinctement des tempêtes ⁽¹⁾.

Les observations indiquant la vitesse du vent à Ostende n'ont jamais été publiées, à ma connaissance. Mais nous possédons les chiffres relatifs à Dunkerque et à Flessingue.

Le tableau *E* résume ces observations. Nous y joignons, pour la comparaison, les observations faites à Paris (au Parc Saint-Maur). Les tempêtes sont classées par saisons géobotaniques (voir p. 208).

(1) Voir sur la relation entre l'échelle de Beaufort, l'échelle terrestre et la vitesse du vent, l'*Annuaire météorologique de l'Observatoire royal de Belgique*, 1903, p. 384.

Voici les relations pour la partie de l'échelle qui nous intéresse ici :

Échelle de Beaufort.	Échelle terrestre.	Vitesse par seconde en mètres.	Vitesse à l'heure en kilomètres
7 }	4	{ 13,8	49,7
8 }		{ 16,4	59,0
9 }	5	{ 19,5	70,0
10 }		{ 23,5	84,6
11 }	6	{ 28,4	102,2
12 }		{ 34,2	123,1
	.	et au delà.	et au delà.

TABLEAU E.

Direction des vents dont la vitesse atteint au moins 50 kilomètres à l'heure, à Dunkerque, à Flessingue et à Paris.

SAISONS.	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.
Tempêtes de Dunkerque (1890 à 1899).								
<i>Force = 50 à 59 kilomètres à l'heure.</i>								
Hiver	18	6	20	»	5	8	70	21
Printemps . . .	7	9	7	»	»	1	22	7
Été	5	»	3	»	»	5	27	7
Automne . . .	8	2	11	»	1	2	26	11
<i>Force = 60 à 69 kilomètres à l'heure.</i>								
Hiver	4	1	9	»	6	3	44	12
Printemps . . .	5	2	1	»	»	9	10	1
Été	3	»	»	»	»	3	4	»
Automne . . .	6	1	5	»	»	1	6	4
<i>Force = 70 à 79 kilomètres à l'heure.</i>								
Hiver	1	2	3	»	»	3	30	1
Printemps . . .	1	»	»	»	»	»	2	1
Été	»	»	»	»	»	1	1	»
Automne . . .	3	1	2	»	»	»	»	1

TABLEAU E (suite).

SAISONS.	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.
Tempêtes de Dunkerque (1890 à 1899) (suite).								
<i>Force = 80 à 116 kilomètres à l'heure.</i>								
Hiver	1	»	4	»	»	»	10	»
Printemps . . .	3	»	»	»	»	»	1	»
Été	»	»	»	»	»	1	2	»
Automne	1	»	1	»	»	1	»	1
TOTAL	66	24	66	»	12	38	255	67
TOTAL GÉNÉRAL : 528								
Tempêtes de Flessingue (1890-1899).								
<i>Force = 7 à 8 de l'échelle de Beaufort.</i>								
Hiver	5	7	9	3	17	63	55	17
Printemps . . .	4	4	4	1	»	6	5	6
Été	»	»	»	»	»	18	32	4
Automne	1	»	4	»	8	31	16	5
<i>Force = 9 à 10 de l'échelle de Beaufort.</i>								
Hiver	»	1	1	»	2	8	14	4
Printemps . . .	»	2	»	»	»	»	»	»
Été	»	»	»	»	»	1	1	»
Automne	1	»	1	»	1	5	2	»

TABLEAU E (suite).

SAISONS.	N.	NE.	E	SE.	S.	SW.	W.	NW.
Tempêtes de Flessingue (1890-1899) (suite).								
<i>Force = 11 à 12 de l'échelle de Beaufort.</i>								
Hiver	»	»	»	»	»	»	1	»
Printemps. . .	»	»	»	»	»	»	»	»
Été	»	»	»	»	»	»	»	»
Automne . . .	»	»	»	»	»	»	»	»
TOTAL	11	14	19	4	27	128	129	36
TOTAL GÉNÉRAL : 368								
Tempêtes de Paris (1890-1899) ⁽¹⁾ .								
<i>Force = 4 de l'échelle terrestre.</i>								
Hiver	18	10	1	1	38	53	14	7
Printemps. . .	10	10	»	1	12	12	8	4
Été	1	1	»	1	12	20	4	»
Automne . . .	2	5	»	1	12	15	2	»
<i>Force = 5 de l'échelle terrestre.</i>								
Hiver	2	5	»	»	8	5	5	4
Printemps. . .	1	»	»	»	»	2	»	»
Été	»	»	»	»	»	»	»	2
Automne . . .	»	1	»	»	5	»	»	1

(1) Les nombres publiés ici diffèrent un peu de ceux que j'ai donnés dans : *Les conditions d'existence des arbres dans, les dunes littorales*, à la suite de petites corrections que j'ai apportées aux calculs.

TABLEAU E (suite).

SAISONS.	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.
Tempêtes de Paris (1890-1899) (suite).								
<i>Force = 6 de l'échelle terrestre.</i>								
Hiver	»	»	»	»	4	3	»	»
Printemps . . .	»	»	»	»	»	»	»	»
Été	»	»	»	»	»	»	»	»
Automne . . .	»	»	»	»	»	2	»	»
TOTAL . . .	34	32	1	4	91	112	33	18
TOTAL GÉNÉRAL : 325								

Lorsque les indications étaient données d'après 16 directions, je les ai ramenées à 8 directions, en partageant également les observations NNE., ENE., ESE., etc., entre les deux directions voisines. — Ces observations étaient faites trois fois par jour à Dunkerque et à Flessingue. Pour Paris, je ne tiens compte que des observations de 6 h., 12 h. et 21 h.

Voici des schémas qui sont plus démonstratifs que les nombres du tableau E. *Du Ann*, *Fl Ann*, *Pa Ann*, représentent les tempêtes qui ont soufflé à Dunkerque, Flessingue et Paris pendant les années 1890 à 1899 : la longueur de chacun des rayons de la rose des vents est proportionnelle au nombre des tempêtes de cette direction. — *Du PE*, *Fl PE*, *Pa PE* représentent de la même

manière les tempêtes des printemps et des étés à Dunkerque, Flessingue et Paris de 1890 à 1899.

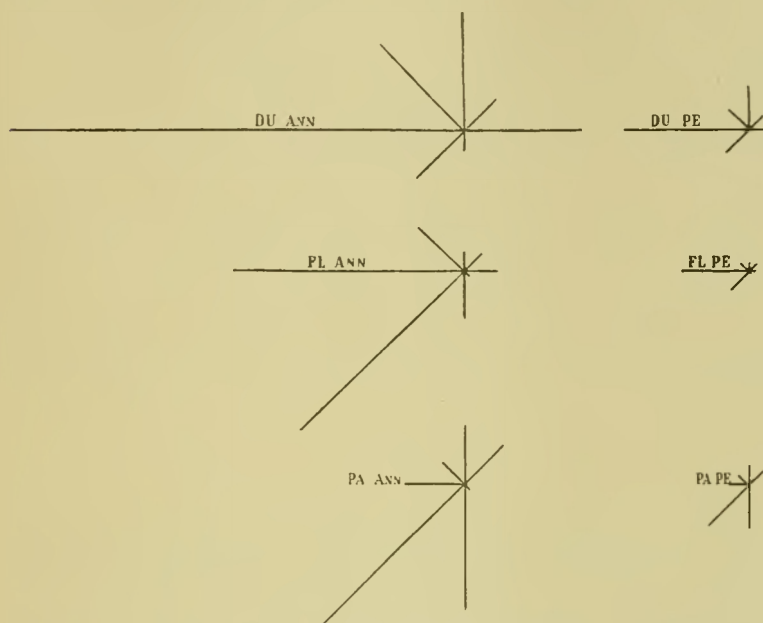


FIG. 18. — Direction des tempêtes.

Comparons entre eux les tableaux ou les schémas :

A Dunkerque, les tempêtes soufflent le plus souvent du quadrant NW.

A Flessingue, elles soufflent du quadrant SW.

A Paris, la prédominance du quadrant SW. est encore plus marquée et la direction maximale a une tendance à tourner vers le S.

Quelle serait la raison de cette différence ?

Dans toute l'Europe occidentale, les vents du quadrant SW. sont les plus fréquents. Les tempêtes suivent la règle générale. Seulement quand des vents violents soufflent par-dessus la terre, leur vitesse décroît de plus en plus, ce qui n'a pas lieu par-dessus la

mer. Sur la côte, la direction des tempêtes est donc en relation avec l'orientation du rivage : les vents qui passent sur la terre pour atteindre le point considéré, se sont affaiblis, tandis que les vents de la mer arrivent directement et sans rien avoir perdu de leur vitesse. C'est ainsi qu'à Dunkerque, où la côte a sensiblement la direction WSW.-ENE., la mer étant à l'WNW., les tempêtes du SW. sont notablement moins fréquentes que celles de l'W., que rien n'arrête. A Flessingue, l'orientation du rivage est W.-E., la mer étant au S., ainsi qu'on peut le voir sur la carte hors texte 1. La direction SW. est donc largement ouverte, et ce sont les tempêtes SW. et W. qui sont les plus nombreuses. Lorsqu'on examine un point tel que Paris qui est situé au milieu des terres, et où l'action retardatrice des arbres et des inégalités du sol s'exerce également sur tous les vents, on y retrouve la prédominance des vents SW.

*
*
*

Je crois qu'il est inutile de discuter en détail le mode d'action du vent sur la végétation. Des observations de KIHLMANN, M. WAR-MING, M. HANSEN, etc., qui ont été réunies et comparées critiquement par M. FRÜH, il résulte que le vent agit à la fois en secouant les feuilles et en accélérant leur transpiration. Dans les dunes, il intervient encore d'autres façons : il ensevelit les végétaux en certains endroits et les déracine en d'autres ; il mitraille les feuilles par les innombrables grains coupants de sable qu'il entraîne violemment avec lui. Enfin une tempête soufflant de la mer est toujours plus ou moins chargée de sel, et celui-ci peut à son tour devenir une cause de destruction.

On a une tendance à exagérer l'importance de ce dernier facteur. M. FRÜH relate de nombreuses expériences qui prouvent que la quantité de sel marin emporté par les tempêtes est toujours assez minime. Il insiste aussi sur cette constatation, que les méfaits du vent à l'intérieur des continents sont les mêmes que près des côtes, alors que certainement le vent n'y est pas salé.

Un autre fait qui vient également montrer que « l'air salin »

n'a guère d'importance, c'est que sur les côtes du Boulonnais, constituées par des falaises où la mer se brise avec furie et où chaque vague de tempête se résout en un épais nuage d'embrun, la pente abrupte de la falaise nourrit, jusque tout près de la limite des marées, une végétation qui ne porte aucunement l'empreinte du sel marin. On n'y trouve pas une seule des plantes halophiles qui sont spéciales aux alluvions vaseuses imprégnées d'eau de mer ⁽¹⁾ (*Suaeda*, *Salicornia*, *Atropis maritima*, etc.), ni de celles qui habitent les sables salés (*Cakile*, *Salsola*, etc.). Les plantes particulières qui s'y rencontrent sont exclusives aux rochers maritimes (*Crithmum maritimum*, *Silene maritima*, etc.), mais il n'est pas prouvé que ce soit le sel marin qui localise les espèces sur les rochers battus par la mer. On ne pourrait vraiment citer que deux Phanérogames qui soient attirées sur les falaises jurassiques du Boulonnais par le sel marin : ce sont *Apium graveolens* et *Glaux maritima*. La première est localisée en Belgique sur les digues dont la base est léchée par de l'eau saumâtre. Sur les falaises, *Apium* habite le voisinage des filets d'eau qui suintent sur la pente escarpée, partout où les couches sont inclinées vers la mer. L'eau de pluie qui tombe sur le plateau de la falaise dissout le sel amené par les tempêtes, s'infiltre jusqu'à une couche imperméable et suit celle-ci vers l'escarpement de la falaise. Quant à *Glaux*, il habite le bas de la falaise, près de la marée haute. Il n'est du reste pas fort répandu.

A côté de ces espèces dont la présence indique une certaine salure, de nombreuses autres plantes témoignent que l'eau est à peu près douce : *Equisetum palustre*, *Lolium perenne*, *Lemna minor*, *Orchis latifolia*, *Ranunculus repens*, *Carlina vulgaris*, *Pulicaria dysenterica*, *Tussilago Farfara*, *Mentha aquatica*, *Scrophularia aquatica*, etc.

Puisque des falaises, exposées directement aux grandes vagues de la Manche, portent une flore nullement halophile, et qui serait chassée par la salure, on admettra à plus forte raison que l'air

(1) Pourtant les falaises jurassiques sont souvent argileuses.

n'est pas chargé de particules salines sur notre côte basse et plate, qui se prolonge au loin sous une mer sans profondeur et où les vagues, d'ailleurs peu hautes, viennent mourir lentement sur la plage, en y déferlant à peine.

Il est juste d'ajouter que tous les botanistes ne sont pas d'accord sur l'innocuité des particules de sel entraînées par le vent. M. DEVAUX (1906) a publié des observations faites près de Biarritz, qui le conduisent à accuser principalement le sel marin de la destruction localisée de *Pinus Pinaster* (Pin maritime).

Autrement menaçants sont, pour les plantes des sables, le danger d'être déchaussées et celui d'être ensevelies sous le sable soulevé ailleurs.

Chaque tempête creuse la dune sur la face antérieure et transporte le sable par-dessus la crête, sur la face située en aval; ici les plantes sont enfouies; là elles étaient déracinées (voir phot. 25 et 26). Mais pour que les rafales, même violentes, modifient visiblement la forme de la dune, il faut que le sable soit sec et pulvérulent; lorsque les grains sont collés ensemble par l'eau, ils résistent victorieusement aux ouragans. Il importerait donc beaucoup de savoir si les tempêtes de certaines directions sont plus fréquemment dépourvues de pluies que d'autres.

J'ai minutieusement comparé à ce point de vue les observations faites à Dunkerque et publiées dans les *Annales du bureau central météorologique de France*.

Pour les années 1890 à 1899, je n'ai pas trouvé qu'il y eût une prépondérance de tempêtes sans pluie pour aucune direction. Donc, puisque c'est de l'W. que soufflent le plus souvent les tempêtes, c'est la face W. des dunes qui est la plus entamée, et elles se déplacent vers l'E.

Ce n'est pas uniquement en transportant le sable que le vent menace la végétation; il exerce aussi une action immédiate sur les organes aériens des plantes. Cette influence est naturellement d'autant plus évidente que ces organes sont plus directement exposés aux tempêtes; en d'autres termes, ce sont les feuilles, surtout celles des arbres et des arbustes, qui auront le plus à souffrir.

Ces considérations nous amènent aussitôt à cette conclusion, que

pour apprécier exactement et complètement le vent comme facteur géobotanique, il ne faut pas accorder la même importance aux tempêtes qui soufflent en hiver et en automne qu'à celles du printemps et de l'été.

Si nous constatons que les arbres à feuilles caduques sont déformés par le vent, nous serons en droit d'incriminer d'une façon presque exclusive les tempêtes du printemps et de l'été, en d'autres termes, celles qui soufflent pendant que les arbres sont en feuilles.

Voyons d'abord quelles sont les directions de ces tempêtes. (Tableau F.)

TABLEAU F.

Tempêtes du printemps et de l'été. (Années 1890 à 1899.)

LOCALITÉS.	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.
Dunkerque. . .	24	11	10	0	0	18	69	16
Flessingue . . .	4	6	4	1	0	25	38	7
Paris.	11	11	0	2	25	33	11	7

Les schémas *Du PE*, *Fl PE*, *Pa PE* traduisent ces nombres d'une façon plus démonstrative (voir p. 227).

Ils montrent, tout comme les schémas correspondant aux tempêtes de l'année entière, que les tempêtes les plus fréquentes du printemps et de l'été soufflent sur notre côte, orientée exactement comme celle de Dunkerque, du quadrant WN., mais avec prépondérance notable de la direction W.

Si le vent agissait surtout par sa force mécanique, c'est-à-dire en poussant les arbres, il est évident que sur le littoral ceux-ci seraient

tous penchés vers l'E., de même qu'à l'intérieur du pays ils sont penchés vers le NE. Or, on constate aussitôt que leur inclinaison se fait vers le SE. ou l'ESE.

Comment donc agit le vent? Un examen attentif des rameaux qui viennent de subir une tempête lève tous les doutes. C'est l'exagération de la transpiration qui est seule en cause : le bord des feuilles est noirci et recroquevillé; le sommet encore jeune de chaque rameau est également desséché.

M. HANSEN (1904) est également d'avis que la mortification de la zone marginale des feuilles est due à ce que la sève contenue dans les vaisseaux des nervures foliaires s'évapore avant d'arriver jusqu'à l'extrémité des nervures. Cette idée rend très bien compte de ce fait, que la destruction des tissus commence toujours par le bord.

Le moindre obstacle suffit à annihiler la puissance destructive que le vent exerce sur le feuillage. Ainsi, un buisson de *Populus monilifera* ou de *P. alba* qui a été fouetté par une tempête, n'a subi d'injures que du côté qui était directement exposé au vent : les feuilles y sont brunies, les sommets des rameaux sont flétris; sur l'autre face, c'est à peine si l'on aperçoit une action.

Cette différence est des plus nettes, même lorsque le buisson est peu dense et n'a qu'un mètre d'épaisseur ou même moins. Il faut donc admettre qu'en passant à travers le feuillage, le vent a perdu suffisamment de sa vitesse pour ne plus exercer d'effet appréciable sur les feuilles (*).

L'affaiblissement du vent par un obstacle, insignifiant en apparence, permet aussi de comprendre une pratique culturale habituellement suivie dans les dunes. Au printemps, lorsque les champs sont préparés pour la plantation de Pommes de terre, on

(*) Ce fait, qu'il est facile d'observer lors de chaque tempête, est en contradiction avec les expériences faites par M. HANSEN (1904), qui a vu que des vents, même faibles, suffisent à mortifier le bord des feuilles. Je suppose que M. HANSEN se servait d'exemplaires qui avaient été cultivés dans un air particulièrement calme.

couche sur le sable des branches d'Aune ou de Peuplier : quoiqu'il n'y ait pas de feuilles à ces rameaux, ils brisent suffisamment le vent pour que celui-ci ne soulève plus le sable superficiel et ne l'emporte pas au delà du champ (voir phot. 59). On se sert dans le même but de bouchons de paille enfoncés dans le sable. (Voir phot. 60).

Représentons-nous maintenant quel aspect prendront des végétaux qui sont soumis depuis toujours à l'action déformante des tempêtes. Sans répit, les rameaux qui naissent du côté des vents dominants se flétrissent et se dessèchent ; la cime ne parvient donc jamais à s'étendre de ce côté, et elle devient asymétrique. De plus en plus, elle s'accroît dans la direction opposée et finalement elle prend l'aspect d'un balai fortement usé. Comme le poids de la couronne est tout à fait unilatéral, le tronc se penche dans la direction inverse de celle d'où soufflent les tempêtes. Un fait qui montre nettement que ce n'est pas l'effort mécanique exercé par le vent qui incline les arbres, mais uniquement la traction unilatérale provoquée par la cime, c'est d'abord que les arbres qui ne souffrent pas de l'action desséchante du vent ne s'inclinent pas, — témoin *Salix alba*, — et en second lieu que les arbres dont la cime ne s'étale pas latéralement, tels que *Populus italica*, restent également verticaux, tout en devenant asymétriques.

Les diverses espèces sont inégalement sensibles à l'influence desséchante des vents, d'après des observations faites dans les districts littoraux de Belgique. Voici comment on peut classer les arbres et les arbustes au point de vue de la déformation plus ou moins grande que le vent leur imprime.

1. *Populus alba* (Peuplier blanc), *Tilia ulmifolia* (Tilleul) et *Ulmus campestris* (Orme). On n'en rencontre jamais un individu à couronne régulière. (Voir phot. 42, 154, 155, 164.)

2. *Fraxinus excelsa* (Frêne), *Alnus glutinosa* (Aune), *Populus italica* (Peuplier pyramidal), *Ligustrum vulgare* (Troène). Ces deux premiers sont toujours fortement asymétriques et penchés ; le troisième reste droit malgré le dessèchement de la moitié des rameaux. Le dernier forme des buissons qui sont comme rasés du côté de l'WNW. (Voir phot. 41.)

3. *Populus monilifera* (Peuplier du Canada). Déformation moins accentuée. (Voir phot. 135, 137, 156.)

4. *Betula alba* (Bouleau), *Quercus pedunculata* (Chêne). Couronne à peine unilatérale.

5. *Salix alba* (Saulle blanc), *S. repens* (Saulle rampant), *Hippophaës rhamnoides* (Argousier). Jamais la moindre trace de dessèchement. (Voir phot. 22, 23, 24.)

Les *Populus alba*, les *Tilia* et les *Ulmus* pleinement exposés au vent prennent souvent des aspects tout à fait singuliers. Toute branche qui pousse vers l'W. et le NW. étant aussitôt desséchée, toute la couronne finit par être déjetée et elle donne l'impression d'un panache de fumée soufflée de côté.

Lorsque la plante est protégée par une dune ou par une construction, la déformation caractéristique ne se montre qu'au-dessus de l'abri, dans la portion du feuillage où le vent a librement accès. Ce phénomène se voit de la façon la plus évidente sur de petits *Populus alba* poussant sur le penchant SE. de dunes situées à La Panne, à gauche de la route qui conduit de l'arrêt du tram vicinal à la mer. (Voir phot. 42.)

Ce qui a été dit plus haut du ralentissement du vent à l'intérieur d'un buisson ou d'une cime, même peu épaisse, rend compte de ce fait que les arbres de la côte ne présentent leur allure caractéristique, en forme de balai usé, que lorsqu'ils sont isolés. Lorsqu'ils sont suffisamment rapprochés et alignés dans le sens des vents, ils se garantissent les uns les autres et aucune déformation n'apparaît. C'est ce qui s'est passé pour les *Populus monilifera* plantés le long de la route de Furnes à La Panne. Dans ce village, la route suit sensiblement la direction WNW. ; les arbres s'abritent donc mutuellement et ils n'ont pas du tout l'aspect habituel des Peupliers qui ont poussé au bord de la mer.

Cette observation faite sur les arbres de la route de La Panne nous ramène à notre point de départ : pourquoi des arbres librement exposés à toutes les tempêtes s'inclinent-ils vers le SE. alors que les tempêtes d'W. sont les plus nombreuses ? Il est vrai que la fréquence de ces tempêtes est plus grande que celle des autres, seulement il faut considérer que les vents d'W. sont généralement

moins froids que ceux du NW. Lorsque ces derniers arrivent sur la côte, ils se réchauffent au contact du sol, et par conséquent leur humidité relative diminue, ce qui entraîne une évaporation plus rapide du feuillage qu'ils fouettent. Or, comme c'est à la dessiccation des rameaux d'une moitié de la cime qu'est due l'asymétrie des arbres littoraux, nous voyons pourquoi les troncs penchent vers le SE.

* *

Jusqu'ici nous n'avons envisagé que les arbres qui perdent leurs feuilles en hiver. On cultive aussi dans les dunes littorales des Conifères à feuillage persistant (*Pinus sylvestris* et *P. Pinaster* ou Pin maritime), qui sont donc exposés aux vents pendant toutes les saisons. On distingue facilement chez eux l'action mécanique exercée principalement par les tempêtes du SW., et l'action desséchante qui est la plus marquée pour les tempêtes du NW.

Un petit bois de *Pinus sylvestris* établi dans les dunes du Coq (entre Ostende et Blankenberghe) est particulièrement démonstratif. Le croquis ci-joint indique quelle est sa configuration.

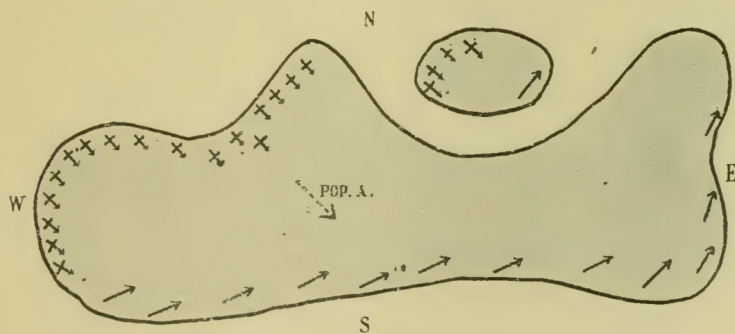


FIG. 19. — Bois de *Pinus sylvestris*, au Coq. Les flèches indiquent la direction vers laquelle les arbres sont inclinés. Les croix indiquent les arbres morts. — POP. A = *Populus alba*.

Sur le bord S., tous les arbres sont déjetés vers l'ENE. : les branches qui étaient tournées vers l'WSW. ont été détruites, — plutôt brisées que desséchées, — et la cime est devenue asymétrique (voir phot. 87). Sur le bord NW. les arbres ont eu à peine le temps d'être inclinés ; la cime tout entière a été tuée rapidement (voir phot. 88 et 89).

Je pense que c'est en hiver que se produit l'effet destructeur du vent de NW. sur les *Pinus*. Pendant les hivers 1905-1906 et 1906-1907, les *Pinus sylvestris* et *P. Pinaster* plantés à Coxyde, à la base du versant NW. du Hoogen Blikker, ont présenté la mortification du sommet des aiguilles du côté NW. de la cime ⁽¹⁾. Chaque arbre avait, en février, une face restée verte (SE.) et une face fortement brunie (NW.) ; pendant le printemps et l'été, les aiguilles se dessèchent de plus en plus et tombent. Comme sur chaque rameau de la face NW. des arbres, ce ne sont que les aiguilles les plus exposées qui périssent, les Pins de Coxyde deviennent à peine asymétriques et continuent à pousser vigoureusement.

Lorsque les Pins sont isolés, il arrive souvent que leur cime devient fortement unilatérale, et prend la forme d'un panache de fumée (voir phot. 173).

A quoi tient le dépérissement total et rapide des Pins sylvestres au Coq ? Je l'ignore. Toujours est-il que les causes qui détruisent actuellement les arbres agissent déjà depuis plusieurs années. La pineraie a été sensiblement plus étendue vers le NW. qu'elle ne l'est maintenant. En 1891, son bord NW., situé loin en avant du bord actuel, montrait le même dépérissement des Pins battus par les tempêtes froides du NW. (voir phot. 89).

Dans une autre des plantations du Coq, on se rend compte de la différence des effets du vent sur les Pins, qui sont verts en toute saison, et sur les Peupliers blancs, qui n'ont de feuilles qu'au printemps et en été. Au milieu des Pins sont quelques Peupliers dont les branches dépassent les Pins. Alors que ceux-ci montrent l'in-

(1) La salure de l'air intervient-elle, comme l'a observé M. DEVAUX ? Ce n'est pas impossible, mais je n'oserais l'affirmer.

clinaison des arbres le long de la bordure WSW., et leur mort du côté NW., les Peupliers sont tous uniformément couchés vers le SE. : les rameaux qui se dirigeaient vers le NW. ont été desséchés et seuls ceux du SE. persistent (voir schéma, p. 235 et phot. 90.)

IV. — COMPARAISON DU CLIMAT DU LITTORAL DE LA BELGIQUE AVEC CELUI DU LITTORAL DE L'EUROPE OCCIDENTALE MOYENNE.

L'exposé que nous venons de faire du climat du littoral de notre pays resterait incomplet si nous n'y ajoutions quelques données sur le climat des littoraux qui continuent le nôtre vers le NE. (Néerlande, Allemagne, Danemark) et vers le SW. (France). En effet, il est intéressant de savoir jusqu'où, dans les deux sens, les conditions climatiques restent assez semblables à celles du littoral belge, pour que les habitants de nos dunes, de nos schorres et de notre plaine alluviale puissent s'étendre vers le NE. et vers le SW. C'est là une question que nous aurons à nous poser très souvent quand nous tenterons de rechercher l'origine de notre flore littorale et alluviale. Comme nous aurons aussi à nous demander, à propos de nombreuses espèces, si celles-ci ne nous sont pas arrivées de l'E., j'ai cru utile de comparer également notre littoral à celui de la Baltique, dans sa partie méridionale. C'est pourquoi le tableau *G* porte aussi les observations relatives à Memel.

Le tableau *G* et les graphiques correspondants ont été extrêmement longs à dresser. J'avais espéré que la connaissance du climat permettrait de comprendre certaines des particularités de la flore littorale; j'ai été profondément déçu et regrette maintenant le temps que ma femme et moi avons consacré à dépouiller les annuaires météorologiques et à calculer des moyennes. Pourtant je reste convaincu que si on connaissait le climat, tel qu'il intéresse la végétation, et non tel qu'il intéresse les météorologistes, nous arriverions à mieux pénétrer la géographie botanique. Le tableau *G* et les graphiques sont donc destinés dans mon esprit à montrer combien sont grandes les lacunes des observations météorolo-

STATIONS	TEMPÉRATURE MAXIMUM			TEMPÉRATURE MINIMUM				
	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Été.	Moyenne. — Avril.	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Hiver.	Minimum absolu. — Hiver.	Moyenne. — Mai.	Minimum absolu. — Mai.
1891								
Saint-Mathieu . . .	14,5	20,1	13,5	7,5	2,1	- 5,5	7,6	3,6
Dunkerque. . . .	11,3	18,6	8,8	6,3	-0,5	-13,5	7,0	3,5
Paris	16,0	22,4	13,9	4,8	-2,2	-13,5	7,7 ³	3,3
Uccle	12,3	20,5	11,0	4,4	-2,2	-16,2	7,1	1,0
Flessingue. . . .								
Helder								
Maastricht								
Borkum	10,1	18,0	7,5	5,4	-2,5	-12,8	7,9	2,6
Wilhelmshaven . .	10,7	19,1	7,8	4,6	-3,2	-15,0	7,5	0,2
Keitum.	9,8	18,3	7,3	5,1	-2,7	-12,0	7,2	2,9
Fanö	9,7	18,2	7,4	4,5	-3,0	-14,0	6,5	2,4
Vestervig	9,3	17,6	6,6	4,4	-3,1	-14,0	6,1	1,8
Skagen	10,7	18,6	7,5	5,3	-1,8	- 7,0	6,3	2,0
Memel	9,7	19,2	9,0	3,6 ²	-4,8	-18,2	6,4	-0,3
1892								
Saint-Mathieu . . .	15,5	20,9	15,7	7,9	4,7	- 3,5	8,7	3,0
Dunkerque	11,8	18,1	9,0 ¹	7,4	1,9	- 6,0	9,8	5,0
Paris	15,6	23,3	16,8	6,1	0,5	-10,1	8,1	-1,3
Uccle	13,3	21,0	13,6	5,0	-0,9	-10,7	7,7	-1,5
Flessingue	11,5	18,5	11,9	7,5	1,5	- 7,0	8,8	1,7
Helder	10,5	17,0	8,7	6,2	0,2	- 7,2	8,7	1,9
Maastricht.	14,6	22,9	14,5	5,9	-0,3	-12,0	9,5	0,4
Borkum	10,4	17,4	8,4	6,3	-0,1	-11,7	8,4	1,8
Wilhelmshaven . .	11,3	18,5	10,0	4,9	-1,2	-13,0	7,2	0,1
Keitum.	10,1	17,4	8,8	5,2	-0,9	-10,9	7,4	-0,1
Fanö	10,4	17,7	9,0	4,9	-1,1	- 9,0	6,6	0,1
Vestervig	9,2	16,1	7,5	4,3	-1,3	- 8,8	6,0	0,0
Skagen	10,0	17,8	8,2	4,7	-2,1	- 9,6	5,7	0,4
Memel	9,2	18,1	6,4	3,5 ²	-3,9 ²	-22,5	5,8	0,6

occidentale.

Jours de grand froid.		Jours de grande chaleur. > 25°	GELEES		HUMIDITÉ MOYENNE			NÉBULOSITÉ à 12 ou 14 heures en été.	PLUIE		
- 5°	< - 10°		Dates de la dernière.	Dates de la première.	Année.	Printemps.	Été.		Année.	Printemps.	Été.
3	0	12	20 III	19 XII	82	78	88	5,8	849,5	102,0	195,5
26	2	5	24 III	31 X	85	82	84	7,7	424,8	78,7	247,3
30	9	19	18 IV	30 X	75	66	78	6,5	544,0	128,8	225,3
27	15	15	2 IV	29 X	81	78	79	7,5	682,2	132,7	222,9
25	3	1	24 III	9 XI							
25	4	0	24 III	8 XI							
21	21	20	2 IV	29 X							
24	6	3	4 IV	8 XI	86	84	81	6,4	601,0	135,0	271,1
					85	78	80	6,6	623,2	111,6	317,7
29	4	2	6 IV	5 XI	84	78	78	6,0	645,3	85,7	325,5
21	10	2	6 IV	28 X	87	81	83	5,7	559,0	93,4	274,2
30	4	3	7 IV	5 XI	85	80	80	5,3	702,2	97,9	315,2
18	0	6	7 IV	22 XI	84	79	80	4,7	611,1	85,6	322,5
55	20	17	7 V	29 X	80	71	75,5	6,3	424,0	39,3	246,2
0	0	15	11 III	26 XII	81	80	85	6,9	844,2	78,7	146,3
3	0	6	13 III	21 XI	90	84	88	8,0	553,2	29,2	207,2
20	1	50	8 V	19 X	71	53	63	5,5	592,2	21,0	165,5
24	2	25	7 V	19 X	78	65	76	7,2	715,3	55,3	286,4
5	0	6	14 III	26 XI	83	67	76	5,5	435,8	18,9	187,3
12	0	3	15 III	26 XI	83	76	80	4,2	648,6	43,2	220,7
18	3	49	20 IV	19 X	75	63	70	5,3	532,0	55,3	220,1
11	1	5	15 III	20 XI	87	82	83	5,7	796,4	75,4	319,3
					83	74	80	6,4	685,8	68,4	234,3
15	2	6	6 V	18 XI	82	74	78	5,8	645,8	50,3	226,1
18	0	6	16 IV	26 X	85	78	80	5,4	601,8	63,1	211,8
21	0	0	6 V	3 XI	84	79	80	5,5	703,3	71,5	230,6
23	0	3	20 IV	23 XI	83	79	81	5,4	614,3	42,6	259,1
39?	20	5	19 IV	21 X	83	77	78	5,6	483,8	65,1	215,6

STATIONS	TEMPÉRATURE MAXIMUM			TEMPÉRATURE MINIMUM				
	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Été.	Moyenne. — Avril.	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Hiver.	Minimum absolu. — Hiver.	Moyenne. — Mai.	Minimum absolu. —
1893								
Brest	17,6	23,9	21,5	9,4	5,0	- 5,8	11,0	7,6
Dunkerque	12,8	19,0	12,0	8,2	2,1	- 7,5	11,2	7,5
Paris	16,0	19,6	22,1	6,4	0,0	-17,0	8,5	2,0
Uccle	13,9	21,7	18,0	5,3	-1,2	-15,7	8,33	1,0
Flessingue	12,5	19,1	15,7	7,5	0,7	- 8,8	9,8	4,3
Helder	11,3	18,0	10,4	7,2	0,4	-12,2	10,1	5,9
Maastricht	14,6	22,9	17,7	5,8	-0,8	-15,8	9,7	1,3
Borkum	11,2	18,4	11,0	6,6	-0,2	-10,1	5,1	5,7
Wilhelmshaven . .	11,6	19,0	11,8	5,3	-1,5	-14,8	7,9	3,6
Keitum	10,4	18,6	10,1	5,4	-1,8	-15,4	8,1	3,4
Fanö	11,0	19,1	11,2	4,9	-2,7	-16,5	7,4	2,0
Vestervig	9,5	17,4	9,4	3,9	-3,9	-19,9	6,2	0,7
Skagen	10,0	18,8	10,0	4,1	-3,5	-16,8	7,1	1,2
Memel	8,6	18,8	5,5	2,7	-8,2	-27,7	6,4	-0,5
1894								
Brest	15,9	20,0	16,2	9,3	5,2	-11	?	?
Dunkerque	12,6	17,8	13,5	8,2	3,3	-12	8,6	5,0
Paris	15,4	22,1	18,5	6,7	1,4	-13,8	7,0	2,2
Uccle	13,4	19,8	17,1	5,7	0,5	-14,0	6,0	1,2
Flessingue	12,3	17,9	14,8	8,0	2,4	-12,0	8,9	5,6
Helder	11,2	16,7	12,4	7,4	1,8	-14,4	8,6	4,0
Maastricht	14,3	21,0	17,9	6,5	-0,1	-13,0	8,3	3,3
Borkum	11,4	18,6	13,5	7,2	1,4	-15,2	8,3	2,2
Wilhelmshaven . .	11,9	18,5	14,2	6,0	0,7	-16,3	7,6	0,8
Keitum	11,1	17,6	12,8	6,6	1,1	-11,1	8,1	3,1
Fanö	12,0	18,3	14,3	6,2	0,4	- 7,7	7,1	2,6
Vestervig	10,9	17,5	12,1	5,5	0,5	- 9,3	5,6	1,8
Skagen	11,1	18,9	9,6	5,6	0,3	- 7,8	6,3	2,5
Memel	10,4	18,4	13,5	5,1	-1,1	-17,6	7,4	1,5

(suite).

Jours de grand froid.		Jours de grande chaleur. > 25°	GELEES		HUMIDITÉ MOYENNE			NÉBULOSITÉ à 12 ou 14 heures en été.	PLUIE		
< -5°	< -10°		Dates de la dernière.	Dates de la première.	Année.	Printemps.	Été.		Année.	Printemps.	Été.
1	0	48	7 I	29 XII	76	67	71	5,6	1051,7	19,0	404,1
9	0	7	6 II	12 XI	91	91	91	7,7	?	33,7	204,4
10	2	54	15 IV	25 X	69	50	62	5,3	520,7	47,3	175,3
19	5	36	12 IV	31 X	77	62	74	7,6	678,6	26,7	267,3
15	0	10	16 IV	6 XI	79	69	75	5,0	490,9	33,0	209,7
11	4	3	1 III	14 XI	82	77	76	3,5	712,7	12,5	256,9
17	9	37	18 IV	1 XI	76	62	72	5,4	619,4	31,9	197,0
18	1	4	18 III	9 XI	85	79	80,5	6,1	746,4	47,6	280,0
		9	18 IV	9 XI	81	74	78,2	6,5	693,2	42,1	322,3
34	7	7	18 III	7 XI	82	74	76	5,7	683,0	31,1	242,5
25	8	11	31 III	7 XI	83	75	78	5,7	710,4	33,7	306,6
19	13	4	17 IV	6 XI	85	77	80	6,3	600,7	41,3	228,8
23	16	6	18 IV	7 XI	81	76	78	5,6	534,3	31,8	244,7
67	45	8	4 V	7 XI	81	71,5	76	5,3	601,1	20,8	192,1
1	1	3	21 II	4 XII	82	?	82	6,2	1168,1	325,0	292,8
2	2	1	22 II	4 XII	93	88	88	7,1	644,8	66,7	300,8
10	2	30	1 III	18 X	73	60	69	6,5	507,2	79,0	231,4
13	2	17	19 III	17 X	80	68	81	8,2	844,1	73,9	370,2
2	2	5	23 II	28 XI	83	75	81	6,0	635,4	63,1	330,6
3	2	2	10 III	28 XI	83	79	80	4,5	622,7	119,7	345,0
7	3	20	23 III	24 XI	77	66	75	6,7	589,0	65,0	289,1
5	1	3	24 II	27 XI	82	76	76	6,3	762,4	44,7	385,9
7	3	3	21 III	26 XI	82	75	81	7,1	657,2	85,5	254,5
7	1	1	18 III	5 XII	84	77	79	5,8	670,7	95,8	255,4
6	0	8	19 III	16 X	84	79	81	6,1	761,4	88,4	359,5
11	0	6	18 III	16 X	84	82	80	5,8	681,7	113,0	227,8
7	0	9	18 III	19 X	82	81	78	4,6	557,5	64,0	200,6
18	10	5	29 III	17 X	82	71	78	5,8	605,7	68,9	293,4

STATIONS	TEMPÉRATURE MAXIMUM			TEMPÉRATURE MINIMUM				
	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Été.	Moyenne. — Avril	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Hiver.	Minimum absolu. — Hiver.	Moyenne. — Mai.	Minimum absolu.
1895								
Brest	16,1	23,1	14,9	8,3	2,6	- 8,8	9,5	4,8
Dunkerque.	11,9	19,4	10,2	7,1	0,5	- 12,5	9,1	4,5
Paris	15,0	24,5	16,6	5,6	- 1,5	- 15,4	8,6	2,7
Uccle	13,1	22,2	14,2	4,6	- 2,6	- 18,3	7,4	1,4
Flessingue	12,0	19,9	11,1	7,0	0,1	- 13,6	8,9	4,6
Helder	10,7	18,1	9,4	6,6	- 0,5	- 11,7	8,8	5,1
Maastricht.	14,1	23,4	15,3	5,9	- 1,9	- 18,2	8,8	3,8
Borkum	10,8	18,7	10,6	6,6	- 0,5	- 10,5	8,6	5,5
Wilhelmshaven	11,5	20,1	12,1	5,0	- 2,0	- 15,8	8,1	4,5
Keitum.	11,0	19,6	11,6	5,3	- 2,3	- 14,5	8,4	3,9
Fanö	11,0	19,1	11,6	4,9	- 3,0	- 18,0	8,3	4,8
Vestervig	9,7	17,4	10,0	4,0	- 3,7	- 19,2	7,4	4,2
Skagen	10,5	19,4	8,9	4,8	- 2,4	- 15,0	9,0	5,0
Memel	10,1	19,2	8,9	4,5	- 4,8	- 20,4	9,4	4,2
1896								
Brest	16,2	21,3	15,9	8,8	5,8	- 3,2	9,3	2,6
Dunkerque.	12,3	19,0	10,9	7,9	3,5	- 4,5	9,4	6,0
Paris	14,6	22,4	14,5	6,1	2,1	- 8,4	6,9	2,1
Uccle	13,3	22,1	12,2	5,4	0,9	- 11,6	6,0	0,5
Flessingue	12,1	19,5	10,5	7,4	2,1	- 6,5	9,0	6,8
Helder	11,3	18,3	11,8	7,2	1,7	- 6,2	8,3	5,8
Maastricht.	14,0	22,5	12,6	5,4	2,5	- 10,0	7,6	4,1
Borkum	11,0	18,9	8,6	6,9	1,1	- 7,5	8,4	5,4
Wilhelmshaven	11,6	18,5	9,5	5,5	0,1	- 7,8	7,0	2,0
Keitum.	11,7?	20,0	8,4	6,5?	0,6	- 5,2	8,0	4,2
Fanö	11,6	19,9	9,2	6,1	0,7	- 6,0	7,2	3,3
Vestervig	10,8	18,6	8,0	5,2	- 0,2	- 8,1	6,2	1,9
Skagen	11,3	19,9	8,7	5,8	0,1	- 6,0	7,8	2,6
Memel	10,4	20,6	6,5	4,3	- 3,5	- 20,4	6,0	1,1

(suite).

Jours de grand froid.		Jours de grande chaleur. > 25°	GELEES		HUMIDITÉ MOYENNE			NÉBULOSITÉ à 12 ou 14 heures en été.	PLUIE		
< -5°	< -10°		Dates de la dernière.	Dates de la première.	Année.	Printemps.	Été.		Année.	Printemps.	Été.
5	0	40	4 III	6 I - 96	79	75	76	4,7	670,3	49,6	175,0
11	5	7	11 III	26 XI	84	84	81	6,0	429,4	47,1	158,5
13	17	53	5 IV	20 X	72	63	63	4,7	488,3	88,0	169,0
18	9	33	14 IV	24 X	80	75	73	6,8	718,6	85,0	284,8
15	6	1	11 III	23 XI	83	79	78	4,5	519,4	50,4	168,7
12	3	7	1 IV	26 XI	83	82	79	3,9	776,4	40,6	207,2
13	20	58	8 IV	28 X	77	70	69	5,2	576,5	77,2	204,2
17	3	7	15 III	21 XI	86	84,5	81	5,1	719,8	51,1	268,5
25	10	8	14 IV	24 X	85	81	82	6,3	677,4	57,2	287,7
25	12	6	5 IV	21 XI	88?	84	82	6,3	645,1	55,4	264,1
16	18	7	5 IV	23 X	86	82	82	5,8	736,8	64,3	317,5
27	18	1	13 IV	23 X	87	82	82	5,6	758,6	84,2	311,8
21	9	4	5 IV	27 X	82	83	77	5,3	628,9	67,4	268,3
50	19	8	18 IV	22 XI	83	72	79	6,2	691,8	49,2	254,7
0	0	23	25 II	27 XI	81	70	80	5,9	657,1	22,0	234,2
0	0	4	26 II	24 XI	84	81	81	6,8	557,1	25,9	238,6
4	0	30	16 IV	24 X	74	58	67	6,5	646,7	27,0	282,6
6	1	23	16 IV	5 XI	82	76	79	7,9	763,4	60,4	303,0
3	0	6	26 II	5 XI	82	77	76	6,0	557,7	34,4	282,2
2	0	1	20 III	7 XI	81	78	75	4,8	653,4	40,3	253,0
7	0	25	3 IV	5 XI	78	71	72	6,5	595,6	36,2	210,6
3	0	11	15 III	18 XI	83	81,5	76	6,3	666,3	41,6	330,2
5	0	12	20 III	5 XI	86	83	83	6,6	676,5	52,8	403,3
2	0	13	16 III	18 XI	85	83	77	6,2	608,1	43,4	240,8
2	0	19	3 IV	9 XI	85	81	79	5,6	702,0	51,7	301,8
7	0	14	24 IV	9 XI	86	83	82	6,0	629,9	46,7	223,3
3	0	15	3 IV	4 XI	82	80	78	5,1	623,8	59,4	290,1
43	19	28	9 IV	5 XI	83	78	75	6,0	559,3	54,3	227,5

STATIONS	TEMPÉRATURE MAXIMUM			TEMPÉRATURE MINIMUM				
	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Été.	Moyenne. — Avril.	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Hiver.	Minimum absolu. — Hiver.	Moyenne. — Mai.	Minimum absolu. — Mai.
1897								
Brest	16,4	22,1	14,0	9,5	5,9	- 2,0	8,8	4,0
Dunkerque	12,6	18,7	11,1	8,0	3,3	- 5,0	8,5	3,0
Paris	15,3	22,4	14,7	6,9	2,8	- 6,8	7,1	0,0
Uccle	14,0	21,6	13,2	5,9	1,2	- 6,7	6,7	-0,4
Flessingue. . . .	12,2	19,2	10,8	8,3	1,3	- 6,1	9,0	3,9
Helder	10,8	18,1	9,0	7,1	1,1	- 5,4	8,4	2,5
Maastricht. . . .	14,2	22,6	12,9	6,3	1,5	- 5,7	7,7	0,3
Borkum.	10,7	18,6	9,7	6,4	0,0	- 7,7	8,5	3,2
Wilhelmshaven . .	11,0	19,3	9,6	5,3	-0,7	-10,5	7,6	1,1
Keitum.	11,3	19,8	9,6	6,1	-0,3	-11,0	8,6	3,2
Fanö	11,1	19,6	10,5	5,5	-1,4	-13,7	7,6	1,8
Vestervig	10,0	18,5	8,4	4,3	-2,8	-17,0	5,9	1,6
Skagen	10,5	19,9	8,1	5,2	-1,9	-14,0	7,6	2,4
Memel	10,3	20,1	9,9	4,4	-4,9	-18,7	9,0	3,2
1898								
Brest	16,7	23,3	14,7	8,9	5,1	- 1,4	9,2	4,8
Dunkerque. . . .	13,1	19,1	11,8	8,5	3,6	- 3,5	9,0	5,0
Paris	15,0	23,1	16,9	6,5	1,0	- 8,2	8,4	2,1
Uccle	14,4	22,2	14,2	6,0	1,1	- 6,2	7,2	2,5
Flessingue. . . .	12,4	18,8	11,1	?	?	- 3,4		7,0
Helder	11,9	18,3	9,7	7,5	2,7	- 4,3	8,3	5,6
Maastricht. . . .	14,3	22,4	13,6	?	?	- 5,2	8,8	4,9
Borkum	11,2	18,0	9,3	7,4	2,6	- 1,9	8,2	5,8
Wilhelmshaven . .	11,3	18,6	9,5	6,3	1,8	- 4,5	6,9	3,0
Keitum.	11,2	18,1	8,8	6,7	1,9	- 2,5	7,6	4,0
Fanö	11,2	18,2	9,3	6,4	1,5	- 4,3	7,3	3,3
Vestervig	10,4	17,0	8,2	5,2	0,3	- 8,0	5,9	2,8
Skagen	10,5	17,6	7,8	5,7	0,7	- 6,6	6,2	3,0
Memel	10,0	18,4	7,5	5,1	-1,4	-13,7	8,9	5,7

(suite).

Jours de grand froid.		Jours de grande chaleur. > 25°	GELÉES		HUMIDITÉ MOYENNE			NÉBULOSITÉ à 12 ou 14 heures en ciel.	PLUIE		
< -5°	< -10°		Dates de la dernière.	Dates de la première.	Année.	Printemps.	Été.		Année.	Printemps.	Été.
0	0	23	24 I	23 XII	83	81,7	79	6,2	811,6	151,5	237,2
0	0	6	17 II	23 XI	82	79,1	81	7,2	547,3	61,8	259,4
4	0	29	13 V	7 X	77	67	69	6,4	636,9	130,0	265,2
6	0	25	14 V	7 X	84	78	82	7,6	690,2	107,7	340,6
2	0	3	18 II	3 XI	81	76	76	5,1	505,8	85,1	240,9
1	0	2	28 III	5 XI	81	81	76	4,2	615,8	95,9	240,1
3	0	34	6 IV	8 X	80	74	78	5,8	527,5	104,5	269,4
7	0	9	18 II	11 XI	85	79	78	5,5	645,2	103,1	282,3
19	1	8	6 IV	5 XI	84	77	80	6,2	646,3	123,2	276,6
14	1	15	14 III	9 XI	88	83	83	6,0	732,0	123,3	314,9
12	2	23	5 IV	11 XI	86	80	81	5,6	655,0	59,7	255,3
16	11	10	8 IV	11 XI	87	83	82	6,0	785,9	98,4	359,6
17	5	10	8 IV	8 XI	83	80	77	4,5	613,4	89,9	250,7
56	30	10	6 IV	8 X	85	81	78	6,2	744,3	184,5	256,1
0	0	36	14 I	23 XII	83	68	76	4,8	635,0	128,1	130,2
0	0	9	21 III	22 XII	83	81	82	5,4	428,3	103,6	108,6
8	0	42	6 IV	2 XI	72	64	67	4,7	531,1	122,2	101,3
2	0	31	2 IV	20 XI	84	80	78	7,7	548,7	107,3	173,4
0	0	8	23 II	21 X	?	76	75	4,4	451,9	82,0	153,4
0	0	7	29 III	20 X	80	75	75	4,8	709,5	135,4	212,4
5	0	33	6 IV	11 X	78	70	72	5,7	478,1	95,6	167,7
0	0	10	24 III	24 XI	85	83	77	5,4	606,4	100,1	223,8
0	0	7	6 IV	21 X	85	82	80	6,2	651,6	133,7	168,5
0	0	5	25 III	23 XI	89	88	86	7,0	693,5	118,4	211,7
0	0	9	26 III	23 XI	85	81	80	5,7	527,5	74,2	165,0
8	0	4	24 IV	24 XI	?	80	81	5,8	754,9	109,9	292,9
2	0	0	21 IV	23 XI	84	81	82	5,7	629,6	87,9	207,7
17	3	9	17 IV	14 X	84	77	80	6,1	739,5	138,0	326,8

STATIONS	TEMPÉRATURE MAXIMUM			TEMPÉRATURE MINIMUM				
	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Été.	Moyenne. — Avril.	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Hiver.	Minimum absolu. — Hiver.	Moyenne. — Mai.	Minimum absolu. — Hiver.
1899								
Brest	17,6	24,0	14,3	9,1	5,4	- 3,0	8,6	4,8
Dunkerque	13,9	19,9	11,2	8,5	4,1	- 4,0	9,1	5,0
Paris	16,8	24,4	14,5	6,5	2,5	- 9,1	7,3	1,1
Uccle	14,9	22,5	12,7	5,8	0,4	- 7,7	6,6	0,9
Flessingue.	?			?				
Helder	12,6	18,8	9,9	6,8	2,6	- 7,5	7,5	4,5
Maastricht	15,0	22,7	12,9	7,1	2,4	- 6,3	8,3	2,2
Borkum	12,1	18,5	9,2	8,9	2,8	- 4,6	8,3	4,3
Wilhelmshaven . .	12,2	18,8	10,3	6,4	1,4	- 5,8	7,8	0,7
Keitum.	12,0	18,8	9,7	7,2	2,0	- 8,6	8,1	3,2
Fanö	12,0	19,2	8,7	6,6	1,4	- 8,8	7,4	0,2
Vestervig	11,4	18,0	8,1	5,7	0,9	-13,0	5,9	0,3
Skagen	11,7	19,9	8,2	6,0	-0,3	- 8,2	6,7	0,8
Memel	10,7	18,4	8,3	5,4	-0,9	-16,8	6,9	-0,3
1900								
Brest	16,3	22,3	16,5	8,4	3,9	- 5,6	8,5	3,8
Dunkerque	13,2	20,2	11,1	7,7	1,6	-11,0	8,7	4,5
Paris	15,5	24,4	15,8	6,9	2,1	-10,9	6,9	1,2
Uccle	14,0	22,8	13,3	5,2	-0,8	-15,7	6,1	-0,5
Flessingue.	?	19,9	10,5	?	?	?	8,8	4,6
Helder	11,7	19,1	8,7	6,9	0,2	- 7,8	8,2	4,0
Maastricht	14,1	22,6	13,1	6,4	0,0	-12,9	7,9	2,3
Borkum	11,4	19,5	9,7	6,9	-0,2	- 9,6	6,2	0,4
Wilhelmshaven . .	11,1	19,4	9,2	5,5	-1,2	-12,5	6,9	1,2
Keitum.	10,8	19,7	7,6	5,9	-1,5	-12,3	7,2	1,4
Fanö	10,2	19,0	6,8	5,0	-2,0	- 9,6	5,8	0,3
Vestervig	9,6	18,4	6,6	4,0	-3,1	-14,3	5,1	-0,5
Skagen	9,6	18,6	6,5	5,1	-2,6	-11,0	6,0	1,3
Memel	9,1	19,5	6,7	3,9	-4,1	-19,6	4,9	-2,4

(suite).

Jours de grand froid.		Jours de grande chaleur. > 25°	GELÉES		HUMIDITÉ MOYENNE			NÉBULOSITÉ à 12 ou 14 heures en été.	PLUIE		
< -5°	< -10°		Dates de la dernière.	Dates de la première.	Année.	Printemps.	Été.		Année.	Printemps.	Été.
0	0	47	24 III	10 XII	80	78	75	5,6	649,2	85,3	184,9
0	0	12	25 III	8 XII	85	81	86	4,3	401,1	133,7	79,0
8	0	56	23 IV	10 X	67	63	61	4,8	398,3	59,6	139,4
11	0	35	23 IV	17 XI	82	81	77	6,9	639,9	168,0	250,2
?	?	?	24 III	8 XII	80	79	74	4,3	441,2	116,2	186,3
1	0	2	13 IV	8 XII	79	79	75	4,4	612,9	112,9	217,6
3	0	39	26 III	9 X	77	75	71	5,3	504,9	113,7	191,8
0	0	5	25 III	8 XII	85	84	80	5,3	653,9	113,3	267,9
2	0	6	23 IV	21 XI	84	79	83	5,9	637,8	148,0	223,6
8	0	7	1 IV	7 XII	87	86	83	6,2	690,3	75,6	287,9
10	0	9	1 IV	21 XI	84	80	79	5,6	660,3	72,7	190,0
9	5	7	14 IV	21 XI	81	78	77	2,9	647,5	83,9	167,7
8	0	16	1 IV	7 XII	81	77	77	4,2	535,8	99,4	145,6
24	2	12	2 V	26 X	82	76	76	5,9	704,7	90,4	205,6
1	0	30	9 II	3 I 01	83,8	80	81,5	5,9	717,7	91	144,5
10	1	16	5 III	4 I 01	88,5	85	88		567,1	40,7	188,7
2	9	39	2 IV	23 X	75,5	64	70	4,3	480,1	52,2	140,3
15	7	30	20 V	20 X	83,6	75,3	81,7	6,7	582,2	81,1	232,3
8	0	14	19 III	24 XII	82	76	77	4,4	446,1	38,3	143,8
11	0	7	3 IV	23 XII	85	77	81	4,8	696,7	85,5	262,6
16	4	36	3 IV	8 XII	80	69	77	5,4	606,6	59,9	285,4
12	0	10	28 III	8 XII	81	70	74	5,4	530,4	72,9	178,4
16	0	10	3 IV	5 XI	86	77	85	6,2	639,3	54,4	312,9
20	2	17	3 IV	8 XII	87	83	83	6,1	654,4	61,8	252,8
22	0	6	4 IV	5 XI	86	80	81	5,1	615,3	94,0	181,0
25	4	11	10 V	20 X	?	78	77	4,1	712,5	67,4	213,1
21	4	1	5 IV	25 XI	?	80	82	5,7	658,4	79,0	268,5
45	24	8	15 V	20 XI	83	76	75	5,3	617,2	44,9	256,0

STATIONS	TEMPÉRATURE MAXIMUM			TEMPÉRATURE MINIMUM				
	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Été.	Moyenne. — Avril.	Moyenne. — Année.	Moyenne. — Hiver.	Minimum absolu. — Hiver.	Moyenne. — Mai.	Minimum absolu. — Mai.
1901								
Brest	16,4	22,5	14,4	8	3,5	- 8	8,7	5
Dunkerque	12,7	19,2	13,2	7	1,8	- 8,5	8,5	4,5
Paris	15,2	24	16,2	6,2	0,6	-11,2	8,6	2,2
Uccle	13,7	23,0	14,3	5,0	-1,8	-15,0	7,1	1,3
Flessingue	12,5	19,8	11,4	7,5	1,2	- 9,3	8,9	6,0
Helder	12,3	19,4	11,3	7,0	0,5	-10,0	8,5	5,8
Maastricht.	14,4	23,5	14,9	6,1	-0,6	-14,6	8,5	3,6
Borkun.	11,3	18,9	11,0	7,0	0,0	-10,1	8,7	3,8
Wilhelmshaven . .	11,3	19,2	11,4	5,6	-1,4	-11,3	8,1	3,8
Keitum.	11,6	19,8	10,2	6,6	-0,5	- 8,5	8,6	5,0
Fanö	11,1	18,9	9,2	5,5	-1,5	-12,7	7,7	4,7
Vestervig	11,5	19,5	9,8	5,0	-1,4	-11,0	7,3	4,2
Skagen	10,8	19,3	7,7	5,5	-0,8	- 6,6	8,4	5,1
Memel	10,5	18,1	8,4	4,2	-3,9	-19,6	7,8	-0,7

giques plutôt qu'à définir réellement le climat du littoral NW. de l'Europe.

Les nombres du tableau G (pp. 238 et suiv.) sont empruntés aux *Annales du bureau central météorologique de France*, au *Meteorologisch Jaarboek* (Néerlande), au *Deutsches meteorologisches Jahrbuch* et au *Meteorologisk Aarbog* (Danemark).

Les principales données météorologiques sont aussi représentées par des graphiques. (Voir diagrammes 2, 3, 4.)

La position des diverses stations est indiquée (en abrégé) sur les cartes d'Europe annexées au présent travail.

Pour les années 1891 et 1892, Brest est remplacé par la Pointe-Saint-Mathieu, située à une vingtaine de kilomètres à l'W. de Brest.

Rappelons ce qui a été dit à la page 208. L'année commence le

Jours de grand froid.		Jours de grande chaleur. 25°	GELÉES		HUMIDITÉ MOYENNE			NÉBULOSITÉ à 12 ou 14 heures en été.	PLUIE		
- 5°	< - 10°		Dates de la dernière.	Dates de la première.	Année.	Printemps.	Été.		Année.	Printemps.	Été.
2	0	33	29 III	7 XI	79,8	76	78	6	544,6	113,6	143,6
7	0	4	29 III	4 XI	85	80	82	4,7	362,3	67,3	129,2
11	3	38	29 III	2 XI	76,3	66	70	5,1	435,9	76,2	177,9
14	4	38	30 III	4 XI	82,2	73,8	66,3	6,4	597,7	66,4	210,9
9	0	7	29 III	5 XII	81	77	75	4,3	479,1	69,0	216,3
18	0	3	6 IV	5 XII	82	79	78	5,0	587,6	82,6	193,8
10	8	48	30 III	3 XI	78	70	73	5,3	549,2	66,0	189,5
15	0	4	30 III	5 XII	80	74	74	5,4	508,2	73,6	151,1
23	5	3	6 IV	4 XI	85	78	82	6,2	558,7	86,5	199,1
17	0	11	30 III	4 XII	87	83	83	6,6	541,2	86,6	195,1
26	1	7	31 III	1 XI	85	82	80	5,5	660,9	97,9	225,7
21	5	15	17 IV	31 X	85	85	79	4,2	596,2	112,3	180,5
8	0	13	17 IV	13 XI	86	85	82	5,2	464,6	101,0	142,2
40	23	23	7 V	5 XI	82	71	75	5,4	747,4	56,0	204,6

1^{er} décembre, pour finir le 30 novembre; 1891 signifie donc : du 1^{er} décembre 1890 au 30 novembre 1891. — Hiver signifie : décembre, janvier, février, mars. Printemps = avril, mai. Été = juin, juillet, août, septembre. Automne = octobre, novembre.

Afin de rendre plus facile la comparaison des climats littoraux avec ceux de l'intérieur, le tableau porte aussi les indications relatives à trois stations continentales : Paris, Uccle et Maestricht.

Une lacune fort regrettable se remarque immédiatement dans le tableau : il n'y a aucune indication pour le littoral belge. Pour suppléer jusqu'à un certain point à l'absence d'une station météorologique sur notre côte, le tableau mentionne les observations faites à Dunkerque et à Flessingue, à quelques kilomètres au SW. et au NE. des frontières de la Belgique.

Parmi les éléments du climat qui intéressent la géobotanique, c'est la température et la pluie qui sont le plus soigneusement observées par les météorologistes. Il est donc tout naturel que les renseignements thermométriques et pluviométriques soient les plus détaillés dans nos tableaux. Les observations de la vitesse d'évaporation et du nombre d'heures de soleil, qui seraient si importantes pour nous, n'ont pas été faites et sont remplacées par l'humidité relative et par la nébulosité. J'ai cru inutile d'introduire dans le tableau les indications relatives au vent; qu'il suffise de dire que partout sur les côtes les tempêtes sont plus fréquentes qu'à l'intérieur.

Température.

En règle générale, la température varie moins sur le littoral qu'à l'intérieur : les hivers sont moins froids, les étés sont moins chauds. En d'autres termes, le minimum moyen de l'hiver est moins bas sur le littoral qu'à l'intérieur, et le minimum moyen de l'été est moins élevé.

Si nous comparons maintenant entre elles les stations littorales, nous voyons que Brest est notablement différent des stations échelonnées le long de la mer du Nord, de Dunkerque à Skagen, et que Memel (sur la Baltique) s'écarte assez sensiblement des stations de la mer du Nord. Brest a nettement un climat méridional, beaucoup plus chaud en toute saison. Memel est plus continental que les stations de la mer du Nord; ses étés sont un peu plus chauds; ses hivers sont beaucoup plus froids.

Au point de vue thermique, on peut donc grouper les stations littorales en trois catégories :

- a) Brest sur l'océan Atlantique;
- b) Les localités de la Manche et de la mer du Nord;
- c) Memel, sur la Baltique.

Si, au lieu d'apprécier l'hiver et l'été par les minima et le maxima moyens, nous jugeons de ces saisons par le nombre de jours de grand froid (minimum absolu inférieur à -5° et à -10°) et par le nombre des jours de grande chaleur (maximum absolu supérieur

à 25°), nous arrivons à des conclusions analogues : Brest a le plus de jours de forte chaleur et le moins de jours de froid; Memel a généralement plus de journées chaudes et toujours beaucoup plus de journées très froides que les stations de la mer du Nord; celles-ci ne sont pas très différentes entre elles; pourtant on constate ici, mieux que pour les minima et les maxima moyens, que la température baisse assez régulièrement de Dunkerque à Skagen.

Les graphiques D, E, F, G (voir les diagrammes hors texte, 2 et 3,) traduisent de façon plus évidente ces différences.

Comme chacun le sait, la douceur du climat de l'Europe occidentale n'est pas seulement due au voisinage du vaste régulateur constitué par l'Atlantique, mais surtout à l'échauffement des côtes par le Gulfstream, qui nous apporte les eaux chaudes du golfe du Mexique et de la mer des Antilles. L'action de ce courant tiède se fait naturellement sentir en hiver beaucoup plus qu'en été. C'est ce que montre la carte 7 : isothermes de janvier et isothermes de juillet, en Europe. Quand on compare cette carte aux graphiques D et E, il ne faut pas perdre de vue que la carte représente les isothermes, c'est-à-dire la moyenne entre les minima et les maxima, tandis que les graphiques donnent les minima pour l'hiver, et les maxima pour l'été. Or, on sait que la marche des maxima n'est pas toujours parallèle à celle des minima. De plus, sur la carte, les températures sont ramenées au niveau de la mer.

Un coup d'œil jeté sur cette carte fait voir aussitôt que les conditions thermiques de l'hiver sont assez semblables depuis le Pas-de-Calais, et même depuis le Cotentin jusque vers le milieu du littoral occidental de la Norvège, mais très dissemblables de celles de la Baltique. En été, la relation est tout autre : la température moyenne est la même depuis le Cotentin jusqu'en Belgique et le long de la Baltique méridionale, mais il fait moins chaud dans le Danemark et en Norvège.

Ces notions n'acquerront toute leur importance que lorsque nous étudierons l'origine de notre flore littorale.

Une autre donnée importante pour nous est celle de la longueur relative de l'hiver et de l'été. Si nous comparons les temps qui

s'écoulent dans chaque station entre la dernière gelée du printemps et la première gelée de l'automne, nous voyons que ce temps diminue graduellement de Brest à Skagen, et qu'il est en général encore plus court à Memel. (Voir diagramme 3, graphique H).

N'oublions pas pourtant qu'il s'agit ici des gelées des météorologistes, c'est-à-dire des moments où la température de l'air descend au-dessous de 0°, tandis que l'observation la plus intéressante pour nous serait celle des gelées blanches (voir p. 210.)

Le tableau G contient encore un autre renseignement thermique. Il est important de savoir à quel moment de l'année la température devient assez douce pour que la végétation se réveille, et surtout de savoir si des gelées ne surviennent plus après que le printemps a commencé. C'est pour permettre la comparaison des diverses stations à ce point de vue que le tableau renseigne le maximum moyen d'avril, le minimum moyen de mai et le minimum absolu de mai. Ces données sont reprises sur les graphiques D et E du diagramme 2. Ce n'est guère qu'à Memel et dans les localités continentales qu'il y a des gelées (température de l'air inférieure à 0°) à craindre en mai.

Nébulosité, pluie, humidité.

Enfin le tableau donne les observations relatives à la nébulosité, à la quantité de pluie et à l'état hygrométrique de l'atmosphère pendant le jour.

La nébulosité ne présente rien de particulier.

La pluie offre généralement les mêmes caractères que sur le littoral de la Belgique : sécheresse relative du printemps. Le graphique I (diagramme 4), relatif à la pluie, est des plus démonstratifs : en moyenne, la ligne qui représente la pluie du printemps n'arrive pas à un sixième de la hauteur de la ligne qui représente la quantité annuelle de pluie. Brest a des pluies d'été remarquablement pauvres alors que la quantité annuelle est très forte. Ailleurs la quantité estivale d'eau tombée est assez notable.

La carte 5 indique la distribution de la pluie en Europe. Une carte plus récente, mais moins détaillée, d'après M. SEEPAN, se trouve dans HANN (1906, p. 264).

Quant à l'humidité relative du jour, elle est à peu près la même partout, et se maintient entre 74 et 83, sauf à Brest, où elle varie davantage (voir aussi le graphique J, du diagramme 4).

V. — OBSERVATIONS PHÉNOLOGIQUES.

On a pu s'assurer par les pages précédentes de l'imperfection regrettable des données météorologiques sur lesquelles est basée la connaissance du climat géobotanique. Aussi les botanistes ont-ils souvent essayé de remplacer les observations météorologiques par des observations phénologiques. Celles-ci consistent dans la détermination des dates auxquelles s'accomplissent les phénomènes de la vie végétale : feuillaison, floraison, maturation des fruits, etc. Il est certain que ces phénomènes sont sous la dépendance directe des conditions climatiques et que la comparaison des moments où un même phénomène s'accomplit en divers points renseignerait sur le climat de ces localités. Malheureusement les observations phénologiques ne sont pas faciles à faire et je ne pense pas que l'on possède suffisamment de renseignements vraiment irréprochables et méritant toute confiance (voir BOMMER ET MASSART, 1904).

Les cartes résumant les nombreuses observations qui ont été coordonnées par M. HOFFMAN (1885) et par M. DRUDE (1896, p. 465, et carte 4) ne sont pas suffisamment détaillées pour nous donner une idée de la phénologie du littoral. Il s'en dégage pourtant, me semble-t-il, cette notion générale, que dans la région qui borde la côte sur une largeur de 250 à 300 kilomètres, les phénomènes printaniers (feuillaison de *Fagus sylvatica* [Hêtre], floraison de *Prunus Padus* [Cerisier à grappes], de *Pyrus communis* [Poirier] et de *P. Malus* [Pommier]) sont en avance sur les contrées situées à l'intérieur des terres, à la même latitude.

Une carte qui nous intéresse plus particulièrement est celle qui est publiée par M. BLANCHARD (p. 20). Elle renseigne l'époque à laquelle se fait la moisson du Froment (*Triticum vulgare*) en Flandre. Le trait général le plus saillant, est au contraire l'inclinaison des courbes vers le Sud dans le voisinage de la mer. « La moisson dans la plaine maritime est plus tardive, à latitude égale, que dans l'intérieur; et cette différence s'accuse surtout vers le

Nord. Tandis que les communes sablonneuses de Somergem, Landegem, Nevele, Aeltre, moissonnent le blé du 5 au 15 août, les communes de l'embouchure de l'Yser, Slype, Westende, Coxyde,



Echelle de 1 : 1.500.000

La moisson du froment en Flandre.

Localités où la moisson a lieu ordinairement :

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| ♀ Avant le 5 Août | ○ Du 5 au 15 Août |
| ○ Du 1 ^{er} au 10 Août | ○ Du 10 au 20 Août |
| ○ Du 15 au 30 Août | |

FIG. 20. — D'après M. BLANCHARD.

même Ghyvelde et la région de Dunkerque, ne se mettent à l'œuvre qu'après le 15 ; la différence est d'au moins dix jours. Cela tient à ce que le printemps et l'été sont moins chauds dans la plaine maritime qu'à l'intérieur, et particulièrement les mois de mai et de

juin, si décisifs pour la végétation en Flandre ; la différence entre les deux régions est d'environ un degré pour chacun de ces mois. »

On voit donc que, pour M. BLANCHARD, la tardivité de la zone littorale tient à la moins grande chaleur des mois de mai et de juin. Cela est exact, ainsi que le tableau donné par M. BLANCHARD le montre, si on considère la température moyenne. Mais notre tableau C (pp. 216, 217) indique que si les maxima sont moins élevés, les minima sont, au contraire, plus élevés.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter les données de la phénologie, ni surtout l'interprétation qui attribue le rôle unique à la température. J'admets volontiers que la chaleur puisse hâter les phénomènes de la végétation, mais nous savons que d'autres facteurs interviennent également. Citons seulement les expériences de M. JOHANSEN, qui montrent l'importance des phénomènes qui se passent pendant le soi-disant repos hivernal, et les observations de M. SMITH sur la croissance du Bambou à Ceylan : lorsqu'il fait sec, c'est la pluie qui influe sur la vitesse de croissance et non la température ; au contraire, par les temps froids et humides, c'est uniquement la température qui est efficace.

§ 2. — Adaptation des végétaux au climat.

Après avoir essayé de définir le climat des districts littoraux et alluviaux, il nous reste à passer en revue les principales adaptations des plantes aux divers éléments météorologiques avec lesquels elles sont sans cesse en conflit.

I. — RÉPARTITION SAISONNIÈRE DE L'ASSIMILATION.

(Voir diagramme 6.)

La douceur de l'hiver et l'abondance de la pluie pendant cette saison font comprendre une particularité curieuse de la flore littorale : le grand nombre de plantes qui conservent leurs feuilles pendant l'hiver. Il y a même, surtout dans les dunes, des végétaux qui n'ont d'organes d'assimilation que pendant l'hiver et le printemps.

A) Telles sont, en premier lieu, beaucoup de plantes annuelles qui germent en automne, poussent pendant l'hiver en utilisant l'eau qui est alors abondante dans les couches superficielles du sol, et fleurissent au printemps ; citons *Phleum arenarium*, *Cerastium pumilum*, *C. semidecandrum*, *Arenaria serpyllifolia*, *Draba verna*, *Saxifraga tridactylites*, *Myosotis hispida*, etc. Le mode de végétation de ces plantes est représenté par le schéma A du diagramme 6. (Voir aussi phot. 74, 76, 167.)

B) Il y a aussi au moins une plante vivace qui se comporte de même : c'est *Ranunculus bulbosus*. Les feuilles apparaissent à la fin de septembre ; elles grandissent et leur nombre s'accroît tout l'hiver ; au printemps, la tige florifère se montre et les fleurs s'épanouissent ; déjà en juin les akènes sont murs. Aussitôt les feuilles se flétrissent et l'organisme reprend son repos estival. (Voir schéma B du diagramme 6, et phot. 72, 76, 170.)

C) Les plantes qui n'ont de feuilles que pendant les saisons froides et qui passent l'été en état de vie ralentie — par le moyen de graines ou de tubercules souterrains — rappellent des espèces qui sont répandues dans les bois de l'intérieur du pays et qui manquent presque entièrement, faute de stations ombragées, dans les régions qui nous occupent. Ce sont, par exemple, *Anemone nemorosa*, *Scilla non scripta*, *Convallaria majalis*. Ce groupe n'est guère représenté que par *Ornithogalum umbellatum*, *Listera ovata* et *Ranunculus Ficaria* : les feuilles sortent de terre au tout premier printemps, ou même déjà à la fin de l'hiver ; en mars, avril ou mai, les fleurs s'épanouissent ; en juin, les graines sont mûres et bientôt toute la vie se concentre dans les organes souterrains. (Schéma C du diagramme 6, et phot. 115.)

D) Tout autrement se conduisent des végétaux chez lesquels la verdure ne disparaît jamais, et qui ne possèdent pas non plus de tiges souterraines, ni d'organes épaissis pouvant servir de réservoir. Chez eux, les tiges traînent plus ou moins longuement sur le sol et portent en toute saison des feuilles vertes. Exemple : *Sedum acre*, *Glechoma hederaceum*, *Glaux maritima*, *Lysimachia Nummularia* (phot. 52), qui sont complètement herbacés ; *Thymus Serpyllum*, *Veronica Chamaedrys*, *V. officinalis*, *Atriplex portulacoides*, qui ont

des tiges plus ou moins lignifiées. (Schéma D du diagramme 6, et phot. 102.)

Les *Callitriche*, les *Potamogeton*, *Ruppia marina* et quelques autres plantes aquatiques appartiennent aussi à cette catégorie : leur appareil assimilateur ne subit pas de réduction en automne.

E) Les plantes bisannuelles constituent une nouvelle catégorie de plantes dont l'assimilation se poursuit en hiver. La graine germe au printemps et donne le premier été une rosette de feuilles qui se maintiennent vertes jusqu'au printemps suivant. Puis la tige s'allonge et les fleurs se forment. Citons *Pastinaca sativa*, *Daucus Carota*, *Torilis Anthriscus*, *Cirsium lanceolatum*. (Schéma E du diagramme 6, et phot. 71, 75, 80.)

Trois plantes de ce groupe méritent une mention spéciale. *Veronica Anagallis* germe dans l'eau. Pendant la première année, ses feuilles sont submergées, très minces, brunes ou rouges. Au printemps suivant, la tige se dresse hors du liquide et forme des feuilles aériennes, puis des fleurs. — *Arabis hirsuta* se comporte tantôt comme bisannuel, mourant après la première floraison, tantôt comme vivace : dans ce cas, des rameaux naissent, après la floraison, à l'aisselle des feuilles de la rosette et fleurissent la troisième année. — *Anthyllis vulneraria* (voir phot. 79 a) est également à la limite des plantes bisannuelles et des vivaces. Il possède le premier été des feuilles imparipennées, étalées sur le sol. En automne apparaissent, à l'aisselle de ces feuilles, de nouvelles feuilles, serrées, par lesquelles débudent les rameaux florifères ; ces feuilles grandissent peu à peu pendant l'automne et l'hiver. Il n'est pas rare que cette espèce se conduise comme une plante vivace : après une première floraison, l'individu ne meurt pas, mais produit aussitôt, à l'aisselle des feuilles basilaires, de nouveaux rameaux tout de suite garnis de feuilles, qui fleuriront l'été suivant.

F) Il y a beaucoup de plantes dont la racine pivotante ressemble à celle des plantes annuelles ou bisannuelles, mais qui fleurissent beaucoup d'années de suite et dont les feuilles persistent d'une année à l'autre. Telles sont *Bellis perennis*, *Leontodon autumnalis*, *Hypochoeris radicata*, *Taraxacum officinale*. (Voir phot. 72.)

A ce même groupe se rattachent des espèces qui ne possèdent

pas non plus de tiges souterraines (rhizomes, tubercules ou bulbes), mais dont les racines sont plus ou moins nombreuses; leurs feuilles sont également persistantes : *Corynephorus canescens*, *Plantago Coronopus*, *P. lanceolata*, *Luzula campestris*. (Schéma F du diagramme 6, et phot. 74, 78.)

Ces espèces n'ont pas de rameaux traçants, comme celles du groupe D; leur tige courte reste toujours au niveau du sol.

G) Jusqu'ici, nous n'avons examiné que des plantes vivaces, toujours vertes, chez lesquelles les tiges florifères naissent au milieu des feuilles, et qui ne possèdent pas de tiges souterraines. Plus nombreuses encore sont celles où des tiges dressées naissent chaque printemps sur les rhizomes cachés sous terre. Souvent, le rameau dressé ne porte la première année que des feuilles qui persistent pendant deux années au moins, et il ne fleurit que la dernière année : *Armeria maritima*, *Pyrola rotundifolia*. (Schéma G du diagramme 6, et phot. 105.)

Il existe naturellement toutes les transitions entre le groupe précédent et le groupe G : beaucoup de plantes ont un rhizome situé presque à fleur de terre et fort peu allongé; elles pourraient rentrer indifféremment dans l'un et dans l'autre groupe. Exemples : *Succisa pratensis*, *Carex Goodenoughii*, *Dactylis glomerata*, *Koeleria cristata*.

H) D'autres plantes vivaces donnent chaque année deux sortes de rameaux aériens, naissant les uns et les autres sur les rhizomes : au printemps, des rameaux abondamment pourvus de feuilles et de fleurs; à la fin de l'été, des rameaux plus courts, à feuillage serré, qui passent l'hiver, puis disparaissent au printemps. Exemples : *Galium Mollugo*, *Lamium album*, *Urtica dioica*, *Chrysanthemum Leucanthemum*, *Achillea Millefolium*. (Schéma H du diagramme 6, et phot. 78, 79 b.)

De ce groupe fait également partie *Euphorbia Paralias* (voir phot. 27), avec cette particularité que c'est sur les racines que naissent les bourgeons qui se développent, suivant les saisons, en rameaux purement assimilateurs, ou en rameaux à la fois assimilateurs et reproducteurs.

I) Il n'y a pas mal de plantes dont les feuilles semblent, au début de l'hiver, destinées à résister victorieusement au froid, mais

meurent peu à peu pendant l'hiver, si celui-ci est un peu rigoureux ⁽¹⁾.

Il en est ainsi d'*Ammophila arenaria* (voir phot. 22 à 30), *Carex pseudo-Cyperus*, *Iris pseudo-Acorus*, *Silene nutans*, *Thalictrum minus*. (Schéma I du diagramme 6.)

Ces espèces font la transition vers celles que nous allons maintenant envisager, où l'appareil d'assimilation disparaît dès l'automne.

J) Ce sont d'abord des plantes annuelles estivales. Elles germent au printemps et fleurissent en été. Exemples : *Euphrasia officinalis*, *Hordeum maritimum*, *Juncus bufonius*, *Coronopus procumbens*, *Orobanche caryophyllacea* (voir phot. 78).

Ces plantes sont très rares sur les dunes arides ; elles sont rares dans les pannes, mais communes dans les polders, ce qui s'explique aisément par la rareté de l'eau dans les dunes pendant l'été.

Les plantes annuelles des alluvions marines (*Salicornia*, *Suaeda* [phot. 96, 102, 104, 106], *Lepturus*), et de la plage (*Cakile*, *Salsola*) [phot. 7, 8, 9] rentrent aussi dans ce groupe.

A première vue, il peut sembler étonnant que les cultures des pannes aient une flore composée en grande partie de plantes mesicoles qui sont annuelles-estivales. Mais on ne doit pas perdre de vue que la plupart des champs sont labourés et mis en culture au printemps (Pommes de terre, Seigle) (voir phot. 59, 60) et que, par conséquent, il n'y a que les plantes annuelles germant au printemps qui puissent s'y installer : *Gnaphalium luteo-album*, *Polygonum Persicaria*, *Brassica nigra*.

Les cultures ne sont d'ailleurs établies que dans les endroits où l'humidité du sol reste suffisante en été. (Schéma J du diagramme 6.)

K) Cette catégorie est formée par les plantes vivaces sans rhizomes rampants, dont les feuilles se flétrissent en automne : *Parnassia palustris* (phot. 50), *Rumex Hydrolapathum*, etc. On peut y ajouter les arbres et les arbustes à feuilles caduques : *Hippophaë*

(1) Nos observations ont été faites pendant l'hiver, très dur, de 1906-1907.

rhamnoides (phot. 80), *Rosa pimpinellifolia* (phot. 73), *Salix repens* (phot. 31 à 35), *Prunus spinosa*, etc. (Schéma K du diagramme 6.)

L) Enfin, le dernier groupe comprend les végétaux à tiges souterraines plus ou moins allongées, desquelles naissent chaque printemps des tiges dressées portant des feuilles et des fleurs, et mourant en automne.

Ces plantes sont rares sur les dunes (*Eryngium maritimum* [phot. 36]), plus nombreuses dans les pannes (*Lythrum Salicaria*, *Lysimachia vulgaris*, les Orchidacées [phot. 51]), très communes dans les polders, aussi bien sur les digues et aux bords des fossés (*Ononis spinosa*, *Ulmaria palustris*, *Althaea officinalis*, *Chrysanthemum vulgare*) que dans les endroits marécageux et dans l'eau (*Typha angustifolia*, *Alisma Plantago*, *Scirpus lacustris* [phot. 139 à 149], *Valeriana officinalis*, *Hippuris vulgaris*). Presque toutes les plantes des alluvions fluviales appartiennent à cette catégorie (*Phragmites communis*, *Scirpus maritimus*, *S. triquetus* [phot. 112, et 115 à 120]. Il y a aussi dans cette catégorie l'une des plantes de la plage (*Arenaria peploides* [phot. 6]). (Schéma L du diagramme 6.)

La répartition stationnelle des plantes vivaces à assimilation exclusivement estivale se comprend sans peine quand on envisage les conditions climatiques spéciales à chaque station. Sur les dunes, le sol est trop sec en été, tandis que les pluies abondantes de l'automne et la douceur de l'hiver permettent aux plantes de conserver leurs feuilles pendant une bonne partie de l'hiver; d'où, rareté de végétaux à assimilation uniquement estivale. — Dans les pannes, il y a d'assez nombreuses plantes de cette dernière catégorie qui ont pu s'installer et qui soutiennent la lutte contre les espèces à assimilation continue. — Dans les polders, les deux sortes de plantes coexistent. — Sur les alluvions fluviales, les glaçons ballottés par le flux et le reflux coupent toutes les tiges : les quelques rares plantes à assimilation continue sont abritées par le fourré dense de *Phragmites* qui borde les alluvions (*Caltha palustris* [phot. 115], *Myosotis palustris*).

* * *

Si l'on comparait la flore des districts littoraux de la Belgique à celle d'un district nettement continental, par exemple l'Ardenne,

je ne doute pas qu'on constaterait une notable différence au point de vue de la répartition saisonnière de l'assimilation : il y aurait plus de plantes à assimilation continue près de la mer, et plus de plantes à feuillage disparaissant à l'automne, dans l'Ardenne. Mais des statistiques de ce genre n'ont pas été dressées.

. . .

Les organes d'assimilation des végétaux aquatiques montrent plus nettement que celui des plantes terrestres, des adaptations contre la gelée. Chaque hiver, souvent à plusieurs reprises, une couche de glace se forme à la surface des eaux ; lors de la débâcle, la croûte se fragmente et les glaçons détachés s'en vont à la dérive. Il est donc impossible que les végétaux conservent pendant l'hiver des feuilles flottantes ou émergées ; elles seraient fatalement prises dans les glaces et arrachées. Aussi constate-t-on que les organes aériens se flétrissent sans exception en automne, et que la vie se retire dans les tiges enfouies au fond de la vase : *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium ramosum*, *Phalaris arundinacea*, *Eleocharis palustris*, *Scirpus lacustris*, *Naumburgia thyrsiflora* (phot. 135, 139, 142 à 149).

Les plantes à feuilles flottantes laissent également périr celles-ci : *Nymphaea alba*, *Limnanthemum nymphaeoides*, *Hydrocharis Mor-sus-Ranae* (phot. 137, 145, 146).

Chez *Nymphaea*, les feuilles meurent seules, jusqu'à leur point d'insertion sur les rhizomes, qui persistent. Chez *Limnanthemum*, les tiges étalées dans l'eau meurent également, tandis que les tiges engagées dans la vase se maintiennent. Chez *Hydrocharis*, toute la plante ancienne disparaît à la fois, aussi bien les racines que les tiges et les feuilles ; la plante hiverne à l'aide de bourgeons spéciaux, les hibernacles, nés à l'extrémité de longs stolons, qui se détachent et tombent au fond de l'eau ; ces hibernacles remontent à la surface en mai et développent aussitôt des feuilles. *Hydrocharis* est donc une de ces plantes vivaces, dont tous les organes sont transitoires et durent à peine quelques mois. Les Lemnacées, sauf *Lemna trisulca*, qui est toujours submergé, passent également l'hiver au fond de l'eau, pour ne reparaitre à la surface qu'au printemps.

Quelques plantes aquatiques possèdent à la fois des feuilles flottantes et des feuilles submergées : *Nuphar luteum*, *Ranunculus aquatilis heterophyllus*, *Potamogeton natans*, etc. Les premières disparaissent en automne, tandis que celles qui sont protégées contre la gelée par une couche d'eau restent vertes pendant tout l'hiver.

Les végétaux complètement enfouis sous l'eau gardent souvent leurs organes d'assimilation pendant la saison froide : *Ruppia marina*, *Lemna trisulca*, *Littorella uniflora*, *Ranunculus foeniculaceus*. D'autres se réduisent à des hibernacles qui passent l'hiver au fond : *Utricularia vulgaris*, *Myriophyllum spicatum*.

*
*
*

Beaucoup de plantes très petites (Mousses, lichens, Schizophycées), qui ne peuvent pas exploiter la profondeur du sable et qui ne possèdent pas de réserves d'eau, ne fonctionnent que lors des pluies; elles n'ont de périodes prolongées d'activité qu'en automne, en hiver et au printemps, tandis qu'en été, elles ne manifestent leur vitalité que pendant quelques heures, de loin en loin. Nous aurons l'occasion d'y revenir à propos des adaptations contre la sécheresse.

II. — ABSORPTION DE CHALEUR PAR LES FEUILLES HIVERNANTES.

Quelques-unes des feuilles qui persistent en hiver se chargent de matières colorantes, ce qui d'après M. STAHL (1896) assure l'absorption de chaleur. Ainsi *Euphorbia Paralias* devient rouge, *Leontodon hirtus* se colore souvent en violet, les feuilles de *Pyrola rotundifolia* deviennent brunes entre les nervures.

III. — POSITION ET PROTECTION DES BOURGEONS HIVERNANTS.

M. RAUNKIAER (1905) a attiré l'attention sur l'intérêt que présente l'étude de la position des bourgeons hivernants et de la façon dont ils sont protégés contre les intempéries; pourtant il exagère peut-être un peu quand il pense que ce sont les procédés d'hivernage

qui impriment à une flore son cachet caractéristique ⁽¹⁾. Il distingue 4 catégories de plantes polycarpiques.

a) Les phanérophytes, à bourgeons situés sur des rameaux élevés; ce sont les arbres et les arbustes de grande taille. Les bourgeons hivernants ont une couverture d'écailles. Ils sont peu répandus sur le littoral, plus nombreux dans les polders, ce qui tient sans doute surtout au vent.

b) Les chaméphytes sont de petite taille; leurs bourgeons hivernants sont rapprochés du sol. *Thymus Serpyllum*, *Atriplex portulacoides* (phot. 103), *Glechoma hederaceum*, appartiennent à cette catégorie. *Calluna vulgaris* (phot. 166), *Salix repens* (phot. 31 à 35), *Hippophaës* (phot. 80, 174), *Cytisus scoparius* (phot. 169, 175), sont intermédiaires entre les chaméphytes et les phanérophytes. Les plus typiques de ces plantes, c'est-à-dire celles dont les rameaux sont cachés dans l'herbe, ont des bourgeons hivernants nus, simplement enveloppés des feuilles restées vertes : *Helianthemum Chamaecistus*, *Veronica Chamaedrys*, *Thymus Serpyllum*, *Atriplex portulacoides*, *Cerastium arvense*, *Sedum acre*, *Calluna vulgaris*.

c) Les hémicryptophytes ont leurs bourgeons hivernants placés au niveau du sol, ou bien, ce qui est plus commun, immédiatement en dessous.

Ces plantes sont les plus communes de toutes sur les digues et aux bords des fossés des polders : *Juncus glaucus*, *Arrhenatherum elatius*, *Carex vulpina*, *Urtica dioica*, *Ranunculus repens*, *Agrimonia Eupatoria*, *Plantago major*, *Artemisia vulgaris*. Elles sont tout aussi répandues sur les schorres : *Triglochin maritima* (phot. 103), *Atropis maritima* (phot. 102), *Armeria maritima* (phot. 105). Les hémicryptophytes ne sont pas rares non plus dans les pannes : *Brunella vulgaris*, *Viola canina*, *Centaurea Jacea*, *Succisa pratensis*. Mais sur les dunes, elles sont relativement rares : *Corynephorus canescens*, *Koeleria cristata*, *Erodium cicutarium*.

(1) Il définit la géographie botanique : « la science géographique qui cherche à caractériser la terre par son climat tel qu'il se manifeste dans l'adaptation des plantes aux saisons rigoureuses.

Ces différences dans la répartition tiennent sans doute à ce que l'argile compacte des polders et le sable fortement tassé des pannes ne permettent pas aux jeunes pousses souterraines d'arriver facilement à l'air; au contraire, dans les dunes, les plantes à bourgeons profonds et, par conséquent, bien protégés peuvent sans grande peine percer le sable meuble.

Presque toutes les plantes aquatiques pourvues de rhizomes ont leurs bourgeons situés tout près de la surface de la vase, au fond de l'eau : *Nymphaea*, *Alisma* *Plantago*, *Cicuta virosa*. Les rhizomes ne risquent pas d'être atteints par la gelée.

Le bourgeon hivernant de la plupart des plantes bisannuelles est situé immédiatement en dessous de la surface du sol. Les *Melilotus* seuls allongent déjà leur tige dès le premier été; ils sont donc chaméphytes, mais ils sont en même temps hémicryptophytes. *Anthyllis Vulneraria* produit dès le premier automne des feuilles sur ses rameaux florifères de l'année suivante. Toutes les autres plantes bisannuelles contractent en automne leur racine pivotante et attirent ainsi sous terre le bourgeon terminal : *Pastinaca sativa*, *Erodium cicutarium*, *Jasione montana*.

Les hémicryptophytes de M. RAUNKIAER emploient des moyens variés pour placer leurs bourgeons hivernants au niveau du sol ou immédiatement au-dessous de la surface. Parfois il y a des rhizomes horizontaux courant sur le sol ou légèrement souterrains : *Juncus maritimus* (phot. 108), *Nardus stricta*, *Polypodium vulgare*, ou bien la tige souterraine reste très courte et son sommet dressé se maintient au niveau du sol, grâce à la contraction qu'exercent les racines : *Parnassia palustris*, *Plantago major*, *Ranunculus bulbosus*, *Primula officinalis*; les plantes bisannuelles rentrent dans la même catégorie : *Erythraea pulchella*, *Cynoglossum officinale*, *Anthriscus vulgaris*. Beaucoup plus nombreuses sont les espèces dont les rhizomes plus ou moins traçants sont assez profonds, mais qui produisent avant l'hiver des rameaux dressés qui s'arrêtent au moment où ils vont atteindre la surface : *Saponaria officinalis* (phot. 77), *Thalictrum minus*, *Lysimachia vulgaris*. Enfin, à côté de ces plantes, dont les bourgeons hivernants viennent d'en bas, il en est aussi dont les tiges, d'abord

aériennes, s'enracinent et finalement sont attirées dans la terre ; c'est ce qui se présente pour beaucoup de plantes à stolons aériens dont les bourgeons hivernants sont néanmoins placés sous la surface du sol : *Potentilla reptans*, *Hieracium Pilosella*.

d) Les cryptophytes possèdent des bourgeons souterrains disposés sur un rhizome, un tubercule ou un bulbe. La plupart des plantes marécageuses et des plantes habitant les eaux peu profondes appartiennent à ce groupe : *Hippuris vulgaris*, *Equisetum limosum* (phot. 135), *Solanum Dulcamara*. Il en est de même des habitants des alluvions fluviales, qui sont mises à nu deux fois chaque jour, à marée basse : *Scirpus maritimus*, *Phragmites communis*, *Petasites officinalis* (phot. 119). La position profonde des rhizomes et des bourgeons les défend contre la gelée en hiver, contre la dessiccation en été.

Nous venons de voir que sur les digues et dans les pannes, les cryptophytes sont relativement rares. Elles sont prédominantes sur les dunes sèches. Ici, il n'y a pas mal de végétaux qui possèdent à la fois des bourgeons profonds et des bourgeons situés à la surface (*Ammophila arenaria*, *Eryngium maritimum*, *Viola tricolor*). *Rosa pimpinellifolia* a même des bourgeons situés sur les rhizomes souterrains, et d'autres sur les rameaux ; il est donc à la fois chaméphyte et cryptophyte.

IV. — SORTIE DES POUSSES AÉRIENNES.

Toutes les plantes dont les pousses se forment sous terre doivent posséder des dispositifs permettant aux jeunes organes aériens de traverser la couche de terre, souvent épaisse et compacte, formée de grains coupants, qui les surmonte. Les procédés par lesquels les plantes se frayent un passage ne présentent rien de particulier dans les districts que nous étudions.

Parfois les jeunes feuilles passent simplement au milieu des feuilles anciennes. C'est ce qui se passe chez les *Plantago*, ainsi que chez la plupart des plantes bisannuelles.

Chez beaucoup d'espèces, c'est l'allongement des entrenœuds de la tige qui assure la sortie. Comme le sommet de la tige est formé

de tissus très tendres et délicats, il est garni d'écailles qui se remplacent au fur et à mesure de la croissance de la tige. Il en est ainsi pour les *Equisetum*, les *Galium*, *Asparagus officinalis*, *Arenaria peploides*, *Hippuris vulgaris*, *Calystegia Soldanella*.

Ailleurs, les écailles ne sont pas simplement des organes de protection du point végétatif : elles s'allongent elles-mêmes plus ou moins et leur pointe dure et acérée perce efficacement le sable ou la vase : *Phragmites communis* (phot. 112), *Carex arenaria*, *Epipactis palustris*.

Plusieurs des plantes des deux catégories précédentes ne possèdent pas seulement des pousses dressées, elles ont en outre de longs rhizomes souterrains servant à la propagation végétative. Le sommet de ces rhizomes est également garni d'écailles : *Eryngium maritimum*, *Calystegia Soldanella*, *Rosa pimpinellifolia*, *Carex arenaria*, *Ammophila arenaria*, *Mentha aquatica*, *Phragmites communis*.

Il y a aussi des plantes dont les bourgeons souterrains portent des écailles qui s'allongent vers le haut jusqu'à ce que leur pointe soit arrivée à la lumière ; la tige ne commence à croître qu'à ce moment ; elle passe donc entre les écailles : *Juncus Leersii*, *Scirpus triqueter*, *Rumex Hydrolapathum*.

Chez *Ornithogalum umbellatum* et chez les *Triglochin*, les écailles restent assez courtes, et ce sont les feuilles qui creusent le puits vertical par lequel passera plus tard la hampe florale.

Enfin, quelques rares plantes, au lieu de présenter vers le haut la pointe de leur tige ou de leurs feuilles, repoussent la terre par un coude de la jeune tige (*Bryonia dioica*) ou des jeunes feuilles (*Ulmaria palustris*).

V. — PROTECTION DES JEUNES FEUILLES CONTRE LES INTEMPÉRIES.

Dès que les jeunes feuilles sont exposées à l'air, soit après avoir percé la couche superficielle du sol, soit après s'être dégagées du bourgeon hivernant, elles sont exposées à de multiples causes de destruction : la sécheresse de l'air, la lumière trop vive, les gelées, le vent..., autant d'agents qui pourraient amener la mort prématurée des jeunes organes d'assimilation. Aussi les plantes possè-

dent-elles presque toujours, pour leurs jeunes organes, de multiples moyens de protection (MASSART, 1903, 3). Ces procédés n'ont rien de spécial dans les districts qui nous occupent : je me contente donc de renvoyer à la liste éthologique, où ils sont indiqués pour chaque espèce.

Il y a pourtant un mode de défense qui mérite une mention : c'est la production d'un écran rouge. La coloration est toujours nettement localisée aux portions les plus éclairées, et il arrive même assez souvent que les jeunes feuilles, étant dressées ou appliquées les unes contre les autres, n'exposent au soleil que leur bord ; aussi est-ce lui seul qui est alors coloré : *Thymus Serpyllum*, *Leontodon autumnale*, *Scrophularia aquatica*. — Il y a d'assez nombreuses plantes dont la coloration est violette, plutôt que rouge : *Viola tricolor*, *Silene nutans*. Enfin, faisons encore remarquer qu'il y a de très grandes différences individuelles dans le développement de l'écran coloré ; ainsi chez *Jasione montana*, la plupart des individus ont les jeunes feuilles vertes, tandis que d'autres ont un épiderme nettement pourpre.

VI. — ADAPTATIONS CONTRE LES EFFETS MÉCANIQUES DU VENT.

Nulle part ailleurs, si ce n'est peut-être sur les hautes montagnes, les plantes n'ont autant à souffrir du vent que dans les plaines littorales et alluviales, où les courants atmosphériques ne rencontrent ni reliefs du terrain ni forêts qui puissent les arrêter ou les ralentir. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les végétaux y aient acquis de nombreuses adaptations contre le vent.

Nous avons déjà vu plus haut (p. 268) que le vent est un facteur géobotanique très important par la dessiccation qu'il fait subir aux feuilles les plus exposées à son action, c'est-à-dire à celle des arbres et des arbustes (voir phot. 40 à 42, 87 à 90, 154, 155, 164 et 173). Il est évident que les plantes de petite taille sont aussi, quoique dans une moindre mesure, menacées par son action desséchante ; afin de ne pas scinder l'étude des adaptations contre la sécheresse, nous remettons à un autre chapitre tout ce qui est relatif à cette question, et nous ne nous occuperons ici que des adaptations à la force mécanique des courants aériens.

A. — *Action des plantes sur le dépôt du sable.*

La plante intervient jusqu'à un certain point dans la façon dont le sable est déposé ou enlevé par le vent ; en effet, elle agit comme un écran qui brise plus ou moins le vent et qui modifie par conséquent son action. Or l'on sait (voir des figures dans GERHARDT, p. 328) que les obstacles influencent différemment le dépôt du sable entraîné par le vent, suivant qu'ils sont impénétrables au vent, ou pénétrables et flexibles, ou pénétrables et rigides.

Immédiatement au-devant d'une barrière impénétrable, le sable est affouillé ; mais plus en avant, à une distance variant avec la hauteur de l'obstacle, le sable se dépose.

Lorsque l'écran est isolé et pas très large, le vent passe sur ses côtés et le dépôt du sable se produit, non par devant lui, mais derrière lui. C'est de cette manière qu'agissent les grosses touffes denses de *Sambucus nigra*, par exemple à La Panne : le sol est creusé devant chaque plante, et une petite dune se forme derrière elle.

Quand l'écran est perméable au vent et flexible, par exemple une touffe de Graminée, de *Cakile* ou de *Salsola*, les grains de sable glissent entre les feuilles et les rameaux et ne retombent que derrière la plante, sans enfouir notablement celle-ci. (Voir phot. 7 à 10.) Pourtant si la touffe a une grande étendue dans la direction du vent, des remous se produisent entre les rameaux, et du sable s'y dépose ; c'est ce qui se présente chez *Salix repens*, dont les buissons, plats et appliqués sur le sol, acquièrent toujours dans les dunes mobiles la forme d'une calotte de sphère. (Voir phot. 33 et 34.)

Enfin, lorsque l'obstacle opposé au vent est perméable, mais constitué par des rameaux rigides, le dépôt se fait également en avant, à l'intérieur et en arrière. Ainsi agissent les rameaux morts de *Hippophaë rhamnoides* qu'on fiche en terre sur les dunes en voie de destruction pour permettre au vent de rapporter du sable ; plus tard, lorsqu'une petite couche de grains siliceux s'est déposée entre les épines, on y plante des *Ammophila arenaria*. (Voir phot. 14 et 28.)

B. — *Fixation des dunes par la végétation.*

Je n'ai pas l'intention d'exposer d'une façon détaillée les procédés par lesquels on fixe des dunes mobiles en y cultivant certaines plantes, notamment l'Oyat (*Ammophila arenaria*). On trouvera tous ces renseignements dans le livre très intéressant de M. GERHARDT. Je me contenterai de parler de la partie purement botanique de cette question.

Nous avons vu plus haut que les organes aériens des végétaux déterminent ou facilitent le dépôt des grains de sable transportés par l'air. Mais il est évident que le feuillage agit encore d'une autre façon : en brisant le vent, il empêche l'enlèvement du sable et il concourt ainsi de deux manières à assurer la fixité de la dune.

On est souvent tenté d'estimer trop bas la valeur des tiges et des feuilles comme brise-vents. Les gens du littoral savent combien cette action protectrice est efficace, et ils ont soin de garantir leurs champs fraîchement bêchés par des rameaux, même non feuillés, ou par des bouchons de paille. (Voir phot. 59 et 60.)

a) Feuilles en une rosette appliquée sur le sol. Chez beaucoup de plantes, les feuilles affectent une disposition qui est particulièrement bien adaptée à l'immobilisation du sable superficiel : elles sont étalées horizontalement et empêchent le vent de frapper le sol qu'elles couvrent. Une rosette de feuilles existe chez beaucoup de plantes annuelles hivernales, par exemple *Myosotis*, *Cerastium*, *Draba verna*, etc.; — de plantes bisannuelles, par exemple *Jasione montana* (voir phot. 75 et 177), *Erodium cicutarium* (voir phot. 71), *Senecio Jacobaea*, etc., — et de plantes vivaces, par exemple *Taraxacum officinale* (voir phot. 72), *Ranunculus bulbosus* (*ibid.*), *Hypochoeris radicata*, *Plantago Coronopus*, *Hieracium umbellatum* (phot. 81), etc.

Il est à remarquer que toutes ces espèces gardent leurs feuilles en hiver, ou même qu'elles n'en possèdent que pendant cette saison; c'est alors que les tempêtes sont le plus nombreuses (voir tableau E, p. 223 ss. et fig. 18, p. 227) et le plus violentes, et que

la plante doit se protéger le plus contre le danger d'être déracinée.

Chez beaucoup de végétaux, il y a plus que le simple étalement des feuilles sur le sable. Ces organes sont activement appliqués contre la surface par la turgescence. Dans les cellules de la face supérieure des feuilles, la pression est plus forte que dans celles de la face inférieure, de telle sorte que les feuilles sont pressées fortement contre le sol et qu'elles en suivent toutes les bosselures.

Quand on arrache la plante et qu'on met ainsi les feuilles en état de se déplacer librement, on les voit aussitôt se courber vers le bas (voir phot. 71 a, b). Ce phénomène est bien marqué chez *Erodium cicutarium*, *Sisymbrium Sophia*, *Ranunculus bulbosus*, et surtout chez *Anthriscus vulgaris*.

Malgré le contact intime des feuilles avec la surface du sable, il peut arriver que celui-ci soit enlevé par le vent. Cet accident est surtout à craindre si autour de la plante le sol est nu et se laisse donc facilement entamer; la plante finit alors par occuper le sommet d'une minuscule tour de sable, dont les bords éboulent par temps sec. A chaque chute de sable, les feuilles qui ne sont plus maintenues se recourbent vers le bas jusqu'à ce qu'elles soient de nouveau arrêtées par le sol. Lorsque tout le sable s'est ainsi successivement détaché de la plante, celle-ci reste toute seule, avec la racine hors de terre et les bases des feuilles collées contre la racine. (Voir phot. 71 c.)

Les mêmes espèces, qui sur le sable nu ont des feuilles élastiquement appliquées contre le sable, en une rosette rayonnante, dressent obliquement leurs feuilles quand elles vivent parmi une végétation touffue et assez élevée, par exemple dans les haies qui entourent les champs des pannes, dans les bosquets des dunes fixées, ou dans les buissons de *Salix repens* ou de *Hippophaës* des pannes. Dans ces conditions, il serait d'ailleurs inutile de protéger le sable contre l'érosion éolienne. Pourtant il ne faudrait pas croire que ces plantes ont la faculté d'accommoder directement leurs feuilles aux nécessités de la fixation du sable : ce n'est pas la sécheresse du sable, c'est-à-dire sa mobilité, et son humidité, c'est-à-dire sa stabilité, qui sont les excitants contre lesquels la plante réagit en collant ses feuilles contre le sable ou en les dressant.

C'est le degré d'éclairement qui est seul en cause ; à une lumière intense, la turgescence de la face supérieure est beaucoup plus forte que celle de la face inférieure, et les feuilles sont poussées vers le bas jusqu'à ce qu'elles rencontrent un obstacle ; à une lumière modérée, la différence de turgescence ne se produit pas, et la feuille répond exclusivement à son géotropisme et à son phototropisme, réflexes qui s'effacent devant la turgescence quand le végétal vit au plein soleil.

Il existe chez les plantes beaucoup d'autres dispositifs qui ont une fonction bien déterminée, mais dont la production constitue une réponse, non pas à un excitant relatif à la fonction, mais à un excitant d'une tout autre nature. Citons seulement la formation des archégonies à la face inférieure du prothalle de Fougère. Cette position est très avantageuse, puisque les archégonies y ont le plus de chances de rencontrer la goutte d'eau chargée de spermatozoïdes ; pourtant ce n'est pas la présence de l'eau qui localise les archégonies à la face inférieure, mais l'obscurité : on sait, en effet, que c'est toujours du côté le moins éclairé que naissent les organes femelles. De même chez les plantes des dunes, ce n'est pas la mobilité plus ou moins grande des grains de sable qui règle la position des feuilles, mais l'intensité de l'éclairement. Il résulte de cette réaction que des individus d'*Erodium* ou d'*Anthriscus vulgaris* qui se trouvent dans un fond humide, où il n'y a aucun danger de déchaussement, ont les feuilles encore plus énergiquement apprimées contre le sol, que ceux qui se trouvent sur du sable sec, sans cesse menacé d'être emporté, mais où l'absorption d'eau n'est pas suffisante pour assurer une forte turgescence.

Quelques Graminacées du groupe des Panicées, par exemple *Oplismenus Crus-Galli* et *Setaria viridis*, qui habitent les maigres moissons des pannes, font une rosette étalée sur le sol, à l'aide des entrenœuds inférieurs des chaumes. La tige primaire se ramifie aussitôt après la germination et les rameaux se couchent en rayonnant sur le sol.

Un phénomène analogue se remarque chez diverses Dicotylédonées (*Coronopus procumbens*, *Polygonum aviculare*) et même chez *Equisetum arvense*. Jamais je n'ai constaté que ces tiges couchées eussent des différences de turgescence sur les deux faces.

b) Mousses et lichens. Les Phanérogames ne sont pas les seuls végétaux dont les organes aériens forment un écran qui défend le sable contre les attaques du vent. Un rôle très important, plus grand même que celui que remplissent les plantes supérieures, est joué par des Mousses et même par certains lichens. Nulle part le sol n'est plus stable que dans les endroits où il porte un tapis de Mousses ou de lichens. Dans les dunes littorales, les principales espèces de Muscinées sont : *Tortula ruraliformis* (voir phot. 81), *Hypnum cupressiforme*, *Camptothecium lutescens* et *Brachythecium albicans*. Les deux premières espèces sont pourvues de rhizoïdes; les autres n'en ont jamais dans le sable. Pour *Camptothecium*, cette absence de rhizoïdes est d'autant plus curieuse que cette espèce en possède quand elle colonise les rochers; bien plus, quand une pierre ou un morceau de brique est tombé dans la dune, au voisinage d'une plaque de la Mousse, les rameaux qui touchent la pierre s'y attachent à l'aide de rhizoïdes. — Sur le sable à *Cardium* et les dunes internes, le *Tortula* est moins abondant et remplacé souvent par *Rhacomitrium canescens* (voir phot. 177), dont les gazonnements sont encore plus denses que ceux de *Tortula*. Aux Pleurocarpes citées plus haut s'ajoutent encore d'autres espèces formant des tapis serrés, notamment *Hylocomium triquetrum* (voir phot. 176.)

Parmi les lichens protecteurs du sable, on peut citer *Peltigera canina* et *Cladonia alpicornis*, qui sont abondants partout, et dont les larges plaques forment souvent un revêtement presque continu, et *Cladonia sylvatica* (voir phot. 168), qui est localisé principalement sur le sable à *Cardium* et dont les gazonnements ressemblent à ceux des Mousses.

c) Organes souterrains qui fixent les grains de sable. Ce n'est pas uniquement en formant par les feuilles et leurs tiges un écran qui brise l'effort du vent, que les plantes fixent les dunes; leurs racines et leurs rhizomes jouent également un rôle fort important.

Un coup de bêche donné dans une dune fait voir aussitôt combien est serré le lacis des racines qui parcourent le sable en tous

sens. (Voir phot. 22.) Presque toujours les racines sont très fines et fibreuses, non seulement chez les Graminacées et les Cypéracées, où cette structure est habituelle, mais aussi chez le *Salix repens*, les *Galium*, *Lotus corniculatus*, *Ononis repens* et beaucoup d'autres Dicotylédonées. Ces racines sont toujours très sinueuses, et l'on constate aisément que les racines latérales naissent sans exception sur la convexité des courbes décrites par la racine principale (voir NOLL), ce qui augmente beaucoup l'efficacité de ces organes pour la rétention du sable.

Une autre particularité qui est en rapport avec la nécessité de maintenir le sable autour de la plante consiste dans la persistance des poils radicaux sur les parties déjà âgées de la racine. Le fait est très manifeste chez *Ammophila arenaria* et *Koeleria cristata* : les poils radicaux qui sont morts, et ne peuvent donc plus intervenir dans l'absorption, restent en place et continuent à retenir énergiquement les grains quartzeux.

Enfin, ajoutons que beaucoup de plantes ont des racines horizontales, restant près de la surface, par exemple *Salix repens* (phot. 33), ou bien des rhizomes qui courent au loin et qui portent de place en place des racines et des touffes de feuilles, par exemple *Carex arenaria*. (Voir phot. 35.)

Les dunes qui sont garnies d'une végétation dense échappent à la destruction par le vent, à moins qu'une percée ne soit opérée dans la couverture du sol. Ce sont le plus souvent les Lapins qui provoquent la ruine des monticules de sable : chacun des orifices de leurs terriers est un point faible où la dune est très attaquable ; de plus, le sable, miné en tous sens, n'offre plus aucune résistance aux vents. (Voir phot. 45.)

C. — Enfouissement et déchaussement.

Dans toutes les stations, les plantes sont exposées à ce que le niveau du sol varie plus ou moins et à ce que leurs organes aériens soient, ou bien enfouis à une profondeur trop grande (lorsque de la terre a été apportée), ou bien placés dans une situation trop superficielle (lorsque de la terre a été enlevée). Mais alors que les

végétaux qui habitent les sols stables — par exemple les sols limoneux ou argileux, ou même les sables fixés — ne subissent jamais que de légères variations de leur niveau souterrain, ceux des sables mobiles sont exposés aux dénivellations les plus étendues : tantôt une tempête recouvre les tiges et les feuilles d'un épais manteau de sable, tantôt elle creuse profondément le sol et met à nu les racines et les rhizomes. Aussi est-ce chez ces espèces que l'on peut le mieux étudier les mouvements d'ascension et de descente, grâce auxquels la plante se maintient à un niveau constant par rapport à la surface changeante du sol.

Certaines plantes peuvent indéfiniment monter et descendre, d'autres ne peuvent descendre que jusqu'au niveau primitif, c'est-à-dire jusqu'à l'endroit où la plante a germé, d'autres encore sont capables de descendre quand le sable est enlevé, mais non de monter quand du sable est apporté.

Nous étudierons ici quelques-uns des cas les plus typiques, en renvoyant pour les autres à la liste éthologique. Disons, d'ailleurs, qu'il est souvent très difficile, sinon impossible, de discerner par la simple observation par quels procédés les plantes s'élèvent ou s'abaissent pour suivre les dénivellations du sol, et qu'il faudrait pouvoir instituer, pour beaucoup d'entre elles, des expériences de contrôle. Celles-ci ne sont pas facilement réalisables dans les dunes. Un grand nombre ont été faites au Jardin botanique de Bruxelles, en 1902. (Voir MASSART, 1903, 1.) Celles qui sont relatives aux plantes des sables sont reprises dans la liste éthologique, qui reste, malgré cela, assez incomplète.

a) Ascension et descente indéfinies. Lorsqu'une graine de *Salix repens* germe sur le sable, les racines pénètrent dans le sol et les rameaux se dressent dans l'air. (Voir diagramme 7, *SALIX REPENS*, 1.) Si, plus tard, du sable vient recouvrir la jeune plante, les rameaux entièrement ensevelis succombent; mais ceux dont le bout dépasse survivent à l'enfouissement (2) et forment aussitôt de nouvelles ramifications dans la partie aérienne. Lors d'un second enfouissement dans le sable (3), il y aura encore une fois mort des rameaux complètement obscurcis et persistance de ceux qui poussent leur pointe dans l'air. En même temps que de nombreux

éventails de branches se produisent lors de chaque surélévation du niveau, des racines naissent sur les portions inférieures des rameaux survivants. Mais supposons qu'une tempête, soufflant d'une autre direction, enlève le sable superficiel. Qu'arrivera-t-il? Les portions des rameaux qui sont maintenant mises à nu après avoir été longtemps enfouies dans le sable se dessèchent et meurent (4); mais les bourgeons axillaires qui se trouvent au niveau actuel du sable, et qui étaient restés inactifs, se développent aussitôt, et il se forme donc de nouveaux éventails de branches. Le même phénomène peut se produire plusieurs fois de suite : à chaque abaissement du niveau, le *Salix repens* descendra de façon à rester toujours à la surface du sable. Mais un moment viendra où la dune aura été détruite plus bas que le niveau primitif : le *Salix* ne va pas encore périr ; il a, en effet, la faculté de produire des drageons sur les racines (5).

On voit que le *Salix repens* peut s'accommoder exactement et rapidement aux dénivellations du sol. Les photographies 32 à 35 montrent comment la plante se tire d'affaire dans les diverses circonstances de la vie. Les photographies 33 à 35 représentent l'aspect habituel des buissons sur les dunes mobiles.

Dans les endroits très exposés, les modifications de forme de la dune sont parfois fort rapides. Il y avait à La Panne, près du kjökkenmödding, une dune qui avait été attaquée par le vent d'W et qui était percée d'outré en outre d'une longue tranchée. L'un des talus montrait les branches et les racines d'un *Salix repens* qui avait été surmonté d'une masse de sable ayant une épaisseur de 5 mètres. A partir du point où la germination avait eu lieu, et où l'on retrouvait nettement le contact de la tige et de la racine, il y avait sept étages d'éventails, dont les supérieurs seuls étaient dans l'air et garnis de feuilles ; il y avait donc eu six fois de suite apport de sable par-dessus la plante. De leur côté, les racines avaient une longueur de 3 mètres, de telle sorte que la distance entre les feuilles et les jeunes racines était de 8 mètres.

Eh bien ! une coupe faite à travers la partie la plus âgée de la tige ne montrait que douze couches concentriques.

Les Peupliers (*Populus monilifera* et *P. alba*), qui sont souvent plantés dans les dunes, se conduisent de la même façon que *Salix*

repens. Il y a sur la bordure interne des dunes à Coxyde, des *Populus monilifera* qui sont enfouis sous une couche de sable de 12 mètres d'épaisseur et dont la tête seule dépasse (voir phot. 123).

Ononis repens, *Eryngium maritimum* (voir phot. 36) et *Euphorbia Paralias* (phot. 27) présentent à peu près les mêmes réactions que *Salix repens*: ascension par allongement des rameaux et localisation des bourgeons qui se développent; descente, d'abord par localisation des rameaux de plus en plus bas sur les branches enfouies, puis par drageonnement (formation de tiges sur les racines). Seulement, comme ces plantes sont beaucoup plus petites que *Salix*, elles ne peuvent supporter que des dénivellations faibles.

Les Mousses qui possèdent des rhizoïdes (par exemple *Tortula ruraliformis*) se conduisent exactement comme *Salix repens*: l'ensevelissement détermine la croissance des rameaux feuillés; le déchaussement, la naissance de nouveaux rameaux au niveau du sol; enfin des points végétatifs des tiges peuvent se former sur les rhizoïdes mis à nu.

Carex arenaria peut également monter et descendre indéfiniment avec la dune qu'il habite, mais ses mouvements se font par de tout autres procédés que chez *Salix repens*. Lorsque le jeune *Carex* germe sur le sable, il forme aussitôt un rhizome qui s'enfonce obliquement jusqu'à ce qu'il soit à 6-7 centimètres de profondeur; à partir d'ici, il croît horizontalement. Ce rhizome porte des écailles pointues et dures, disposées sur trois rangs. Grâce à ces écailles, le sommet du rhizome peut percer le sable sans écraser le point végétatif.

A chaque nœud naissent des racines. Quant aux bourgeons axillaires, les trois quarts d'entre eux restent latents. C'est seulement tous les quatre nœuds qu'un bourgeon se développe (phot. 35): il forme un rameau dressé, qui porte d'abord des écailles; quand il a percé la couche de sable et arrive à la lumière, il donne quelques feuilles assimilatrices. (Voir diagramme 7, CAREX ARENARIA, 1.)

Quand la plante habite du sable à surface plane, le rhizome principal continue à croître horizontalement en produisant toujours, à chaque quatrième nœud, un rameau dressé. De temps en temps, il se ramifie. Le rhizome nouveau ne naît pas sur l'ancien, aux dépens d'un bourgeon latent, mais à la base de l'une des tiges

dressées; sa direction fait un angle horizontal d'environ 40 à 50° avec celle du rhizome primitif. Lorsque les *Carex arenaria* ne sont pas trop nombreux, cette disposition se voit très nettement du dehors (voir phot. 35); mais s'ils sont très serrés et enchevêtrés, ils forment un tapis continu dans lequel les rameaux individuels ne peuvent plus être discernés. (Voir phot. 30, 56, 178 et 179.)

Quand beaucoup de sable est apporté par-dessus le niveau primitif, le rhizome cesse de croître et la tige dressée qui était en voie d'allongement monte jusqu'à la lumière; puis celui de ses bourgeons qui est à 6-7 centimètres au-dessous de la surface, se développe en un rhizome horizontal (2). Le même phénomène peut se répéter aussi souvent qu'il est nécessaire (3).

Quant à la descente, elle s'effectue par un moyen tout différent. Lorsque le sable superficiel est enlevé, la pointe du rhizome, au lieu de garder sa direction horizontale, s'infléchit vers le bas, et le rhizome s'allonge ainsi jusqu'à ce qu'il ait atteint la profondeur de 6 à 7 centimètres; puis il reprend sa croissance horizontale (4).

Il est exceptionnel que la surface du sable soit rigoureusement plane; le plus souvent, elle est bosselée dans tous les sens. Un même rhizome de *Carex* doit donc monter et descendre alternativement pour rester toujours à la même distance de la surface. Dans ce cas, l'ascension ne se produit pas par le développement des bourgeons qui restent d'ordinaire latents, mais par une inflexion de la pointe du rhizome horizontal, c'est-à-dire par un procédé analogue à celui qui amène la descente.

b) Ascension indéfinie; descente limitée. Alors que *Salix repens* et *Carex arenaria* peuvent monter et descendre indéfiniment, d'autres plantes n'ont pas la faculté de descendre plus bas que le niveau primitif. C'est le cas pour *Ammophila arenaria* et pour les autres Graminacées vivaces du sable : *Festuca rubra*, *Corynephorus canescens*, *Agropyrum* div. sp., *Koeleria cristata*, etc.

Lors de la germination, la plante reste à peu près superficielle. (Voir diagr. 7, AMMOPHILA ARENARIA, 1.) Si du sable est apporté, les entrenœuds, qui normalement seraient restés courts, s'allongent beaucoup et amènent le sommet des tiges jusqu'à la surface (2). C'est ici également que de nouveaux bourgeons se développent.

L'arrivée d'une seconde couche de sable provoque de nouveau un allongement énorme des entre-nœuds enfouis et la localisation superficielle des bourgeons (3). Si, plus tard, du sable est enlevé, les parties qui sont exposées aux vents se dessèchent et meurent, et des rameaux feuillés naissent près de la surface du sol (4). Mais si le creusement est trop profond et dépasse le niveau originel du sol, la Graminée est fatalement condamnée, car elle n'a pas le moyen de se rajeunir par des rameaux surgissant des racines.

La photographie 22 montre les tiges verticales qui se sont allongées à travers les couches successives de sable. Sur les photographies 15, 17, 26 et 27, on voit le déchaussement de ces rameaux. Enfin, les photographies 12 et 24 montrent la production de rameaux feuillés sur la base, encore enterrée, des rameaux mis à nu.

La plupart des Graminées des sables donnent des rhizomes plus ou moins horizontaux qui suivent les inégalités de la surface du sable exactement comme ceux de *Carex arenaria*. D'autres, par exemple, *Corynephorus canescens* et *Koeleria cristata*, sont privées de ces tiges traçantes.

Beaucoup de Dicotylédonées se conduisent à peu près de la même façon que les Graminées. Elles peuvent monter avec le sable, puis redescendre jusqu'au niveau primitif, ou jusqu'à un niveau légèrement inférieur, mais elles succombent lorsque le déchaussement est plus accentué. On peut citer *Pyrola rotundifolia*, *Lotus corniculatus*, *Galium verum*, *G. Mollugo* et surtout *Solanum Dulcamara* (voir phot. 37). Cette dernière espèce, grâce à la longueur de ses rameaux, peut surmonter même des ensevelissements épais et répétés.

A la même catégorie appartiennent encore les Mousses sans rhizoïdes, telles que *Hylocomium triquetrum*, *Camptothecium lutescens*, *Brachythecium albicans*.

c) Descente indéfinie; ascension impossible. Quelques rares espèces font partie de ce groupe. La plus caractéristique est *Hipprophaës rhamnoïdes* (voir diagramme 7). Tout apport de sable lui est fatal (1A, 2A, 3A); mais le déchaussement n'a aucune suite pernicieuse puisque les racines drageonnent avec une facilité remarquable (1B, 2B). On rencontre fréquemment dans les dunes

et dans les polders sablonneux des buissons de *Hippophaës* qui ont succombé à l'enfouissement (voir phot. 37 et 39), et ailleurs, aux endroits où du sable a été enlevé, des racines sur lesquelles de nombreuses tiges nouvelles sont dressées les unes à côté des autres, comme les dents d'un peigne.

D. — Rigidité des organes aériens.

Les tiges et les feuilles aériennes ont toutes besoin de se prémunir contre les efforts de flexion et d'arrachement exercés par le vent.

Ces adaptations mécaniques sont plus nécessaires dans les districts considérés qu'ils ne le sont ailleurs, puisque sur le littoral et sur la grande plaine alluviale, rien ne vient rompre la violence des tempêtes.

a) Rigidité due à la turgescence. — La solidité est parfois due uniquement à la turgescence. La pression des tissus internes et la tension des tissus périphériques détermine une rigidité très forte; seulement, il suffit que le liquide vienne à manquer pour que tout aussitôt les feuilles et les tiges se fanent et s'affaissent. Ce procédé ne peut donc être utilisé que par les espèces qui disposent d'une provision inépuisable d'eau. C'est le cas pour les plantes aquatiques : *Scirpus triqueter*, *Alisma Plantago*, *Hippuris vulgaris*, *Glyceria plicata*, *Sium erectum*, etc. Un dispositif identique se rencontre chez quelques plantes des pannes humides : *Parnassia palustris*, les Orchidacées, quelques Graminacées, telles que *Festuca elatior* (voir p. 280, fig. 21, J), *Arrhenatherum elatius* (fig. 21, N), *Agrostis alba* (fig. 21, O).

C'est également par la pression du suc cellulaire que les plantes des alluvions marines et de la plage maintiennent leur rigidité : beaucoup d'entre elles possèdent dans les feuilles ou les tiges une grosse masse de tissu aquifère, qui leur constitue une réserve d'eau pour les jours de sécheresse et qui en même temps procure la solidité aux organes aériens : *Salsola Kali* (fig. 22, A), *Salicornia herbacea* (fig. 22, C), *Plantago maritima* (fig. 22, E), *Atriplex portulacoides* (fig. 22, D), *Aster Tripolium* (fig. 22, H). D'autres plantes de lieux salés n'ont pas de cellules spécialisées en vue de l'accumula-

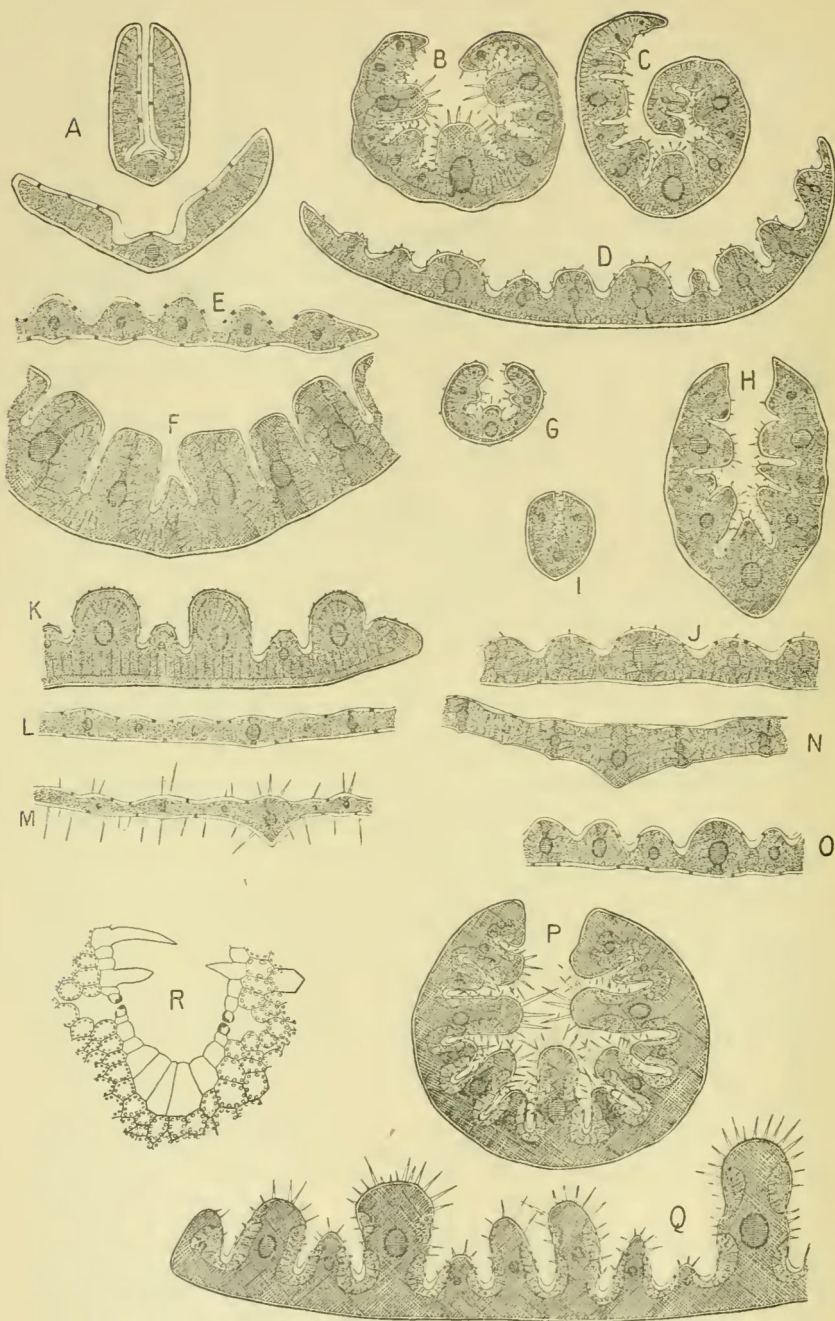


FIG. 21. — Coupes transversales de feuilles de Graminacées du littoral.
(Les figures A à Q sont grossies 23 fois, la figure R 160 fois.)

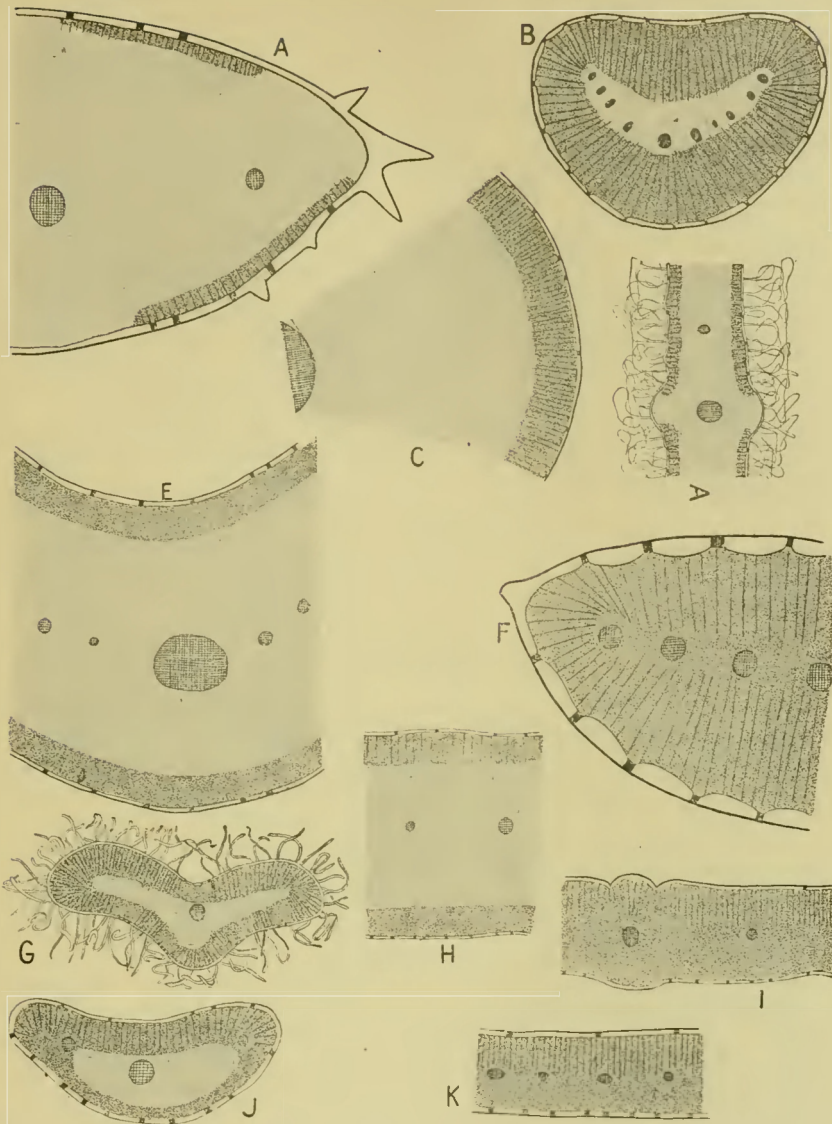








FIG. 22. — Coupes transversales de feuilles de plantes de la plage et du schorre.
(Grossissement : 23.)

Légende des figures 21 et 22.

-  *Epiderme avec stomate et poils*
-  *Tissu assimilateur lâche*
-  *Tissu assimilateur serré souvent palissadique*
-  *Faisceau*
-  *Tissu mécanique*
-  *Tissu aërofère*

Pour l'explication de la figure 22, voir p. 282.

Explication de la figure 21.

- | | |
|--|---|
| <p>A. <i>Atropis maritima</i>, fermé et ouvert.
 B. <i>Agropyrum junceum</i>.
 C. <i>Agropyrum pungens</i>.
 D. <i>Agropyrum acutum</i>.
 E. <i>Agropyrum repens</i>.
 F. <i>Elymus arenarius</i>.
 G. <i>Corynephorus canescens</i>.
 H. <i>Festuca rubra</i>.
 I. <i>Festuca ovina</i>.
 J. <i>Festuca elatior</i>.
 K. <i>Koeleria cristata</i>.
 L. <i>Phleum arenarium</i>.
 M. <i>Bromus tectorum</i>.</p> | <p>N. <i>Arrhenatherum elatius</i>.
 O. <i>Agrostis alba</i>.
 P. <i>Ammophila arenaria</i>, fermé.
 (Feuille assez petite.)
 Q. <i>Ammophila arenaria</i>, ouvert.
 (Feuille moyenne.)
 R. Fond d'un sillon de la face supérieure de la feuille d'<i>Ammophila arenaria</i>, montrant l'épiderme avec des cellules petites et des cellules bulliformes, deux stomates et des poils, et le tissu assimilateur vert.</p> |
|--|---|

Explication de la figure 22.

- | | |
|--|---|
| <p>A. <i>Salsola Kali</i> : moitié d'une feuille.
 B. <i>Suaeda maritima</i> : feuille.
 C. <i>Salicornia herbacea</i> : tige.
 D. (= > dans la figure) <i>Atriplex portulacoides</i> : feuille.
 E. <i>Plantago maritima</i> : partie médiane d'une feuille.
 F. <i>Arenaria peploides</i> : moitié d'une feuille.</p> | <p>G. <i>Artemisia maritima</i> : segment foliaire.
 H. <i>Aster Tripolium</i> : partie de feuille.
 I. <i>Glaux maritima</i> : partie médiane d'une feuille.
 J. <i>Armeria maritima</i> : feuille.
 K. <i>Statice Limonium</i> : partie de feuille.</p> |
|--|---|

tion de l'eau, et celle-ci est mise en réserve dans du tissu assimilateur : *Atropis maritima* (fig. 21, A), *Arenaria peploides* (fig. 22, F), *Armeria maritima* (fig. 22, I). Quelle que soit la nature des parenchymes dans lesquels se trouve la provision de sève, celle-ci est toujours fortement chargée de chlorure de sodium, et par cela même son évaporation est sensiblement ralentie.

b) Rigidité due à du tissu mécanique. — Alors que la solidité produite par la turgescence disparaît dès que la plante a soif, celle que détermine la présence de cellules à parois fortement épaissies, parfois lignifiées ou silicifiées, résiste au manque d'eau. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les végétaux des endroits secs, tels que les dunes, doivent généralement leur rigidité à du tissu mécanique.

Ce que nous venons de dire s'applique surtout aux feuilles, car les tiges sont presque toujours pourvues de tissus résistants, même chez les plantes aquatiques, telles que *Scirpus lacustris* (phot. 143, 145), *Heleocharis palustris*, *Equisetum limosum* (phot. 135), *Alisma Plantago*, etc.; et il n'y a guère que les espèces de petite taille, ou entièrement submergées, dont les tiges manquent d'éléments à membrane épaissie : Lemnacées, *Nasturtium officinale*, *Apium nodiflorum*, *Potamogeton*, etc. Pour ce qui est des feuilles, le contraste est absolu entre les plantes des alluvions marines et celles des pannes, qui n'ont pas ou n'ont guère de tissu mécanique dans leurs feuilles, et celles des dunes sèches, où les parenchymes sont soutenus, et parfois même entourés presque complètement par du tissu mécanique : *Eryngium*, *Agropyrum junceum* (fig. 21, B), *Corynephorus canescens* (fig. 21, G), *Festuca ovina* (fig. 21, I), *Ammophila arenaria* (fig. 21, P, Q). On remarque que plusieurs de ces feuilles sont construites de telle façon que les cordons résistants forment des sortes de poutrelles qui traversent le tissu foliaire : *Agropyrum*, *Ammophila*, *Elymus*. Souvent aussi les cordons, isolés ou confluent, se trouvent placés vers la périphérie, c'est-à-dire là où ils sont le plus efficaces pour donner de la raideur aux organes : tantôt la feuille reste toujours enroulée sur elle-même (*Corynephorus* [fig. 21, G], *Festuca ovina* [fig. 21, I]), tantôt elle prend la forme cylindrique lorsque la transpiration est forte, ce qui correspond souvent à une grande vitesse du vent : *Festuca rubra* (fig. 21, H), *Elymus arenarius* (fig. 21, F), *Ammophila arenaria* (fig. 21, P, Q).

VII. — ADAPTATIONS CONTRE LA SÉCHERESSE.

La facilité plus ou moins grande avec laquelle les plantes peuvent se procurer de l'eau dans le sol et l'évaporer ensuite dans l'atmosphère est l'un des principaux facteurs de la géographie botanique.

L'importance prépondérante de l'eau tient à diverses causes :

a) C'est par l'intermédiaire de l'eau que les aliments minéraux pénètrent dans la plante, et tout ralentissement dans la circulation de la sève a pour effet immédiat d'affamer l'organisme;

b) Les cellules ne fonctionnent que lorsqu'elles sont gorgées de suc, et tout organe flétri est jusqu'à un certain point hors de service;

c) Pendant les fortes chaleurs, la transpiration intense enlève à la plante un grand nombre de calories et empêche ainsi que sa température n'atteigne un degré trop élevé.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que ce soit l'eau qui imprime à la flore d'une contrée son cachet le plus frappant. Lorsque l'eau est rare, la végétation, à la fois assoiffée et affamée, est rabougrie et raide; quand le liquide nourricier est abondant, les plantes deviennent grandes et le feuillage est large et souple.

Nous aurons l'occasion de revenir plus tard, en détail, sur les différences que présentent les sols au point de vue de la rétention de l'eau et de sa cession à la plante. Disons dès maintenant que les sables et les alluvions marines constituent des terrains physiologiquement secs, c'est-à-dire dans lesquels les poils radicaux ont de la peine à absorber l'eau. C'est donc dans ces stations que la flore présente les caractères xérophiles, tandis que dans les polders argileux et sur les alluvions fluviales, la sécheresse est tout à fait exceptionnelle.

Les principales adaptations contre la sécheresse sont : le développement pendant la saison humide, la faculté de se laisser dessécher impunément et de revivre dès que l'humidité revient, l'agrandissement de l'appareil d'absorption, la mise en réserve de l'eau absorbée pendant les moments d'abondance et, enfin, la limitation de la quantité de vapeur d'eau émise.

A. — *Croissance limitée à la saison humide.*

Nous avons déjà vu antérieurement (p. 256) que beaucoup de plantes annuelles des sables germent en automne et terminent leur existence à la fin du printemps, de manière à éviter complètement la saison sèche. Il en est de même de *Ranunculus bulbosus*. Un tel mode de vie n'est évidemment praticable que par des plantes de petite taille, qui n'ont pas trop à souffrir des tempêtes de l'hiver.

Une autre condition est encore indispensable : les plantes hivernales ne peuvent habiter que des sols fortement drainés, tels que les sables, où il n'y a pas d'eau stagnante se couvrant d'une croûte de glace; dans les polders argileux, à sol imperméable, ainsi que sur les alluvions marines et fluviales, la congélation de l'eau superficielle détruirait infailliblement les délicates plantes annuelles.

B. — *Indifférence à la dessiccation, et réviviscence.*

Il est une autre catégorie de végétaux qui ne vivent d'une vie active que pendant les moments où il y a de l'humidité : ce sont ceux qui exploitent la surface même du sable sur une épaisseur de 1 centimètre au maximum et ceux qui habitent l'écorce des arbres. Toutes ces plantes peuvent impunément se laisser dessécher d'une façon complète, ainsi que l'a montré M. SCHRÖDER. Elles passent alors à un état de vie très ralentie; dès que de l'eau leur revient, elles se remettent aussitôt à fonctionner.

a) Mousses des sables. — L'une des plus remarquables de ces plantes réviviscentes est une Mousse qui est très commune sur les sables bien fixés des dunes littorales et des polders sablonneux : *Tortula* (*Barbula* ou *Syntrichia*) *ruralis* var. *ruraliformis*. Pendant les pluies, les feuillées sont étalées et forment un tapis qui cache complètement le sable (phot 81). Dès que l'apport d'eau n'est plus suffisant, toutes les feuilles se recourbent vers le sommet de la tige. Sont-elles de nouveau humectées, les feuilles aussitôt se déplient et verdissent, et leur fonctionnement recommence. Lorsque les *Tortula* sont étalés, ils forment un magnifique tapis, aux teintes changeantes, qui suit toutes les ondulations de la dune. Au contraire, pendant les périodes de sécheresse, quand les Mousses sont refermées sur elles-mêmes, c'est à peine si l'on aperçoit sur le sable des points gris foncé, indiquant chacun la présence de la petite touffe de poils terminant les feuilles d'une tige de *Tortula*. La photographie 81 montre bien cette différence d'aspect : les Mousses étaient sèches, et l'on a simplement arrosé celles de la

moitié droite de la photographie. On y voit aussi que l'eau ne doit pas venir d'au-dessus : le liquide qui s'est infiltré horizontalement à travers le sable et qui est allé mouiller de proche en proche les petites Mousses a aussitôt déterminé leur réviviscence. Entre le moment où les Mousses de droite ont été mouillées directement et celui où la photographie a été faite, il ne s'est pas écoulé deux minutes : ce temps a suffi pour que toutes les plantes arrosées se fussent largement épanouies, et même pour que les individus touchés par l'eau d'infiltration eussent déjà commencé leurs mouvements.

Dans les conditions ordinaires, ces Mousses restent étalées et, par conséquent, actives, pendant tout l'automne et l'hiver : les pluies sont alors assez rapprochées et l'évaporation est assez peu intense pour que le sable reste toujours imprégné d'eau à la surface. Pourtant, au mois de mars il arrive déjà fréquemment que le temps soit sec et que le sable perde son humidité : les rosées, souvent transformées en givre vers l'aurore, suffisent alors pour déterminer l'ouverture des *Tortula*, et chaque matin ceux-ci forment sur le sable d'élégantes étoiles blanches, serrées les unes contre les autres (phot. 75).

Au printemps et en été, la vie des *Tortula* est réduite aux heures où le sable reçoit la pluie ou la rosée. Lorsque plusieurs journées sèches se succèdent et qu'en même temps l'air est calme, les *Tortula* finissent par être chacun dans un petit entonnoir : chaque matin, lors de la condensation de la rosée, les feuilles s'étalent et repoussent à quelques millimètres de distance les grains de sable voisins. A peine la rosée est-elle évaporée que les feuilles se recroquevillent au-dessus du sommet de la tige. Ces mêmes mouvements se répétant chaque jour finissent par provoquer la formation d'un minuscule entonnoir, du fond duquel surgissent les feuilles desséchées de la Mousse. La première pluie, le moindre souffle de vent, suffisent pour effacer les cavités.

Toutes les Mousses de sables secs présentent ainsi des alternatives de vie active et de repos dû à la dessiccation ; d'ailleurs des plantes de petite taille, confinées à une couche superficielle dont l'épaisseur n'atteint que 1 à 10 millimètres, ne peuvent se maintenir que si elles ont la faculté de se dessécher et de se ranimer au

contact de l'eau. Signalons quelques espèces qui sont communes sur les sables des dunes ou des polders sablonneux : *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*, *B. capillare*, *Polytrichum piliferum*, *Racomitrium canescens* (phot. 177), exécutent, à des degrés divers, des mouvements hygroscopiques analogues à ceux de *Tortula ruraliformis*. Les Mousses pleurocarpes (phot. 176), dont plusieurs sont fort répandues, ne montrent guère que de légères modifications de teinte suivant qu'elles sont sèches ou mouillées.

Des expériences faites par M^{lle} Guyot, à l'Institut botanique, pendant le printemps de 1907, ont montré que beaucoup de Mousses localisées dans les endroits humides des dunes et des polders ont également le pouvoir de revivre après avoir été complètement privées d'eau pendant plusieurs jours. Mais il est permis de se demander si ces espèces seraient capables de supporter des alternatives répétées d'activité et de repos, et si elles pourraient résister à une dessiccation complète et prolongée, comme c'est le cas pour les Mousses des sables secs.

Les quelques rares Hépatiques des dunes et des polders sablonneux sont toutes liées à une humidité constante et meurent inévitablement quand elles se dessèchent.

b) Lichens des sables. — Plus encore que les Mousses, les lichens sont des plantes tout à fait superficielles. C'est à peine si leurs rhizines pénètrent à 1 ou 2 millimètres de profondeur dans le sable. Aussi dès que le temps est beau, constate-t-on qu'ils sont devenus secs et friables comme des brindilles ou des feuilles mortes; mais qu'une pluie survienne, et les voilà de nouveau souples et vivants.

Ceux qui conservent le plus longtemps leur vitalité après la cessation de la pluie sont les *Peltigera*, dont le thalle est relativement épais et dont les organes d'absorption exploitent le sol à environ 2 millimètres de profondeur. Puis viennent les *Cladonia*, *Cladina* (phot. 168) et *Urceolaria*, qui forment des tapis serrés. Plusieurs espèces ont des thalles couchés sur le sol, qui protègent contre l'évaporation le sable sous-jacent; quand ils sont secs, ils se recroquevillent vers le haut et montrent la face inférieure blanchâtre (*Cladonia alcicornis*).

D'autres lichens ne possèdent pas de rhizines et sont simplement accrochés au sable par quelques lobes du thalle : *Cetraria aculeata*.

Enfin, il y a sur les dunes littorales fixées, quelques lichens, d'habitude corticoles, qui vivent ici par terre; elles ont été décrites récemment par M. BOULY DE LESDAIN. Ce sont : *Ramalina fastigiata*, *R. farinacea*, *Usnea hirta*, *Evernia prunastri*; il faut peut-être y ajouter *Ramalina fraxinea* dont j'ai récolté il y a une dizaine d'années un échantillon qui était posé sur le sable, mais attaché à une petite brindille. Les *Ramalina* et *Usnea* sont rares: *Evernia prunastri* est fort répandu, non seulement sur les dunes littorales de Belgique, mais aussi sur celles du Boulonnais. Ces lichens ne sont en aucune façon attachés au sol; il en résulte que dès que la pluie cesse, ils se raccornissent et ils passent à l'état de vie latente. Leur existence nomade — c'est quelque chose comme un « plancton » terrestre — leur a donné une forme singulière : les rameaux qui s'accroissent vers le bas doivent s'arrêter dès qu'ils touchent le sol et deviennent beaucoup plus pâles; au contraire, ceux qui se dirigent vers le haut et vers les côtés se développent normalement, de telle façon que chaque individu prend l'aspect d'un coussinet. Il est à peine besoin de dire que ces végétaux, non fixés à la terre, sont déplacés facilement par les tempêtes, à moins que les extrémités de leurs rameaux ne soient enchevêtrés dans les rameaux des exemplaires voisins, auquel cas il se produit de larges gâteaux, ayant parfois plusieurs décimètres carrés, où les diverses espèces citées sont mélangées et où se rencontrent souvent aussi en abondance des *Cetraria aculeata*, qui ont adopté le même mode de vie indépendante (voir phot. 82).

c) Schizophycées des sables⁽¹⁾. — Il y a aussi parmi les *Nostoc* quelques espèces révisiscentes habitant les sables, par exemple *N. commune*. Ils amassent dans la gélatine, où se trouvent englobés leurs filaments, une quantité d'eau assez considérable qui

(1) Les Schizophycées sont traitées plus longuement dans le travail de M^{lle} WERY, publié dans ce même volume du *Recueil*.

leur permet de fonctionner encore quelque temps après la fin de la pluie. D'autre part, la rosée ou une pluie très légère ne suffit pas à imbiber la gelée et à rendre la vie aux cellules.

d) Bryophytes, Algues et Champignons épiphytes. — A côté des végétaux réviscents des sables, il en est naturellement un grand nombre d'autres qui habitent l'écorce des arbres. Le nombre des Mousses et des lichens est assez considérable, tout au moins dans la région poldérienne (voir la liste des associations). Les Hépatiques ne sont représentées que par *Frullania dilatata* et *Radula complanata*. A côté des lichens, il y a aussi des petits Champignons (qui ne sont pas indiqués dans la liste des associations), particulièrement des Ascomycètes; on comprend que ces Champignons, dont les filaments mycéliens ne s'engagent que dans la couche superficielle de l'écorce, en sont réduits, tout autant que les végétaux que nous venons de décrire, à passer au repos les périodes de sécheresse, pour ne revivre qu'au moment des pluies. Il en est de même pour les espèces qui attaquent les feuilles mortes des Graminacées (p. ex. *Ammophila*) dans les dunes. Enfin, citons encore parmi les plantes réviscentes les Algues unicellulaires corticales, telles que *Pleurococcus*.

C. — Étendue de l'appareil d'absorption.

On se rend difficilement compte de la longueur et de l'abondance des racines chez les Phanérogames des sables. Il faut qu'une dune ait été demantelée par les vents, ou qu'elle ait été coupée pour la construction d'une route, pour que l'on remarque jusqu'à quelle profondeur pénètrent les racines et jusqu'à quelle distance elles s'éloignent de la plante. Des racines plongeantes de *Salix repens* ou d'*Eryngium maritimum* ont souvent 3 mètres de longueur; les racines horizontales du premier rayonnent parfois à une dizaine de mètres, tout autour du buisson. On comprend qu'un système racinaire de cette étendue, abondamment ramifié dans tous les sens, doit avoir une puissance d'absorption énorme.

Alors que les végétaux des dunes ont généralement des racines

plongeantes, qui leur permettent d'exploiter les couches où une certaine humidité se conserve en toute saison, ceux des alluvions marines ont presque uniquement des racines superficielles : d'ailleurs, c'est uniquement près de la surface qu'elles ont chance de trouver de l'eau absorbable, c'est-à-dire de l'eau de pluie.

D. — Accumulation d'eau dans les tissus.

En dehors des plantes des alluvions marines, il y a peu d'espèces des districts littoraux ou alluviaux dont les feuilles, les tiges ou les racines renferment des provisions d'eau.

Les plantes des slikkes et des schorres ont souvent des feuilles charnues, c'est-à-dire qu'à côté des provisions d'eau que contiennent toutes les cellules vivantes, elles en ont d'autres, soit dans du parenchyme assimilateur plus abondant que d'ordinaire (par exemple *Statice Limonium* [fig. 22, K], soit dans du parenchyme aquifère spécialisé (par exemple *Salicornia* [fig. 22, C], *Plantago maritima* [fig. 22, E], *Atriplex portulacoides* [fig. 22, D]).

Les plantes de la plage ont souvent aussi les feuilles charnues ; ici également, il y a tantôt accumulation d'eau dans le tissu assimilateur (par exemple *Arenaria peploides* [fig. 22, F]), tantôt spécialisation d'un tissu aquifère (par exemple *Salsola Kali* [fig. 22, A], *Cakile maritima*).

Les alluvions marines et la plage ont ceci de commun que le sol est imprégné de sel marin. Les plantes charnues y sont abondantes, mais toutes ont la réserve d'eau dans les feuilles (chez *Salicornia* celles-ci sont soudées entre elles et avec la tige).

Dans les dunes, les plantes à feuilles charnues sont rares, mais par contre, il s'y trouve quelques espèces, d'ailleurs peu nombreuses, qui possèdent des réserves souterraines. Parmi les espèces à feuilles grasses, il n'y a guère que *Sedum acre*, avec du tissu aquifère, ainsi que *Lotus corniculatus* « *carnosus* », *Calystegia Soldanella* et *Euphorbia Paralias*, avec le tissu vert assez épais. Les plantes à réservoirs souterrains comprennent les *Orchis*, *Anacamptis* et *Herminium*, où ce sont les racines qui sont renflées, *Ranunculus bulbosus*, où c'est la tige, et *Ornithogalum umbellatum*

et *Allium vineale* qui possèdent un bulbe. Parmi ces dernières plantes, il n'y a, sans doute, guère que *Ranunculus bulbosus* où la réserve d'eau ait de l'importance pour la plante; en effet, cette espèce habite les dunes sèches et se remet en végétation au début de l'automne avant que les pluies aient pu sérieusement mouiller le sable (voir phot. 72, 76, 170), tandis que les autres poussent au printemps, dans des pannes ou des bosquets amplement humides. — Je néglige ici les plantes à rhizome plus ou moins gros, contenant naturellement une quantité notable de liquide, telles que *Polypodium vulgare*, *Asparagus officinalis*, *Eryngium maritimum*, etc., et les espèces, surtout bisannuelles, à grosse racine pivotante, telles que *Erodium cicutarium*, *Cynoglossum officinale*, *Pastinaca sativa*, *Taraxacum officinale*, etc.; chez toutes ces plantes, le réveil de la végétation a lieu au printemps, quand l'eau ne fait pas défaut à la dune.

E. — Réduction de la transpiration.

Nous arrivons maintenant aux adaptations les plus répandues et les plus importantes : il ne servirait à rien, à des plantes supérieures, non réviviscentes, d'avoir un appareil racinaire très développé et d'épargner de l'eau dans leurs tissus; il faut encore qu'elles utilisent avec les plus grands ménagements cette eau si durement conquise.

Aussi possèdent-elles des moyens variés pour limiter la transpiration. Ainsi qu'on peut le voir par la liste éthologique, une même espèce possède souvent plusieurs adaptations à la fois.

Il serait inutile d'insister ici longuement sur la façon dont agissent les divers dispositifs par lesquels les plantes xérophiles réduisent au minimum la perte d'eau. Ces procédés sont suffisamment connus ⁽¹⁾.

(1) Un excellent résumé de tout ce qui est connu au sujet de la transpiration se trouve dans BURGERSTEIN, 1904. On trouvera aussi un résumé succinct de ces adaptations dans MASSART, 1904.

a) Réduction de la surface. — Le moyen le plus simple pour diminuer l'évaporation consiste dans la réduction de la surface évaporante. Dans les districts qui nous occupent, il n'y a guère que *Salicornia* et *Cytisus scoparius* (phot. 169, 175) où la limitation de la surface soit manifestement en relation avec la nécessité de ménager l'eau : les feuilles de *Salicornia* sont soudées entre elles et à la tige, de telle façon que la surface exposée à l'air est rendue beaucoup plus petite; chez *Cytisus*, elles sont fort petites et caduques. Les Cypéracées et Joncacées (*Scirpus lacustris*, *S. triquetus*, *Heleocharis palustris*, *Schoenus nigricans*, *Juncus glaucus*, etc.) qui ont des tiges assimilatrices, privées de feuilles, habitent des endroits humides. Il en est de même des *Equisetum*. Chez *Asparagus officinalis*, les feuilles sont remplacées par des ramuscules verts; mais il est peu probable que la perte des feuilles soit une adaptation xérophile actuelle de notre espèce; on serait plutôt tenté de supposer qu'*Asparagus officinalis* et sa variété *prostratus* ont hérité leurs cladodes d'un ancêtre méditerranéen, chez lequel les nécessités xérophiles étaient plus pressantes.

Un autre procédé de réduction de la surface est celui-ci : alors que le plus souvent les cellules épidermiques des feuilles ont une paroi externe fortement bombée, les plantes du sable et des alluvions saumâtres ont un épiderme plan.

b) Réduction du nombre des stomates et fermeture des stomates. — Comme c'est principalement par les stomates que s'opère la transpiration, on comprend que celle-ci sera tout autant abaissée si le nombre des stomates diminue que si les feuilles tout entières deviennent plus petites. Des coupes à travers les feuilles donnent l'impression qu'elles portent peu de stomates; d'ailleurs, beaucoup d'entre elles ne possèdent de tissu vert que sur une partie assez faible de leur périphérie, et l'on sait qu'il n'y a guère de stomates qu'au niveau du tissu assimilateur.

Il en est ainsi de *Salsola Kali* (fig. 22, A) et de beaucoup de Graminacées : *Agropyrum junceum* (fig. 21, F), *Elymus arenarius* (fig. 21, F), *Ammophila arenaria* (fig. 21, P, Q).

La largeur de la fente stomatique a évidemment une importance considérable. Or, on sait (voir notamment DARWIN, 1898, et STAHL, 1894) que les stomates se referment lorsque la feuille est sur le point de se flétrir.

D'autre part, l'apport d'eau agit également sur les mouvements des stomates (voir ALOÏ) : quand la terre est sèche, les stomates rétrécissent leur fente.

c) Épaississement de la cuticule. — Les organes aériens ont sur l'épiderme une couche presque absolument imperméable à l'eau, la cuticule. Chez beaucoup de plantes xérophiles, cette couche devient fort épaisse, particulièrement aux endroits les plus exposés à l'air. De cette manière, toute transpiration autre que celle qui est soumise à la régulation par les stomates se trouve supprimée.

Souvent la cuticule porte un enduit cireux qui la rend encore plus imperméable : *Elymus arenarius*, *Festuca rubra arenaria glauca*, *Euphorbia Paralias*.

d) Création d'une atmosphère tranquille. — Il y a toute une série de structures qui ont pour effet d'empêcher le renouvellement de l'air autour des stomates; l'air qui s'est plus ou moins saturé de vapeur d'eau est donc immobilisé et n'est pas aussitôt remplacé par de l'air neuf et sec.

Le plus souvent, ce résultat est obtenu par un feutrage de poils morts. Parfois ils sont localisés d'une façon presque exclusive à la face inférieure, qui porte les stomates (par exemple *Rubus caesius*, *Anthyllis Vulneraria*, *Hieracium Pilosella*, etc.); plus souvent ils existent aussi sur la face supérieure (*Salix repens*, *Potentilla Anserina*, *Veronica officinalis*, *Filago minima*, etc.). Chez *Hippophaës*, ce ne sont pas des poils longs et feutrés, mais des poils étoilés, en forme de disque, qui se recouvrent les uns les autres et qui font à la feuille un revêtement écailleux, plus fourni à la face inférieure.

Sur les terrains salés, il y a deux groupes de végétaux couverts de poils. C'est d'abord *Artemisia maritima* à longs poils enchevêtrés; puis les Salsolacées (voir fig. 22, D) du genre *Atriplex*, dont

les uns (*A. portulacoides* et *A. pedunculata*) habitent les alluvions argileuses, et les autres (*A. laciniata* et *A. littoralis*) se rencontrent aussi sur la plage : leurs cellules épidermiques portent des poils renflés en forme de ballon, qui bientôt se vident et s'affaissent et dont les membranes, couchées et serrées les unes sur les autres (voir fig. 22, D), donnent à la surface un aspect farineux.

Il arrive aussi, très souvent, que les feuilles soient appliquées sur le sol : comme les stomates sont d'une façon prépondérante groupés à la face inférieure, la vapeur émise par eux reste donc stagnante dans leur voisinage. Nous avons déjà vu (p.) que la disposition étalée des feuilles est surtout présentée par les individus qui croissent en plein soleil, c'est-à-dire par ceux qui ont le plus à craindre l'excès de transpiration : *Hieracium umbellatum*, *Plantago Coronopus*, *Arabis hirsuta*, etc.

Ailleurs, les feuilles sont serrées, et leur ensemble forme un coussinet à travers lequel l'air ne circule qu'avec peine. (*Armeria maritima*, *Rosa pimpinellifolia*, *Cirsium acaule*, etc.)

Les dispositifs les plus intéressants sont ceux que possèdent beaucoup de Graminacées ; ils permettent aux feuilles d'exposer largement leurs stomates lorsque la transpiration ne risque pas de devenir trop forte et qu'il est avantageux d'éliminer beaucoup d'eau, de façon à amener des aliments salins dans l'économie, — et de les cacher, au contraire, aux moments où la plante est menacée de dessiccation. Ces feuilles exécutent des mouvements qui tantôt les étalent, tantôt les referment.

L'appareil de motilité est constitué par des cellules épidermiques de grandes dimensions et à paroi superficielle fine et perméable à l'eau (fig. 21, R). DUVAL-JOUE, qui a le premier étudié ces cellules, les appelle des cellules bulliformes. Si l'eau manque à la feuille, ces cellules sont les premières à se flétrir. Or, comme elles se trouvent sur une seule des faces de la feuille, la face supérieure, le rapetissement de la surface de ce côté doit nécessairement amener une courbure telle que la face inférieure devienne convexe et la face supérieure concave.

Ces grandes cellules épidermiques, qui supportent impunément un début de dessiccation, ne couvrent pas toute la face supérieure

des feuilles. Elles sont localisées suivant des lignes longitudinales. Entre elles s'étendent des côtes également parallèles (fig. 21 R). Il résulte de cette disposition que la feuille ne peut pas se courber dans un sens quelconque, mais qu'elle doit s'enrouler suivant sa longueur (fig. 21, P). Chaque rangée de cellules bulliformes, logée au fond d'un sillon, constitue, en somme, une charnière autour de laquelle la feuille peut se mouvoir, soit pour devenir plane, soit pour prendre la forme d'un cylindre.

Voyons maintenant où se trouvent les stomates. Presque toujours la crête des côtes est occupée par un cordon de tissu mécanique, où les cellules ont les parois épaissies. D'autre part, dans les cas les plus accentués, la face inférieure de la feuille, celle qui est tournée vers le dehors, est entièrement doublée d'une couche de tissu mécanique analogue (par exemple chez *Ammophila arenaria*, fig. 21, P).

C'est donc uniquement le long des flancs et au fond des gouttières qu'il y a place pour du tissu assimilateur. Quand la couche sclérifiée manque, la face inférieure de la feuille est tapissée de parenchyme palissadique, sans stomates : *Agropyrum pungens* (fig. 21, C), *Festuca rubra* (fig. 21, H), *Elymus arenarius* (fig. 21, F). Comme jamais les grandes cellules renflées ne laissent entre elles des stomates, ceux-ci sont tous localisés sur les flancs des sillons longitudinaux de la face supérieure ou interne. Ils sont, par conséquent, fort peu nombreux proportionnellement à la surface totale de la feuille; de plus, dès que la soif se fait sentir, la feuille se referme, et voilà les stomates protégés à l'intérieur du tube. Ajoutons que le plus souvent les côtes portent des poils qui s'entre-croisent lors de l'enroulement du limbe, ce qui ralentit encore les échanges gazeux entre l'intérieur du tube et l'atmosphère.

La figure 21 montre encore une autre particularité de structure. La plupart de ces Graminacées xérophiles possèdent, autour des faisceaux foliaires, des gaines formées par une assise de cellules à paroi fortement sclérifiée, qui empêche toute déperdition du liquide pendant le trajet de la sève dans la feuille.

Quelques espèces méritent une mention spéciale : elles se sont si bien adaptées à tenir les feuilles fermées pour réduire au strict

nécessaire la transpiration, que les charnières ont fini par disparaître et que le limbe reste figé dans sa position enroulée. Il en est ainsi notamment pour *Agropyrum junceum* (fig. 21, B), *Corynephorus canescens* (fig. 21, G) et *Festuca ovina* (fig. 21, I). Il n'est pas permis de douter que ces espèces dérivent d'ancêtres dont les feuilles étaient planes, tels que : *Agropyrum repens* (fig. 21, E) et *Festuca elatior* (fig. 21, J), et qu'ils ont passé par un stade où les limbes pouvaient s'ouvrir ou se fermer suivant les besoins du moment.

La figure 21 porte, outre des feuilles de Graminacées xérophiles, celles de quelques espèces qui ne présentent aucune adaptation vis-à-vis de la transpiration ; ce sont celles qui ne vivent que pendant les saisons humides (*Phleum arenarium* [L], *Bromus tectorum* [M]). Quant aux espèces qui habitent les pannes ou les cultures établies dans les pannes (*Festuca elatior* [J], *Arrhenatherum elatius* [N], *Agrostis alba* [O], *Agropyrum repens* [E]), leurs feuilles possèdent également des rangées de grandes cellules épidermiques. Toutefois l'on remarque que l'enroulement est tardif et ne se produit que lorsque la plante est sérieusement menacée par la soif. L'adaptation xérophile existe donc, mais elle est moins perfectionnée.

Il reste encore une dernière Graminacée littorale dont il importe de dire un mot. C'est *Atropis maritima* (fig. 22, A). La feuille ne s'enroule pas, elle se plie longitudinalement de chaque côté de la nervure médiane, de telle façon que les deux moitiés du limbe appliquent leurs faces supérieures l'une contre l'autre. Comme les stomates sont exclusivement disposés à la face supérieure, le résultat obtenu est le même que chez les Graminacées des sables.

Une adaptation xérophile fort répandue chez les végétaux est celle qui consiste à avoir des feuilles recourbées vers la face inférieure et à ne posséder de stomates que dans le creux ainsi formé. Ce dispositif n'existe dans les districts littoraux et alluviaux que chez *Calluna vulgaris*.

e) Rigidité des feuilles et densité des tissus. — Il est évident que le vent influence l'évaporation en balayant sans cesse l'air déjà chargé de vapeur pour le remplacer par de l'air frais. Mais

chez les plantes, il agit encore autrement. Chaque fois qu'un limbe foliaire est secoué ou déformé d'une façon quelconque, il y a des portions de tissu où les cellules se rapprochent et où les méats intercellulaires sont comprimés, et d'autres portions où les cellules s'écartent et où les méats s'agrandissent. Dans les premières, l'air déjà saturé qui occupe les espaces intercellulaires est expulsé par les stomates; dans les parties qui sont étirées, il y a au contraire un appel d'air de l'extérieur vers les tissus. Mais l'instant d'après, la face, qui avait été comprimée, sera au contraire dilatée, et *vice versa*. On comprend donc que les plantes exposées à souffrir de soif aient avantage à éviter les déformations des organes aériens, c'est-à-dire à être aussi raides que possible.

Nous avons déjà indiqué plus haut par quelle diversité de moyens les plantes des schorres et des sables assurent leur rigidité (voir p. 279), qui est le plus souvent très grande. (Voir par exemple la feuille d'*Ammophila* [fig. 21, P].)

Si les feuilles sont fortement secouées, malgré leur raideur, les stomates se referment (d'après M. DARWIN, 1898, p. 562).

Toutes conditions égales, la transpiration est d'autant plus forte que les méats intercellulaires sont plus larges, c'est-à-dire que le tissu a une texture plus lâche, puisque la circulation des gaz est alors facilitée. Aussi les plantes xérophiles ont-elles souvent des parenchymes assimilateurs très serrés, souvent palissadiques, sur toute l'étendue de la feuille (fig. 21 et 22).

f) Diminution de la tension de vapeur. — On sait qu'un liquide pur a une tension de vapeur plus forte que le même liquide qui tient en solution une substance quelconque. Beaucoup de plantes xérophiles, notamment toutes celles qui habitent les terrains salés, ont le suc cellulaire assez concentré, ce qui diminue l'évaporation. Mais il est permis de se demander si cette augmentation de concentration n'est pas en relation directe avec le mode d'existence de ces végétaux et si c'est vraiment une adaptation xérophile.

L'abaissement de la tension de vapeur est amené, chez les Crasulacées et d'autres plantes grasses (d'après M. AUBERT), par la

présence d'acides, notamment d'acide malique. Peut-être, les mucilages qui existent chez quelques espèces, par exemple *Lotus corniculatus carnosus*, agissent-ils dans ce même sens.

g) Sécrétion d'huiles essentielles. — Les physiiciens ont montré que les vapeurs d'huiles essentielles sont peu diathermanes, c'est-à-dire qu'elles agissent à la façon d'un écran qui laisse passer la lumière, mais arrête la chaleur. Une plante entourée de vapeurs de ce genre s'échauffera donc moins et transpirera moins qu'une plante privée de ce moyen de défense contre la sécheresse. De nombreuses espèces des dunes et des lieux salés forment des essences, ou bien des camphres, substances volatiles dont l'action est sans doute analogue. Citons *Artemisia maritima*, *Thymus Serpyllum*, *Ononis repens*. Toutefois il faut dire que le léger nuage de vapeurs qui entoure la plante est emporté par le moindre souffle, et l'on peut douter de son efficacité comme moyen de réduire la transpiration.

h) Diminution de l'éclairement. — Jusqu'ici, nous n'avons envisagé que des dispositifs qui agissent d'une façon purement physique; j'entends par là qu'ils influenceraient également l'évaporation d'un liquide inerte quelconque. Mais voici un procédé qui serait sans aucune action sur l'évaporation de l'eau non contenue dans les tissus vivants d'un végétal : c'est la diminution de l'éclairement. La physiologie végétale a prouvé qu'une plante transpire davantage quand elle est fortement éclairée : ses stomates s'ouvrent plus largement, et ses plastides chlorophylliennes emploient une partie de l'énergie lumineuse à évaporer de l'eau. Il y a donc intérêt pour les végétaux xérophiles à ne recevoir que la lumière strictement indispensable pour l'assimilation.

C'est sans doute ainsi qu'il faut comprendre l'utilité des poils à la face supérieure des feuilles, où il n'y a pas, ou guère, de stomates (voir p. 294) : ces poils ont pour effet d'ombrager la feuille.

Plus remarquables sont les feuilles qui, au lieu de s'exposer de face à la lumière, se placent de profil et laissent par conséquent la majeure partie de la lumière glisser sur elles sans y pénétrer.

L'exemple le plus typique est *Atriplex portulacoides* (voir phot. 102) : les limbes foliaires sont tous nettement verticaux. Cette disposition a pour corollaire une modification de la structure anatomique : les feuilles ayant les deux faces soumises au même éclaircissement ont du tissu palissadique des deux côtés (fig. 22, D). Les autres *Atriplex* des terrains salés (*A. laciniata*, *A. pedunculata*) ont aussi des feuilles équifaciales. Il en est de même de *Suaeda maritima* (fig. 22, B), dont les feuilles sont souvent plus ou moins dressées, et de *Salicornia herbacea* (fig. 22, C), où ce sont les rameaux qui ont la position verticale. Il y a encore, sur les alluvions saumâtres, des plantes d'autres familles dont les feuilles sont dressées et se présentent donc parallèlement aux rayons lumineux. Citons *Triglochin maritima*, *Plantago maritima* (fig. 22, E) et *Artemisia maritima* (fig. 22, G); les segments foliaires de cette dernière plante se placent verticalement, quelle que soit leur insertion sur la nervure.

Dans les dunes, il y a aussi des plantes dont les feuilles présentent leur profil aux rayons solaires. La plus caractéristique est *Eryngium maritimum* (voir phot. 36). Ses feuilles, plus ou moins crépues, sont tout à fait équifaciales. De nombreuses Graminacées sont, jusqu'à un certain point, dans le même cas. Il est certain que les feuilles dressées de *Corynephorus canescens* (voir phot. 74 et fig. 21, G), de *Festuca ovina* (fig. 21, I) se trouvent dans les mêmes conditions d'éclaircissement que des feuilles planes mises de profil. A côté des feuilles où la position dressée est permanente, d'autres, telles que : *Ammophila arenaria* (voir phot. 25 à 27 et fig. 21, P), *Festuca rubra* (fig. 21, H), *Elymus arenarius* (fig. 21, F), ne deviennent verticales que lorsqu'elles s'enroulent.

VIII. — ADAPTATION CONTRE L'INSUFFISANCE DE LA TRANSPIRATION.

Ceci est la contre-partie des adaptations que nous venons d'étudier. Il y a au moins autant de circonstances où les végétaux ont besoin d'augmenter l'évaporation qu'il y en a où c'est l'excès de transpiration qui est à craindre. Même sur les dunes, et en plein été, les plantes ont parfois de la peine à se débarrasser de l'eau qui leur a

amené les sels nutritifs : pendant la nuit, quand l'air est saturé et que la transpiration est réduite à zéro, l'absorption par les racines continue à se faire, et les végétaux doivent suppléer à la transpiration par l'émission d'eau liquide.

C'est surtout dans les endroits très humides que les plantes sont obligées d'activer le courant transpiratoire. Aussi rencontre-t-on chez elles toute une série de dispositifs qui sont exactement les contraires de ceux que nous avons étudiés dans le chapitre précédent. Nous n'y insisterons donc pas : les feuilles sont grandes, souples, à tissus lâches; elles sont glabres, ou bien elles possèdent des poils, restant vivants, qui aident à la transpiration; les cellules épidermiques augmentent leur surface de contact avec l'extérieur en ayant des parois externes bombées; la cuticule est mince et perméable à l'eau; les stomates sont nombreux et occupent souvent les deux faces de la feuille; ils sont immobiles et restent béants en toutes circonstances.

Les dispositifs que nous venons d'indiquer agissent d'une façon continue; ils assurent une transpiration assez rapide dans une atmosphère constamment humide. Ils ne conviendraient donc pas à des plantes habitant les endroits qui sont d'habitude trop secs, mais où il est pourtant nécessaire d'activer, à certains moments, l'élimination de vapeur d'eau. A ces plantes-ci, il faut des dispositifs permettant de régler la transpiration, pour l'accélérer ou la ralentir, suivant les besoins; c'est de cette façon qu'agissent les mouvements des stomates, tour à tour fermés et largement ouverts, et aussi les mouvements des feuilles, qui tantôt exposent aux vents la surface transpiratoire, tantôt la cachent à l'intérieur d'un cylindre.

Mais la transpiration ne suffit pas toujours à débarrasser l'économie de l'eau puisée par les racines. Alors intervient un dispositif qui peut suppléer à l'émission de vapeurs : il détermine la guttation, c'est-à-dire la sécrétion de gouttelettes d'eau par des organes spéciaux, qui chez les plantes de nos régions sont des stomates aquifères. M. BURGERSTEIN (p. 178) donne une liste des genres qui possèdent ces organes. Notre liste éthologique les renseigne également. Beaucoup de plantes nettement adaptées à la vie marécage-

geuse ou aquatique manquent de stomates aquifères (par exemple *Typha*, *Sparganium*, *Nymphaea*), ce qui tient sans doute à ce que ces espèces ne souffrent pas beaucoup d'un arrêt temporaire de la transpiration, puisqu'elles peuvent évaporer activement pendant la majeure partie de la journée. Il n'en est pas de même des plantes des digues, des dunes, des pannes, etc., chez lesquelles des dispositifs adjuvants de la transpiration risqueraient d'amener le flétrissement de la plante s'ils agissaient d'une façon continue : il faut à ces plantes-ci des procédés facilement réglables, permettant d'accélérer le départ de l'eau ou de l'empêcher, suivant les besoins du moment. Les dispositifs les plus perfectionnés sont ceux qui ouvrent ou ferment à volonté les stomates, et ceux qui assurent l'activité temporaire de stomates aquifères.

Les mouvements des stomates habituels n'ont pas besoin d'être expliqués ici. Quant aux stomates aquifères, ils ne fonctionnent que lorsque la pression de la sève a atteint une certaine valeur : de l'eau est alors expulsée par la fente du stomate et vient former des perles au bord de la feuille, ou à son extrémité.

Le plus souvent, les espèces d'une même famille ont les stomates aquifères disposés de la même façon. Ainsi les Renonculacées, les Géraniacées, les Rosacées, les Papavéracées ont ces organes à l'extrémité des découpures de la feuille. Lorsque, secondairement, les feuilles ont acquis un bord entier, non denté, les stomates aquifères se sont néanmoins maintenus le long du bord de la feuille (par exemple *Ranunculus Flammula*, *R. Lingua*). Les Graminacées, les Hypéricacées, les Caryophyllacées, les Equisétacées, sécrètent des gouttes d'eau uniquement par la pointe de la feuille. Ailleurs la position varie suivant les genres : les *Primula* ont les stomates aquifères sur les dents du limbe, les *Anagallis* n'en possèdent qu'un au bout de la feuille.

IX. — ADAPTATIONS A LA MEILLEURE UTILISATION DE LA LUMIÈRE.

Les feuilles doivent avoir une disposition telle qu'elles ne s'ombragent pas les unes les autres : c'est à cette condition que la plante utilisera le mieux toute la lumière qu'elle peut recevoir.

Pourtant nous avons vu que pour beaucoup de plantes xérophiles, il y a conflit entre l'assimilation et la transpiration : la première exigerait l'éclairement maximum, mais celui-ci risquerait de provoquer une transpiration exagérée. Aussi ces végétaux, qui habitent d'ailleurs toujours des endroits où la lumière est très violente, placent-ils leurs feuilles verticalement (*Atriplex portulacoides*, *Eryngium maritimum*, *Ammophila arenaria*), ou bien ils cachent le tissu assimilateur sous une couche de poils (*Artemisia maritima*, *Hippophaës*).

A part ces quelques exceptions, les feuilles forment presque toujours une « mosaïque », où elles sont placées les unes à côté des autres, sans se recouvrir. Il ne semble pas que les plantes des districts littoraux et alluviaux aient des procédés particuliers pour exposer leurs feuilles à la lumière. Souvent les feuilles sont étalées en une rosette, dans laquelle les feuilles externes ont des pétioles plus longs que les internes (*Plantago Coronopus*, *Ranunculus bulbosus* [phot. 72]); parfois elles sont distiques, ou bien elles sont soit alternes, soit opposées-décussées, mais elles se tordent et se courbent de façon à se placer sur deux rangs (*Convolvulus arvensis*); lorsqu'elles sont insérées sur une tige dressée, elles sont toujours écartées les unes des autres, de manière à ne pas s'ombrager (*Senecio Jacobaea*, *Lysimachia vulgaris*, *Polygonum amphibium*).

Les plantes aquatiques ont naturellement des feuilles constituées autrement que les plantes terrestres. Les feuilles submergées sont minces (*Potamogeton crispus*, *Nuphar luteum*) ou découpées en lanières très fines (*Myriophyllum*, *Ceratophyllum*), ce qui augmente la surface de contact avec l'eau et facilite les échanges gazeux. Les feuilles flottantes sont le plus souvent disposées en rosettes (*Hydrocharis*, *Nymphaea*, *Nuphar*), ou bien elles sont insérées sur des rameaux allongés (*Potamogeton natans*, *Polygonum amphibium*). Ces feuilles ne portent des stomates qu'à la face supérieure.

§ 2. — Le sol.

On s'est très peu occupé d'étudier le sol au point de vue géobotanique. A part quelques indications, encore discutées, sur l'importance de la chaux, nous ne possédons, pour apprécier le sol, que des analyses physiques et chimiques qui ont été faites presque toujours dans un but purement agricole : elles n'ont pour objet que de renseigner le cultivateur sur les plantes qui peuvent prospérer sur son terrain et de lui indiquer comment il peut encore l'améliorer. Aussi ces analyses offrent-elles le plus souvent pour nous des lacunes très grandes. De plus, leur interprétation est loin d'être aussi simple qu'on pourrait l'imaginer. Expliquons-nous sur ce point.

I. — A QUOI TIENT LE DEGRÉ DE FERTILITÉ D'UN SOL.

Depuis 1840, sous l'influence de LIEBIG, on s'était habitué à ne voir dans le sol qu'un simple support pour les matières minérales dont la plante a besoin : azote, phosphore, soufre, potassium, etc.; on était donc amené à cette idée que la fertilité d'une terre dépend uniquement des quantités de sels assimilables qu'elle peut fournir à la végétation. Le corollaire inévitable de ces notions était que pour maintenir un champ en bon état, il faut simplement lui restituer les matières minérales que les récoltes lui enlèvent. D'autre part, on cherchait, par des analyses chimiques minutieuses et complètes, à définir quelles sont les substances qui existent en quantité insuffisante, afin de les ajouter au sol. Lorsque les résultats de l'analyse chimique n'étaient pas assez nets, ce qui arrivait fort souvent, on se servait d'une méthode plus complexe. Une plante était cultivée dans la terre qu'il s'agissait d'analyser; à côté des cultures faites dans la terre vierge, il en était d'autres, où l'on avait ajouté à la terre soit de la potasse, soit de l'azote, soit du phosphore, etc. L'abondance des récoltes indiquait quelle est la sub-

stance ou les substances dont l'addition à la terre activait le plus la végétation : ce sont celles qui manquaient et qu'il fallait donner comme engrais.

Cette conception purement chimique — qui est suffisamment connue pour qu'il ne faille pas y insister davantage — est actuellement battue en brèche de divers côtés. Les uns accordent une importance prépondérante à la structure physique de la terre, les autres assurent que tous les sols cultivés mettent à la disposition des végétaux le même mélange de matières assimilables, et que les variations de la fertilité sont uniquement d'ordre physiologique.

Parmi les partisans de la théorie physique de la fertilité, citons M. RAMANN en Allemagne, et chez nous MM. GRÉGOIRE ET HALET. Voici, d'après M. RAMANN (p. 221), quelles sont les deux modalités que présente la constitution physique du sol. Dans les cas les plus simples, les grains du sol sont simplement juxtaposés, sans qu'il y ait le moindre lien entre les particules; c'est la structure élémentaire, mot par lequel MM. GRÉGOIRE ET HALET (p. 31) traduisent le terme *Einzelkornstruktur* de M. RAMANN. Le plus souvent la structure est autre : les grains sont plus ou moins associés en grumeaux de grosseur variable (structure grumeleuse = *Krümelstruktur*).

Entre ces petits agrégats, il y a des lacunes plus ou moins considérables, permettant une circulation facile des gaz et des liquides, tandis que les sols à structure élémentaire se tassent et deviennent compacts. Autant les racines se fraient aisément un passage dans les terres grumeleuses, autant elles éprouvent de la difficulté à pénétrer dans un sol dont les grains sont libres les uns par rapport aux autres.

Les agriculteurs attachent, inconsciemment d'ailleurs, une importance très grande à conserver au sol sa structure grumeleuse. Un grand nombre de pratiques agricoles ont précisément pour effet d'empêcher que la terre ne reprenne la structure élémentaire. Ajoutons tout de suite que dans les terrains non cultivés, qui intéressent le plus les géobotanistes, l'état grumeleux du sol peut être amené par de nombreuses causes naturelles : le travail inces-

sant des Vers de terre, — les secousses imprimées par le vent aux racines et, par conséquent, aussi à la terre, — les phénomènes de contraction et de gonflement dus aux variations de la quantité d'eau qui imprègne le sol, etc.

Dans ces dernières années, une nouvelle conception a été défendue par M. WHITNEY et ses collaborateurs. Les plus importants de ces travaux sont ceux de MM. WHITNEY AND CAMERON, 1903, 1904; LIVINGSTON, BRITTON AND REID, 1905; CAMERON AND BELL, 1905; SCHREINER AND FAILYER, 1906; LIVINGSTON, 1907; SCHREINER AND REED, 1907; les principaux résultats ont été condensés dans une conférence faite par M. WHITNEY, en 1906.

D'après les auteurs américains, le degré de fertilité d'un sol ne tient nullement à sa constitution chimique; en effet, toutes les diverses terres cultivées contiennent à peu près la même solution saline; la composition de celle-ci est toujours telle que les plantes y trouveraient les aliments nécessaires. A mesure que les plantes enlèvent à la terre des aliments minéraux, des roches constitutives se désagrègent, ce qui met en liberté de nouvelles doses de sels utilisables. Mais alors, à quoi est dû le soi-disant « épuisement » d'un champ soumis à une culture intensive? A ce que tous les végétaux excrètent dans la terre des substances toxiques qui empêchent le développement de ceux qui essaient de croître ultérieurement sur le même champ. Ces matières nocives peuvent être éliminées ou détruites soit par l'emploi de certaines substances, telles que l'acide pyrogallique ou l'hydrate ferrique, qui ne sont aucunement comparables aux engrais habituels, soit par les substances chimiques employées comme engrais, soit par le fumier de ferme, soit par les engrais verts, par exemple *Pisum arvense*. On peut obtenir le même résultat favorable en faisant bouillir la solution extraite du sol ou en la filtrant sur du noir animal. Il est bien certain qu'aucun de ces derniers procédés n'a pu introduire des aliments dans le liquide, pas plus d'ailleurs que l'addition d'acide pyrogallique ou d'hydrate ferrique.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter cette théorie. Attendons qu'elle ait fait ses preuves au point de vue agricole; c'est alors seulement que nous pourrons essayer de l'appliquer à la géographie botanique.

II. — CONSTITUTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE.

A. — *Analyses des terres.*

Dans l'état actuel de nos idées au sujet des facteurs qui influencent la fertilité d'un sol, il est encore impossible de décider quelle est exactement la part de vérité contenue dans les diverses théories qui viennent d'être résumées. Nous devons donc nous contenter de présenter ici des tableaux des analyses physiques (tableau I) et chimiques (tableau J) de la terre dans les divers districts géobotaniques étudiés.

Toutes les analyses ont été faites à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux, sous la direction du regretté PETERMANN. Elles ont été publiées pour la plupart dans les *Monographies agricoles de la Belgique*.

Comme les indications de localité données dans les Monographies agricoles sont souvent insuffisantes pour déterminer avec précision l'endroit où les échantillons avaient été prélevés, j'ai eu recours à l'obligeance de M. BAUWENS, agronome de l'État, à Bruges, qui avait opéré les prélèvements : j'ai pu ainsi m'assurer que plusieurs des terres renseignées dans la *Monographie de la Région des Dunes* n'appartiennent pas, en réalité, au district que je désigne sous ce nom, et qu'il ne reste pour ce district que l'échantillon de Clemskerke.

Grâce à l'amabilité de M. GASPART, du Ministère de l'Agriculture, j'ai consulté les bulletins originaux qui avaient été dressés lors de la prise d'échantillons et de l'analyse. J'ai obtenu ainsi des renseignements au sujet de la date de la mise en culture, de la fumure, etc., de chacun des terrains dont des échantillons ont été pris et analysés. Je donne ici des analyses de plusieurs terres, intéressantes pour moi, dont quelques-unes n'avaient pas été publiées dans les Monographies agricoles.

Malgré ces diverses sources de renseignements, il n'a pas été possible d'utiliser certaines analyses, telles que celles de Nieuw-

munster et de Wenduïne, qui figurent dans la Monographie agricole de la Région des Dunes, et celles de Stuyvekerskerke et de Caeskerke, qui figurent dans la Monographie agricole des Polders, à cause de l'impossibilité où je suis de définir le point exact où les terres ont été prises.

Voici (tableau *H*, p. 308), au sujet de ces divers sols, quelques renseignements qui ne sont pas dans les Monographies et que j'extrai des bulletins de prise d'échantillons. J'y ajoute quelle serait, d'après la carte géologique, la nature du sol.

On voit par les tableaux *H*, *I* et *J* que nous ne possédons pas de renseignements au sujet du sol des alluvions marines et des alluvions fluviales, ce qui tient à ce que nous en sommes réduits à n'utiliser que les analyses faites dans un but agricole. Il n'y a pas non plus d'analyses du sol des polders fluviaux. Nous pouvons néanmoins nous faire une idée assez précise de la constitution chimique de la terre des alluvions marines, des alluvions fluviales et des polders bordant les fleuves.

Les slikkes et les schorres ont la même terre que les polders marins, avec cette seule différence que la mer continue à les inonder périodiquement. Les alluvions marines ne diffèrent donc des polders que par la présence des sels contenus dans l'eau de mer, qui sont principalement le chlorure de sodium et le sulfate de magnésium.

Les alluvions fluviales sont formées, tout comme les alluvions marines, par les sédiments qu'apportent les fleuves. Comme elles sont déposées en amont des alluvions marines, elles sont sans doute un peu plus sableuses que ces dernières; mais la différence doit être assez peu importante. Quant aux polders fluviaux, ce ne sont que des alluvions fluviales endiguées.

L'unique analyse de sable des dunes ne nous renseigne que sur la composition du sol d'une panne. Pour remédier dans une certaine mesure à l'insuffisance des renseignements relatifs aux dunes, j'ai demandé à M. A. GRÉGOIRE, directeur *ad intérim* de l'Institut chimique et bactériologique de l'État, à Gembloux, de faire quelques analyses de sable des dunes en les limitant aux données les plus importantes. Les sables analysés proviennent des dunes de

TABLEAU
État général a

	SOLS SABLEUX				
	DUNES	POLDERS SABLONNEUX			
		Polder récent.		Polder ancien	
		A <i>Clemskerke.</i>	B <i>Knocke.</i>	C <i>Knocke.</i>	D <i>Westende.</i>
Mode d'exploitation pendant l'année courante	Terrain vague.	Pineraie.	Pâtur.	Pâtur.	Champ de Pomme de terre.
Temps écoulé depuis la dernière fumure au fumier de ferme	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Récemment
Degré de fréquence des fumures.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Tous les deux ans.
Temps écoulé depuis le dernier chaulage	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.
Époque de la mise en culture.	Jamais.	Une vingtaine d'années.	Environ vingt-cinq ans.	Inconnue.	Environ trente ans.
Réputation de la terre . . .	Médiocre.	Médiocre.	Médiocre.	Médiocre.	Médiocre.
Humidité du sol	Sec.	Sec.	Sec.	Humide.	Humide.
Profondeur de la nappe aquifère	A 1 mètre.	0 ^m 90	0 ^m 50	0 ^m 50	0 ^m 60
Le sol est-il drainé?	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.
Devrait-il l'être?	Non.	Non.	Non.	Oui.	Oui.
Le sol est-il en pente? . . .	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.
Le sol se débarrasse-t-il facilement des eaux excédentes?	Oui.	—	—	Non.	—
Nature du sol (d'après la carte géologique)	Dunes littorales proprement dites.	Schorre très sableux endigué depuis 1872.		Sable à <i>Cardium</i> (voir fig.	

ls analysés.

	SOLS ARGILEUX					
F	G	H	I	J	K	L
<i>Westende.</i>	<i>Westcapelle.</i>	<i>Westcapelle.</i>	<i>Ramscapelle (lez-Nieuport).</i>	<i>Ramscapelle (lez-Nieuport.)</i>	<i>Zandvoorde (lez-Ostende)</i>	<i>Zandvoorde (lez-Ostende).</i>
Champ de Pois.	Champ de Betteraves.	Champ de Pommes de terre.	Champ de Pois.	Champ d'Avoine.	Champ de Fêveroles	Champ de Betteraves
Trois ans.	Deux ans.	Un an.	Un an.	Trois ans.	?	Jamais.
Tous les ans, au purin.	Tous les trois ans.	Tous les deux ans.	Tous les quatre ans.	Tous les quatre ans.	Jamais?	Jamais au fumier.
Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.	Jamais.
Trois ans.	Inconnue.	Inconnue.	Inconnue.	Inconnue.	Inconnue.	Inconnue.
Médiocre.	Terre fertile.	Terre de richesse moyenne.	Terre de richesse moyenne.	Terre de richesse moyenne.	Terre très fertile.	Terre très fertile.
Sec.	Sec.	Humide.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.
om90	—	—	—	—	1 ^m 25	1 ^m 10
Non.	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.
Non.	Non.	Oui.	Non.	—	Non.	Non.
Non.	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.	Non.
Oui.	Oui.	—	Oui.	—	Oui.	Oui.
193).	Limite de l'ar- gile supér. et de l'argile inf. des polders.	Argile inférieure des polders.	Argile inférieure des polders.		Argile supérieure des polders.	

TABLEAU

Analyse physique de la terre

	SOLS SABLEUX										
	DUNES		POLDERS SABLONNEUX								FLANDRE
			Polders récents.				Sable à Cardium.				
	A		B		C		D	E	F		St-Andr. (Bruyère)
	Cleemskerke.		Knocke (Pineraie).		Knocke (Pâtur.).		Westende (Pâtur.)	(Pommes de terre)	Westende (Pois).		
Sol. Profondeur : 0-15.	Sous-sol. Profondeur : 0-15-0-45.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20-0-40.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous sol. Profondeur : 0-20-0-40.	Sol. Profondeur : 0-35.	Sol. Profondeur : 0-30.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20-0-50.	Sol. Profondeur : 0-40.	
Eau à 150° C. . . .	4.27	0.65	4.25	1.55	35.5	2.62	9.5	44.5	2.65	0.65	—
Résidu sur le tamis de 1 millimètre :											
Débris organiques. .	3.4	0.4	17.4	1.9	12.8	21.5	3.8	3.3	1.7	0.0	—
— minéraux . . .	0.0	0.0	2.0	0.3	3.9	0.4	0.0	0.0	0 0	0.0	—
Terre fine, passant au tamis de 1 millimètre :											
Matières organiques .	10.3	1.6	15.5	5.5	78.6	8.8	220.3	52.5	11.5	1.9	—
Sable grossier, ne pas- sant pas au tamis de 0 ^{mm} 5	2.6	2.9	17.8	10.7	15.8	27.9	1.6	3.0	3.4	2.9	905.3
Sable fin, ne passant pas au tamis de 0 ^{mm} 2.	954.5	944.7	915.0	950.7	604.2	849.1	605.0	892.3	943.7	977.7	
Sable poussiéreux, pas- sant au tamis de 0 ^{mm} 2	27.2	25.1	26.7	18.0	128.2	36.7	160.4	39.5	35.5	13.7	
Argile	Traces	Traces	Traces	Traces	57.5	Traces	5.2	5.1	3.5	2.7	56.6
Différence considérée comme calcaire ⁽¹⁾ .	2.0	25.3	5.6	12.3	99.0	55.6	3.7	4.3	0.7	1.1	—
Matière noire de Gran- deau	1.8	Traces	Traces	0.0	Traces	Traces	82.0	17.0	Traces	0.0	Traces
Poids d'un litre de terre séchée à l'air : . .	1 ^k 475	1 ^k 500	1 ^k 350	1 ^k 460	1 ^k 000	1 ^k 430	0 ^k 925	1 ^k 175	1 ^k 450	1 ^k 480	1 ^k 330
Pouvoir absorbant de la terre séchée à l'air.	334	272	390	292	410	284	337	223	306	268	—

⁽¹⁾ L'analyse est faite d'après la méthode de Schloesing. L'analyse chimique renseigne exactement sur

chée à l'air (1,000 parties).

		SOLS ARGILEUX											
CAMPINE		G		H		I		J		K		L	
Genck (Bruyère)		Westcapelle (Belleraves)		Westcapelle (Pommes de terre)		Ramscapelle (Pois)		Ramscapelle (Avoine)		Zandvoorde (Féveroles)		Zandvoorde (Belleraves)	
Sol. Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20. 0-40.	Sol. Profondeur : 0-30.	Sous-sol. Profondeur : 0-30. 0-60.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous sol. Profondeur : 0-30. 0-60.	Sol. Profondeur : 0-30.	Sous sol. Profondeur : 0-30. 0-60.	Sol. Profondeur : 0-25.	Sous sol. Profondeur : 0-25. 0-40.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20. 0-45.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20. 0-45.
6.41	20.36	42.43	48.02	32.76	33.60	48.07	32.82	45.64	67.42	46.00	40.54	41.52	41.62
1.66	0.34	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	0.2	0.0	Traces	Traces	Traces	Traces
22.49	11.68	Traces	Traces	Traces	Traces	0.8	Traces	0.5	0.0	Traces	Traces	Traces	Traces
18.19	27.66	30.0	24.9	25.2	14.0	38.2	36.2	52.5	43.2	45.2	29.3	92.6	71.2
66.97	59.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
163.16	521.99	18.4	11.2	21.7	10.3	26.5	15.3	182.8	137.3	37.9	12.6	37.5	85.6
109.63	270.85	575.9	566.4	633.6	619.7	606.9	618.7	522.3	519.3	568.3	653.3	462.6	488.9
10.28	16.08	238.7	255.0	195.7	199	221.0	121.4	158.1	152.4	216.4	236.4	160.2	122.7
1.66	—	137.0	142.5	123.8	157.0	106.6	208.4	83.6	147.8	132.2	68.4	247.1	231.6
12.25	—	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
1 ^k 340	1 ^k 170	1 ^k 350	1 ^k 330	1 ^k 350	1 ^k 320	1 ^k 275	1 ^k 250	1 ^k 340	1 ^k 200	1 ^k 150	1 ^k 280	1 ^k 140	1 ^k 050
320	430	359	349	385	372	364	383	356	409	503	509	465	430

x en carbonates.

	SOLS SABLEUX												
	DUNES		POLDERS SABLONNEUX								FLANDRE		
			Polders récents.				Sable à Cardium.						
	A		B		C		D		E		F		St-Andre (Bruyère)
	Cleemskerke.		Knoeke (Pineraie)		Knoeke (Pâtur).		Westende (Pâtur.)		(Pommes de terre)		Westende (Pois)		
Sol. Profondeur : 0=15.	Sous-sol Profondeur : 0=15-0=45.	Sol. Profondeur : 0=20.	Sous-sol Profondeur : 0=20-0=40.	Sol. Profondeur : 0=20.	Sous-sol Profondeur : 0=20-0=40.	Sol. Profondeur : 0=25.	Sol. Profondeur : 0=30.	Sol. Profondeur : 0=20.	Sous sol. Profondeur : 0=20-0=50.	Sol. Profondeur : 0=40.			
Matières combustibles et volatiles :	10.50	4.65	15.77	5.51	79.97	9.02	221.17	52.70	11.58	4.95	9.40		
Azote organique . . .	0.59	0.00	0.62	0.15	2.42	0.08	10.37	2.26	0.52	0.09	0.025		
Azote ammoniacal. . .	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Traces	0.16	0.05	0.01	0.01	Traces		
Azote nitrique	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	Traces	0.02	0.03	0.01	0.01	Traces		
Soluble à froid dans HCl (D = 1.18) :	3.95	55.62	7.92	14.59	116.60	65.88	29.45	12.55	5.18	5.21	6.59		
Oxyde de fer et alu- mine	1.76	0.65	2.13	1.97	13.11	4.96	12.33	6.85	1.87	1.88	4.90		
Chaux	1.08	12.75	3.09	6.73	56.91	32.35	12.36	3.53	0.41	0.36	0.25		
Magnésie	0.25	0.63	0.23	0.24	3.33	1.07	0.35	0.41	0.23	0.22	0.14		
Soude	0.30	0.26	0.15	0.16	0.45	0.36	1.53	0.23	0.08	0.16	0.55		
Potasse	0.05	0.09	0.09	0.06	0.63	0.28	0.11	0.14	0.08	0.08	0.45		
Acide phosphorique . .	0.25	0.34	0.28	0.26	0.69	0.36	0.71	0.55	0.13	0.12	0.03		
— sulfurique	0.11	0.05	0.05	0.03	0.74	0.12	1.23	0.37	0.07	0.24	0.10		
— carbonique	0.10	8.81	1.84	5.08	40.64	24.30	0.55	0.31	0.25	0.10	0.14		
— silicique	0.06	0.03	0.05	0.04	0.09	0.06	0.08	0.08	0.05	0.04	0.03		
Chlore	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.20	0.06	0.01	0.01	Traces		
Insoluble à froid dans HCl, sol. dans HFl : .	985.75	964.75	976.51	979.90	805.45	927.10	749.58	954.77	985.21	994.84	966.51		
Potasse	8.65	7.40	2.73	4.37	7.70	13.42	4.63	5.78	4.71	5.54	—		
Chaux	Traces	Traces	Traces	Traces	3.52	3.13	2.53	2.10	2.34	0.87	—		
Magnésie	Traces	Traces	Traces	Traces	2.72	1.80	0.34	1.18	0.53	0.76	—		
Acide phosphorique . .	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	0.00	0.00	—		
Oxyde de fer et alu- mine	20.60	22.67	16.84	13.47	37.87	13.21	19.67	21.97	20.94	16.71	—		

re fine (1,000 parties).

SOLS ARGILEUX													
CAMPINE		G		H		I		J		K		L	
<i>Genck</i> (Bruyère).		<i>Westcapelle</i> (Betteraves)		<i>Westcapelle</i> (Pommes de terre).		<i>Ramscapelle</i> (Pois)		<i>Ramscapelle</i> (Avoine)		<i>Zandvoorde</i> (Fèves)		<i>Zandvoorde</i> (Betteraves).	
Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20-0-40.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous sol. Profondeur : 0-20 0-40.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous sol. Profondeur : 0-20 0-40.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous sol Profondeur : 0-20 0-40.	Sol. Profondeur : 0-25.	Sous sol. Profondeur : 0-25 0-40.	Sol Profondeur : 0-20.	Sous-sol. Profondeur : 0-20-0-45.	Sol. Profondeur : 0-20.	Sous sol. Profondeur : 0-20 0-45.
18.75	28.59	50.02	24.98	25.27	14.05	38.21	56.25	52.57	45.27	45.20	29.50	92.59	71.20
0.14	0.16	1.50	1.29	1.30	0.74	1.12	0.57	1.40	1.01	1.34	0.67	1.64	1.45
0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Traces	Traces	0.01	0.01	0.01	0.01	Traces	Traces	Traces	Traces	0.01	0.01	0.01	0.01
4.51	14.52	156.96	156.22	157.02	174.71	152.78	227.97	106.55	178.91	167.59	104.41	294.59	507.25
2.52	13.23	21.33	23.23	18.11	19.77	24.86	17.62	22.60	21.14	33.26	32.86	36.71	40.21
0.25	0.04	65.23	64.48	63.84	74.44	51.08	113.04	39.27	86.61	69.92	35.33	142.00	146.39
0.03	0.10	11.92	12.55	6.15	13.59	8.71	7.45	5.52	7.75	8.02	7.70	9.03	9.30
0.64	0.53	0.29	0.32	0.30	0.86	0.40	0.44	0.32	0.26	0.53	0.38	0.75	1.00
0.03	0.02	1.35	1.08	0.71	1.05	1.47	0.68	1.12	1.28	1.88	1.83	1.88	1.65
0.13	0.28	0.86	0.85	0.65	0.67	0.73	0.69	0.65	0.75	1.07	0.89	1.24	1.14
0.09	0.13	0.35	0.28	0.29	0.25	0.32	0.47	0.27	0.31	0.36	0.17	0.58	0.74
0.37	—	55.51	52.31	46.84	63.95	45.04	87.48	36.67	60.69	52.25	25.17	102.30	106.60
0.24	0.18	0.10	0.10	0.11	0.11	0.16	0.09	0.10	0.11	0.09	0.07	0.07	0.08
0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
76.74	956.89	815.02	818.80	857.71	811.24	829.01	755.78	840.90	777.82	787.41	866.29	612.82	621.57
1.79	2.47	17.89	17.66	16.98	17.65	15.42	13.97	15.41	17.56	17.02	17.24	16.22	14.94
4.52	11.13	Traces	Traces	Traces	Traces	2.69	4.33	2.94	3.89	Traces	Traces	Traces	Traces
2.42	3.06	8.38	9.47	7.09	5.52	7.54	6.86	7.11	10.19	6.94	6.36	5.90	6.99
0.22	0.08	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	0.29	0.36	1.10	0.48
—	—	95.84	80.65	60.52	63.38	101.97	83.33	92.50	130.28	109.75	104.03	100.32	126.63

Coxyde : I. de dunes mobiles, non loin de la mer, où croît *Carex arenaria* et *Ammophila arenaria*; II. d'une panne humide où vit toute la flore caractéristique de cette station; III. de dunes fixées, avec *Galium verum*, *Jasione montana*, *Hieracium umbellatum*, etc.

Voici les résultats de ces analyses, pour lesquelles je suis heureux d'offrir mes sincères remerciements à M. GRÉGOIRE.

TABLEAU K.

Analyse physique et chimique du sable des dunes de Coxyde.

	I Dunes mobiles.	II Panne humide.	III Dunes fixées.
ANALYSE PHYSIQUE (1,000 PARTIES DE TERRE).			
<i>Résidu sur le tamis de 1 millimètre :</i>			
Débris organiques.	0.2	1.6	2.0
Cailloux et débris minéraux. . .	1.6	7.4	0.5
<i>Terre fine passant au tamis de 1 millimètre :</i>			
Matières organiques	2.3	11.4	3.1
Sable grossier (plus gros que 0 ^{mm} 2).	410.6	296.5	233.0
Sable fin (de 0 ^{mm} 2 à 0 ^{mm} 1) . . .	585.3	683.1	761.4
ANALYSE CHIMIQUE (1,000 PARTIES DE TERRE).			
<i>Matières combustibles et volatiles :</i>			
Azote total	2.41	11.53	3.10
	0.09	0.47	Traces.
<i>Soluble dans HCl :</i>			
Oxyde de fer et alumine	27.50	27.50	35.28
Chaux	26.12	17.15	34.70
Magnésie	0.03	0.82	1.95
Potasse	7.01	8.64	11.01
Acide phosphorique	0.32	0.26	0.49

B. — *Les matières alimentaires des divers sols.*

La comparaison des tableaux *H*, *I*, *J* et *K* ne laisse aucun doute quant aux grandes différences dans les quantités de substances assimilables que renferment les sols des districts étudiés.

Dans les sols sableux, la fertilité dépend directement de la richesse en sels nutritifs, tout au moins d'après les idées généralement reçues. D'ailleurs, comme le remarque très justement M. RAMANN (p. 203), le fait qu'on utilise la méthode des cultures dans le sable pour apprécier la valeur fertilisante des engrais indique qu'il y a une relation immédiate entre la récolte et la composition chimique du sable.

D'une façon générale, le sable des dunes est pauvre en matières utilisables, surtout en acide phosphorique et en azote. Dans les sables récemment endigués près du Zwyn, à Knocke (colonnes B et C du tableau *J*), les sels alimentaires sont notablement plus abondants. Le sable à Cardium de Westende (colonnes D, E et F du tableau *J*) n'est guère plus riche que les dunes; la chaux y est plus rare (comparer au tableau *K*). — Si maintenant on compare les sables du littoral à ceux qui constituent le sol dans les bruyères flamandaises et campiniennes (voir tableau *J*), on remarque que la teneur en acide phosphorique, azote, etc., se rapproche de celle du sable à Cardium, mais que le manque de chaux est encore plus accentué dans les bruyères qu'il ne l'est dans le sable à Cardium.

Dans les polders argileux, les matières assimilables sont, d'une manière générale, plus abondantes que dans les dunes et dans les polders sablonneux. Cette différence apparaît déjà nettement quand on compare le total des substances qui sont solubles à froid dans l'acide chlorhydrique : alors que les sables ne cèdent à l'acide chlorhydrique que de 3.95 à 116.60 %, de substance, les argiles en abandonnent de 114.41 à 307.23 ‰. La comparaison des teneurs en potasse, acide phosphorique, etc., montre également que les argiles sont plus riches que les sables.

Les analyses d'argiles renseignées dans le tableau *J* indiquent

qu'il y a une remarquable concordance entre la réputation des divers champs (voir tableau *H*) et la composition chimique des sols : les champs qui sont considérés comme les plus fertiles sont aussi ceux qui contiennent le plus de substances alimentaires (ce sont les champs de Zandvoorde, colonnes K et L); puis vient le champ de la colonne G (de Westcapelle), moins riche; et enfin les champs des colonnes H (de Westcapelle) et I et J (de Ramscapelle), dont la réputation est moins bonne et où la potasse, l'acide phosphorique, etc., sont moins abondants.

Si, maintenant, nous comparons certaines terres argileuses avec certaines terres sableuses, nous remarquons tout de suite que la constitution chimique n'est pas le seul facteur de fertilité. Ainsi le sable de la pâture de Knoke (colonne C) et l'argile de Westcapelle (colonne H) renferment environ les mêmes doses de potasse et d'acide phosphorique; et cependant le premier serait à peine capable de porter une récolte, tandis que la seconde constitue une terre fertile.

Malgré ces quelques contradictions, nous sommes autorisés à classer les sols des districts littoraux et alluviaux de la façon suivante :

A. Sols sableux, stériles :

- a) Assez riches en calcaire : *dunes*.
- b) Assez pauvres en calcaire : *sable à Cardium*.

B. Sols argileux, fertiles :

- a) Chargés de sels marins : *alluvions marines*.
- b) Dessalés : *polders marins*.
- c) Déposés dans l'eau douce : *alluvions fluviales et polders fluviaux*.

C. — *Importance du calcaire.*

Il existe une ancienne querelle entre les botanistes qui admettent que la richesse d'un sol en calcaire suffit à éloigner certaines espèces et à en attirer d'autres, — et ceux qui prétendent que ce n'est pas réellement le calcaire comme substance chimique qui est en jeu. Je n'ai pas l'intention de faire ici un historique de cette question. Dans ces dernières années, d'excellentes mises au point ont été faites

par SCHIMPER (1898, p. 111), M. SOLMS-LAUBACH (1905, p. 106) et M. FLAHAULT (1907, p. 270). La conclusion générale, exprimée par ces auteurs, est celle-ci : le calcaire, en quantité un peu considérable, est un poison pour certaines plantes, telles que *Cytisus scoparius*, *Calluna vulgaris*, les *Sphagnum*, etc., tandis que d'autres espèces le supportent impunément, par exemple *Hippocrepis comosa*. Mais la localisation, généralement fort stricte, des plantes calcifuges et des plantes calcicoles est souvent amenée par la lutte pour l'existence : beaucoup d'espèces habiteraient indifféremment les sols calcaires ou les sols pauvres en calcaire, si d'autres plantes, mieux adaptées à vivre dans ces conditions déterminées, ne venaient pas leur faire une concurrence désastreuse.

Dans cette conception, on admet que le calcaire est effectivement toxique pour certaines espèces. Or voici que des expériences nouvelles indiquent que cette toxicité n'existe pas. M. GRAEBNER (1907, p. 144) relate des expériences faites par M. WEBER, d'après lesquelles on peut cultiver des *Sphagnum* (les plus nettement calcifuges de toutes les plantes) dans de l'eau à laquelle on ajoute un excès de craie, et qui est donc saturée de bicarbonate de calcium. M. GRAEBNER (1901, p. 143) admet que ce n'est pas la chaux qui est un poison pour les plantes soi-disant calcifuges, mais bien les sels nutritifs en général : ces espèces seraient donc liées à un sol très pauvre en aliments.

Quelle que soit la raison qui éloigne les plantes calcifuges de certains terrains, il est incontestable que dans les districts littoraux et alluviaux, ces espèces ne se rencontrent qu'en un petit nombre de points (voir carte 12, hors texte), où le sol est pauvre à la fois en sels nutritifs et en calcaire.

D. — Composition chimique des eaux.

Les analyses de terre sont souvent difficiles à interpréter à cause de la grande complexité des facteurs qui agissent simultanément dans le sol. La valeur d'un terrain comme support de la végétation dépend non seulement de sa composition chimique, mais aussi de son état physique, par exemple de sa structure grumeleuse

ou élémentaire (voir p. 304), de la facilité avec laquelle il retient l'eau ou la laisse filtrer, de son aptitude à se réchauffer ou à se refroidir, de la rapidité avec laquelle les gaz y-circulent, et de bien d'autres causes, dont plusieurs sans doute nous échappent encore. Il semble à première vue qu'on pourrait lever la plupart de ces difficultés, si, au lieu de la terre solide, on étudiait les eaux. Celles-ci, en effet, ne diffèrent que par leur composition chimique, puisque dans toutes les eaux des fossés, des mares, des étangs, des rivières... les conditions physiques sont sensiblement équivalentes. A quoi alors peuvent tenir les diversités des flores aquatiques, sinon à des différences dans leur composition chimique?

Guidé par cette pensée, j'avais demandé à M. LÉON HERLANT, docteur en sciences et chef des travaux chimiques à l'École de pharmacie de l'Université de Bruxelles, de faire un certain nombre d'analyses d'eaux provenant des districts littoraux et alluviaux. Je le remercie cordialement de l'obligeance avec laquelle il a accepté de faire des analyses aussi minutieuses et détaillées que celles que je désirais.

Le tableau *L* (p. 322-325) donne ces analyses. Disons d'abord un mot de la provenance des diverses eaux qui ont été examinées. Tous les échantillons avaient été pris par moi-même en 1904.

A. Petit fossé de drainage, entre les cultures dans les pannes, à Coxyde.

B et F. Mare d'environ 50 mètres carrés, creusée en 1902 dans le Terrain expérimental du Jardin botanique, à Coxyde, près de l'endroit où a été pris l'échantillon de sable III du tableau *K*. (Voir phot. 53.)

C et G. Trou d'environ $\frac{1}{2}$ mètre carré, creusé en 1902 dans le Terrain expérimental du Jardin botanique, à Coxyde.

D. « Mare aux Canards », située dans les dunes de Coxyde. (Voir phot. 54.)

E. « Mare des Kelders », située dans des pannes servant de pâturages, à Coxyde, près de l'endroit où a été pris l'échantillon de sable II du tableau *K*. (Voir phot. 55.)

H. Puits d'une maison établie sur les dunes fixées à Coxyde; le puits a 12 mètres de profondeur. La maison est figurée sur la photographie 68.

I. Puits sur la plage de Coxyde, à une dizaine de mètres en amont de la laisse des marées de vive eau; ce puits a environ 3 mètres de profondeur.

J. Mare d'environ 4 mètres carrés, dans la bruyère, sur le sable à Cardium, à Westende. La photographie 169 a été faite près de cette mare.

K et L. L'Escaut, à Burght, où l'eau n'est jamais nettement saumâtre.

M et N. L'Escaut, à Lillo, où l'eau est salée.

O. Eau de la mer du Nord « entre la Belgique et l'Angleterre », d'après le Dictionnaire de Chimie, de WÜRTZ, t. I, p. 1210.

P. Ruisselet le long de la route de Coxyde à Furnes, près de Coxyde. C'est un affluent du Lang-Geleed.

Q. Lang-Geleed, à Coxyde. C'est un large fossé servant à l'évacuation des eaux des polders. (Voir carte 2, A.)

R. Fossé servant au drainage des polders à Coxyde; c'est un affluent du Lang-Geleed.

S. Mare n'ayant aucune communication avec des fossés, dans une prairie des polders, à Coxyde.

T. Mare creusée dans le Terrain expérimental établi par le Jardin botanique, dans la ferme « de Groote Kwinte », à Coxyde. La mare avait été creusée une dizaine de mois avant la prise d'échantillon d'eau.

U. Étang du Blanckaert, au sud de Dixmude. L'étang a environ 80 hectares. (Voir phot. 143 à 146.)

V. Yser canalisé à Stuyvekenskerke, à 15 kilomètres en amont de l'écluse qui barre l'Yser à Nieuport.

W. Canal de Plasschendaele, à Nieuport, immédiatement en amont de l'écluse qui sépare ce canal de la partie marine de l'Yser.

X. Canal de Loo, près de Fintelle, où ce canal débouche dans l'Yser canalisé (dont il est séparé par une écluse).

Y. Fossé d'une prairie à Palingbrugge (Lombartzyde) tout près du fossé suivant.

Z. « Fossé aux Ruppia », C'est un fossé qui fait partie des anciennes fortifications de Nieuport. Il est situé à Lombartzyde, sur la rive droite de l'Yser, et communique par des vannes avec l'Yser dans sa partie marine.

AA. Fossé dans le polder de Hingenebroeck, près de Notelaer. (Voir carte 4, A.)

BB. Fossé entourant une ferme, à Donck (Berlaere). Ce fossé est marqué sur la carte 3, C, en dessous du mot « Donck ».

CC. Etang d'Overmeire. L'étang a environ 80 hectares. (Voir phot. 148 à 150, et carte 3, C.)

Si l'on considère la flore dans les diverses eaux, on remarque bientôt que dans les eaux des dunes et du sable à *Cardium*, les plantes sont moins vigoureuses que dans les eaux de l'Escaut et des polders argileux, tant marins que fluviaux. Ainsi, dans les dunes, les feuilles flottantes de *Polygonum amphibium* ne deviennent pas moitié aussi grandes que celles de la même plante dans les polders; les *Potamogeton densus* restent également beaucoup plus malingres dans les dunes; les *Phragmites* réussissent rarement à fleurir. Ajoutons que les plantes à végétation très rapide, telles que les *Lemna*, *Zannichellia*, *Hydrocharis*, *Elodea*, *Apium nodiflorum*, etc. qui envahissent les fossés des polders et les comblent en peu de semaines, à tel point qu'on n'aperçoit plus l'eau, manquent ou sont exceptionnelles dans les dunes. Les mares des sables n'hébergent que des plantes à croissance lente; jamais elles ne renferment des masses de verdure touffue et encombrante, comme on en voit dans les eaux des polders.

Il est bien évident que les plantes habitant les fossés des polders ne peuvent se développer avec une intensité aussi remarquable, que si elles trouvent en abondance les matières nécessaires à l'édification de leurs tissus; d'autre part, la lenteur de la croissance des plantes aquatiques de la dune, ainsi que leur incapacité à fleurir, ne s'expliquent que si l'on admet qu'elles souffrent du manque de sels nutritifs. Comparons à ce point de vue les eaux des dunes (colonnes A, B, C, du tableau L), et celles des polders (colonnes P, Q, R, S), et limitons-nous aux analyses faites en mars et avril, c'est-à-dire à la saison où la végétation va se remettre en train. Le résultat des analyses ne laisse aucune hésitation : les eaux des polders sont notablement plus riches en potasse, en chaux, en acide phosphorique; les quantités d'azote sont à peu près les mêmes.

Quelle est la composition des eaux de la dune à la fin de l'été?

Les plantes ont alors atteint leur maximum de développement et elles ont donc appauvri le liquide où elles ont vécu. Mais d'un autre côté, une évaporation intense s'est effectuée pendant toute la saison chaude, ce qui a naturellement amené une concentration du liquide: le diagramme (5 hors texte) montre que le niveau de l'eau dans la mare du Terrain expérimental était, au commencement d'avril (analyse B du tableau L), à plus de 80 centimètres, et à la fin de septembre (analyse F du tableau L), à 36 centimètres.

Mettons en regard les analyses B et C d'une part, et F et G d'autre part, qui nous renseignent sur la composition des mêmes points. A la fin de l'été, la proportion de Cl Na a augmenté, ce qui se comprend fort bien, puisque ce sel n'a guère été employé par les plantes. Mais la proportion de K Cl a baissé énormément, malgré l'évaporation de l'eau: toute la provision de potasse que contenait la mare a été enlevée par les plantes. Quant à la chaux, dans l'un des cas, elle a augmenté; dans l'autre (F), elle a diminué, mais cette diminution est probablement due à la pullulation des *Chara* qui ont précipité une grande partie du calcaire.

Les analyses d'une même mare à des saisons différentes nous montrent que l'on ne peut comparer les analyses d'eaux de mares ou de fossés que pour autant qu'on ait soin de tenir compte seulement des analyses faites à la même époque. Ainsi, nous ne pouvons comparer l'eau du sable à Cardium (analyse J) qu'à celle de la mare et du terrain expérimental des dunes (F et G) et à celle de la mare du terrain expérimental des polders (T). Nous constatons ainsi que l'eau du sable à Cardium est plus pauvre en calcaire que celle des polders et celle du trou dans les dunes (G)⁽¹⁾. A la fin de l'été, quand les analyses ont été faites, il ne reste plus guère de potasse que dans les polders. Quant à l'acide phosphorique, il est relativement abondant dans les polders et dans le sable à Cardium.

Dans les fleuves, dans les rivières, dans les canaux communi-

(1) Nous avons vu plus haut que la mare des dunes (F) est habitée par d'innombrables *Chara* qui se sont sans doute emparés du calcaire.

TABLEAU

Analyses chimiques

	DUNES D					
	PRINTEMPS			ÉTÉ E		
	A (5-IV-04) Fossé de drainage.	B ⁽¹⁾ (5-IV-04) Mare du Terr. expérim.	C ⁽²⁾ (5-IV-04) Trou du Terr. expérim.	D (5-VIII-04) Mare aux Canards.	E (5-VIII-04) Mare des Kelders.	F ⁽¹⁾ (28-IX-04) Mare d Terr. expérim.
NH ³ salin	0.00012	0.000024	0.00006	0.00105	0.00045	0.00027
NH ³ albuminoïde	0.00049	0.00018	0.00069	0.00065	0.0008	0.00026
NO ³ H	0.00124	000	000	0.00124	000	000
NO ² H	Traces.	000	000	Traces.	000	000
KCl.	0.0057	0.0143	0.0042	0.043	0.0383	Traces
CaO.	0.161	0.057	0.093	0.1087	0.1139	0.0362
MgO	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.	000	000
Fe ² O ³	0.0004	000	0.0005	0.00056	000	000
P ² O ⁵	Traces.	Traces.	Traces.	000	000	000
SO ³	Traces.	Traces.	Traces.	000	0.0721	000
SiO ²	0.032	0.014	0.008	0.012	0.016	0.007
NaCl	—	0.0207	0.0316	0.1519	0.1344	0.0409
Grammes d'O nécessaires à l'oxydation des matières organiques	0.00433	0.00205	0.00508	0.0073	0.0010	0.0014
Résidu solide total . . .	0.492	0.136	0.234	0.608	0.612	0.132

(1) B et F sont comparables entre eux. — (2) C et G sont comparables entre eux.

Eaux (1,000 parties).

COXYDE			SABLE A CARDIUM	EAU DE L'ESCAUT				O EAU DE LA MER.
AUTOMNE								
G ⁽²⁾ (28-IX-04) — Trou du Terr. expérim.	H (28-IX-04) — Puits dans les dunes.	I (28-IX-04) — Puits sur la plage.	J (1-X-04) — Westende.	K (19-VI-04) — Escaut à Burght. (Marée haute.)	L (19-VI-04) — Escaut à Burght. (Marée basse.)	M (20-VI-04) — Escaut à Lillo. (Marée haute.)	N (20-VI-04) — Escaut à Lillo. (Marée basse.)	
0.00031	0.000025	0.000035	0.00048	0.00007	0.00012	0.00020	0.00033	
0.00033	0.000072	0.000075	0.00061	0.00047	0.00044	0.00028	0.00034	
Traces.	0.0045	0.0011	Traces.	000	000	000	000	
000	000	Traces.	000	000	000	000	000	
Traces.	0.0335	0.0837	Traces.	0.0478	0.0297	0.1818	0.1603	0.635
0.1243	0.1010	0.1165	0.0673	0.1653	0.1679	0.2645	0.2315	0.453
000	000	0.6396	000	0.1729	0.0432	0.5620	0.4719	1.968
000	000	0.0013	0.00071	000	000	000	000	
000	000	000	0.0084	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.	
000	000	0.0686	000	0.2129	0.1030	0.6181	0.4910	2.149
0.005	0.010	0.022	0.002	0.050	0.024	0.020	0.026	
0.0526	0.0467	0.4735	0.0643	2.1630	0.6609	8.4767	6.480	25.515
0.0032	0.0012	0.0015	0.0107	0.0076	0.0079	0.0088	0.0103	
0.308	0.236	0.820	0.172	3.126	1.098	10.208	8.640	32.800

TABLEAU

	POLDERS DE COXYDE					U (9-VIII-04) — Étang du Blanckae
	PRINTEMPS				AUTOMNE	
	P (26-III-04) — Ruisselet.	O (26-III-04) — Lang- Geleed.	R (28-III-04) — Fossé.	S (28-III-04) — Mare de prairie.	T (1-X-04) — Mare du Terr. expérim. des polders.	
NH ₃ salin	0.000056	0.000098	0.00004	0.00014	0.00034	0.00016
NH ₃ albuminoïde	0.00020	0.00021	0.00017	0.00030	0.00039	0.00057
NO ₃ H	000	000	000	000	Traces.	000
NO ₂ H	000	000	000	000	Traces.	Traces
KCl	0.0214	0.0628	0.0104	0.0238	0.0359	Traces
CaO.	0.135	0.137	0.130	0.131	0.0854	0.0699
MgO	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.	Traces
Fe ₂ O ₃	0.00035	0.00070	0.0005	0.00037	000	000
P ₂ O ₅	0.0084	0.0106	0.0032	0.0063	0.0115	000
SO ₃	Traces.	Traces.	Traces.	Traces.	000	0.0240
SiO ₂	0.030	0.0266	0.023	0.033	0.036	0.008
NaCl.	—	0.1666	0.0561	0.063	0.0759	0.1227
Grammes d'O nécessaires à l'oxydation des matières organiques	0.00292	0.0032	0.00301	0.00433	0.0053	0.0072
Résidu solide total.	0.395	0.594	0.390	0.420	0.524	0.344

(suite).

AUTRES POLDERS MARINS				EAU SAUMATRE	POLDERS FLUVIAUX		
V (18-VIII-04)	W (18-VIII-04)	X (18-VIII-04)	Y (14-V-04)	Z (14-V-04)	AA (30-VI-04)	BB (31-V-04)	CC (31-V-04)
Yser à Nuyvekens- kerke.	Canal de Plasschendaale à Nieuport.	Canal de Loo, à Fintelle.	Fossé à Palingbrugge.	Fossé aux <i>Ruppia</i> .	Fossé à Hingene.	Fossé à Donck (Berlaere).	Étang d'Over- meire.
0.00014	0.00086	0.00007	0.00174	0.00094	0.0013	0.0008	0.00014
0.0009	0.00058	0.00035	0.00240	0.00092	0.0015	0.0026	0.00074
000	000	Traces.	0.00124	0.0006	000	0.0037	0.0024
Traces.	000	000	0.0015	000	Traces.	000	0.002
0.0694	0.2274	0.1101	0.1849	0.1005	0.0143	0.0128	0.0095
0.2618	0.2149	0.1605	0.1858	0.1807	0.0712	0.1196	0.0865
0.2377	0.2882	0.2450	0.1693	0.3404	Traces.	0.0216	0.0144
0.0035	0.0042	000	0.0065	0.0046	0.0026	0.1275	0.0024
0.0125	0.0104	0.0158	0.0102	Traces.	Traces.	0.0064	Traces.
0.4670	0.3296	0.2918	0.1201	0.3640	0.0068	Traces.	0.0274
0.028	0.040	0.020	0.018	0.056	0.006	0.008	0.010
6.3721	4.5014	3.9068	2.0519	5.0567	0.1227	0.0467	0.0526
0.0086	0.0093	0.0054	0.0257	0.0137	0.081	0.0297	0.0054
7.956	5.688	4.972	2.914	6.282	0.346	0.392	0.242

quant avec des rivières, et dans des étangs, il y a un renouvellement constant de l'eau et l'influence des saisons est naturellement moins marquée. Aussi les analyses d'eaux de l'Escaut (K, L, M, N), de l'Yser (V), des canaux de Plasschendaële (W) et de Loo (X), des étangs du Blanckaert (U) et d'Overmeire (CC), enfin du fossé aux *Ruppia* (Z), ont-elles une valeur plus générale que celles de mares ou de fossés dans lesquels l'eau ne se remplace pas. Pourtant, disons tout de suite que les effets de l'absorption des sels nutritifs par la végétation et ceux de la concentration due à l'évaporation pourraient bien aussi se faire sentir dans les canaux et les étangs : le niveau de l'eau dans le Blanckaert et dans l'étang d'Overmeire subit des variations de 3 à 4 centimètres.

Examinons les eaux que nous venons d'énumérer. L'eau de l'étang d'Overmeire (CC), analysée à la fin de mai, est assez riche en sels assimilables ; la végétation y est d'ailleurs fort abondante, et elle comporte beaucoup d'espèces très exigeantes, telles que *Lemna*, *Elodea*, *Stratiotes*, etc. L'eau du Blanckaert (U) est beaucoup moins riche ; il est bien vrai qu'elle a été examinée en août, alors que les végétaux ont presque atteint le maximum de leur taille ; mais j'ai la conviction qu'elle est réellement moins bien fournie de sels nutritifs. En effet, cet étang est alimenté par des ruisseaux qui descendent des terrains flamands. De plus, sa flore ne contient qu'à titre exceptionnel les *Lemna*, *Elodea* et autres plantes d'eaux très riches ; la flore des Algues indique également que l'eau n'y possède pas la même qualité alimentaire que dans les fossés des polders ou dans l'étang d'Overmeire ⁽¹⁾.

L'Yser canalisé (V), le canal de Plasschendaële (W) et le canal de Loo (X) ont des eaux fort riches ; la grande teneur en chlorure de sodium et en sulfate de magnésium semble indiquer qu'il y a dans l'Yser et jusque dans le canal de Loo un mélange d'eau de mer et d'eau douce. L'eau de mer pénètre dans l'Yser et dans le canal de Plasschendaële par les vannes des écluses ; à marée haute, le niveau de la mer est supérieur à celui de la rivière ou du

(1) Voir sur ce point le travail de M^{lle} WERY, dans ce même volume du *Recueil*.

canal. Les quantités d'eau qui entrent ainsi sont en général assez faibles; une composition comme celle de l'analyse V est tout à fait exceptionnelle. Dans le fossé aux *Ruppia* (Z), on laisse entrer souvent de l'eau de mer.

L'eau de l'Escaut, à Lillo, varie beaucoup avec la marée. Lorsque celle-ci est haute (M) et qu'elle fait refluer l'eau de la mer, l'Escaut contient un liquide qui se rapproche beaucoup de l'eau de mer. A marée basse (N), les eaux d'amont opèrent une dilution appréciable, mais l'eau reste pourtant très salée. A Burght, la marée haute amène encore pas mal de sels marins (K) qui ne disparaissent pas même totalement à marée basse (L).

. . .

Faisons maintenant une restriction à l'affirmation, énoncée plus haut, d'après laquelle les eaux des districts littoraux et alluviaux ne se distinguent que par leurs propriétés chimiques. Il y a également un facteur purement mécanique qui les différencie : c'est le mouvement. Dans les mares, les fossés et les canaux, l'eau est pratiquement sans courant. Il en est de même de l'Yser. Cette rivière, barrée par une écluse, ne coule que lorsque l'on ouvre celle-ci. Or cela n'arrive guère que lors des fortes pluies d'hiver, c'est-à-dire pendant la saison où la végétation est engourdie. Pendant l'été, l'eau est pour ainsi dire stagnante, tout au moins dans la portion inférieure du cours jusque vers Dixmude; aussi des espèces qui ne supportent pas le courant, telles que *Limnanthemum nymphaeoides*, *Polygonum amphibium* (flottants) et *Hydrocharis* y couvrent-elles l'eau d'un tapis serré. Dans la partie plus haute de son cours, ainsi que dans les affluents, il y a un léger mouvement de l'eau, même en été; toutefois, les plantes flottantes y vivent également.

Tout autres sont les conditions dans l'Escaut et ses affluents. Ici la marée remonte deux fois chaque jour jusqu'aux limites du district alluvial, et il y a donc un courant qui, sans être rapide, suffit néanmoins à empêcher le développement de plantes flottantes. Le courant est dirigé alternativement vers l'aval à marée descendante, et vers l'amont à marée montante.

On peut classer les principales eaux des districts littoraux et alluviaux de la façon suivante, en tenant compte à la fois de leur composition chimique et de leurs mouvements :

A. Eaux pauvres en sels nutritifs, immobiles. Mares et fossés :
dunes et sable à Cardium.

B. Eaux riches en sels nutritifs.

a) Eaux tranquilles.

Mares et fossés, sans renouvellement : *polders.*

Rivières, étangs et canaux communiquant avec des rivières :
polders.

b) Eaux avec courants dus aux marées.

Eaux douces ou à peine saumâtres : *alluvions fluviales.*

Eaux salées : *alluvions marines.*

Ainsi que le montre ce tableau, les eaux des dunes et du sable à *Cardium* ne sont pas seulement pauvres en sels assimilables; elles sont en outre immobiles, ce qui rend encore plus pénible l'alimentation des végétaux qui les habitent; ajoutons enfin que ces mares et ces fossés sont toujours de petites dimensions. Il y a donc, comme on le voit, plusieurs facteurs qui agissent dans le même sens pour empêcher que des plantes quelque peu exigeantes, au point de vue de la nourriture minérale, n'aillent coloniser les eaux des dunes et des polders sablonneux.

E. — *Richesse du sol en matières organiques.*

Tous les restes de plantes et d'animaux finissent par se transformer dans le sol en substances minérales. Mais cette décomposition, qui s'opère surtout par l'action des Bactéries et des Champignons, est fort lente, et ses phases successives ne sont pas bien connues. Il y a d'abord production de corps plus riches en carbone que les substances organisées primitives; puis ces substances noires, qui ont encore conservé des traces de la structure organisée, et qui constituent ensemble l'humus, sont oxydées de plus en plus, jusqu'à ce que finalement tout le carbone devienne de l'anhydride carbonique, l'hydrogène de l'eau, l'azote de l'ammoniaque, puis de

l'acide nitrique. (Voir RAMANN, 1905; HILGARD, 1906; MAYER, 1901.)

On se rend facilement compte de la proportion d'humus contenue dans la terre, d'après la teinte plus ou moins noire que prend la terre quand on la mouille. Le tableau I (p. 310) donne des chiffres précis (la matière noire de Grandeau représente les substances organiques dont la décomposition est encore peu avancée).

La teneur des divers sols en matière noire est très variable. Deux des terres de Westende (sable à *Cardium*) en renferment des quantités énormes, alors que la plupart des autres sols sableux du littoral et tous les sols argileux n'en ont que des traces ⁽¹⁾.

L'importance de l'humus dépend de la structure physique du sol. L'un des principaux effets de la présence de l'humus est, en effet, de retenir l'eau et certaines matières minérales; mais cette même rétention est aussi réalisée par l'argile. On comprend donc que si l'humus est fort avantageux dans les sables, son utilité est beaucoup moindre dans les sols argileux : au point de vue physique, il n'intervient ici que pour faciliter l'obtention de la structure grumeleuse (voir RAMANN, 1905, p. 152) et pour donner de la porosité au sol trop compact.

Mais les matières organiques jouent aussi dans le sol un rôle chimique considérable. Tout l'azote que les végétaux absorbent provient soit de la matière organique enfouie dans la terre, soit de l'atmosphère; mais dans les deux cas, l'azote n'est utilisable par les végétaux habituels qu'après avoir été combiné à l'oxygène, par l'intermédiaire de certains microbes habitant l'humus. Il y a donc une relation entre la richesse d'un sol en matières organique et sa richesse en azote combiné. Les tableaux I et J montrent que les teneurs en matières organiques et en azote combiné varient dans le même sens.

Enfin, les matières organiques agissent encore autrement sur la flore. Les Champignons saprophytes ne peuvent vivre que dans des endroits où ils trouvent de la substance organique encore assez

(1) Les polders marins de Hollande sont également presque sans humus. Voir MAYER, 1902, t. II, 1^{re} partie, p. 80.

peu oxydée. Ils sont assez rares sur les dunes fixées; ils y sont limités aux points où se décomposent des organes souterrains de végétaux et des crottins de Lapins. Ils sont plus abondants dans les pannes, où le sable est imprégné d'humus, et tout à fait exceptionnels dans les polders : ici la matière organique, souvent assez abondante, est déjà trop décomposée pour encore servir d'aliment à des Champignons, et ceux-ci n'habitent guère que les pâturages, où ils utilisent les excréments des Chevaux et des Bœufs.

Il y a un groupe de Champignons qui jouent un rôle important au point de vue biologique. Ce sont ceux qui s'associent avec des organes souterrains de plantes supérieures et constituent ainsi des mycorhizes. On sait que beaucoup de Phanérogames et de Ptéridophytes ne croissent de façon normale que lorsque leurs racines hébergent de ces Champignons, et l'on sait aussi que ces végétaux habitent presque exclusivement les sols riches en humus.

Les mycorhizes se présentent sous deux formes : endotrophes, c'est-à-dire celles où le Champignon pénètre à l'intérieur des cellules corticales; ectotrophes, où le Champignon ne constitue qu'un revêtement superficiel de la racine.

On ne sait pas jusqu'ici quelles sont exactement les relations entre le sol, le Champignon et la racine⁽¹⁾. La nécessité de l'humus pour des plantes à mycorhizes nous permet de comprendre leur distribution dans les districts géobotaniques qui nous occupent. Ainsi, parmi les arbres⁽²⁾ qui sont le plus communément plantés, les *Pinus* (qu'on plante dans les dunes) ont toujours des mycorhizes, les *Populus* (dans les dunes et dans les polders) en ont le plus souvent, les *Ulmus* (dans les polders) jamais.

Beaucoup de plantes herbacées des pannes et des endroits assez humides du sable à *Cardium* possèdent également des mycorhizes, ainsi que l'indique la liste éthologique. Citons seulement : *Pyrola rotundifolia*, *Linum catharticum*, les Gentianacées, les Orchidacées,

(1) Voir notamment : JANSE, 1896; STAHL, 1900; GALLAUD, 1905.

(2) Tous les renseignements relatifs à la répartition des mycorhizes sont empruntés à STAHL, 1900.

Calluna vulgaris, *Parnassia palustris*, *Cirsium acaule*. Sur les dunes mobiles, très pauvres en humus (voir tableau K), il n'y a guère que *Salix repens* et *Euphorbia Paralias* qui possèdent des mycorhizes.

Sur les dunes fixées, citons : *Asparagus officinalis*, *Convolvulus Soldanella*, *Epipactis latifolia*. Dans les polders, les plantes à mycorhizes sont rares : Orchidacées, *Eupatorium cannabinum*, *Valeriana officinalis*, etc.

F. — *Circulation de l'eau dans le sable et dans l'argile* (1).

A diverses reprises déjà, nous avons insisté sur l'importance de l'eau en géobotanique et sur la facilité plus ou moins grande avec laquelle les plantes absorbent l'eau du sol.

Lorsqu'une pluie abondante tombe sur le sol, l'eau se sépare en deux parties, dont l'une pénètre dans la terre et dont l'autre ruisselle à la surface. Le liquide qui s'est introduit dans la terre descend entre les particules jusqu'à ce qu'il rencontre une couche qui ne la laisse plus passer. Mais toute la masse d'eau qui s'est infiltrée dans la terre ne va pas atteindre la couche imperméable; une quantité variable est retenue pendant son trajet : la terre possède, en effet, une certaine capacité d'absorption pour l'eau. Le liquide qui s'est accumulé par dessus la couche imperméable coule maintenant vers les parties déclives, et si elle rencontre la surface du sol, elle va former une source. — Mais, d'autre part, après la pluie, l'eau qui imprégnait les couches superficielles s'évapore. Un nouveau courant se produit alors des portions encore humides de la terre vers celles qui se dessèchent; peu à peu de l'eau monte ainsi du fond vers la surface.

Examinons successivement ces divers phénomènes en nous limitant à ce qui intéresse les sols dans les districts considérés. On

(1) Il y a beaucoup de données expérimentales au sujet de la circulation de l'eau dans le sable, dans le livre de M. VURCK, 1898.

pourra trouver des renseignements complémentaires dans RAMANN, 1905.

a) Pénétration de l'eau dans le sol. — Dans les sables à gros grains, toute l'eau de pluie passe immédiatement dans le sol; même les averses les plus copieuses ne provoquent aucun ruissellement. Au contraire, sur les argiles compactes, presque rien ne pénètre. La différence tient à l'inégale finesse des particules constitutives, ainsi que chacun sait. Entre les gros grains de sable, il y a de larges espaces dans lesquels la circulation de l'eau est rapide, de telle sorte que l'eau ne rencontre aucun obstacle sérieux. Mais il n'en est pas de même pour l'argile : les très fines particules laissent entre elles des méats étroits dans lesquels la circulation est fortement ralentie; l'eau de la couche tout à fait superficielle, ne pouvant pas descendre assez rapidement, arrête donc toute pénétration ultérieure.

Il résulte de ceci que l'argile serait pratiquement imperméable si d'autres phénomènes n'intervenaient. Chacun a pu remarquer que les terres argileuses ont presque toujours une surface fendillée, ce qui tient à ce que l'argile gonfle quand elle est mouillée et se contracte en séchant. Les volumes relatifs de l'argile sèche et de l'argile mouillée sont environ comme 1 est à 1.3. Ces fentes, qui se prolongent plus ou moins loin vers le bas suivant le degré de dessiccation, sont l'une des voies par lesquelles l'eau s'introduit dans l'argile. Dans les sables, il n'y a pas de changements de volume sous l'action de l'humidité.

L'eau peut encore suivre un autre chemin pour passer dans l'argile. Chaque racine qui meurt dans la terre laisse une galerie communiquant plus ou moins indirectement avec l'atmosphère.

Enfin, l'argile qui sert de support à la végétation n'est pas en général aussi compacte que nous la supposons plus haut. Le plus souvent, elle est plus ou moins grumeleuse, surtout dans sa couche superficielle.

b) Pouvoir absorbant, pour l'eau. — L'eau qui a pénétré dans le sol est sollicitée vers le bas par la pesanteur. Mais en même

temps, les attractions moléculaires tendent à la maintenir autour des particules de terre; grâce à ces forces moléculaires, il se forme, à la surface de chaque grain, un enduit extrêmement mince de liquide. On comprend tout de suite que plus les grains sont petits, plus leur surface totale est considérable, et plus aussi ils pourront retenir de l'eau. Voici quelques nombres empruntés à WOLLNY par M. RAMANN (1905, p. 246) qui montrent la relation entre le pouvoir d'absorption d'un sable et la grosseur des grains de quartz qui le constituent :

CAPACITÉ DES GRAINS.	CAPACITÉ EN % du volume de la terre.
1 à 2 millimètres.	3.66
0 ^{mm} 25 à 0 ^{mm} 50	4.38
0 ^{mm} 11 à 0 ^{mm} 17	6.03
0 ^{mm} 01 à 0 ^{mm} 07	35.50

Ainsi donc, il a suffi de pulvériser le quartz pour décupler la capacité d'absorption de l'eau.

Dans les sols argileux et humeux, il y a quelque chose de plus que l'adhésion de l'eau à la surface des grains. Le liquide pénètre, en effet, à l'intérieur des particules d'argile et d'humus, ce qui augmente encore la capacité pour l'eau.

Le tableau I donne des renseignements relatifs au pouvoir absorbant pour l'eau. Le sable superficiel a un pouvoir absorbant plus grand que celui du sous-sol, ce qui tient à ce que la surface est plus riche en humus. D'autre part, le sable qui retient le plus d'eau est celui de la pâture de Knocke (C); l'absence d'humus est compensée dans cette terre par la finesse du sable et surtout par l'abondance de l'argile. D'une façon générale, les argiles ont un pouvoir de rétention plus grand; dans la couche superficielle, il n'est jamais inférieur à 356 ‰, tandis que dans les sables, il descend à 306.

c) Ascension capillaire de l'eau dans le sol. — Supposons que le sol contienne toute l'eau qui peut adhérer à ces particules, et que la couche qui est en contact avec l'air se dessèche. Il se pro-

duit aussitôt un déplacement du liquide tendant à uniformiser de nouveau sa distribution dans toute la masse de terre.

Si la couche inférieure est complètement gorgée d'eau, c'est-à-dire si elle est au niveau de la nappe aquifère, le liquide va s'élever de là à travers le sol pour remplacer au fur et à mesure celui qui s'évapore.

Les forces qui déterminent l'ascension de l'eau sont les mêmes que celles qui faisaient adhérer une mince couche liquide à chaque fragment de quartz, d'argile ou d'humus. L'ascension capillaire est donc d'autant plus élevée que la terre est composée d'éléments plus fins. Seulement il faut, ici aussi, tenir compte d'un facteur que nous avons déjà rencontré quand il s'agissait de la pénétration de l'eau. C'est la vitesse avec laquelle le liquide se déplace. Dans une argile, le liquide devrait monter très haut, c'est vrai, seulement le frottement des molécules liquides dans les méats interparticulaires est tellement énorme que, pratiquement, l'ascension ne s'opère pas. Il y a donc, comme on le voit, opposition entre la hauteur de l'ascension et la vitesse avec laquelle elle s'opère.

Si nous avons affaire à des terrains de structure différente, mais qui sont tous mouillés au maximum, et qui sont à la même distance de la nappe aquifère, nous pourrions constater que pendant l'été, lorsque l'évaporation est considérable, les terres seront inégalement humides à la surface : les terrains très sableux seront secs, parce que la capillarité ne peut pas élever l'eau jusqu'en haut ; les terres argileuses seront tout aussi sèches, parce que l'ascension est trop lente pour compenser l'évaporation ; ce seront seulement les sols modérément argileux et humiques qui resteront assez humides pour permettre aux végétaux de croître normalement. Dans ces derniers sols, l'humidité est assez uniforme dans toute la masse, tandis que les sables et les argiles ont souvent une surface tout à fait sèche, qui sur l'argile ne tarde pas à se craqueler, alors même qu'à quelques centimètres de là, la terre est abondamment mouillée.

d) Évaporation de l'eau. — La perte d'eau par évaporation n'est pas la même pour tous les sols. Il y a conflit entre les forces

moléculaires, qui retiennent l'eau entre les particules du sol, et la chaleur qui tend à transformer l'eau liquide en vapeur. Dans une expérience faite par M. RAMANN (1905, p. 261), 100 centimètres carrés de sable siliceux avaient évaporé 580 grammes d'eau, et la même surface d'argile, dans les mêmes conditions, en avait perdu seulement 532.

Le tableau suivant, emprunté à M. RAMANN (1905, p. 261), qui l'a dressé d'après des expériences de HABERLANDT, montre une différence du même ordre.

TABLEAU M.

Évaporation comparative du sol et de l'eau.

	TENEUR EN EAU (% de la quantité maximum.	RAPPORT entre la quantité éva- porée et celle qui est évaporée par la même surface d'eau, dans les mêmes con- ditions.
Sable.	10 %	91.44 : 100
—	15 %	113.03 : 100
—	25 %	119.79 : 100
Terre arable	15 %	90.4 : 100
—	25 %	116.75 : 100
—	35 %	133.13 : 100

Il est probable que de l'argile aurait eu un pouvoir évaporant encore moindre que la terre arable de ce tableau ; toutefois, la différence entre le sable et la terre plus ou moins argileuse est fort nette.

Ce tableau est encore intéressant à un autre point de vue. Il montre que la terre évapore plus d'eau qu'une même surface

liquide, même lorsque la terre est loin de contenir toute l'eau qu'elle peut absorber.

Tout agrandissement de la surface entraîne une augmentation de l'évaporation : un sol à surface raboteuse, inégale, se dessèche donc plus qu'un sol analogue, mais à surface plane. Seulement ceci n'est vrai que si le sol est fort humide. Dès qu'il a perdu la majeure partie de son eau intersticielle, les portions de terre qui dépassent les autres et qui se sont desséchées les premières protègent l'eau sous-jacente, et l'évaporation est alors moindre que si le sol était plat.

Inutile d'insister sur l'importance de la couverture végétale du sol : dans les pannes et sur les digues où la végétation est dense et cache complètement la terre, l'évaporation est moindre que sur la terre nue. La protection du sol est naturellement la plus efficace lorsque des feuilles larges et planes sont couchées sur le sol. Rappelons ce qui a été dit plus haut au sujet de la façon dont beaucoup de végétaux des endroits fortement éclairés appliquent leurs feuilles sur le sol (voir p. 269, phot. 71, 72, 75, 177).

Dans les dunes, le vent intervient puissamment ; il soulève la couche de sable sec et expose ainsi au soleil les portions sous-jacentes plus humides. Peut-être aussi pénètre-t-il à travers les interstices du sable et agit-il ainsi directement sur l'eau de la profondeur.

e) Degré d'humidité des divers sols. — Nous pouvons maintenant essayer de comprendre pourquoi il y a de si grandes différences dans l'humidité des divers sols sableux et argileux, alors que la quantité de pluie est sensiblement la même dans toute l'étendue des districts littoraux et alluviaux.

L'eau qui tombe sur le sable s'engage aussitôt dans le sol. A cause de la grosseur des grains, la filtration est très rapide et très étendue ; j'entends par ceci que le pouvoir d'absorption du sable étant relativement faible, l'eau va se répartir sur une profondeur assez grande. Elle y sera donc soustraite en bonne partie à l'évaporation. Si les pluies sont rapprochées et copieuses, le sable va s'humecter de plus en plus, et bientôt il aura atteint le maximum

de sa capacité pour l'eau; à partir de ce moment, toute l'eau qui tombe encore va glisser vers le fond. Pendant l'été, lorsque l'évaporation l'emporte sur la chute de pluies, le sable superficiel se dessèche, et l'ascension capillaire ne pouvant pas amener le liquide assez haut, la dessiccation atteint des couches de plus en plus profondes.

En été, le degré d'humidité d'un sable dépend donc à la fois de son pouvoir d'absorption et de l'ascension capillaire, celle-ci devant être envisagée au double point de vue de la hauteur et de la vitesse.

Ces données permettent d'interpréter les renseignements donnés par les tableaux *H* et *I* au sujet du degré d'humidité des sables.

Pour la facilité de la comparaison, je transcris ici un extrait de ces tableaux pour les terrains C, D, E, F. Je ne tiens compte que de la couche superficielle du sable et non du sous-sol.

	C Knocke (Pâturage).	D Westende (Pâturage)	E Westende (Champ de Pommes de terre)	F Westende (Champ de Pois).
Humidité du sol	Sec.	Humide.	Humide.	Sec.
Profondeur de la nappe aquifère	0 ^m 50	0 ^m 50	0 ^m 60	0 ^m 90
Sable grossier, ne passant pas au tamis de 0 ^{mm} 5	15.8	1.6	3.0	3.4
Sable fin, ne passant pas au tamis de 0 ^{mm} 2	604.2	605.0	892.3	943.7
Sable poussiéreux, passant au tamis de 0 ^{mm} 2	128.2	100.4	39.5	35.5
Argile	57.5	5.2	5.1	3.5
Matière noire de Grandeau	Traces.	82.0	17.0	Traces.
Pouvoir absorbant pour l'eau.	410	337	223	306

C est sec et E est humide, quoique le premier ne soit qu'à 0^m50 de la nappe aquifère, et le second à 0^m60, et quoique C ait un pouvoir absorbant de 410 et E un pouvoir de 223 seulement. Remarquons que le pouvoir absorbant n'a guère d'importance en été, puisque, en cette saison, les pluies sont insuffisantes pour compenser l'évaporation. L'eau qui imprègne la surface du sol provient donc en majeure partie des réserves constituées par la nappe aquifère. Or, le terrain C contient beaucoup de sable poussiéreux et d'argile; les interstices laissés dans la terre sont donc petits, et l'ascension capillaire est lente. Au contraire, le terrain E a des grains relativement gros, et comme il ne contient pas beaucoup d'humus, l'eau du sous-sol monte rapidement vers la surface. L'humidité du terrain D tient sans doute aussi à ce que l'ascension capillaire y est rapide. Quant au terrain F, il doit nécessairement être sec, puisque ses grains très gros ne permettent pas une ascension capillaire égale à 0^m90.

Dans un sol argileux, l'eau de pluie ne pénètre que petit à petit, même lorsque la surface est fendillée et qu'elle présente les orifices de nombreux pertuis laissés par les racines mortes. La plus grande partie ruisselle donc sur le terrain. Celle qui est entrée reste toujours dans le voisinage de la surface ou des voies de pénétration; elle est donc exposée à une évaporation rapide. De plus, comme l'arrivée de l'eau provenant de la nappe aquifère est retardée par le frottement, tout concourt à maintenir la surface des sols argileux dans un état de sécheresse assez prononcée. Aussi voit-on par ce tableau H, qu'à part une seule exception, les terrains argileux sont considérés comme secs, et cela malgré le pouvoir absorbant considérable de ces terres.

f) Quantité d'eau disponible. — Ce serait une erreur de croire que le degré d'humidité d'un sol constitue une mesure de la quantité d'eau que cette terre peut fournir à la végétation. Une partie seulement de cette eau est disponible, et les plantes se flétrissent, c'est-à-dire cessent de pouvoir arracher de l'eau à la terre, alors même que celle-ci en contient encore une certaine quantité. On comprend d'ailleurs fort bien que lorsqu'un poil radical attire

une molécule liquide, celle-ci est aussi sollicitée dans une autre direction par les éléments solides de la terre ; plus l'attraction de la terre pour l'eau est considérable, — c'est-à-dire plus le pouvoir absorbant est élevé, — plus les poils radicaux rencontreront de résistance, et plus grand sera le résidu de liquide que la plante sera incapable d'enlever à la terre.

Des expériences de SACHS, devenues classiques, montrent nettement cette relation. SACHS cultivait du Tabac comparativement dans une terre très riche en humus, dans de l'argile et dans du sable quartzueux grossier. Voici le résumé de ses expériences.

	QUANTITÉ maximum d'eau (en poids) pouvant être absorbée par le sol.	QUANTITÉ d'eau au moment où le Tabac se flétrit.	QUANTITE d'eau disponible.
Terre chargée d'humus.	46 %	12.3	33.7
Argile	52.1	8	44.1
Sable	20.8	1.5	19.3

On voit donc que la quantité d'eau utilisable par la végétation varie beaucoup d'un terrain à l'autre, et que c'est le sol argileux qui l'emporte sous ce rapport.

Mais, d'autre part, une argile qui renferme encore 8 % d'eau n'est déjà plus capable d'en céder à une plante de Tabac, alors que cette plante reste turgescente dans du sable qui n'a plus que 2 % d'eau.

Ces expériences montrent que les qualificatifs « humide » et « sec » appliqués à la terre n'ont pas de signification absolue, puisque du sable relativement sec continue à fournir du liquide aux racines, tandis qu'une argile assez humide peut être rebelle à toute cession d'eau.

Il y a encore d'autres terrains qui, tout en contenant de grandes quantités d'eau, n'en mettent guère à la disposition des plantes : ce sont ceux qui sont imprégnés d'eau de mer. Ici la difficulté de l'absorption tient à ce que la pression osmotique du liquide est très forte. Comme c'est par osmose que s'effectue l'absorption, celle-ci ne pourra se poursuivre que si les poils radicaux des plantes habitant les alluvions marines ont une pression osmotique encore supérieure à celle du liquide environnant. Seulement l'on sait que la pression intracellulaire ne peut pas dépasser une certaine limite sous peine de mettre obstacle à l'activité protoplasmique. Les plantes des slikkes et des schorres ont un suc cellulaire dont la pression osmotique est certainement plus grande que celle de l'eau de mer, mais l'excédent est sans doute faible, et l'économie végétale a donc beaucoup de peine à puiser l'eau nécessaire.

g) Niveau de la nappe aquifère. — L'eau qui tombe sur le sol, lorsque celui-ci contient toute l'eau qu'il peut absorber, passe dans la profondeur et va alimenter la nappe aquifère. Les variations du niveau de l'eau souterraine nous renseigneraient donc sur l'état d'humidité du sol : si une pluie détermine une élévation du niveau, c'est que la terre est humectée au maximum ; au contraire, si le niveau baisse ou reste stationnaire, malgré les pluies, il faut conclure que la terre absorbe toute l'eau.

J'ai suivi, à Coxyde, les fluctuations du niveau de la mare ⁽¹⁾ creusée dans les dunes qui font partie du Terrain expérimental du Jardin botanique de l'État, à Bruxelles. Il est certain que, d'une manière générale, les variations de niveau de la mare sont concomitantes de celles de la nappe aquifère, puisque la mare fait partie de celle-ci ; toutefois, la mare est soumise à certaines influences qui n'atteignent pas la nappe souterraine : elle reçoit de l'eau de pluie et subit l'évaporation.

(¹) Cette mare est figurée dans la photographie 53. Son eau a été analysée. (Voir les analyses B et F du tableau L.)

Malgré ces légères causes d'incertitude, les résultats de l'observation sont fort intéressants. Le diagramme 5, K (hors texte), représente, par le trait noir, les fluctuations du niveau de la mare, exprimé en centimètres; par le trait bleu, les quantités de pluie, en millimètres.

Les périodes pendant lesquelles la courbe descend correspondent à celles où le sable n'est pas complètement mouillé; les ascensions de la courbe indiquent, au contraire, que le sable renferme toute l'eau qu'il peut retenir.

Le diagramme va depuis avril 1904 jusqu'en septembre 1905 : le sol a été assez sec pendant les mois de printemps et d'été de 1904, puis il est resté humide, avec des interruptions, jusqu'en juin 1905, pour se dessécher de nouveau pendant l'été 1905.

L'allure générale de la courbe est naturellement en rapport avec les quantités de pluie et l'intensité de l'évaporation, propres à chaque saison. En été, l'évaporation est tellement forte que même des pluies abondantes n'influencent pas la nappe aquifère, tandis qu'en hiver, l'évaporation est très réduite et le sable reste complètement mouillé dans toute son épaisseur. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que le niveau des mares de la dune, et aussi celui des eaux des polders, monte pendant l'hiver. Même, il y a beaucoup de fonds de dunes qui sont secs en été et où de l'eau vient affleurer en hiver. Il se forme ainsi, notamment à Oostduinkerke, Coxyde et La Panne, de vastes mares qui tarissent pendant la saison chaude (voir phot. 47, 48, 49).

Sur les grandes fluctuations de la courbe s'en greffent d'autres plus petites, qui correspondent aux averses. On voit très nettement, par exemple, que la descente du niveau qui se poursuit depuis mars 1904 jusque novembre 1904 subit de temps en temps des ralentissements et même de petites interruptions, et que chacune de ces irrégularités de la courbe suit de fortes pluies.

Il y a dans le niveau de la nappe souterraine des fluctuations annuelles singulières. Le maximum de l'hiver 1903-1904 a été sensiblement plus élevé que celui de l'hiver 1904-1905 (voir le graphique); en hiver 1905-1906, l'eau a atteint 85 centimètres. De même, le minimum de l'été 1906 a été de 12 centimètres plus bas

que celui de l'été 1905; à la fin de septembre de 1907, le niveau de la mare expérimentale n'était qu'à 13 centimètres, c'est-à-dire 35 centimètres plus bas que le 5 août 1905. Des anomalies du même genre se sont produites de 1891-1901. Je ne possédais pas alors de mesures précises, mais l'observation répétée de mares situées dans les dunes de Coxyde me permet d'indiquer d'une manière générale la marche du phénomène. En 1892-1893, les eaux étaient très hautes, et de larges mares s'épandaient dans les dunes (phot. 47); elles persistèrent jusqu'en juin. Pendant les années suivantes, le même état de forte humidité se maintint. Puis, à partir de 1896, les eaux baissèrent peu à peu; les inondations de l'hiver étaient moins étendues, et les mares permanentes diminuaient de profondeur. En 1900-1901, aucune mare ne se forma en hiver, et pendant l'été 1901, des flaques telles que la Mare aux Canards (phot. 53) et la Mare des Kelders (phot. 54) se desséchèrent presque complètement. (D'après la comparaison avec ce qui s'est passé en été 1907, les eaux devaient être encore plus basses en 1901 qu'en 1907.) Après cette période de descente, le niveau remonte de nouveau jusqu'en 1904.

L'abaissement du niveau de la nappe aquifère pendant certaines périodes n'est pas localisé à Coxyde. Le même phénomène se remarque sur tout le littoral, tant dans les polders que dans les dunes. La période de sécheresse qui a suivi 1891 a été également ressentie en Hollande, et M. Vuyck (1898) jette le cri d'alarme devant la dessiccation progressive des dunes de son pays.

Le cri d'alarme! Oui vraiment, car l'abaissement du niveau des eaux a les conséquences les plus désastreuses pour le maintien des dunes. Dès que le sable se dessèche, beaucoup de plantes souffrent de soif et meurent, non pas celles qui sont adaptées à vivre dans les hautes dunes, mais parmi les espèces qui habitent les pannes sèches. Puis, le sable n'étant plus protégé et maintenu par la végétation, est emporté par le vent, et de larges fosses se creusent. Sur les dunes proprement dites, l'effet de la dessiccation n'est pas moins néfaste: les grains de sable, lorsqu'ils ne sont plus collés ensemble par l'eau, deviennent beaucoup plus mobiles et sont aisément balayés.

La localisation des espèces végétales est également influencée par les variations du niveau. Sur les dunes, les plantes sont indépendantes de la nappe aquifère ; celle-ci est trop éloignée pour pouvoir jamais leur fournir de l'eau et elles ne peuvent compter que sur l'eau tombant directement du ciel. Mais il n'en est pas de même des végétaux habitant les pannes dont la surface est à faible distance de la nappe aquifère. Pour peu que le sol soit imprégné d'une quantité modérée d'humus, ce qui est presque toujours le cas, l'eau souterraine monte par capillarité jusqu'au voisinage des racines, et les végétaux ne souffrent donc pas de soif. Mais que, pendant l'été, le niveau baisse de façon anormale, et voilà toutes les plantes assoiffées. Aussitôt, elles languissent, et elles ne réussissent plus à se développer de façon normale ; pendant les années sèches, *Epipactis palustris*, *Herminium Monorchis*, *Pyrola rotundifolia*, *Parnassia palustris*, ne produisent pas de fleurs et restent chétifs, cependant que *Erythraea Centaurium*, *Lotus corniculatus*, *Ononis repens*, etc., qui colonisent habituellement une zone un peu plus élevée, descendent parmi les plantes citées en premier lieu. Dans les fonds les plus bas de la panne, où l'eau des inondations hivernales persiste d'ordinaire jusqu'en juin, *Ophioglossum vulgare*, *Anagallis tenella*, *Samolus Valerandi*, etc., disparaissent à leur tour, ou demeurent stériles, et sont remplacés par des plantes telles que *Gentiana Amarella*, *Erythraea linariifolia*, *Sagina nodosa*, qui sont les commensales des *Epipactis palustris*, *Pyrola rotundifolia*, etc., pendant les années modérément humides. — Les années suivantes, lorsque les eaux souterraines se rapprochent de la surface, toutes les espèces montent de nouveau le long des pentes et vont habiter un étage plus élevé.

Un mot sur la cause de ces dessiccations périodiques des dunes. On songe tout d'abord à incriminer les pluies. Or il suffit de consulter le tableau G pour constater qu'il n'y a pas eu de diminution progressive de la quantité de pluies entre 1891 et 1901. Ni dans la quantité annuelle des pluies, ni dans celle des pluies tombées en automne et en hiver (les seules qui atteignent la nappe aquifère), il n'y a eu de déficit pendant les années 1891 à 1901. D'un autre côté.

un dessèchement assez étendu pour intéresser à la fois le littoral de la Belgique et celui des Pays-Bas ne peut pas être mis sur le compte d'un drainage plus actif. Il ne reste donc qu'à accuser l'évaporation. Le tableau G montre que l'état hygrométrique de l'air n'a pas subi, pendant cette période décennale, de modifications qui puissent expliquer le dessèchement des dunes. Et pourtant, il ne reste pas d'autre alternative que d'admettre une augmentation de l'évaporation.

Rappelons ici ce qui a été dit page 212 : que nous ne possédons pas d'observations sur l'intensité de l'évaporation. M. VUYCK (1898), qui a étudié le dessèchement des dunes en Hollande, n'arrive pas plus que moi à une explication satisfaisante du phénomène.

§ 3. — Les animaux.

On se convainc de plus en plus que l'adaptation d'une plante à la vie dans une contrée déterminée comprend autre chose que la mise en harmonie de son organisme avec les conditions de climat et de sol, et que les autres êtres vivants interviennent également, et d'une façon parfois très puissante. Ne sait-on pas, par exemple, que dans les îles de la Polynésie il n'y a pas de plantes piquantes, parce qu'il n'y a pas de Mammifères herbivores, et que le Sahara, où manquent les Oiseaux frugivores, est privé de plantes à fruits charnus? Dans les districts qui nous occupent, l'influence réciproque du monde animal et du monde végétal est moins frappante, sans doute; pourtant, l'examen de leur flore montre qu'ici également il y a une relation indiscutable entre la distribution des espèces végétales et la présence de certains animaux.

A. — *Mammifères herbivores.*

Le Lapin est le seul herbivore sauvage qui ait de l'importance dans les districts littoraux et alluviaux; encore n'existe-t-il que dans les dunes littorales et dans le sable à *Cardium*. Ici, par contre, il est très abondant et constitue un véritable fléau. Sur les monts-

cules de sable, les plantes sont presque toutes, sans exception, défendues contre lui. Les unes ont des piquants de nature diverse (*Eryngium*, *Hippophaës*), ou une surface dure et peu appétissante (*Ammophila*, *Carex arenaria*); d'autres possèdent un goût désagréable dû à la présence de substances amères (*Salix repens*), très âcres (*Sedum acre*, *Euphorbia Paralias*), ou bien à la présence de corps plus ou moins voisins des camphres ou des phénols (*Thymus Serpyllum*); ailleurs, il y a des matières toxiques, telles que les glycosides (*Saponaria officinalis*, *Solanum Dulcamara*) ou des alcaloïdes (*Cytisus scoparius*). Bref, les plantes qui habitent les dunes sont tellement bien protégées contre les Lapins, que ceux-ci ne cherchent même plus à les attaquer et qu'ils s'en vont vers les pannes, ou plutôt encore vers les cultures.

C'est seulement dans les endroits où les dunes sont entourées d'un treillis en fils métalliques, et où les Lapins sont donc retenus prisonniers, que la composition de la flore change : la plupart des espèces disparaissent malgré leurs adaptations défensives, et il ne reste finalement que celles dont les moyens de protection sont les plus efficaces; parmi ces espèces qui résistent seules, alors que toutes les autres disparaissent sous la dent des Rongeurs affamés, il faut citer en toute première ligne *Carex arenaria*. Chaque fois que les garennes sont nombreuses et que les Lapins n'ont pas la liberté d'aller se nourrir dans des pannes ou dans des champs cultivés, on peut être sûr que *Carex arenaria* survivra seul, avec quelques Mousses et lichens. Il en est ainsi notamment en plusieurs points de la bordure des dunes, près des polders (phot. 56), et sur les dunes internes de Ghyvelde et d'Adinkerke (phot. 178, 179). Sur les dunes de sable à *Cardium*, à Westende (phot. 163), des *Calluna vulgaris*, rongés jusque contre terre, réussissent néanmoins à se maintenir. Dans les dunes internes et sur le sable à *Cardium*, il y a de grandes étendues où les chasseurs élèvent des Lapins de garenne pour le plaisir de les fusiller. Afin que les Rongeurs ne commettent pas de déprédations dans les champs voisins, les réserves sont entourées d'un treillage métallique. Les Lapins y ont si bien opéré la sélection des plantes au point de vue de la défense contre les herbivores, qu'ils n'y ont laissé survivre que les quelques espèces non comestibles; aussi les

chasseurs en sont-ils réduits à nourrir leur gibier, surtout en hiver. Ils cultivent des Peupliers (*Populus monilifera*) et des Saules (*Salix alba*) dont les branches sont apportées aux Lapins pour que ceux-ci en mangent l'écorce (phot. 178).

Dans les pannes, où le tapis végétal est beaucoup plus serré que dans les dunes, les ravages des Lapins sont moins apparents, mais tout aussi réels. La flore des pannes est moins spécialisée que celle des dunes proprement dites : elle ne contient guère d'espèces propres ni même de variétés particulières. On ne doit donc pas s'attendre à rencontrer dans les pannes autant d'adaptations défensives que sur les dunes, puisque les plantes des pannes ne sont, en somme, que des espèces qui sont immigrées d'ailleurs et qui ne sont pas modifiées. Ces végétaux sont moins bien protégés contre la dent des herbivores que ceux qui colonisent les monticules de sable; aussi les Lapins délaissent-ils les environs immédiats de leurs terriers pour aller brouter dans les fonds des plantes plus tendres. Il suffit de regarder avec quelque attention les végétaux de la panne pour s'assurer qu'aucun n'a échappé aux offenses des herbivores : les tiges ont été coupées, les feuilles sont arrachées. Le dommage causé aux organes aériens est le plus facile à constater chez certaines Graminées : des espèces qui atteignent d'habitude une grande taille, telles que *Arrhenatherum elatius*, *Festuca elatior*, *Calamagrostis Epigeios*, restent tout à fait rabougries dans les pannes et ne réussissent presque jamais à fleurir, à moins qu'elles ne trouvent un asile dans un fourré dense de *Hippophaës*, dont les épines arrêtent les herbivores les plus voraces. Une expérience qui prouve bien que ce sont les Lapins qui empêchent les Graminées de croître normalement est celle-ci : dès qu'on écarte les herbivores par un grillage métallique, les *Calamagrostis* et les autres espèces reprennent leurs dimensions normales (phot. 46).

Les galeries des Lapins ne sont jamais creusées dans les pannes mêmes, mais dans les petites buttes de sable posées sur le sol des pannes, où le terrain est moins dur (phot. 45). Elles abondent aussi sur les dunes fixées, au voisinage des cultures. Chaque entrée de terrier est un point faible, où le sable est à nu et où le vent a prise sur lui; c'est presque toujours par là que commence le démantè-

lement des dunes. A ce point de vue encore, les Lapins sont des ennemis dangereux pour les dunes.

Dans beaucoup de villages littoraux, le bétail des petits cultivateurs est conduit dans les pannes pendant l'été. Ces troupeaux, qui sont peu nombreux et comprennent tout au plus une douzaine de Vaches et quelques Mulets, n'ont guère d'importance pour la géographie botanique; ils ne modifient que la végétation des mares, dans lesquelles les bêtes vont boire. Nous reviendrons plus loin sur ce fait.

Dans les polders, surtout dans ceux qui bordent le littoral et le Bas-Escaut, l'élevage du bétail est une branche importante de l'agriculture (phot. 124 à 126, 137, 138, 140, 141, 156, 157, 160). Aussi les habitants font-ils tous leurs efforts pour éliminer des pâturages toutes les plantes dédaignées par le bétail, et pour laisser le champ libre aux meilleures espèces fourragères. Toutefois la sélection, opérée par les bestiaux, en sens inverse de celle de l'Homme, détermine la pullulation de toute une série de plantes non comestibles, dont les bestiaux s'écartent soigneusement. Citons en particulier : *Ranunculus acris*, dont les fleurs donnent une teinte jaune continue à toutes les pâtures des polders littoraux, en mai-juin, et quelques Graminacées, qui sont consommées aussi longtemps qu'elles sont en feuilles, mais qui sont évitées dès que se montrent les fleurs (*Cynosurus cristatus*, *Hordeum secalinum*, *Dactylis glomerata*); les inflorescences portent des bractées, de nature diverse, garnies d'arêtes ou de pointes piquantes (phot. 40).

Dans les prairies où l'on fauche l'herbe (phot. 159, 161), la contre-sélection par les bestiaux ne s'effectue pas et les espèces non fourragères n'arrivent pas à supplanter les autres. Il y a d'ailleurs des plantes, telles que *Ranunculus acris*, qui sont toxiques à l'état frais, mais qui donnent du foin de bonne qualité.

Sur les alluvions marines, les plantes ne sont guère attaquées : les quelques Vaches et Mulets qui paissent à Nieuport, et les troupeaux de Moutons qui vont sur les prés salés du Zwyn et des rives de l'Escaut ne constituent pas un facteur bien important pour la géobotanique. Il semble que les végétaux des alluvions marines sont avidement recherchés par les Lapins, car ceux-ci

quittent volontiers les dunes pour se répandre sur les schorres.

Quant aux alluvions fluviales, leur végétation est défendue contre les herbivores par la station elle-même : les animaux ne se risquent pas sur une vase qui est trop peu consistante pour les porter. Certaines des plantes de ce district donnent un fourrage très apprécié, notamment *Glyceria aquatica* et *Phalaris arundinacea* à l'état jeune.

B. — Oiseaux frugivores.

Beaucoup d'Oiseaux exécutent en été des migrations journalières qui les ramènent chaque soir des polders vers certains points des dunes.

Les Étourneaux (*Sturnus vulgaris*), qui vivent pendant la journée dans les pâturages des polders, vont régulièrement passer la nuit dans les petits taillis d'Aunes qui occupent quelques pannes. Un peu avant le crépuscule, d'immenses bandes de ces Oiseaux (et de quelques autres espèces plus petites) vont s'abattre dans les bosquets, où leurs piailleries font un vacarme assourdissant jusque fort avant dans la soirée. Les Oiseaux apportent dans leur tube digestif de nombreuses graines de plantes dont ils ont mangé les fruits charnus : *Solanum Dulcamara*, *Bryonia dioica*, *Sambucus nigra*, *Ligustrum vulgare*, etc. Aussi les aunaies fréquentées par les Étourneaux renferment-elles de véritables pépinières de plantes à baies et à drupes.

Parmi les espèces citées, *Sambucus nigra* et *Bryonia dioica* sont les plus remarquables, car elles ne réussissent presque jamais à devenir assez vigoureuses dans les dunes pour fleurir et fructifier ; les individus de ce district ont donc pour la plupart une origine étrangère ; ce sont des immigrants qui ne font pas souche.

Il y a encore une autre station qui estensemencée, au moins en grande partie par les Oiseaux : ce sont les creux des Saules têtards (*Salix alba*). On y rencontre une flore relativement riche, composée tant de plantes anémochores que de plantes à fruits charnus. Un de mes élèves, M. VICTOR GALLEMAERTS, a réuni beaucoup d'observations sur cette flore. Je n'y insiste donc pas ici.

La flore terrestre des dunes et des polders contient un nombre relativement grand de plantes à fruits comestibles. Il y a d'ailleurs partout beaucoup d'Oiseaux frugivores, parmi lesquels on peut citer l'Alouette huppée (*Galerida cristata*), abondante dans les dunes, où elle niche, la Perdrix (*Perdix cinerea*) et le Faisan (*Phasianus colchicus*) qui a été introduit dans les dunes et qui est très friand des fruits de *Hippophaës*.

Dans les polders, le Pinson (*Fringilla cœlebs*) et le Moineau (*Passer domesticus*) sont fort communs.

La flore aquatique, pas plus dans les étangs, fossés et mares des dunes ou des polders que sur les alluvions fluviales, ne renferme guère d'espèces à fruits charnus.

Celle des alluvions marines ne contient pas une seule plante à fruit succulent.

C. — Insectes pollinateurs.

Il y a nécessairement une corrélation entre la présence de certains animaux fécondateurs et les adaptations des fleurs. Ainsi, il n'y a pas en Europe une seule espèce adaptée à la pollination par les Oiseaux, alors que ces plantes sont si répandues dans les régions où vivent les Colibris, les Nectariniens, etc.

A ce point de vue, les districts étudiés peuvent être classés en deux groupes :

- 1° Les dunes et les alluvions littorales ;
- 2° Les polders argileux et sableux, et les alluvions fluviales.

Dans les dunes, les Hyménoptères qui butinent les fleurs (Abeilles et Bourdons, dans un sens général) sont remarquablement rares : il n'y a pas de ruches, et les Bourdons n'y nichent guère. En outre, les dunes sont souvent assez larges pour que les Abeilles et les Bourdons des polders ne les traversent pas.

Par contre, les Lépidoptères et les Diptères sont abondants.

Pendant les mois de juillet, d'août et de septembre, une multitude de *Vanessa*, *Satyrus*, *Lycaena*, *Zygaena*, et d'autres Papillons diurnes, visitent les fleurs de *Eryngium maritimum*, *Jasione montana*, *Mentha aquatica*, etc. Dès que le soleil est couché, apparais-

sent les *Plusia gamma*, qui s'élancent vers les *Silene nutans*, *Melandryam album*, etc.

Parmi les Diptères, les Syrphides sont très fréquents, surtout les *Eristalis*, *Helophilus* et *Syrphus*; en concordance avec le grand nombre de Diptères, il y a aussi de nombreuses fleurs qui sont adaptées à recevoir leurs visites : *Parnassia*, *Epipactis*, *Euphorbia*, *Erodium*, *Ligustrum*, etc.

Sur les alluvions marines, l'absence d'Abeilles et de Bourdons est encore plus manifeste que dans les dunes. La plupart des espèces qui les habitent sont adaptées à la pollination par le vent : Graminacées, Joncaginacées, Salsolacées, Plantaginacées. Il n'y a guère que les Plombaginacées, les *Sperguleria* et *Aster Tripolium* qui soient entomophiles; ils reçoivent les visites de Diptères, surtout de Syrphides.

Dans les polders, les Hyménoptères sont nombreux et les fleurs qui leur sont adaptées sont aussi proportionnellement plus abondantes que dans les dunes. Il en est de même sur les alluvions fluviales : celles-ci sont assez étroites pour que les Abeilles et les Bourdons les fréquentent sans peine pour aller visiter les fleurs.

D. — Parasites.

Il y a naturellement dans chaque association des animaux parasites qui sont spéciaux aux plantes de cette station. Mais il y a aussi quelques localisations qui méritent de nous arrêter un instant.

Les Ormes (*Ulmus campestris*) sont sujets aux attaques de plusieurs Pucerons appartenant aux genres *Tetraneura* et *Schizoneura*. Il est curieux de constater que les Ormes des polders littoraux, où ils sont pourtant plantés très souvent le long des routes, ne sont jamais atteints; tout au moins n'en ai-je jamais rencontré qui possédaient les galles caractéristiques de ces parasites. Dans les polders fluviaux, l'attaque est fréquente. D'ailleurs, les Aphides en général sont rares sur le littoral, aussi bien dans les dunes que dans les polders, et je ne connais guère que le Puceron de *Phrag-*

mites et les *Pemphigus* de *Populus italica* qui soient fréquents. Je serais tenté d'attribuer la rareté des Aphides à la vitesse plus grande des vents qui entraînent les individus ailés au delà de la plante nourricière.

Très fréquentes, dans les dunes, sont les déformations dues à des Phytoptides : *Mentha aquatica*, *Lysimachia vulgaris*, *Jasione montana*, etc. Quoique les deux premières espèces soient encore plus fréquentes dans les polders que dans les dunes, je n'y ai jamais constaté la présence des parasites.

Pour le *Cecitomyia* qui provoque l'enroulement des feuilles de *Polygonum amphibium*, c'est le contraire qui se présente : la plante est attaquée dans les polders, non dans les dunes. Comme l'Insecte vit à la face inférieure des feuilles, celles qui flottent sur l'eau restent naturellement indemnes.

Il est intéressant de remarquer que les plantes des alluvions marines n'ont presque jamais à souffrir de parasites animaux. Je n'ai vu qu'une seule fois des plantes du schorre attaquées : en septembre 1907, les feuilles d'*Aster Tripolium*, à Nieuport, étaient fortement minées par une larve que je n'ai pas pu déterminer.

§ 4. — Les plantes.

A. — La lutte pour l'existence.

De tous les facteurs qui interviennent dans la localisation d'une espèce, et qui l'empêchent de s'étendre au delà de certaines limites et de coloniser de nouveaux territoires, l'un des plus importants est sans aucun doute la compétition qui s'établit inévitablement entre les divers occupants d'un sol.

Une guerre implacable, quoique sourde et peu apparente, sévit entre tous les individus d'une espèce et entre toutes les diverses espèces qui se touchent et s'enchevêtrent sur un même terrain. Songeons un instant à la multitude de graines de *Salicornia* ou de *Salsola* qui sont amenées par les courants et les marées sur 1 mètre carré de la surface d'un schorre. On les voit lever par milliers au prin-

temps, et les plantules sont serrées les unes contre les autres; mais la plupart meurent à peine nées, parce qu'elles ont eu la malchance de germer sous une feuille d'*Aster Trifolium*, ou au milieu d'une touffe trop serrée d'*Atropis maritima*, ou au fond d'un trou obscur laissé par la mort d'un rhizome de *Plantago maritima*... En d'autres endroits, les délicates petites plantes sont tellement pressées qu'elles s'écrasent les unes les autres, et que seules les plus rapides réussissent à s'élever au-dessus de leurs rivales.

Dans les dunes, même spectacle. Partout où le vent a creusé le sable et a découvert un espace encore vierge, on voit pousser en automne une foule innombrable de petites plantes hivernales : *Phleum arenarium*, *Cerastium semidecanarum*, *Silene conica*, *Draba verna*, *Myosotis hispida*, etc. L'espèce qui compte le plus d'individus en automne est d'habitude celle qui était très répandue dans les environs immédiats et dont les graines ont donc été amenées en plus grand nombre. Mais revenez à la même place au printemps, et presque toujours vous constatez que c'est une autre plante qui domine : une espèce qui était peu abondante en automne, et qui ne paraissait pas plus vigoureuse que les autres, a néanmoins réussi à supplanter ses concurrentes. Pourquoi? Est-ce parce que les conditions du terrain étaient défavorables aux autres? Nullement, car il suffit d'examiner un creux voisin, où le sable et l'exposition sont les mêmes qu'ici, pour voir que l'une ou l'autre des espèces qui ont succombé se développe très bien là-bas, pour peu que la rivale y fasse défaut. Ce n'est donc pas le sol ou le climat qui a éliminé ici certains végétaux, c'est la présence d'un concurrent mieux armé. Mais une nouvelle question se pose : que signifie « mieux armée »? Dans la majorité des cas, nous n'en savons rien. Nous n'avons aucune notion précise sur la raison pour laquelle, dans certains cas, c'est *Silene conica* qui triomphe, et ailleurs, *Phleum arenarium*. Ce sont sans doute de minimes différences dans la composition chimique du sol, dans son humidité, dans l'exposition à la lumière ou au vent... différences infinitésimales, que nous sommes incapables d'évaluer ou même d'apercevoir, mais qui sont néanmoins décisives pour faire pencher la balance en faveur de l'un ou de l'autre des combattants. Disons-

nous bien que la moindre faiblesse de la part d'un concurrent est immédiatement mise à profit par l'autre, que si l'un d'entre eux parvient, par exemple, à enfoncer ses racines vers l'endroit où se trouve la meilleure nourriture, il empêche ses rivaux d'utiliser celle-ci et il les affame définitivement ; il deviendra donc le plus fort, et il l'emportera dans la lutte. C'est là, en effet, la caractéristique de la concurrence vitale : tout avantage une fois acquis est définitif et décisif, et permettra à son possesseur de frapper de nouveaux coups et de remporter de nouvelles victoires.

1. Succession des espèces sur un même terrain. — Presque toujours, les détails du combat nous échappent et nous ne constatons que ses résultats. Tout au plus pouvons-nous après coup essayer de nous rendre compte des moyens qui ont été mis en œuvre par les vainqueurs. Voici un cas dont l'interprétation est assez facile.

Sur les surfaces vierges que le vent découvre dans les dunes en grande partie fixées, il n'y a aucune végétation pendant le premier été : c'est pendant l'hiver que le creusement a été opéré, et à cette époque les graines étaient déjà disséminées. Mais pendant l'été les graines arrivent : elles appartiennent aux petites plantes annuelles hivernales. Au deuxième printemps, il y a donc une foule de plantes en fleurs, qui donnent une abondance de graines. Pourtant au troisième printemps, c'est à peine si l'on retrouve encore quelques échantillons fleuris de ces espèces : des graines d'*Erodium cicutarium* ont été amenées par le vent et ont germé ; leurs feuilles s'étalent sur le sol et le couvrent, cependant que leurs racines se hâtent de pénétrer dans le sol et de l'exploiter dans tous les sens. Lorsque les graines laissées par les espèces annuelles germeront, les petites plantes seront étouffées sous les feuilles d'*Erodium* et leurs racines trouveront le sable déjà occupé en totalité. Pendant le troisième printemps et le troisième été, il n'y a donc guère que des individus fleuris de la Géraniacée. Mais le vent avait encore apporté d'autres semences, notamment des Graminacées, telles que *Festuca rubra*. Les plantules n'ont guère grandi la deuxième année, elles n'ont formé qu'une demi-douzaine de feuilles aciculaires

qu'on apercevait à peine au milieu de plantes à croissance plus rapide; mais de longues racines ont pénétré dans le sable, et un rhizome a commencé à courir à quelques centimètres sous la surface; de place en place, il produit de nouvelles racines, et dès la troisième année, il pousse vers le haut des touffes de feuilles plus longues et plus nombreuses que celles du début. Au bout de deux étés, les jeunes individus de *Festuca*, qui paraissaient d'abord si chétifs et si mal taillés pour la lutte, ont envahi le sable dans toutes les directions et l'ont rendu à peu près inaccessible à toutes les autres espèces, même aux *Erodium* : ceux-ci germent encore, mais ils restent maladifs; puis ils jaunissent et meurent sans avoir fleuri. La paix ne règne pas encore sur le lopin de sable. Le vent, infatigable disséminateur de végétaux, transporte sans cesse des Mousses, entre autres *Tortula ruraliformis*. Aussi longtemps que le sable était mal fixé et que chaque tempête modelait à nouveau sa surface, les Mousses n'avaient aucune chance de s'y établir. Mais à présent que les racines et les rhizomes de *Festuca* retiennent les grains de sable, et que ses feuilles brisent le vent, le terrain est devenu assez stable et les Mousses peuvent s'y implanter. Petit à petit elles s'étendent, et à mesure qu'elles couvrent le sol, on voit les *Festuca* languir et disparaître. La Mousse sécrète-t-elle un poison qui se répand dans le sol et va influencer les racines de la Graminée, ainsi qu'on pourrait le supposer, d'après les idées de M. WHITNEY et de ses collaborateurs, ou bien agit-elle simplement en empêchant la pénétration facile de l'air et de l'humidité? J'ignore la cause, mais les effets sont patents : l'envahissement de la dune par *Tortula ruraliformis* provoque le dépérissement des *Festuca*. La Mousse ne jouit pas longtemps de sa victoire. Avant même qu'elle ait réussi à vaincre les derniers *Festuca*, d'autres plantes sont arrivées : *Corynephorus canescens*, *Galium verum*, *Viola canina*, *Jasione montana*, *Hieracium umbellatum*, etc. Plusieurs de ces espèces, notamment les trois dernières, ont des feuilles grandes et larges ou bien des feuilles étalées sur le sol (phot. 75 et 81); dans l'un et dans l'autre cas, les Mousses sont mises à l'ombre et meurent. Toutefois, ce n'est pas de cette façon que finit d'habitude la domination des Mousses. Leur croissance serrée à la surface du

sol a imprimé à celle-ci une modification qui prépare fatalement leur défaite. Grâce à la fixation complète du sol, et sans doute aussi grâce aux petites quantités d'humus que les Mousses y abandonnent, les minuscules graines de *Salix repens* ont pu s'accrocher par leur aigrette et germer dans des conditions favorables. Lentement, très lentement, la jeune plante de Saule produit ses éventails de branches, qui s'étalent de plus en plus et tuent progressivement toutes les Mousses qu'elles recouvrent. Telle est la dernière phase de la lutte que se livrent les végétaux pour la possession de quelques mètres carrés de sable; à partir du moment où *Salix repens* s'est installé en maître sur le terrain, il ne se laisse plus disputer la place par personne; des *Hippophaës* pourront croître dans les endroits où les *Salix* ne sont pas assez serrés, des plantes annuelles et surtout bisannuelles, telles que *Senecio Jacobaea*, profiteront des parcelles qui restent libres, et où elles sont abritées contre les intempéries : jamais ces plantes n'attaqueront avec succès les grosses touffes de *Salix repens*.

La succession des phases telles que je viens de les décrire est celle qui se présente dans les dunes dépendant du Terrain expérimental du Jardin botanique, à Coxyde, où les Lapins n'existent qu'en nombre fort réduit. Ailleurs, ces Rongeurs agissent puissamment au profit de certaines espèces et au détriment d'autres; en outre, leurs galeries provoquent de fréquents éboulements et exposent les dunes à la destruction par le vent. Toute intervention de leur part trouble donc profondément la concurrence entre les espèces végétales. Nous avons déjà vu plus haut (p. 345) que dans les endroits où les Lapins abondent, le terrain est en fin de compte voué exclusivement à *Carex arenaria*.

Voici maintenant un autre exemple, où les stades successifs sont moins nombreux mais tout aussi intéressants.

Il arrive assez souvent sur le schorre de l'estuaire de l'Yser, à Nieuport, qu'on enlève la couche superficielle de terre avec la végétation qui la revêt. Les « gazons » ainsi obtenus servent à renforcer des digues. Aux endroits où ils ont été pris, il y a donc une large surface plane, ayant souvent une étendue d'un ou deux ares et qui est absolument privée de toute végétation. Dès l'année qui

suit la dénudation (lorsque celle-ci a été opérée en été), une abondante végétation envahit le terrain vierge; elle est composée surtout de *Suaeda* et de *Salicornia*. Quand on cherche attentivement, on trouve aussi des plantules d'*Atropis maritima*, de *Plantago maritima*, d'*Armeria*, de *Glaux*, etc. Déjà la deuxième année, les Salsolacées annuelles sont en décadence, tandis que les *Atropis* et les *Armeria*, qui conservent leurs feuilles pendant l'hiver et qui peuvent ainsi profiter de tous les beaux jours pour se développer et s'installer davantage, prennent une suprématie marquée. La deuxième année, les *Armeria* sont adultes et fleurissent. Pendant les années qui suivent, ils sont le plus souvent obligés de céder un peu de terrain aux *Atropis*, qui ne réussissent pourtant jamais à les supplanter complètement.

2. Localisation des espèces dans des stations strictement définies. — Il y a encore d'autres circonstances où le *struggle for life* entre les espèces végétales est tout à fait manifeste.

Ce sont celles où l'on voit qu'une espèce, ni très exigeante ni très délicate pourtant, est étroitement confinée à une station dont elle ne peut nulle part dépasser les limites. Et pourtant quels obstacles rencontrerait-elle en dehors de son habitat? Aucun, si ce n'est que d'autres végétaux sont déjà propriétaires du terrain et disputent âprement la place à l'immigrante. Citons des exemples.

Il y a quelques plantes qui ne se rencontrent que sur la plage au pied des dunes, ou sur la pente des dunes tournée vers la mer (phot. 6 à 9). Au premier abord, on s'imagine qu'elles ont besoin du sel marin que les vagues en déferlant abandonnent aux vents, ou bien qu'elles ne peuvent prospérer que sur un sable profondément remanié à chaque tempête. Une expérience toute simple démontre que ces hypothèses sont mal fondées: quand on sème les grains de *Cakile maritima* ou de *Salsola Kali* dans du sable vierge, à l'intérieur du pays, où le terrain reste donc en repos et ne reçoit pas de sel, on obtient des individus pour le moins aussi vigoureux que ceux de la plage.

Il en est exactement de même des plantes de la slikke et du schorre. On a une tendance à supposer que ces espèces sont liées

aux vases saumâtres. puisque jamais on ne le trouve ailleurs. Et pourtant, dans tous les Jardins botaniques, on obtient de florissants *Suaeda maritima*, *Triglochin maritima*, *Aster Tripolium*, *Armeria maritima*, etc., qu'on cultive simplement sur les plates-bandes du jardin.

Quelle différence y a-t-il donc entre le développement spontané et la culture intentionnelle d'une même espèce ? Uniquement celle-ci : dans la nature, l'espèce est en conflit perpétuel avec toutes ses voisines, qui sont autant de concurrentes redoutables ; dans le jardin botanique, au contraire, on supprime sans répit les rivales ; dès qu'une « mauvaise herbe » lève sur l'emplacement réservé à chaque espèce, le jardinier l'arrache soigneusement et il laisse le champ libre à la plante qu'il cultive.

Ainsi donc le fait qu'une plante, qui est strictement localisée à une certaine station, peut néanmoins vivre très bien ailleurs, lorsqu'on la débarrasse de la compétition des autres plantes, montre qu'il ne s'agit pas dans ces cas d'une adaptation étroite à un certain milieu, mais d'une incapacité de la plante à soutenir la lutte pour l'existence : elle ne réussit à vivre que dans les endroits où ses rivales ne peuvent pas la suivre. En d'autres termes, les espèces qui sont localisées sur les alluvions salées n'ont pas besoin de sel, mais elles le supportent mieux que d'autres. Nous avons déjà vu plus haut (p. 317) que c'est de la même façon qu'on explique la soi-disant adaptation des végétaux au calcaire.

Voici un autre exemple du même genre. Dans tous les pays, *Scirpus triquetus* est spécial aux rivières à marées, dans la portion qui n'est pas atteinte par les eaux salées (phot. 119) ; et, même là, il est localisé à la partie de la berge qui est soumise au flux et au reflux. Très peu de Phanérogames descendent aussi bas que lui ; *Phragmites*, *Scirpus lacustris*, *S. maritimus* et *Eleocharis palustris* sont à peu près les seules qui l'accompagnent ; encore ces autres espèces y sont-elles moins vigoureuses qu'un peu plus haut. Pour cette plante-ci encore, on serait tenté de croire qu'elle a absolument besoin de vivre dans une eau renouvelée deux fois par jour lors des marées. Erreur : on la cultive facilement dans les jardins botaniques, en la mettant simplement dans une cuvette

ou un bassin. Mais il faut avoir soin de la défendre contre les autres espèces.

C'est aussi la concurrence vitale qui nous permet de comprendre l'influence que de petites différences dans l'humidité exercent sur la distribution des plantes. Un cas très frappant est celui qui est figuré dans la photographie 105 faite sur le schorre de Nieuport. Dans la moitié de gauche, le terrain est situé à environ 10 centimètres plus bas qu'à droite; à gauche, il y a presque exclusivement des *Armeria*; à droite, presque exclusivement des *Atropis*. Ceux-ci sont-ils donc incapables de descendre au niveau des *Armeria*? Nullement; ils peuvent même coloniser des espaces situés encore plus bas, où ils sont alors en mélange avec *Salicornia* et *Suaeda* (phot. 102, 103, 104, 106), mais où les *Armeria* ne croissent plus d'une manière aussi active. Serait-ce alors *Armeria* qui ne peut pas s'élever au delà de la zone où nous le voyons? Pas davantage; car *Armeria* est l'une des rares plantes du schorre qui peut sortir de ce district: il est encore abondant à la limite supérieure du schorre et empiète même sur la dune; d'ailleurs, chacun sait que cette espèce se retrouve sur les terrains calaminaires, bien loin du littoral, et qu'elle est aussi le « gazon d'Olympe » avec lequel on fait des bordures dans les jardins d'agrément.

L'explication paraît être la suivante :

Le conflit entre *Atropis* et *Armeria* est tellement vif que les deux espèces ne sont jamais en équilibre l'une vis-à-vis de l'autre: il y en a toujours une qui prédomine et qui tend à chasser l'autre. Sur les parties les plus basses du schorre (phot. 106), c'est *Atropis* qui remporte la victoire; un peu plus haut (à gauche de la photographie 105), c'est *Armeria*; si l'on monte encore de quelques centimètres, c'est de nouveau *Atropis*; tout en haut, où *Atropis* reste souffreteux, il y a encore une fois prédominance d'*Armeria*. Cette localisation étroite se remarque aussi sur les buttes qui s'élèvent sur le schorre dans sa partie basse et dans les creux de la partie haute. Tout à fait en bas, chaque petit monticule est garni d'*Armeria*. S'il est un peu plus haut, on y reconnaît trois zones superposées, n'ayant parfois chacune que 15 ou 20 centimètres de hauteur verticale: en bas, *Atropis*, *Salicornia*, *Suaeda*; plus haut, *Armeria*; tout en haut,

Atropis seul. Non loin de la limite supérieure des alluvions marines, où *Armeria* est de nouveau abondant, mais en mélange avec des espèces qui ne descendent jamais sur le schorre proprement dit (*Juncus Gerardi*, *Plantago Coronopus*, *Agropyrum acutum*), tous les creux montrent une végétation essentiellement autre, composée en majorité d'*Atropis*. C'est en juin, quand *Armeria* est en fleur, que ces localisations sont le plus nettes.

Contentons-nous de ces exemples; nous en rencontrerons d'ailleurs de très démonstratifs dans la description des diverses associations.

B. — L'absence d'ombre sur le littoral.

Il n'y a pas seulement entre les végétaux des adaptations adverses; les exemples abondent d'espèces qui ne peuvent vivre que dans le voisinage ou, plus exactement, à l'ombre d'autres espèces. Il en est ainsi notamment pour de fort nombreuses plantes du sous-bois qui sont inaptes à se développer normalement dans les endroits trop éclairés. Or, dans les districts littoraux et alluviaux, il n'y a nulle part de bois de quelque étendue formé de grands arbres; tout au plus les dunes renferment-elles çà et là des taillis ou des petites pineraies. On ne peut donc pas s'attendre à ce qu'il y ait des plantes de sous-bois dans les districts étudiés. Les espèces qu'on pourrait appeler « sylvicoles obligatoires » ne sont pas du tout représentées; ce sont par exemple : *Athyrium Filix-femina*, *Aspidium Filix-mas*, *Carex remota*, *Convallaria majalis*, *Adoxa Moschatellina*, *Rubus Idaeus*, etc., qui ne se rencontrent jamais que dans les bois, mais qui sont fréquentes partout ailleurs en Belgique. Quant aux « sylvicoles facultatives » qui vivent le plus souvent à l'ombre, mais qui peuvent habiter aussi les endroits ensoleillés pourvu qu'ils soient assez humides, on les trouve sur les digues plantées d'arbres, dans les polders, par exemple *Ranunculus Ficaria*, *Cardamine amara*, et dans les bosquets des pannes, à l'abri des *Salix repens* et des *Hippophaës*, par exemple *Pyrola rotundifolia*, *Lithospermum officinale*, *Carex panicea*.

C. — *La symbiose mutualiste.*

Il y a encore d'autres végétaux qui ont besoin du concours d'un organisme étranger. Telles sont notamment les plantes à mycorhizes, dont nous avons déjà parlé (p. 330), et les Papilionacées. Les premières donnent asile, dans les racines, à des Champignons qui remplissent sans doute un rôle important dans leur nutrition. Nous avons déjà vu quelle est leur distribution. Quant aux Légumineuses, on sait que leurs racines portent des nodosités habitées par une Bactérie, *Rhizobium Leguminosarum*, qui a la faculté de fixer l'azote atmosphérique. Il est curieux de voir qu'il n'y a pas une seule Papilionacée sur les alluvions marines ni sur les alluvions fluviales.

D. — *Les plantes-compagnes.*

Hippophaës porte toujours sur les racines des nodosités qui ressemblent quelque peu à celles des Légumineuses, mais dont la signification éthologique n'est pas élucidée. Toutefois, on a émis l'idée que les hôtes de ces nodosités auraient la faculté soit d'assimiler l'azote gazeux, soit de faciliter de quelque autre façon la nutrition de l'Argousier. M. DE BRUYNE (1905, 1906), qui admet cette intervention bienfaisante de l'organisme habitant les racines d'*Hippophaës*, suppose aussi que la présence de l'Argousier en un point déterminé de la dune peut y améliorer les conditions d'existence pour d'autres espèces. D'après lui, *Ligustrum vulgare* (Troène) et *Sambucus nigra* (Sureau) ne se rencontrent jamais dans les dunes qu'aux endroits qui sont habités, ou qui ont été habités récemment par *Hippophaës*; ce seraient donc des plantes compagnes de l'Argousier.

E. — *Les plantes parasites.*

De même que pour les animaux parasites, je pense qu'il serait sans intérêt d'énumérer les Champignons parasites des diverses plantes habitant les districts littoraux et alluviaux. On trouvera

d'ailleurs dans la *liste des associations* les parasites des plantes des dunes et des polders littoraux.

Il y a quelques-uns de ces Champignons qui méritent une mention spéciale. Ce sont ceux qui, tout en parasitant une espèce répandue dans tous les districts, l'attaquent plus activement dans certaines stations. Ainsi *Phytophthora infestans* ravage beaucoup plus les Pommes de terre dans les polders que dans les dunes, ce qui tient sans doute à l'humidité plus grande du sol des polders. Au contraire, *Taphrina aurea*, qui est relativement rare sur les feuilles de *Populus monilifera* des polders, infeste très fortement le même Peuplier dans les dunes, à tel point que beaucoup de feuilles sont ondulées sur toute leur surface. C'est sans doute la plus grande vigueur des Peupliers dans les polders qui les préserve de l'attaque; ce qui tend à le faire supposer, c'est que les feuilles des fortes pousses qui naissent après recépage restent également indemnes dans les dunes.

Un mot sur les Phanérogames parasites. *Thesium humifusum* ne s'écarte jamais des dunes, quoiqu'il puisse rencontrer aussi dans les polders les *Galium*, *Ononis*, etc., qu'il parasite d'habitude. *Viscum album* n'a jamais été signalé dans les districts littoraux et alluviaux. Parmi les Cuscutées, je n'ai jamais vu que *Cuscuta Epithymum* dans un champ de Trèfle. On ne cultive le Trèfle que dans les polders. Il est parfois attaqué à tel point par *Orobanche minor*, que la récolte est insignifiante et qu'on doit labourer le champ.

CHAPITRE III.

LES ASSOCIATIONS VÉGÉTALES.

LES RAPPORTS DE L'ÉTHOLOGIE ET DE LA GÉOBOTANIQUE.

Dans le chapitre précédent, j'ai essayé d'exposer les conditions d'existence dans les districts alluviaux et littoraux, ainsi que l'action directe de ces conditions sur la flore, et la façon dont les végétaux s'y adaptent à elles. Sauf pour le climat, le milieu est très différent d'un district à l'autre; encore est-il juste d'ajouter que le climat, tout en étant sensiblement le même partout, agit différemment sur les plantes suivant que celles-ci habitent un sol compact ou un sol meuble et que, par exemple, leurs façons d'hiverner, puis de revenir à la surface au printemps varient avec les districts.

Ce chapitre-ci sera consacré à l'étude des associations qui occupent les diverses stations des districts littoraux et alluviaux. J'entends par « association ⁽¹⁾ », l'ensemble des espèces végétales qui sont adaptées aux mêmes conditions d'existence et qui vivent donc en mélange dans une station, c'est-à-dire dans l'endroit où ces conditions d'existence sont réalisées.

On constate aisément que sur un territoire restreint, soumis au même climat et composé du même sol, les conditions ne sont pourtant pas identiques partout : ici la présence d'arbres ou de grands arbustes crée de l'ombre et permet à certaines plantes de s'installer; là le terrain est en déclivité et la pente est exposée à une lumière plus forte, ou à des averses plus copieuses, ou à des vents plus violents; ailleurs le sol se creuse et le fond de la dépres-

(1) Je renonce au mot *formation*, qui est souvent employé, mais qui prête à confusion.

sion nourrit une végétation qui a besoin de beaucoup d'humidité ; plus loin, une espèce envahissante a pris pied, et à mesure qu'elle s'étend détruit toutes ses voisines, sauf les quelques rares plantes qui peuvent s'accommoder de vivre avec elle. Notons aussi que la flore n'est pas la même pour toutes les saisons : telle plante qui est complètement développée en plein été, n'existait pas encore l'hiver précédent ou était engourdie ; par contre, d'autres, qui ne jouent aucun rôle en été, s'épanouissent en hiver et au printemps.

On comprend donc que la flore soit éminemment variable d'un point à l'autre, même sur un terrain aussi uniforme en apparence que l'est le district des dunes littorales ou celui des polders argileux. Il nous serait impossible, dès à présent, de démêler tous les facteurs qui interviennent, successivement ou simultanément, pour donner à chaque association végétale son cachet propre. Dans le chapitre précédent, nous avons dû nous contenter d'indiquer d'une façon succincte les principales adaptations des plantes vis-à-vis des nécessités du monde extérieur ; mais il reste certainement beaucoup de faits éthologiques que nous ne soupçonnons pas, quoique leur intervention soit peut-être décisive dans le conflit qui se termine par la prépondérance de telles espèces et l'élimination de telles autres. Et parmi les adaptations que nous connaissons, — sinon dans leurs détails, au moins d'une manière globale, — combien n'y en a-t-il pas dont l'importance réelle risque d'être mal appréciée ? Qui donc oserait affirmer que la faculté de produire des mycorhizes assure ou n'assure pas aux végétaux un avantage considérable pour l'exploitation du sol ? Si les idées de M. WHITNEY (voir p. 305) au sujet de la fertilité du sol arable se vérifient, il est certain qu'elles vont avoir leur répercussion sur la géographie botanique et que nous devons remanier nos idées au sujet de l'adaptation des plantes aux qualités du sol.

Enfin, il y a de nombreux phénomènes qui n'ont pas été étudiés dans leurs relations avec la géographie botanique. Ainsi, on ne s'est guère occupé des curieuses adaptations que présente la germination des Phanérogames ; il est pourtant probable qu'elles expliqueraient l'absence ou la présence de certaines espèces dans une station donnée.

L'application de l'éthologie à la géobotanique se heurte encore à d'autres difficultés. Il y a sans aucun doute de nombreuses adaptations qui n'ont pas été acquises actuellement, mais que la plante a héritées de ses ancêtres et qu'elle a conservées telles qu'elles. Nous avons déjà rencontré l'un de ces cas : il ne semble pas que l'*Asparagus* de notre côte ait acquis chez nous ses cladodes ; il paraît plus probable qu'il les a reçus d'un ancêtre ayant vécu ailleurs (voir p. 292). De même, *Ranunculus Ficaria* produit des fleurs qui ne lui servent à rien, puisqu'elles ne donnent jamais de bonnes graines, mais que la plante continue à former, par tradition, pourrait-on dire. Ces exemples, que l'on pourrait multiplier sans peine, nous enseignent la prudence dans l'interprétation de l'éthologie.

Ajoutons encore un dernier point, que nous avons déjà touché plus haut. Il y a dans chaque endroit, non seulement la végétation la mieux adaptée à l'habiter au moment actuel, mais aussi les reliques de celle qui y vivait auparavant lorsque le milieu était plus ou moins différent de ce qu'il est maintenant. Ainsi pendant les années où le niveau de la nappe aquifère baisse dans les dunes, les plantes des pannes doivent subir un déplacement correspondant (p. 343). Seulement, les mouvements rapides à la poursuite de l'eau ne sont possibles que pour les espèces annuelles, produisant d'innombrables graines. Quant aux espèces vivaces, elles doivent rester aux points initiaux et vivoter là en attendant le retour d'une humidité plus favorable. On voit pendant les années sèches, les *Pyrola rotundifolia*, *Herminium Monorchis*, *Parnassia palustris*, etc., tout petits et incapables de fleurir, se maintenir tant bien que mal dans un sol trop pauvre en eau et où certainement ils ne pourraient pas s'installer à partir de la graine. De même, dans les polders, plusieurs espèces des schorres se sont conservées sur des territoires dont l'endiguement définitif est relativement récent : ainsi *Aster Tripolium* est encore abondant le long du Groote Keygnaert kreek (dans le polder de Snaeskerke) et au bord de plusieurs étangs du nord de la Flandre, aux environs de Sint-Jan-in-Eremo. Ces cas, et beaucoup d'autres analogues, ne peuvent être compris que si l'on connaît l'histoire de ces endroits.

Toutefois les incertitudes et les lacunes de nos connaissances

éthologiques ne doivent pas nous empêcher de tendre vers l'explication complète des relations, multiples et souvent peu apparentes, qui unissent les espèces d'une même station les unes aux autres et qui les mettent toutes sous la dépendance du milieu propre à cette station. De plus en plus, au contraire, nous devons nous efforcer de débrouiller l'inextricable écheveau de causes qui agissent, chacune avec une valeur déterminée et au moment voulu, pour établir l'adaptation de chaque espèce aux conditions qu'elle rencontre dans la station étudiée. D'importants travaux généraux ont été consacrés à décrire les adaptations des végétaux au climat, au sol, etc., dans les principales régions de la Terre. On peut citer en toute première ligne les admirables livres de SCHIMPER (1898) et de M. WARMING (1902), le dernier s'occupant plus spécialement de définir les associations et d'indiquer leurs caractères. Mais ces ouvrages d'ensemble, qui embrassent la végétation de toute la Terre, ne peuvent évidemment pas entrer dans le détail; et c'est aux botanistes qui étudient chacun leur propre pays à faire connaître d'une façon complète les adaptations des végétaux peuplant les divers territoires.

De même que la botanique descriptive a dû renoncer à définir chaque espèce par une courte diagnose — qui est insuffisante à donner un coup d'œil d'ensemble de la plante — et qu'elle doit faire la description complète et détaillée de toutes les particularités, de même la géographie botanique en arrivera fatalement à faire entrer dans la description de chaque association non pas seulement les traits généraux, — qui d'ailleurs ne sont pas toujours assez nettement tranchés et qu'on est alors amené à forcer un peu, — mais tout l'ensemble des adaptations de ces végétaux. En d'autres termes, tous les faits éthologiques ont leur valeur pour la géographie botanique, tous se reflètent dans la composition et dans la physionomie des associations.

Pour atteindre cet idéal, encore fort éloigné, hélas ! il faut commencer par faire l'inventaire de l'éthologie de chaque espèce. C'est ce que représente la « liste éthologique », dans laquelle j'ai essayé de réunir toutes les adaptations, même celles dont les applications géobotaniques ne sont pas du tout manifestes jusqu'à présent.

Je me rends fort bien compte de l'insuffisance du tableau qui a été dressé; les lacunes y sont nombreuses; mais elles pourront être comblées sans trop de peine par des observations ultérieures.

CLASSIFICATION DES DISTRICTS LITTORAUX ET ALLUVIAUX.

Nous avons déjà indiqué plus haut (p. 202) les limites générales des divers districts géobotaniques du littoral et de la plaine alluviale de la basse Belgique. Nous les préciserons davantage à propos de chaque district. Dans le chapitre précédent, nous avons aussi défini les principales conditions d'existence; la conclusion générale de cette étude est que c'est surtout par le sol que les districts considérés se différencient. On pourrait donc les classer soit d'après la nature lithologique du sol, soit d'après son origine géologique.

Au point de vue de la composition du sol, les districts littoraux et alluviaux se rangent en deux catégories bien tranchées: ceux dont la terre est formée de sable, qui sont les dunes littorales et les polders sableux (sable à *Cardium*), et ceux où il y a de l'argile presque pure, c'est-à-dire les alluvions marines, les alluvions fluviales et les polders proprement dits.

A ces différences dans la constitution physique s'en ajoutent d'autres qui sont d'ordre chimique. Dans les dunes et sur le sable à *Cardium*, les plantes ne produisent chaque année que des pousses courtes et assez chétives, de telle sorte que leur accroissement est fort lent; dans les polders et sur les alluvions fluviales, la croissance est au contraire extraordinairement vigoureuse. Cette différence dans la production de matière par les végétaux correspond naturellement à la difficulté plus ou moins grande qu'ils éprouvent à se procurer des aliments.

On peut classer les dunes et les polders sablonneux avec les associations que M. GRAEBNER (1903) appelle les formations ⁽¹⁾ à sol pauvre en aliments, tandis que les polders et les alluvions

(1) Voir la note au bas de la page 362.

fluviales feraient partie des formations à sol riche en aliments. Quant aux alluvions marines, elles appartiendraient aussi à cette dernière catégorie; seulement il y a en elles un facteur, la présence de chlorure de sodium en solution concentrée, qui empêche l'absorption facile des sels alimentaires par la plante, de telle sorte que malgré l'abondance de substances nutritives, la végétation y reste assez souffreteuse ⁽¹⁾.

Je m'empresse d'ajouter qu'en classant les districts littoraux et alluviaux d'après les matières nutritives, je n'entends nullement attaquer les idées de M. WHITNEY. Il est, en effet, possible que dans les dunes et le sable à *Cardium* il y ait des sels assimilables en quantité suffisante, mais que la présence de substances toxiques, excrétées par certains végétaux, affaiblisse d'autres espèces, ou s'oppose à l'absorption par celles-ci des aliments contenus dans le sol ⁽²⁾; il y aurait là quelque chose d'analogue à ce qui a lieu sur les alluvions marines pour le chlorure de sodium.

On peut aussi classer les districts considérés d'après l'origine géologique du sol. Dans les polders argileux, le terrain qui est soustrait aux inondations de la marée depuis la construction des digues, est absolument stable et ne subit d'autres changements de configuration que ceux que lui imprime l'Homme. Les polders sablonneux, formés de sable à *Cardium*, sont également stables, sauf dans les quelques points qui portent des dunes.

Les autres districts, au contraire, sont soumis à des remaniements incessants. Dans les alluvions marines et les alluvions fluviales, la sédimentation se continue sous nos yeux; dans les dunes, chaque tempête modifie plus ou moins le modelé des monticules de sable.

⁽¹⁾ M. GRAEBNER (1903) fait des « formations » croissant sur un sol salé une catégorie spéciale qu'il oppose aux formations à sol pauvre et aux formations à sol riche. Je ne vois pas les raisons pour lesquelles il établit cette distinction.

M. RAMANN (1905, p. 412), qui divise également les sols suivant leur richesse en aliments, classe les sols salés dans la catégorie des sols riches.

⁽²⁾ Nous verrons plus loin qu'il y a des objections à cette hypothèse.

Nous suivrons, dans l'étude des associations, l'ordre suivant : 1° district des dunes littorales ; 2° district des alluvions marines ; 3° district des alluvions fluviales ; 4° district des polders argileux ; 5° district des polders sablonneux.

§ 1. — District des dunes littorales.

I. — LIMITES.

Les limites des dunes ne sont pas toujours aussi précises qu'on les imaginerait. Du côté de la mer, il ne peut y avoir aucune hésitation : les dunes se continuent directement avec la plage et celle-ci fait donc partie du district que nous envisageons en ce moment (*). A Westende et près du Coq (voir carte 1, hors texte), les dunes se continuent avec le sable à *Cardium* ; lorsque celui-ci est également soulevé en dunes, comme c'est le cas à Westende, il devient fort difficile d'établir une démarcation précise entre les deux terrains. (Voir carte 2, B et C [hors texte], et fig. 12, p. 193.)

A Knocke se présente une difficulté d'un autre ordre. La grande plaine comprise entre le Kleyne Vlakte et la Digue Internationale, au nord de l'ancien fort Saint-Paul (voir carte 4, C), dont l'altitude moyenne n'est que d'environ 5 mètres, et sur laquelle ne s'élèvent nulle part de vraies dunes, est endiguée depuis 1872 seulement ; jusqu'à ce moment, elle était livrée aux incursions périodiques de la mer (voir fig. 16, p. 202). Mais anciennement (voir fig. 15, p. 201), ce même territoire était constitué par des dunes. Celles-ci avaient

(*) Je ne tiens pas compte dans ce travail des quelques stations artificielles d'Algues marines et de lichens qui ont été établies soit sur la plage (brise-lames, épis, etc.) ou à l'entrée des ports (estacades), ni des flaques qui persistent sur la plage à marée basse et dans lesquelles croissent des Diatomées et parfois quelques Flagellates du Plancton marin. Ces associations seront traitées avec tous les développements nécessaires dans le travail de M^{lle} WERY qui paraît dans ce même volume du *Recueil*. Pourtant j'ai cru utile, afin de donner un coup d'œil d'ensemble de toutes les associations littorales et alluviales, de mettre en tête des planches photographiques quelques vues d'estacades et de flaques (phot. 1 à 5).

été simplement aplanies par les eaux marines et le sol est encore maintenant constitué de sable à peu près pur. Dans les tableaux *H, I, J* (p. 308, ss.), cette terre a été considérée comme un polder sablonneux (de sable à *Cardium*) plus récent que les autres polders sablonneux.

A l'autre extrémité du littoral se présente une nouvelle cause d'imprécision. J'ai déjà indiqué ce fait, qu'il existe dans les dunes de La Panne une enclave qui pourrait bien être un îlot flandrien n'ayant pas été atteint par l'inondation poldérienne (p. 187). Or, immédiatement au sud de cet îlot, mais séparé de lui par des dunes typiques, puis par des polders argileux, il y a une bande de dunes, entourées de toutes parts de polders argileux, qui s'étendent depuis Ghyselde (en France) jusqu'à Adinkerke, en Belgique, sur une longueur d'environ 5 kilomètres (voir carte 4, B). D'après M. BLANCHARD (1906, p. 148), cette ligne de dunes serait aussi d'origine flandrienne. Comme leur végétation actuelle ressemble beaucoup à celle du sable à *Cardium*, je réunis ces dunes internes ⁽¹⁾ aux polders sablonneux.

II. — AGE DES DUNES.

Il est probable que le littoral de notre pays était déjà bordé de dunes à l'époque où florissait la grande forêt marécageuse occupant toute la Basse-Belgique. Or, nous savons que dans les temps préhistoriques, le pays était plus étendu qu'il ne l'est maintenant (voir p. 183) et que le littoral dépassait le littoral actuel.

Lorsque le sol s'affaissa, les eaux de la mer et des fleuves se répandirent sur la plaine basse derrière les dunes, y détruisirent la végétation marécageuse qui se transforma en tourbe, et déposèrent par-dessus celle-ci une couche d'argile (p. 186). En même temps, la terre ferme reculait devant la mer du Nord et les dunes suivaient naturellement ce mouvement de retrait : chaque fois

(1) Il n'y a nulle part en Belgique de dunes internes analogues aux *Binnen-duinen* qui se rencontrent en beaucoup d'endroits du littoral hollandais, par exemple près de La Haye et près de Haarlem.

que la bordure des dunes était rasée par les flots, une autre rangée de monticules de sable se construisait en arrière de la première, au bord de la nouvelle plage. Seulement, alors que les toutes premières dunes étaient posées directement sur le sol flandrien, les suivantes se formèrent dans des endroits qui avaient déjà été envahis par les eaux saumâtres et où existait donc un lit d'argile; d'où le fait que sous les dunes il y a partout une couche imperméable.

Le recul de la terre cessa au IX^e siècle; non parce que l'affaissement du sol s'arrêta, mais parce que l'Homme réussit alors à construire des digues suffisamment fortes pour résister aux vagues. A partir de ce moment, les dunes étaient plus stables, et on peut affirmer que depuis le XI^e siècle elles occupent sensiblement leur situation actuelle (p. 190).

Mais il ne faut pas croire que toutes nos dunes datent du XI^e siècle. Sous l'action des vents d'W. et de NW., le sable est sans cesse refoulé vers l'intérieur, et à chaque tempête une nouvelle couche siliceuse va recouvrir les polders voisins des dunes. Cette progression, tantôt rapide quand les tempêtes sont violentes et que le sable est sec, tantôt lente lorsque des années calmes et pluvieuses se succèdent, se poursuit depuis toujours; les dunes les plus rapprochées de l'intérieur sont donc, en règle générale, plus récentes que les autres.

Voici quelques données historiques relatives aux dunes de Coxyde. Une carte du comté de Flandre, dressée en 1741 par FRICX, et que j'ai pu consulter au musée Merghelynck, à Ypres, indique des bois à Coxis (= Coxyde) entre l'église et l'Abbaye des Dunes. Or, l'église occupait à cette époque à peu près la même situation que maintenant, et les ruines de l'Abbaye des Dunes se trouvent près de l'endroit indiqué sur la carte 2,A : « Kappel van den Z. Idesbaldus ». Une autre carte, celle de BRACHÉRY, qui date de 1782, et qui est également conservée au musée Merghelynck, ne mentionne plus de bois en cet endroit. Il est donc probable que l'ensevelissement des arbres sous le sable et la création de ces dunes, maintenant hautes d'une quinzaine de mètres, sont postérieurs à 1744.

Lorsqu'en 1901 le Jardin botanique de l'État de Bruxelles établit un Terrain expérimental dans les dunes de Coxyde, non loin du village, le creusement d'une mare amena la découverte d'un ancien sol cultivé en dessous de la dune actuelle, et les ouvriers ramassèrent plusieurs liards de France, datant du règne de Louis XV (vers 1750).

Comme on le voit, ce fait est d'accord avec les indications des cartes. Ajoutons encore que les Peupliers (*Populus monilifera*), qui habitent les dunes proches des polders à Coxyde, ne sont pas du tout des buissons, comme on pourrait le supposer (phot. 85, 123), mais des arbres dont le tronc est enfoui dans le sable; on s'explique ainsi pourquoi ces Peupliers sont si bien venants, alors que partout ailleurs dans les dunes ils restent fort chétifs; c'est parce que ceux de Coxyde puisent leur nourriture non dans le sable de la dune, mais dans l'argile sous-jacente.

A Coxyde, ce ne sont pas seulement les dunes bordant les polders qui sont récentes; celles qui bordent la plage sont également plus neuves que celles qui occupent le milieu. Pendant les mois d'août et septembre 1907, M. PAUL JACQUES, ingénieur, a déterminé avec précision, à l'aide d'un théodolite, le niveau de plusieurs grandes fosses qui se trouvent entre les dunes proches de la plage à La Panne, à Coxyde et à Oostduinkerke. Il a constaté qu'elles sont sensiblement au niveau de la plage actuelle. Or, ces fosses renferment de nombreux ossements, des galets de tourbe, des pierres (notamment des morceaux de granit), des poteries du moyen âge et d'autres objets trop pesants pour que le vent ait pu les y apporter. La présence de ces corps, d'ailleurs identiques à ceux qu'on ramasse sur la plage, s'explique aisément si l'on admet que les creux sont des restes d'anciennes plages qui ont été ensevelies sous les dunes. Il semble au premier abord que ceci soit en contradiction avec ce que nous savons au sujet de l'affaissement du littoral. En réalité, le littoral descend à Coxyde comme ailleurs; seulement les courants marins apportent ici du sable qui se dépose sur la plage et qui, pendant les tempêtes d'W. et de NW., va s'accumuler en petites dunes au delà des atteintes des vagues. On voit naître nettement de nouvelles dunes en avant du bour-

relet plus ancien (phot. 7 à 12), dans toute la partie du littoral comprise entre la frontière française et Lombartzyde. Au delà de ce point, c'est-à-dire depuis Westende jusqu'à la frontière néerlandaise, c'est le contraire qui a lieu : les courants rongent la côte et enlèvent du sable. Dans toute la portion orientale de la côte, les dunes sont donc constamment entamées par la mer, et on est obligé de les protéger (phot. 13 et 14). Alors qu'à Coxyde il y a dans les pannes entre les hautes dunes, des plages fossiles, à Wenduïne, il y a sur la plage, des pannes fossiles.

En résumé, les dunes les plus anciennes ne datent que du IX^e, X^e ou XI^e siècle. Mais il y a sans doute partout, le long de la limite des dunes et des polders, des monticules d'âge plus récent. De plus, il y a aussi une ou plusieurs rangées de dunes jeunes près de la plage, dans la partie de la côte comprise entre la frontière française et Lombartzyde. Vers l'E., au contraire, les dunes anciennes sont directement battues par les flots et elles s'effriteraient rapidement si l'Homme n'avait pas soin de les défendre.

III. — NATURE DU SOL.

Les dunes sont constituées de sable siliceux qui est à peu près le même partout. Entre les grains du sable, l'eau filtre très facilement; les aliments minéraux sont peu abondants et ils ne sont retenus par rien; les coquillages transportés par le vent amènent dans les dunes du calcaire; l'embrun des vagues y arrive et y apporte du chlorure de sodium. Examinons successivement ces divers points.

A. — *Circulation de l'eau.*

Les dunes reposent sur un lit imperméable d'argile. L'eau qui passe à travers le sable gagne rapidement les couches inférieures, et la capillarité étant faible, le liquide ne remonte pas bien haut vers la surface. Il résulte de ces faits que les creux suffisamment profonds renferment des mares, que les creux moins profonds restent néanmoins humides, et que les monticules, même les plus petits,

sont très secs en été. Or, comme ces derniers couvrent dans les dunes littorales une étendue considérable, le district dans son ensemble possède donc une flore nettement xénophile.

B. — *Insuffisance des aliments.*

Ce n'est pas seulement le manque d'eau qui empêche la croissance vigoureuse des plantes de la dune, car même dans les fonds humides la végétation reste rabougrie.

Il ne semble pas qu'on puisse incriminer l'empoisonnement du sol par des substances qu'excréteraient les racines, ainsi que l'admet la théorie de M. WHITNEY.

D'après les auteurs américains, les poisons passent lentement dans le sous-sol ; comme toutes les terres qu'ils ont étudiées sont assez compactes, la circulation de l'eau y est lente et les substances toxiques peuvent donc s'y accumuler. C'est la richesse en poisons qui, d'après eux, rend la terre profonde inapte à nourrir les végétaux. Or, dans les dunes, on constate aisément que le sous-sol est plus fertile que le sable superficiel.

Ce n'est pas non plus, à mon avis, la présence de matières toxiques qui peut rendre compte de la pauvreté de la végétation des pannes, car là aussi, les poisons seraient bientôt enlevés. Nous savons, en effet, par l'exemple des variations de niveau des mares (p. 340), que l'eau filtre rapidement à travers le sable, même quand il est légèrement chargé d'humus comme celui des pannes. D'autre part, il est peu probable que les poisons soient retenus par l'humus du sous-sol, car dans les pannes, tout comme sur les monticules, le sous-sol est beaucoup plus fertile que le sol superficiel (1).

Je crois donc pouvoir conclure que si la théorie de M. WHITNEY est exacte en ce qui concerne les terres arables habituelles (ce qui est fort possible), elle n'est pas applicable aux dunes, et que le

(1) Ainsi, quand on a creusé en 1902 la mare du Terrain expérimental, le sable noirci par l'humus, qui était extrait de la profondeur, fut jeté dans la panne voisine : pendant quelques mois la végétation crût avec une vigueur inaccoutumée.

rabougrissement de la végétation, qui est si frappant dans les sables littoraux, doit être attribué au manque d'aliments.

Pour se rendre compte des qualités d'un terrain, il vaut peut-être mieux y planter des espèces étrangères, dont les exigences nutritives sont bien connues, que de se contenter d'étudier uniquement la flore spontanée : les espèces introduites, moins bien adaptées à ce genre de terrain, manifesteront plus vivement les difficultés qu'elles rencontrent à s'y installer et à y soutenir la concurrence vitale.

Des expériences de ce genre sont fréquentes dans les dunes. Il y a d'abord les champs cultivés des pannes, dans lesquels, malgré une fumure abondante, il est pratiquement impossible d'obtenir autre chose que le Seigle et la Pomme de terre, dont les exigences minimales sont bien connues. En fait d'arbres et d'arbustes, on n'a réussi à introduire que les espèces dont les besoins alimentaires sont faibles et qui prospèrent même sur de mauvaises terres : *Alnus glutinosa* (Aune ordinaire) (phot. 64), *Alnus incana* (Aune blanc), *Pinus sylvestris* (phot. 87 à 90), *P. Pinaster* (Pin maritime) (phot. 21 et 32). Quant aux *Populus monilifera* (phot. 61 et 62) et *P. alba*, ils ne prospèrent qu'au voisinage immédiat des champs et le long des fossés qui les limitent. Ceux qu'on plante ailleurs, par exemple dans les pannes, restent souffreteux et ne produisent que des rameaux courts garnis de feuilles petites, très sujettes aux attaques de *Taphrina aurea* et tombent fort tôt en automne. — Parmi les *Salix*, il n'y a guère que *S. Caprea* (Saulx Marsault) qui prospère dans les dunes. Tous les autres qu'on a essayés, notamment *S. daphnoides*, souffrent beaucoup et meurent.

Il m'a semblé intéressant de faire sur ce point une série d'expériences aussi variées que possible et dont je pouvais à chaque instant contrôler les résultats. Lorsque le Jardin botanique de l'État, à Bruxelles, établit en 1902 un Terrain expérimental dans les dunes de Coxyde, j'ai fait des plantations d'arbres et d'arbustes dans le but de voir jusqu'à quel point ces espèces ligneuses pourraient s'accommoder des conditions d'existence que leur offre le sable bien fixé et portant une florissante végétation de Mousses, de lichens et de Phanérogames. Afin de placer les végétaux introduits

à peu près dans les mêmes conditions que la flore spontanée, je ne détruisais pas celle-ci ; je me suis contenté de faire des trous d'environ 0^m75 de profondeur sur une largeur de 0^m30. La plantation était faite avec tous les soins voulus, de manière à mettre à la disposition des racines du sable bien meuble. Mais je ne supprimais pas ainsi la lutte pour l'existence, puisque les végétaux voisins avaient également l'occasion d'envoyer leurs organes d'absorption dans la terre fraîchement remuée.

Ce n'est évidemment pas de cette façon qu'il faudrait agir si l'on voulait faire des essais de boisement dans les dunes. M. VAN DE CASTEELE, conducteur principal des Ponts et Chaussées, à Blankenberghe, m'a dit que lorsqu'il a exécuté les plantations près du Coq, il a fait défoncer tout le terrain à un mètre de profondeur et détruire complètement la végétation spontanée. Seulement, on conçoit qu'une expérience conduite de cette façon n'aurait pas répondu au problème tel que je me l'étais posé.

Les arbres et arbustes avaient été obligeamment mis à ma disposition par l'Administration des Eaux et Forêts. Je suis heureux de pouvoir ici remercier M. CRAHAY, inspecteur principal, qui me permit de choisir dans les pépinières des Eaux et Forêts, à Groenendael, tous les plants dont j'avais besoin. De chaque espèce, j'avais reçu un nombre d'exemplaires variant d'une dizaine à une centaine. Il n'est que juste de remercier également la « Société civile des dunes de Coxyde et d'Oostduinkerke » qui consentit à louer au Jardin botanique un terrain convenable pour l'établissement de ces expériences et de bien d'autres.

Deux emplacements avaient été choisis dans le Terrain expérimental, tous les deux ayant une partie humide et une partie plus sèche. J'avais soin, naturellement, de mettre les plantes avides d'eau dans la portion basse et les plantes indifférentes dans la portion haute. Il y avait aussi un endroit où chaque rangée d'individus de la même espèce occupait à la fois le terrain humide et le terrain sec : on constatait alors très nettement que ceux du sable humide se développaient le mieux.

Les plantations ont été faites en deux fois : en automne 1902 et au printemps 1904. D'une façon générale, les premières ont donné

des résultats plus favorables que les secondes, ce qui est en désaccord avec ce qu'on observe d'habitude : presque toujours il vaut mieux planter en avril, lorsque la terre est bien humectée par les pluies d'hiver, qu'en automne, lorsque le sable est trop aride. Je ne puis attribuer l'insuccès de mes plantations du printemps 1904 qu'aux vents d'E. qui ont soufflé d'une façon persistante pendant les mois d'avril et de mai.

Pendant les années 1902 et 1903, les plantations étaient restées exposées aux attaques des Lapins; mais à partir de la fin de 1903, un treillage en fil de fer écartait les Rongeurs (voir phot. 46).

Le tableau *N* résume toutes mes observations sur ces cultures. Comme on le voit, il n'y a qu'un petit nombre d'espèces qui aient pu prendre pied dans la dune. Encore, parmi celles-ci, y en a-t-il très peu dont la croissance ait été assez forte pour remplacer les rameaux qu'ils avaient perdus aussitôt après la plantation et pour faire regagner aux plantes leur hauteur primitive. Citons parmi ces espèces privilégiées : *Pinus montana*, *Picea alba*, *P. pungens*, *P. excelsa*, *Alnus incana*. A part la dernière espèce, toutes ont normalement une croissance lente ou même très lente.

Quelques autres plantes, après avoir beaucoup souffert au début, semblent maintenant prêtes à pousser avec plus de vigueur; ce sont, par exemple : *Amorpha fruticosa*, *Acer Negundo*, *A. californicum*, *Fraxinus pubescens*; leurs pousses, formées au ras du sol, s'allongent convenablement et persistent d'une année à l'autre. Mais la plupart des plantes sont très mal portantes; chaque année, il y a une nouvelle portion de rameaux primitifs qui se dessèche, et elles finiront inévitablement par succomber. D'ailleurs, beaucoup d'entre elles sont déjà mortes.

Dans l'expérience qui vient d'être rapportée, il y a une cause d'erreur provenant de l'inégale humidité du terrain : on pourrait se dire que l'état maladif des plantes essayées tient non pas tant à l'absence d'éléments minéraux qu'au manque d'eau. Cette objection n'est certainement pas valable pour toutes les espèces; il en est quelques-unes, telles qu'*Acer Negundo*, qui croissent mieux dans la portion élevée, où l'herbe est rare, que dans la portion basse, où l'eau est abondante, mais où la lutte pour l'existence est

TABLEAU N.

Arbres et arbustes plantés dans le Terrain expérimental établi par le Jardin botanique de l'État, dans les dunes de Coxyde.

Pouss. bien. = Poussent bien; sont, en 1907, environ aussi grands qu'au moment de la plantation.

Poussent. = Les individus plantés sont tous restés vivants; ils ont d'abord perdu une grande partie de leurs rameaux, mais ont presque repris, en 1907, la taille qu'ils avaient lors de la plantation.

Pouss. mal. = La plupart des individus sont encore vivants; ils sont plus petits qu'au moment de la plantation (tous les rameaux anciens sont morts, mais ils ont repoussé près du sol).

Malades. = Les individus sont jaunâtres, pâles; les feuilles tombent prématurément; les pousses nouvelles sont très courtes. Il y en a aussi qui sont morts ou mourants.

Pouss. part. = Il n'y a qu'un nombre restreint d'individus qui survivent, mais ils poussent assez bien.

Rés. part. = Presque tous sont morts; les quelques-uns qui résistent sont malades.

Au. 02 = Plantés en automne 1902.

Pr. 04 = Plantés au printemps 1904.

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904.	ÉTAT en sept. 1907.
CONIFÈRES.				
<i>Pinus silvestris</i> L. (de Riga)	Pr. 04		Malades.	Morts.
<i>P. montana</i> Mill.	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.
— —	Pr. 04		Poussent.	Pouss. mal.
<i>P. Laricio austriaca</i> Endl.	Pr. 04		Poussent.	Pouss. mal.
<i>P. — corsicana</i> hort.	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.

TABLEAU N (*suite*).

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904.	ÉTAT en sept. 1907.
<i>Pinus massoniana</i> S. et Z. .	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.
<i>P. ponderosa</i> Dougl. . .	Pr. 04		Poussent.	Rés. part.
<i>P. banksiana</i> Lamb. . .	Au. 02	Malades.	Malades.	Rés. part.
<i>P. Thunbergi</i> Parl. . . .	Pr. 04		Pouss. bien.	Pouss. bien.
<i>P. Strobus</i> L.	Au. 02	Malades.	Morts.	
<i>P. excelsa</i> Wall.	Au. 02	Pouss. part.	Malades.	Rés. part.
<i>P. Cembra</i> L.	Au. 02	Poussent.	Pouss. part.	Pouss. part.
—	Pr. 04		Morts.	
<i>P. rigida</i> Mill.	Pr. 04		Malades.	Morts.
<i>Larix americana</i> Michaux.	Au. 02	Pouss. part.	Morts.	
<i>L. leptolepis</i> Murr. . . .	Au. 02	Malades.	Rés. part.	Rés. part.
<i>Picea excelsa</i> Lk.	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.
—	Pr. 04		Poussent.	Pouss. part.
<i>P. alba</i> Lk.	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.
—	Pr. 04		Pouss. bien.	Pouss. bien.
<i>P. nigra</i> Lk.	Au. 02	Pouss. part.	Malades.	Rés. part.
—	Pr. 04		Malades.	Morts.
<i>P. sitchensis</i> Carr. . . .	Au. 02	Malades.	Malades.	Malades.
<i>P. Omorica</i> Pancic. . . .	Au. 02	Poussent.	Poussent.	Poussent.
— —	Pr. 04		Malades.	Morts.

TABLEAU N (suite).

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904.	ÉTAT en sept. 1907.
<i>Picea pungens</i> Engelm. . .	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.
— — . .	Pr. 04		Poussent.	Rés. part.
<i>Tsuga canadensis</i> Carr. . .	Pr. 04		Morts.	
<i>T. mertensiana</i> Carr. . .	Pr. 04		Morts.	
<i>T. Douglasii</i> Carr. . . .	Au. 02	Pouss. part.	Rés. part.	Rés. part.
<i>Abies pectinata</i> D C. . . .	Au. 02	Pouss. part.	Rés. part.	Rés. part.
<i>A. Pichta</i> Forb.	Au. 02	Morts.		
<i>A. balsamea</i> Mill.	Au. 02	Morts.		
<i>A. concolor</i> Lindl. et Gord.	Au. 02	Morts.		
<i>A. nobilis</i> Lindl.	Au. 02	Morts.		
<i>A. grandis</i> Lindl.	Au. 02	Morts.		
<i>Taxodium distichum</i> Rich.	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Morts.
<i>Thuja gigantea</i> Nutt. . . .	Au. 02	Pouss. mal.	Malades.	Morts.
— —	Pr. 04		Morts.	
<i>Chamaecyparis pisifera</i> S. .	Pr. 04		Morts.	
et Z.				
<i>C. obtusa</i>	Au. 02	Morts.		
<i>Juniperus virginiana</i> L. . .	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Pouss. mal.
— —	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
MONOCOTYLÉDONÉES				
<i>Arundinaria japonica</i> Sieb.	Au. 04	Pouss. mal.	Malades.	Malades.

TABLEAU N (suite).

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904.	ÉTAT en sept. 1907.
DICOTYLÉDONÉES				
Juglandales.				
<i>Juglans nigra</i> L. . . .	Au. 04	Pouss. mal.	Malades.	Rés. part.
<i>Carya alba</i> Nutt. . . .	Au. 04	Morts.		
<i>C. tomentosa</i> Nutt. . . .	Au. 04	Morts.		
<i>C. porcina</i> Nutt. . . .	Au. 04	Morts.		
<i>C. sulcata</i> Nutt. . . .	Au. 04	Malades.	Morts.	
<i>C. olivaeformis</i> Nutt. . .	Au. 04	Pouss. part.	Morts.	
Fagales.				
<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop. .	Pr. 04		Rés. part.	Pouss. part.
<i>Betula papyrifera</i> Michx. .	Au. 02	Pouss. mal.	Malades.	Morts.
<i>Alnus oregona</i> Nutt. . . .	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	Morts.
<i>A. cordifolia</i> Ten. . . .	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Pouss. mal.
— —	Pr. 04		Poussent.	Malades.
<i>A. incana</i> Willd. . . .	Au. 02	Pouss. bien.	Pouss. bien.	Pouss. bien.
— —	Pr. 04		Pouss. bien.	Pouss. bien.
<i>Castanea vulgaris ameri-</i> <i>cana</i> Michx. . . .	Au. 02	Pouss. part.	Pouss. part.	Morts.
<i>Quercus Phellos</i> L. . . .	Au. 02	Morts.		
<i>Q. macrocarpa</i> Michx. . .	Au. 02	Pouss. part.	Malades.	Morts.
<i>Q. lyrata</i> Walter. . . .	Au. 02	Pouss. part.	Morts.	
<i>Q. coccinea</i> Wangh. . . .	Au. 02	Pouss. part.	Malades.	Morts.

TABLEAU N (suite).

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904.	ÉTAT en sept. 1907.
<i>Quercus Banisteri</i> Michx.	Au. 02	Pouss. mal.	Morts.	
<i>Q. palustris</i> Dur. . . .	Au. 02	Pouss. mal.	Morts.	
<i>Q. rubra</i> L.	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Rés. part.
Urticales.				
<i>Broussonetia papyrifera</i> Vent.	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	Morts.
Ranales.				
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> S. et Z.	Au. 02	Pouss. mal.	Morts.	
Rosales.				
<i>Ribes nigrum</i> L. . . .	Au. 02	Pouss. mal.	Malades.	Morts.
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. part.	Rés. part.
— — .	Pr. 04		Morts.	
<i>Platanus orientalis</i> L. . .	Au. 02	Malades.	Rés. part.	Rés. part.
<i>P. occidentalis</i> L. . . .	Au. 02	Malades.	Malades.	Rés. part.
<i>Prunus serotina</i> Ehrh. .	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
<i>Pirus</i> (Sorb.) <i>Aucuparia</i> L.	Au. 02	Malades.	Rés. part.	Morts.
<i>P. (S.) Aria</i> Ehrh. . . .	Au. 02	Pouss. part.	Malades.	Rés. part.
<i>Gymnocladus canadensis</i> Lam.	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	Rés. part.
<i>Gleditschia triacanthos</i> L.	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	Rés. part.
<i>Sophora japonica</i> L. . .	Au. 02	Pouss. part.	Morts.	
<i>Robinia pseudo-Acacia</i> L. .	Au. 02	Pouss. mal.	Morts.	

TABLEAU N (suite).

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904.	ÉTAT en sept. 1907.
<i>Robinia pseudo-Acacia</i> L.	Pr. 04		Pouss. mal.	Morts.
<i>Amorpha fruticosa</i> L. . .	Pr. 04		Poussent.	Poussent.
<i>Cytisus scoparius</i> Link . .	Au. 02	Rés. part.	Rés. part.	Rés. part.
Géraniales.				
<i>Ptelea trifoliata</i> L. . . .	Pr. 04			Rés. part.
<i>Ailanthus glandulosa</i> Desf.	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	
— — —	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
Sapindales.				
<i>Buxus sempervirens</i> L. . .	Pr. 04	Pouss. mal.	Malades.	Morts.
<i>Cotinus Coggygria</i> Scop. .	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Rés. part.
— — — . .	Pr. 04		Pouss. mal.	Morts.
<i>Rhus Toxicodendron</i> L.	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Pouss. mal.
<i>R. vernicifera</i> D C. .	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Rés part.
<i>R. radicans</i> L.	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Pouss. mal.
<i>R. Coriaria</i> L.	Au. 02	Pouss. mal.	Pouss. mal.	Rés. part.
—	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
<i>Acer rubrum</i> L.	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
<i>A. dasycarpum</i> Ehrh. . .	Au. 02	Poussent.	Malades.	Malades.
— — . . .	Pr. 04		Poussent.	Rés. part.
<i>A. macrophyllum</i> Pursh. .	Au. 04	Poussent.	Malades.	Rés. part.
— — . .	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.

TABLEAU N (suite).

	DATE de planta- tion.	ÉTAT en août 1903.	ÉTAT en sept. 1904	ÉTAT en sept. 1907.
<i>Acer Negundo</i> L. . . .	Au. 02	Poussent.	Poussent.	Poussent.
— —	Pr. 04		Poussent.	Poussent.
<i>A. californicum</i> C. Koch.	Au. 02	Poussent.	Poussent.	Poussent.
<i>A. saccharinum</i> Wangerh.	Au. 02	Poussent.	Malades.	Morts.
— —	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
<i>A. pennsylvanicum</i> L. . .	Au. 02	Pouss. mal.	Malades.	Malades.
— —	Pr. 04		Malades.	Rés. part.
Éricales.				
<i>Rhododendron ponticum</i> L.	Au. 02	Morts.		
Diospyrales.				
<i>Halesia tetraptera</i> L. . .	Au. 02	Pouss. mal.	Morts.	Morts.
Contortales.				
<i>Fraxinus Ornus</i> L. . . .	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	Malades.
— —	Pr. 04		Poussent.	Pouss. mal.
<i>F. excelsior</i> L.	Au. 02	Poussent.	Pouss. mal.	Rés. part.
<i>F. americana</i> L.	Au. 02	Poussent.	Malades.	Rés. part.
— —	Pr. 04		Pouss. mal.	Rés. part.
<i>F. nigra</i> Marsh.	Au. 2	Poussent.	Malades.	Rés. part.
— —	Pr. 04		Rés. part.	Rés. part.
<i>F. pubescens</i> Lam.	Au. 02	Poussent.	Poussent.	Poussent.
<i>F. oregona</i> Nutt.	Pr. 04		Pouss. mal.	Pouss. mal.

aussi beaucoup plus âpre. Toutefois, afin d'éliminer entièrement toutes les différences d'humidité, j'ai fait une autre expérience. Une mare fut creusée dans le Terrain expérimental pendant le printemps de 1902, et aussitôt après j'y ai introduit un très grand nombre d'espèces aquatiques et marécageuses, pour la plupart vivaces, provenant des dunes et des polders. Depuis ce moment, on n'y a plus jamais planté de nouvelles espèces, et l'on n'a pas non plus enlevé une seule plante : bref, on a laissé les espèces lutter librement pour la conquête de la nourriture.

Les colonnes B et F du tableau K (p. 322) donnent des analyses de l'eau de cette mare. Nous avons déjà vu (p. 321) que les plantes appauvrissent fortement l'eau en été.

Le tableau O résume les observations faites sur ces plantes. Outre les Phanérogames, qui sont seules renseignées dans le tableau, j'avais encore introduit dans la mare beaucoup d'Algues; parmi elles, il y en a trois qui ont acquis une prédominance très marquée : *Chara foetida*, *Ch. hispida* et *Ch. aspera*, toutes les trois provenant des dunes, forment sur le fond de la mare un tapis serré à travers lequel on n'aperçoit nulle part la terre. Les autres Algues seront traitées dans le travail de M^{lle} WERY.

On voit tout de suite que la plupart des espèces provenant de la dune se portent bien et soutiennent victorieusement la lutte contre les concurrents, tandis que celles des polders succombent bientôt ou restent souffreteuses. Voici quelques cas parmi les plus typiques.

Agrostis alba, *Juncus lamprocarpus*, *Mentha aquatica*, provenant des dunes, croissent avec vigueur et envahissent, de proche en proche, une grande étendue de la mare et de ses bords.

Il en est de même d'*Iris*, *Alisma* et *Rumex Hydrolapathum*, qui ont été apportés des polders. Ces espèces sont pourtant rares à l'état spontané dans les dunes.

Scirpus lacustris et *Phragmites communis*, provenant des polders, restent beaucoup plus petits que dans leur habitat primitif, mais ils réussissent néanmoins à fleurir.

Glyceria aquatica et *Scirpus maritimus* ne fleurissent guère; par contre, ils se propagent activement par les rhizomes et ils empiètent de plus en plus sur les emplacements de leurs voisins.

TABLEAU O.

Plantes aquatiques et marécageuses, mises en 1902 dans la mare du Terrain expérimental établi par le Jardin botanique de l'État, dans les dunes de Coxyle.

Vig. fleur. = La plante croît d'une façon vigoureuse, et elle produit des fleurs et des graines.

Vig. prop. = La plante est vigoureuse, mais elle ne fleurit guère et se propage par voie végétative.

Chétif, fl. = La plante reste assez petite, mais elle produit des fleurs et des graines.

Chétif, prop. = La plante reste assez petite, et elle ne fleurit pas, mais se propage par voie végétative.

Chétif = La plante reste assez petite ; elle ne fleurit ni ne se propage.

Très chétif = La plante est malade ou même mourante.

La colonne *Proven.* indique la provenance des individus plantés : dunes ou polders ; cela ne signifie nullement que l'espèce habite exclusivement soit les dunes, soit les polders.

	Proven.	ÉTAT en 1904.	ÉTAT en 1905.	ÉTAT en 1906.	ÉTAT en 1907.
MONOCOTYLÉDONÉES.					
Pandanales.					
<i>Typha angustifolia</i> L.	Pold.	Mort.			
<i>Sparganium ramosum</i> Huds.	Pold.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Chétif, fl.
Hélobiales.					
<i>Potamogeton natans</i> L.	Dun.	Chétif, prop.	Mort.		
<i>P. pusillus</i> L.	Pold.	Très chétif.	Mort.		
<i>P. pectinatus</i> L.	Pold.	Mort.			

TABLEAU O (suite).

	Proven.	ÉTAT en 1904.	ÉTAT en 1905.	ÉTAT en 1906.	ÉTAT en 1907.
<i>Potamogeton densus</i> L. . . .	Pold.	Chétif, prop.	Très chétif.	Très chétif.	Très chétif.
<i>Zannichellia palustris</i> L. . .	Pold.	Mort.			
<i>Elodea canadensis</i> Rich. . .	Pold.	Très chétif.	Très chétif.	Très chétif.	Très chétif.
<i>Hydrocharis Morsus-Ranae</i> L.	Pold.	Mort.			
Alismacées.					
<i>Alisma Plantago</i> L.	Pold.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Chétif, fl.
<i>Echinodorus ranunculoides</i> Engelm.	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Glumiflorales.					
<i>Agrostis alba</i> L..	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Phragmites communis</i> Trin. .	Pold.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Chétif, fl.
<i>Glyceria aquatica</i> Wahlenb.	Pold.	Chétif, prop.	Chétif, prop.	Chétif, prop.	Chétif, prop.
<i>Scirpus lacustris</i> L.	Pold.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Vig. fleur.	Chétif, fl.
<i>S. maritimus</i> L.	Pold.	Chétif, prop.	Chétif, prop.	Chétif, fl.	Chétif, prop.
<i>Schoenus nigricans</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Eleocharis palustris</i> R. Br. .	Pold.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Carex arenaria</i> L.	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>C. vulpina</i> L.	Pold.	Chétif.	Chétif, fl.	Chétif.	Chétif, fl.
<i>C. Goodenowii</i> S. Gay . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>C. flava</i> L. var. <i>Oederi</i> . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>C. pseudo-Cyperus</i> L. . . .	Pold.	Très chétif.	Chétif.	Mort.	

TABLEAU O (suite).

	Proven.	ÉTAT en 1904.	ÉTAT en 1905.	ÉTAT en 1906.	ÉTAT en 1907.
<i>Carex riparia</i> Curt.	Pold.	Chétif.	Chétif.	Chétif.	Très chétif.
<i>C. hirta</i> L.	Dun.	Chétif, fl.	Chétif.	Chétif, prop.	Vig. prop.
Spathiflorales.					
<i>Spirodela polyrrhiza</i> Schleid.	Pold.	Mort.			
<i>Lemna trisulca</i> L.	Pold.	Chétif.	Chétif.	Chétif.	Chétif.
<i>L. minor</i> L.	Pold.	Mort.			
<i>L. gibba</i> L.	Pold.	Mort.			
<i>Wolffia arrhiza</i> Winn. . .	Pold.	Mort.			
Liliiflorales.					
<i>Juncus glaucus</i> Ehrh. . . .	Pold.	Mort.			
<i>J. lamprocarpus</i> Ehrh. . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Iris pseudo-Acorus</i> L. . . .	Pold.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Microspermales.					
<i>Herminium Monorchis</i> R. Br.	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Epipactis palustris</i> Crantz. .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
DICOTYLÉDONÉES.					
Polygonales.					
<i>Rumex Hydrolapathum</i> Huds.	Pold.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Polygonum amphibium</i> L. . .	Pold.	Chétif, fl.	Chétif, fl.	Vig. fleur.	Chétif fl.
Centrospermales.					
<i>Sagina nodosa</i> Fenzl. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.

TABLEAU O (suite).

	Proven.	ÉTAT en 1904.	ÉTAT en 1905.	ÉTAT en 1906.	ÉTAT en 1907.
Ranales.					
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. .	Pold.	Mort.			
<i>Ranunculus aquatilis</i> L. . .	Pold.	Chétif, prop.	Chétif, prop.	Chétif.	Chétif.
<i>R. sceleratus</i> L.	Pold.	Très chétif.	Mort.		
<i>R. Flammula</i> L.	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Rhéadales.					
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br. .	Pold.	Chétif, prop.	Chétif, prop.	Chétif.	Chétif, prop.
Rosales.					
<i>Parnassia palustris</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Géraniales.					
<i>Linum catharticum</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Callitriche verna</i> L.	Pold.	Mort.			
<i>C. stagnalis</i> Scop.	Pold.	Mort.			
Myrtiflorales.					
<i>Lythrum Salicaria</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	Pold.	Chétif, prop.	Chétif, prop.	Chétif.	Chétif, prop.
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	Pold.	Mort.			
Ombelliflorales.					
<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Sium erectum</i> Huds.	Pold.	Très chétif.	Très chétif.	Mort.	

TABLEAU O (suite).

	Proven.	ÉTAT en 1904.	ÉTAT en 1905.	ÉTAT en 1906.	ÉTAT en 1907.
<i>Enanthe fistulosa</i> L. . . .	Pold.	Mort.			
<i>Æ. Phellandrium</i> L. . . .	Pold.	Chétif, fl.	Mort.		
Primulales.					
<i>Samolus Valerandi</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Lysimachia Nummularia</i> L. .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>L. vulgaris</i> L.	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Contortales.					
<i>Erythraea Centaurium</i> L. .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Tubiflorales.					
<i>Myosotis lingulata</i> Lehm .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Glecoma hederacea</i> L. . . .	Dun.	Vig. prop.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Brunella vulgaris</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Mentha aquatica</i> Don. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Solanum Dulcamara</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
<i>Scrophularia aquatica</i> L. . .	Pold.	Très chétif.	Mort.		
Plantaginales.					
<i>Littorella uniflora</i> L. . . .	Dun.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.	Vig. fleur.
Campanulales.					
<i>Eupatorium cannabinum</i> . .	Dun.	Chétif, fl.	Très chétif.	Mort.	

Lemna trisulca, *Ranunculus aquatilis* et *Potamogeton densus*, très chétifs, ne se développent guère.

Hydrocharis, *Spirodela*, *Zannichellia*, *Hippuris*, etc., ont succombé dès la première année.

Il est difficile de ne pas voir dans ces résultats une influence directe de la pauvreté alimentaire des eaux de la dune : l'aspect des *Scirpus*, *Phragmites*, *Glyceria* dans la mare de Coxyde est exactement celui de ces mêmes espèces quand elles sont cultivées dans un Jardin botanique et qu'elles doivent végéter dans un bassin trop petit dont elles épuisent aussitôt les substances nutritives.

C. — *Le calcaire* ⁽¹⁾.

Depuis longtemps les botanistes belges ont été frappés du grand nombre d'espèces qui sont communes aux dunes et à la région calcareuse de la Belgique et qui manquent ou sont rares dans les autres portions du pays. Déjà en 1864, CRÉPIN attirait l'attention sur ce point, et citait un certain nombre d'espèces qui sont d'ordinaire réputées calcicoles et qui existent dans les dunes. Depuis cette époque, les recherches de la pléiade de botanistes herborisateurs que CRÉPIN lui-même a guidés à travers notre pays, ont fait découvrir de nombreuses habitations nouvelles que CRÉPIN ignorait en 1864, de sorte que la liste primitive peut être maintenant complétée dans une large mesure. Voici quelles seraient les plantes qui ne se rencontrent guère en Belgique que dans les dunes littorales et dans le district calcareux ainsi que dans la partie calcareuse du district jurassique.

Plantes calcicoles, dans les dunes.

Avena pubescens.

Koeleria cristata.

Anacamptis pyramidalis.

Herminium Monorchis.

Silene nutans.

Thalictrum minus.

Arabis hirsuta.

Alyssum calycinum.

Rubus caesius.

Rosa pimpinellifolia.

(1) Voir la carte 12, hors texte.

Plantes calcicoles, dans les dunes (suite).

<i>Rosa rubiginosa.</i>	<i>Lithospermum officinale.</i>
<i>Anthyllis Vulneraria.</i>	<i>Orobanche caryophyllacea.</i>
<i>Helianthemum Chamaecistus.</i>	<i>O. purpurea.</i>
<i>Viola hirta.</i>	<i>Asperula cynanchica.</i>
<i>Cynoglossum officinale.</i>	<i>Cirsium acaule.</i>

On voit qu'il y a d'assez nombreuses espèces de Phanérogames des dunes, qui sont généralement considérées comme recherchant le calcaire et qui sont surtout communes en Belgique dans les terrains franchement calcareux. Ajoutons qu'il y a aussi une Mousse, *Barbula inclinata*, donnée par BOULAY (1886, p. 21) comme calcicole, qui se trouve dans les dunes.

Il est intéressant de constater en même temps que diverses espèces connues comme calcifuges manquent dans les dunes, ou y sont très rares, alors que ces mêmes espèces se rencontrent, au moins en partie, dans les dunes formées de sable à *Cardium*, qui ne diffèrent guère des dunes littorales que par leur plus grande pauvreté en calcaire (voir tableaux J et K). Voici une liste de ces espèces calcifuges.

Plantes calcifuges, n'existant pas dans les dunes
ou y étant rares.

<i>Pteridium aquilinum</i> (¹).	<i>Elodea palustris.</i>
<i>Nardus stricta.</i>	<i>Vaccinium Myrtillus.</i>
<i>Scleranthus perennis.</i>	<i>Calluna vulgaris.</i>
<i>Drosera rotundifolia.</i>	<i>Arnoseris minima.</i>
<i>Genista anglica.</i>	<i>Rhacomitrium canescens.</i>
<i>Cytisus scoparius.</i>	<i>Sphagnum div. sp.</i>
<i>Trifolium arvense.</i>	

(¹) Cette Fougère ne craint peut-être pas autant le calcaire qu'on le croyait d'habitude. M. MASCLEF (1892) l'a observé sur du sable siliceux fortement imprégné de calcaire et même sur de la craie.

Pourtant, il n'est que juste de faire remarquer aussi qu'il y a pas mal de plantes réputées calcifuges et qui, en Belgique, sont beaucoup plus répandues sur les sols siliceux que sur les sols calcaireux, qui habitent néanmoins les dunes et y sont fort prospères. Voici quelques-unes de ces plantes :

Plantes calcifuges, dans les dunes.

Aspidium Thelypteris.
Echinodorus ranunculoides.
Corynephorus canescens.

Salix repens.
Rumex Acetosella.
Brachythecium albicans.

Concluons. Il n'est pas douteux que les dunes contiennent une proportion notable de plantes calcicoles et qu'elles excluent plusieurs plantes pour lesquelles le calcaire est notoirement un poison. Quant aux quelques espèces calcifuges qui se rencontrent dans les dunes, il est permis de se demander si elles fuient vraiment le calcaire et si leur préférence pour le sable ne tient pas simplement à la mobilité plus grande de ses grains.

La question qui se pose maintenant est celle-ci : est-ce que ce sable des dunes contient vraiment une forte proportion de calcaire ? Les coquilles amenées par le vent se dissolvent peu à peu et chargent les eaux de carbonate de calcium. Les analyses renseignées dans les tableaux *J* et *L* ne laissent aucun doute à cet égard.

D. — Salinité des eaux.

Nous avons déjà vu plus haut que l'« air marin » n'est pas aussi chargé de chlorure de sodium qu'on se l'imagine d'habitude. Le sel ne joue donc un rôle important que dans les stations qui sont directement baignées par l'eau de mer, c'est-à-dire sur la plage et sur les alluvions marines. D'ailleurs, les analyses d'eaux des dunes (tableau *L*) indiquent nettement que ces eaux sont pauvres en chlorure de sodium.

Je ne reviens ici sur ce point que pour indiquer que M. KEARNEY

(1904) arrive également à la conclusion que le terrain des dunes, en Amérique, ne contient guère de sel.

* * *

Passons maintenant en revue les associations des dunes littorales.

La *liste des associations* donne l'énumération complète des espèces qui habitent les diverses stations des dunes, tout au moins de celles que j'ai pu observer moi-même et dont je puis donc préciser l'habitat.

Comme la connaissance de l'appareil végétatif, surtout des organes souterrains, est souvent très importante pour comprendre l'adaptation de la plante aux conditions d'existence, j'ai renseigné les figures qui se trouvent dans les ouvrages de M. WARMING, 1891 ; 1897, 1 ; 1897, 2 ; 1906 ; M. RAUNKIAER, 1895-1899 ; etc. Je cite ici, une fois pour toutes, les flores illustrées : celle de France par M. COSTE, celle de l'Amérique du Nord par MM. BRITTON ET BROWN.

IV. — LA PLAGE.

Elle s'étend en pente douce depuis le pied des dunes jusqu'à la limite extrême des plus basses marées. Son aspect est assez différent dans la partie occidentale (depuis la frontière française jusqu'à Lombardzyde) et dans la partie orientale (depuis Westende jusqu'à la frontière néerlandaise).

A l'W. la plage est beaucoup plus large, et l'apport incessant de sables par les courants (voir p. 371) fait que de petites dunes peuvent se créer à la base du bourrelet de monticules plus anciens (phot. 7 à 10).

Il y a donc ici une zone, ayant au maximum une dizaine de mètres de largeur, qui n'est pas atteinte par les fortes marées d'équinoxe et que les vagues ne balaient que lors des fortes tempêtes. Or, celles-ci sont exceptionnelles en été (voir tableaux *E* et *F*

et fig. 18, p. 227); c'est pourquoi des Phanérogames peuvent s'installer dans la zone la plus élevée de la grève.

Cette flore est peu variée et ne comprend guère que les espèces suivantes : *Agropyrum junceum* (phot. 4 et 10; fig. dans WARMING, 1891, p. 162; WARMING, 1906, pp. 75, 76); *Atriplex laciniata*, *A. littoralis*, *Salsola Kali* (phot. 4 et 8), *Arenaria peploides* (phot. 6, fig. dans WARMING, 1891, p. 160; WARMING, 1906, p. 76); *Cakile maritima* (phot. 9, fig. dans WARMING, 1906, p. 157). Elles supportent impunément une immersion pas trop prolongée dans l'eau de mer; du reste, elles ont toutes, sauf *Agropyrum*, des feuilles charnues (voir fig. 22, A, F, p. 281).

Il peut sembler étrange que la majorité de ces plantes soient annuelles; il n'y a, en effet, qu'*Agropyrum* et *Arenaria* qui soient vivaces. Les espèces annuelles germent assez tard au printemps, après les grandes marées de l'équinoxe, et se développent rapidement dans un sable qui, en été, ne subit pas de remaniements bien profonds et qui reste toujours assez mouillé. Les deux espèces vivaces ont la faculté de monter et de descendre sans peine pour suivre les dénivellations du sable.

A l'E., les fortes marées viennent battre le pied des dunes, et il ne reste donc aucune station pour les Phanérogames de plage (phot. 13 et 14). Aussi n'y rencontre-t-on guère ces Phanérogames que dans les points où l'on a jeté du sable sur l'estran, et dans ceux où l'on a aplani et abaissé la rangée des dunes la plus proche de la plage. Dans cette partie de la côte, les stations habitées par les Phanérogames de la plage sont donc artificielles.

Entre La Panne et l'embouchure de l'Yser, la zone qui est soumise régulièrement aux fluctuations des marées est large d'environ un demi-kilomètre. Les seuls végétaux qui l'habitent sont les Diatomées et les quelques Flagellates qui colonisent les flaques laissées sur le sable à marée basse. Dans la partie orientale du littoral, où des courants violents viennent battre la côte et enlever le sable, on a été obligé de construire des épis perpendiculaires à la côte, qui arrêtent les courants et empêchent le ravinement de la plage; celle-ci n'y montre donc pas de flaques.

On voit qu'à tous les points de vue, la plage est plus intéressante à l'W. qu'à l'E.

V. — LES DUNES MOBILES.

L'estran, à peu près horizontal, n'offre pas grande prise au vent et sa surface reste assez stable, d'autant plus que les grains de sable sont quelque peu cimentés par le sel qu'abandonnent les vagues. Des plantes annuelles peuvent donc s'y développer sans trop de danger.

Sur les dunes bordant la plage, les conditions sont autres. Le sable, tout à fait mobile, est amoncelé en collines, souvent assez escarpées, dont les flancs tournés vers l'W. sont sans cesse affouillés par les tempêtes, tandis que la pente inverse reçoit le sable emporté de la face antérieure (phot. 25 et 26).

On ne peut pas s'attendre à ce que des dunes mouvantes portent une végétation bien variée. Les plantes trop petites sont naturellement exclues, puisque tout enfouissement un peu profond leur serait fatal. Aussi n'y a-t-il ni Bryophytes, ni lichens terrestres. Les Phanérogames annuelles ne peuvent pas davantage coloniser ce sol ingrat, car, même en été, le moindre coup de vent suffit à remanier la surface du terrain, et les plantes dépourvues de rhizomes profonds seraient ou déracinées ou ensevelies.

Les Champignons Hyménomycètes, malgré la vitesse avec laquelle se développe leur appareil aérien, sont également inaptes à coloniser cette station, car les matières organiques y font défaut. Pourtant *Inocybe fibrosa* parvient à exploiter les rares crottins laissés par les Lapins qui s'égarent sur un terrain où ils ne trouvent rien à brouter. On voit, en août et en septembre, le sable se crevasser çà et là en forme d'étoile, puis se soulever pour livrer passage au chapeau pâle du Champignon.

Il n'y a donc guère que des Phanérogames vivaces sur les dunes mobiles. Les espèces ne sont pas les mêmes en tous les points. Sur la rangée de monticules qui borde immédiatement l'estran, *Ammophila arenaria* (Oyat) règne en maître absolu (phot. 11, 12, 19 à 18). Personne ne peut lui disputer la place : les plantes de la plage, aussi bien que celles des dunes plus éloignées, sont incapables de vivre dans un sable qui est sans cesse menacé d'être emporté au loin, ou bien d'être enfoui sous un tourbillon de grains siliceux et

de coquilles fraîchement enlevés à la plage. Sur ces monticules trop instables, l'Oyat ne fleurit presque jamais; il pousse avec vigueur et donne sans cesse de nouvelles pousses garnies de fortes et longues feuilles, mais ces tiges ne réussissent que bien rarement à produire des inflorescences. En effet, celles-ci ne naissent sur les rameaux que la deuxième année de leur existence; or, sur les dunes mouvantes, un rameau a peu de chance de se maintenir deux étés de suite au même niveau: tantôt, il a dû allonger ses entrenœuds, de façon à pousser les feuilles jusqu'à la surface du sable nouveau; tantôt la terre a été creusée sous lui, et il a été obligé de développer des bourgeons situés plus bas (voir p. 277, et diagramme 7).

C'est seulement en des points exceptionnellement favorisés que les *Ammophila* donnent des fleurs (phot. 17, à gauche); ils produisent alors beaucoup de graines, et celles-ci ne sont jamais attaquées par *Claviceps purpurea*, comme elles le sont presque toujours sur les dunes les plus éloignées de la mer.

Derrière la ligne de monticules où l'Oyat existe seul, il y a des rangées où il est encore prépondérant, mais où il voisine pourtant avec d'autres espèces, particulièrement *Eryngium maritimum* (phot. 36; fig. dans WARMING, 1891, p. 191) et *Euphorbia Paralias* (phot. 27).

Encore plus loin en arrière, près des premières pannes, de nouvelles espèces viennent s'adjoindre aux précédentes: *Solanum Dulcamara* (phot. 37), *Hippophaë rhamnoides* (phot. 37, fig. dans WARMING, 1891, p. 176, 177). *Carex arenaria* (phot. 35; fig. dans WARMING, 1891, p. 180. et 1897, 1, p. 80. et dans RAUNKIAER, 1895-1899, p. 466), *Calystegia Soldanella*, *Salix repens* (phot. 32 à 35, 38), etc.

Dans cette troisième zone, les Phanérogames ne sont plus les seules plantes: c'est là que se rencontre *Inocybe fibrosa*, ainsi que des lichens de petite taille, fixés sur les rameaux de *Salix repens* et aux nœuds des vieux rhizomes morts ou mourants d'*Ammophila*: *Xanthoria parietina*, *Parmelia physodes*, *Physcia stellaris*, *Lecidella parasema*.

Il serait difficile, sinon impossible, d'indiquer de quelle façon le

Champignon et les lichens se sont adaptés à vivre dans les dunes mobiles. Mais il n'en est pas de même des Phanérogames : leurs adaptations au sable sans cesse déplacé sont évidentes.

Toutes les espèces ont un appareil souterrain extraordinairement développé, qui leur permet de retenir le sable dans lequel elles sont installées ; plusieurs d'entre elles ont aussi des poils radicaux persistants qui retiennent énergiquement les particules de terre (p. 273 ; voir dans RESVOLL, p. 256, une figure de poils radicaux de *Festuca rubra*).

Grâce à des procédés qui ont été décrits antérieurement (p. 273), toutes ces plantes ont la faculté de se maintenir à la profondeur voulue, quelles que soient les vicissitudes du sable soumis aux efforts des tempêtes.

Tout concourt à faire de ces monticules de sable un terrain éminemment sec : la pluie filtre aussitôt vers la profondeur ; le vent souffle avec violence ; la lumière aveuglante est encore réverbérée par le sol brillant. Aussi faut-il absolument que les végétaux soient prémunis contre les effets fâcheux de la transpiration excessive : les Graminacées ont des feuilles qui s'enroulent et cachent leurs stomates dès que la sécheresse est menaçante (p. 294) ; il en est de même de *Carex arenaria* (fig. dans WARMING, 1891, p. 181) ; les feuilles d'*Eryngium*, et aussi d'ailleurs celles des Graminacées, ont soin de ne pas se présenter de face à la lumière (p. 299) ; les feuilles de *Salix* et de *Hippophaës* s'abritent sous un revêtement de poils (p. 293) ; enfin, toutes sont rigides et par ce procédé-là également réduisent la transpiration (p. 296) ; souvent elles ont un revêtement cireux (p. 296) ; trois des plantes de cette association ont des réserves d'eau dans leurs feuilles plus ou moins charnues : *Euphorbia Paralias*, *Calystegia Soldanella* et *Solanum Dulcamara* (fig. dans WARMING, 1906, p. 297).

L'épaisseur de la cuticule, la présence d'un matelas de poils et le développement d'une couche lignifiée sous l'épiderme (fig. 21, p. 280) n'ont pas seulement pour effet de ralentir l'évaporation ; ces dispositifs interviennent encore puissamment pour défendre les organes aériens contre la mitraille par les grains coupants de quartz et les débris de coquilles que les coups de vent projettent

avec une extrême violence contre les feuilles. Il suffit de se promener dans les dunes pendant une tempête pour se rendre compte de l'effet que produisent les myriades de projectiles à arêtes vives quand ils sont lancés avec force contre la peau; il y a des moments où la douleur est intolérable et où l'on doit, bon gré mal gré, soustraire ses mains à la mitraille (MASSART, 1893). Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les feuilles les moins bien protégées (*Solanum*, *Calystegia*, *Euphorbia*) portent toujours d'innombrables petites blessures.

Toutes les plantes des dunes instables ont encore ce caractère commun, de se propager très facilement par leurs organes souterrains; tantôt ce sont de longs rhizomes, courant plus ou moins parallèlement à la surface du sable (*Ammophila*, *Elymus*, *Carex*, *Calystegia*, *Eryngium*), tantôt des racines traçantes qui drageonnent abondamment (*Salix*, *Hippophaë*); plus rarement des pousses naissent sur des racines verticales (*Euphorbia Paralias*).

*
* *

Les façons dont les plantes des dunes mobiles évitent la mort par déchaussement ou par enfouissement (p. 273) rendent compte de l'aspect différent qu'ont des monticules de sable sur la face W., battue et creusée par les tempêtes, et sur la face E., où du sable se dépose (phot. 25).

Supposons une dune couverte à la fois de *Salix* et d'*Ammophila*. Rappelons-nous que *Salix* descend indéfiniment, puisqu'il drageonne sans peine, tandis qu'*Ammophila* ne peut pas s'abaisser au-dessous de son niveau primitif. Sur la face W., affouillée par les vents dominants, l'Oyat finira par mourir, tandis que le Saule se maintient; au contraire, sur la face postérieure, les deux espèces peuvent coexister; mais si le dépôt du sable est trop rapide, l'Oyat seul pourra le surmonter. Ajoutons que le développement dans du sable neuf et meuble est extrêmement favorable à la Graminée, tandis que le sol trop compact, tel qu'il se trouve sur la face antérieure, dénudée, de la colline lui est funeste. Le résultat final sera que la pente W. portera surtout *Salix repens*, et la pente E. surtout *Ammophila*.

M. DE BRUYNE (1904, 2) admet que *Salix repens* est plutôt adapté aux vents humides, et *Ammophila* aux vents secs. Sans vouloir nier que les adaptations aux vents puissent intervenir dans la localisation de ces deux espèces, je crois néanmoins pouvoir admettre que les facteurs que j'invoque ici jouent le rôle essentiel.

* *

Les dunes mobiles, telles que je viens de les décrire, n'existent pas sur toute la longueur de la côte belge. Elles sont disposées en plusieurs rangées dans la partie occidentale du littoral, où les courants marins apportent sans cesse du sable frais. Au contraire, dans la partie comprise entre Westende et le Zwyn, des dunes nouvelles ne prennent jamais naissance. Au contraire, ce sont des dunes anciennes, complètement fixées, qui bordent la plage (phot. 66). Dans toute cette région, l'association caractéristique des dunes mobiles n'existe pas; ou, si l'on veut, elle n'occupe que la pente qui descend vers la plage (phot. 13, 14). Ceci explique pourquoi *Euphorbia Paralias* ne dépasse pas Middelkerke ⁽¹⁾ vers l'E., si ce n'est à l'état de pieds isolés; cette plante est, en effet, inapte à se maintenir dans du sable tout à fait fixé lorsqu'elle y rencontre des compétiteurs.

VI. — LES DUNES FIXÉES.

Les dunes mobiles, dont il vient d'être question, confinent à des pannes plus ou moins larges, qui sont limitées du côté des polders par des dunes couvertes de végétation et à surface moins instable. Nous ne suivons pas l'ordre topographique, et nous étudions immédiatement les dunes fixées, puisque celles-ci existent partout

(1) L'habitation de Middelkerke a été rasée pour la construction des villas. Actuellement c'est à Westende que se trouve le groupe le plus oriental de cette espèce.

(ce qui n'est pas le cas des pannes) et qu'en beaucoup d'endroits elles touchent pour ainsi dire à l'estran.

Dans les pannes tant soit peu étendues, il y a toujours des mamelons qui s'élèvent assez haut pour que l'eau du sous-sol ne les atteigne plus pendant l'été, et pour que leur végétation soit donc identique à celle des dunes plus grandes bordant les polders.

Il n'y a évidemment pas une démarcation absolue entre les dunes fixées et les dunes mobiles. Sur la dune la mieux fixée, à laquelle un revêtement continu de Mousses fait un écran des plus efficaces contre le vent, l'effondrement d'une simple galerie de Lapin suffit à exposer aux tempêtes du sable nu, et à leur permettre de bouleverser entièrement le monticule (phot. 45).

Il n'y a donc rien d'imprévu à ce que les espèces des dunes mobiles se retrouvent sur les dunes fixées : il faut pourtant en excepter *Euphorbia Paralias*, qui ne s'écarte jamais du voisinage de l'estran.

Sur ces collines immobilisées par la végétation, la sécheresse est naturellement aussi grande que sur les monticules mobiles, car au point de vue de la filtration de l'eau et de la capillarité, les conditions sont exactement les mêmes.

La xérophilie de la flore des dunes fixées se remarque tout autant, et peut-être mieux, dans les espèces de Mousses et de lichens — toutes réviviscentes — que dans les Phanérogames. Les Bryophytes et les lichens terrestres sont plus variés qu'on ne s'y attendrait pour un terrain aussi uniforme. J'ai déjà dit plus haut quelles sont les principales espèces (p. 272 ; p. 285 ; phot. 72, 75, 81, 82).

Le kjökkenmödding de La Panne (voir p. 187) porte quelques lichens curieux et assez inattendus.

Les uns vivent sur les coquilles (par exemple *Gyalolechia lactea*, *Sarcogyne pruinosa*, et *Verrucaria muralis* qui creuse les coquilles).

D'autres sont abondants entre les valves de *Cardium*, sur le sable plus ou moins complètement fixé par diverses Mousses (*Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*, etc.) ; ce sont : *Collema tenax*, *Urceolaria scruposa*, etc.

Parmi les Champignons saprophytes, la plupart des espèces n'apparaissent qu'en automne ; il n'y a guère que *Tylostoma*

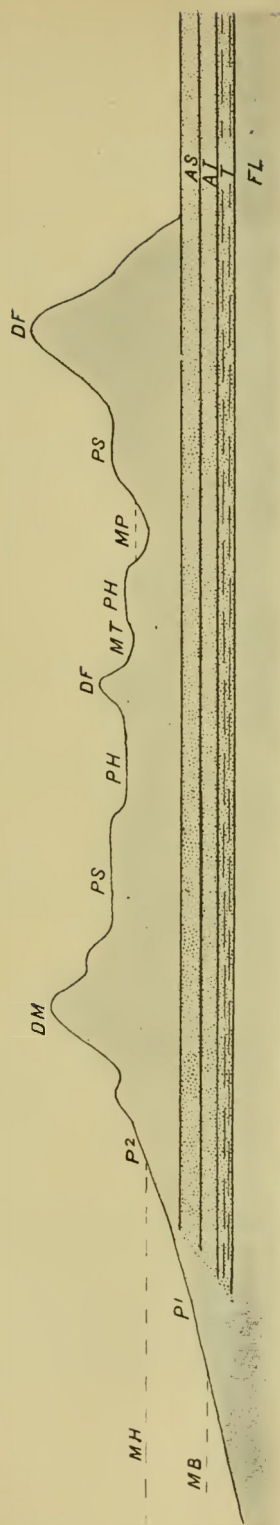


Fig. 23. — Coupe schématique à travers les dunes littorales.

MH = Niveau de la marée haute; *MB* = Niveau de la marée basse.

P₁ = Plage soumise aux fluctuations des marées; *P₂* = Plage située au-dessus des hautes mers.

DM = Dunes mobiles; *DF* = Dunes fixées.

PS = Pannes sèches; *PH* = Pannes humides.

MT = Mares d'hiver; *MP* = Mares permanentes.

AS = Argile supérieure des polders; *AI* = Argile inférieure des polders; *T* = Tourbe.

FL = Sable flandrien.

mammosum qui soit abondant au printemps; aucun ne se montre en plein été lorsque le sable est sec.

Les Phanérogames qui vivent sur le sable immobilisé par les Mousses et les lichens ont un aspect notablement différent de celles des monticules mouvants. Ces dernières se rencontrent aussi, à la vérité, sur les dunes fixées; mais elles y sont l'exception. Ainsi, *Ammophila* reste chétif; il ne fleurit pas beaucoup, et, de plus, la plupart de ses caryopses sont attaqués par *Claviceps purpurea*. Cette Graminée ne joue ici qu'un rôle tout à fait effacé, sauf, bien entendu, dans les endroits où du sable est accumulé par les vents qui ont affouillé ailleurs le flanc d'une colline.

Le premier fait qui frappe le botaniste, c'est que la flore des dunes stables contient une notable proportion d'espèces annuelles et bisannuelles, dont l'appareil souterrain est moins largement développé que celui des espèces vivaces, et qui manquent totalement aux dunes meubles. Citons parmi les bisannuelles : *Jasione montana* (phot. 75), *Erodium cicutarium* (phot. 71), *Anthyllis Vulneraria* (phot. 79 a), *Arabis hirsuta* (ces deux dernières parfois vivaces, voir p. 257), *Melilotus albus* et *Oenothera Lamarckiana* (tous deux introduits); parmi les annuelles : *Myosotis hispida*, *Phleum arenarium*, *Silene conica* (phot. 76), *Draba verna* (phot. 74), qui sont hivernales, et *Orobanche caryophyllacea* (phot. 78), et *O. ramosa*, qui sont estivales.

La forte prépondérance des espèces qui croissent pendant l'hiver est en relation, ainsi que nous l'avons déjà dit (p. 255), d'une part, avec la douceur des hivers, d'autre part, avec l'aridité des étés; parmi les plantes annuelles, il n'y a guère que les *Orobanche*, parasites et à surface transpiratoire réduite au minimum, qui puissent s'accommoder des dunes pendant l'été.

Beaucoup de Phanérogames, non seulement parmi les annuelles et les bisannuelles (phot. 71, 74, 75), mais aussi parmi les vivaces (*Taraxacum*, *Ranunculus bulbosus* [phot. 72], *Hieracium umbellatum* [phot. 81]) ont des feuilles étalées sur le sable en une rosette. C'est là encore une particularité qui ne se rencontre pas dans les dunes dont le sable se déplace trop aisément et où les feuilles risqueraient d'être bientôt enfouies.

Alors que les sables à surface sans cesse bouleversée ne peuvent être colonisés que par des plantes à organes souterrains profonds, et le plus souvent longuement traçants, les collines couvertes d'un écran de Mousses et de Lichens portent aussi de nombreuses espèces dont les rhizomes restent courts. De plus, les plantes des dunes mobiles ont toutes la faculté de produire des bourgeons sur les parties enterrées, soit les tiges, soit les racines (*Salix*, *Hippophaës*, *Euphorbia*, voir pp. 274, ss.). Sur les monticules plus stables, où les dangers de déchaussement sont moindres, vivent des plantes qui n'ont pas cette faculté, ou qui ne la manifestent que d'une façon exceptionnelle (par exemple *Taraxacum*); la plupart d'entre elles placent leurs bourgeons hivernants au niveau du sol ou immédiatement en dessous; en d'autres termes, ce sont des hémicryptophytes (voir p. 263), tandis que les espèces des dunes à surface changeante sont toutes, au moins potentiellement, des cryptophytes (p. 265).

Ces différences sont tout à fait manifestes, quand on compare les Graminacées des sables mobiles (*Elymus*, *Ammophila*, *Festuca rubra*) à celles qui ne quittent pas les dunes bien stables : *Festuca ovina* (fig. dans RESVOLL, p. 256), *Corynephorus canescens* (fig. dans WARMING, 1891, pp. 186, 187), *Koeleria cristata*; toutes celles-ci ont une souche courte et amènent leurs bourgeons hivernants au niveau du sol. Il en est de même de *Saponaria officinalis* (phot. 77), de *Thalictrum minus*, à rhizomes assez longs, et d'*Achillea Millefolium*, à rhizomes courts (fig. dans RESVOLL, p. 278), etc. Les Compositacées liguliflores ont presque toutes une grosse racine pivotante surmontée d'un bourgeon qui se trouve également à fleur de terre : *Leontodon autumnale* et *L. hirtum*, *Hypochaeris radicala*.

Les plantes hémicryptophytes des dunes fixées présentent encore une autre particularité : toutes possèdent des bourgeons qui viennent d'en bas pour se disposer à la surface du sable, tandis que dans les pannes et dans les polders, il y a de nombreuses hémicryptophytes d'une autre sorte : leurs tiges traînent au-dessus du sol et elles donnent des racines qui, par leur contraction, attirent par terre, et même un peu en terre, les bourgeons

portés par les rameaux radicans ou les stolons. C'est, sans doute, le danger d'être desséchées et rôties qui empêche les plantes de la dune de produire des stolons aériens ou des tiges couchées et s'enracinant aux nœuds : sur le sable brûlant (voir p. 219) les racines seraient inévitablement détruites. Il n'y a que *Hieracium Pilosella* qui appartienne à cette catégorie d'hémicryptophytes : ses stolons produisent de petites rosettes des feuilles qui s'étalent par terre, avant que les racines se forment, de telle sorte que ces dernières ne sont pas en contact avec du sable directement ensoleillé.

Il y a pourtant aussi des espèces dont les bourgeons sont situés, en tout ou en partie, dans la profondeur du sable : *Asparagus officinalis*, *Epipactis latifolia*, etc., avec une souche courte; *Galium verum*, *Convolvulus arvensis*, *Ononis repens*, *Viola tricolor* (fig. dans WARMING, 1877, I, p. 81), etc., avec rhizomes plus ou moins allongés.

Il y a aussi, dans la même station, quelques chaméphytes, ayant leurs bourgeons hivernants dans l'air, mais près du sol : *Rosa pimpinellifolia* (aussi cryptophyte) avec des bourgeons protégés par des écailles; *Sedum acre* (fig. dans WARMING, 1897, I, p. 82), *Thymus Serpyllum*, avec des bourgeons nus.

* * *

Une association est tout autant caractérisée par les espèces qui lui manquent que par celles qui la constituent. Ainsi, il est intéressant de constater que les dunes fixées, pas plus que les dunes mouvantes, ne portent de lianes d'aucune sorte. Les Convolvulacées y restent relativement courtes : *Calystegia Soldanella* ne grimpe jamais, *Convolvulus arvensis* (phot. 79b) ne devient presque jamais assez long pour s'enrouler autour des Oyats et des Saules rampants. Parmi les *Galium*, les dunes ne renferment que des espèces courtes : *G. verum* et *G. Mollugo*. Même *Solanum Dulcamara*, qui dans les roselières des polders devient quelque peu voluble et se hisse sur les tiges voisines (phot. 143), reste trappu dans les dunes et ne grimpe jamais (phot. 37). C'est, sans doute,

le manque d'eau qui empêche l'allongement des tiges. Il est probable qu'il faut attribuer à la même cause, et aussi à l'échauffement excessif de la couche superficielle ainsi qu'à la lumière intense, l'absence d'Algues terrestres, telles que les *Pleurococcus* et les *Schizogonium*, et celle des Hépatiques et des Fougères.

* * *

Ce qui a été dit au sujet de la végétation différente des pentes W. et E. dans les dunes mobiles, trouve naturellement aussi son application ici, tout au moins pour les dunes qui sont plus ou moins entamées par les tempêtes.

Mais sur les dunes les plus stables, chaque versant a également sa flore un peu spéciale, dont la nature est, sans doute, en relation avec des climats locaux.

Ainsi, le versant S. des hautes dunes, surtout de celles qui sont voisines des polders, porte souvent des touffes de *Rubus caesius* qui s'étendent d'année en année vers les côtés et vers le bas, grâce à l'enracinement des sommets qui s'enterrent à l'automne. Il n'est pas impossible que les fortes chaleurs de l'été soient nécessaires à cette plante.

Les espèces annuelles hivernales sont localisées de préférence sur les faces W. et S.-W. des dunes, qui sont les plus chaudes en hiver. Voici pourquoi : pendant la majeure partie de l'automne et de l'hiver, le ciel est brumeux et des brouillards s'étendent sur tout le littoral. D'habitude le soleil ne se dégage que vers midi, de telle sorte que les collines sont plus longuement éclairées sur leurs faces W. et S.-W. que sur leur face S.

Il y a aussi des plantes qui sont assez indifférentes au degré de chaleur, mais qui sont directement dépendantes de l'humidité apportée par les pluies. Ce sont les Mousses. Celles-ci sont relativement rares sur les faces S. et E. qui sont trop sèches, et où les heures pendant lesquelles la croissance est possible sont décidément par trop exceptionnelles (voir p. 285). Elles abondent, au contraire, sur les faces W. et N., où l'évaporation est moindre et qui sont battues par les tempêtes pluvieuses.

C'est là qu'on rencontre, en même temps que *Tortula ruraliformis*, qui colonise aussi les faces S. et E., de larges plaques d'autres espèces : *Hypnum cupressiforme*, *Camptothecium lutescens*, *Thyidium abietinum* (phot. 72), etc.

VII. — LES PANNES

(Voir fig. 23, p. 401.)

Les vallées qui s'étendent entre les rangées de hautes dunes ont des aspects très variables : tantôt elles sont peu profondes, et ne donnent pas asile à des espèces autres que celles des dunes voisines ; tantôt, au contraire, leur fond se rapproche de la nappe aquifère, et leur sol, qui reste humide même au cœur de l'été, nourrit un grand nombre de plantes spéciales. Mais même dans le cas où la vallée reste trop loin de l'eau souterraine pour que des espèces nouvelles s'introduisent dans leur végétation, celle-ci prend des caractères très différents de celle de la dune fixée, et à plus forte raison de celle de la dune mouvante ; tandis que sur les dunes, les plantes constituent toujours une association (ou formation) ouverte, pour employer le terme adopté par SCHIMPER (1898), c'est-à-dire que les plantes ne s'y touchent pas et que la terre reste nue, ou ne porte que des Mousses sur la plus grande partie de sa surface, — les pannes, mêmes sèches, possèdent une association fermée, où le sol, entièrement couvert de plantes, n'apparaît nulle part.

Il y a encore un autre contraste entre la physionomie de la panne et celle de la dune. Sur cette dernière, ce sont les Graminacées et le *Carex arenaria* qui tiennent le rôle principal : *Ammophila*, *Elymus*, *Carex*, sur les dunes mobiles ; *Festuca rubra*, *Corynephorus*, *Ammophila*, *Carex*, sur les dunes fixées. Dans les pannes sèches, ces mêmes espèces existent encore ; mais elles passent tout à fait à l'arrière-plan dans la physionomie générale de la station, et toute l'importance est accaparée par *Salix repens* et *Hippophaës*. Les *Salix* ne se présentent pas, comme sur les dunes, en touffes isolées ayant plus ou moins la forme d'une calotte de sphère (phot.

33 à 35). Dans le sol compact et dur de la panne, les racines s'étalent toutes à peu près horizontalement et elles drageonnent avec activité : il y a donc d'innombrables rameaux qui se dressent les uns à côté des autres, et qui font un tapis serré, haut d'une cinquantaine de centimètres au maximum, et couvrant tout le fond de la vallée (phot. 31, 43, 44). Dans les endroits humides, les Saules s'écartent parfois un peu et font place à des *Hippophaës*; le plus souvent ceux-ci constituent des fourrés denses, comme ceux des dunes (phot. 80); parfois ils sont plus isolés et comme piqués au milieu des petits Saules (voir phot. 3, dans MASSART, 1904, 1).

Comme les Graminacées et le *Carex* restent verts pendant la majeure partie de l'hiver, les dunes ont sensiblement le même aspect en toute saison. Par contre, la chute des feuilles de *Salix* et de *Hippophaës* fait que les pannes ont en hiver une teinte brun foncé donnée par l'écorce des buissons, teinte qui contraste singulièrement avec la coloration verte, grise ou argentée des feuillages pendant l'été.

Les pannes étendues et variées n'existent que dans la partie du littoral qui est comprise entre la frontière française et Westende. A l'Est de ce village, les dunes sont trop étroites et elles ne renferment nulle part de vallées assez larges et assez profondes pour mériter le nom de pannes. Celles-ci reparaissent, peu intéressantes d'ailleurs, du côté de Knocke.

Lorsqu'on descend du sommet d'une colline de sable vers le fond d'une vallée, on passe, par des transitions insensibles, depuis l'association essentiellement xérophyte de la dune jusqu'à la flore flottante et submergée des mares qui dorment dans le creux des pannes les plus profondes; on se convainc alors aisément que toutes les différences entre les zones successives de végétation tiennent exclusivement au degré de sécheresse ou d'humidité du sable : plus le sable devient humide, plus la flore s'enrichit et se diversifie. La densité plus grande de la végétation dans les pannes entraîne une modification secondaire du sol : les restes des plantes sont notablement plus abondants dans les pannes que dans les dunes fixées et surtout dans les dunes mobiles, et le sable des pannes est donc plus chargé d'humus (voir tableau K, p. 314); grâce à ce fait, il est aussi

plus riche en azote. Bref, à tous les points de vue le sol des pannes est plus favorable à la végétation que celui des collines, même de celles qui ne sont jamais entamées par les tempêtes.

Comme l'enrichissement du sol en humus et en azote est tout aussi graduel que l'augmentation de l'humidité, il n'y a donc pas moyen de délimiter exactement la panne vis-à-vis de la dune, pas plus qu'on ne pourrait tracer sur le terrain la ligne de démarcation entre les pannes sèches et les pannes humides.

A. — Pannes sèches.

L'association se compose des mêmes espèces que celles de la dune fixée: seulement les plantes sont plus serrées et elles font sur le sol un tapis continu. En outre, la proportion relative des individus de chaque espèce change. Ainsi *Ammophila* n'est plus représenté que par les quelques rares touffes qui ont rencontré du sable mouvant près d'un terrier de Lapin (phot. 45); ils y voisinent avec *Corynephorus* et *Festuca rubra*. D'autres Graminacées, qui sont relativement rares sur les dunes, prennent ici une prédominance marquée: telle est *Calamagrostis Epigeios* (phot. 46).

Parmi les autres plantes, qui sont rares sur les dunes, mais beaucoup plus répandues dans les pannes sèches, citons encore: *Thesium humifus* et les espèces sur les racines desquelles il vit en hémiparasite: *Galium verum*, *Ononis repens*, *Lotus corniculatus*, etc.; *Epipactis latifolia*, *Helianthemum Chamaecistus*, *Senecio Jacobææ*, *Climacium dendroides*, *Hypnum cupressiforme*, *Peltigera canina*, *Cladonia rangiformis*.

Les Champignons Autobasidiés sont plus abondants que partout ailleurs, ainsi que l'indique la liste des associations.

B. — Pannes humides.

C'est la station dont la flore présente la plus grande variété dans tout le district des dunes littorales. En Néerlande, où il n'y a pas d'associations comparables à celles des rochers calcaires qui bor-

dent la Meuse et ses affluents, les botanistes considèrent que les pannes renferment une végétation plus riche que celle d'aucun autre point du territoire.

La remarquable diversité de la flore des vallées humides ne tient certes pas à la variété du terrain, car celui-ci est d'une uniformité parfaite : c'est partout le même sable, légèrement teinté d'humus, restant imprégné d'eau même pendant l'été, où les sels nutritifs sont peu abondants.

La flore est essentiellement celle des endroits marécageux : *Parnassia palustris* (phot. 50), *Epipactis palustris* (phot. 51), *Schoenus nigricans*, *Myosotis lingulata*, *Mentha aquatica* (phot. 50 et 52), *Lythrum Salicaria*, *Lysimachia vulgaris*, etc. Les Bryophytes comprennent également quelques espèces liées aux lieux humides : *Trichostomum flavo-virens*, *Pellia epiphylla*, *Dilaena Lyellii*, etc. (1). Parmi les lichens, il y a divers *Collema*. Les Champignons comptent aussi quelques espèces : *Hygrophorus conicus*, *Hebeloma crustuliniforme*. Enfin, les Schizophycées sont représentées par *Nostoc commune*, dont les thalles sont tantôt desséchés et fripés, collés au sol ou aux Mousses, tantôt gorgés d'eau et ressemblent alors à de grosses lames ondulées de caoutchouc translucide.

La présence de *Nostoc commune* nous montre que, même dans les pannes humides, les petits végétaux sont tenus à mener une vie xérophYTE, qu'ils doivent être capables, par exemple, de se dessécher impunément pour revivre lors de la pluie. C'est, d'ailleurs, le cas de la plupart des lichens et des Bryophytes.

La flore phanérogamique toutefois, ainsi que je viens de le dire, est nettement marécageuse, et ce qui le montre, mieux peut-être que l'habitat de ces espèces dans les marécages des autres districts de la Belgique, c'est que beaucoup d'entre elles ont des feuilles assez grandes, pauvres en tissus mécaniques, et devant leur rigidité à leur turgescence : les Orchidacées, *Parnassia*, *Mentha aquatica*, *Lythrum Salicaria*, etc. La différence que présentent à ce point de

(1) Cette dernière espèce, qui était abondante en 1898 dans diverses habitations, semble n'avoir pas survécu aux années sèches qui suivirent (voir p. 342).

vue les dunes et les pannes humides est surtout évidente quand on compare les feuilles des Graminacées : sur les endroits secs, les feuilles ne doivent leur solidité qu'à des cellules à parois épaissies (*Ammophila*, *Festuca rubra*, *F. ovina*, *Corynephorus*, etc. [fig. 21, p. 280]); dans les pannes humides, les feuilles sont souples, molles, étalées (*Arrhenatherum*, *Festuca elatior*, *Agrostis alba* [fig. 21, p. 280]).

* * *

Voici encore quelques particularités qui sont en relation avec la forte humidité du sol. Beaucoup de plantes herbacées ont uniquement des feuilles en été; telles sont non seulement des plantes annuelles, comme *Euphrasia officinalis*, *Gentiana Amarella*, mais aussi beaucoup de plantes vivaces : les Orchidacées, *Lysimachia vulgaris*, *Parnassia*, *Lythrum*.

Les plantes radicantes et stolonifères, si rares dans les dunes, sont assez bien représentées dans les fonds : *Hydrocotyle vulgaris* (phot. 52), *Mentha aquatica* (phot. 50, 52), *Myosotis lingulata*, *Lysimachia Nummularia*, *Anagallis tenella* (phot. 52), *Ranunculus Flammula* (phot. 52), etc. Il en est de même pour les lianes : les pannes renferment *Vicia Cracca*, *V. angustifolia*.

Tout ceci montre bien l'étroite relation qui unit la composition de la flore à la teneur du sol en eau. On est d'autant plus surpris de constater des faits qui sont en contradiction flagrante avec cette corrélation. Ainsi, comment expliquer que certaines plantes affectionnant partout les endroits secs, ne se rencontrent dans les dunes littorales que dans les pannes humides, comme *Erythraea Centaurium*, *Anacamptis pyramidalis* et *Herminium Monorchis* (phot. 51)? Ces plantes seraient-elles indifférentes à l'humidité, ainsi que le sont *Carex arenaria*, *Ammophila* et *Solanum Dulcamara*? Ceux-ci habitent les dunes depuis les endroits les plus humides, souvent inondés en hiver, jusqu'aux sommets les plus secs et les plus tourmentés par les vents (phot. 37); en outre, *Solanum* est fréquent sur les bords de fossés et dans les étangs des polders (phot. 143).

Nous avons vu que lorsqu'on compare les plantes des dunes

fixées à celles des dunes mobiles, les premières montrent une tendance à avoir des rhizomes assez courts et à devenir hémicryptophytes, alors que sur les dunes mobiles, les organes souterrains sont très développés et les bourgeons hivernants restent profonds. Dans les pannes cette même tendance se marque davantage : ici il y a encore une plus grande proportion de Phanérogames qui ont une souche cespiteuse ou des rhizomes à peine traçants, et dont les bourgeons hivernants sont situés à fleur de terre : *Lythrum*, *Parnassia*, *Molinia caerulea* (fig. dans RAUNKIAER, 1895-1898, p. 580), *Arrhenatherum elatius* (fig. *ibidem*, p. 585), *Phleum pratense* (fig. *ibidem*, p. 599), *Schoenus nigricans* (fig. *ibidem*, p. 419) *Liparis Loeselii* (fig. *ibidem*, p. 321), *Juncus lamprocarpus* (fig. *ibidem*, p. 395). Disons pourtant qu'il y a pas mal de végétaux cryptophytes, tels que *Epipactis palustris* (fig. *ibidem*, pp. 310, 311), *Listera ovata* (fig. *ibidem*, p. 314), *Anacamptis pyramidalis* (fig. *ibidem*, p. 329), les *Orchis* (fig. *ibidem*, pp. 329 à 342). Même les plantes à rhizomes allongés ne font pas complètement défaut : *Pyrola rotundifolia*, *Ononis repens*, *Herminium Monorchis* (fig. *ibidem*, p. 330). Toutefois, malgré ces exceptions, il n'en reste pas moins vrai que les plantes cespiteuses et hémicryptophytes sont plus nombreuses dans les pannes que sur la dune, ce qui est sans doute en rapport avec la compacité plus grande du sol des pannes (p. 264).

La grande proportion des plantes à mycorhizes doit probablement être attribuée à la richesse du sol en humus : Gentianacées, Orchidacées, *Pyrola*, *Polygala serpyllacea*.

*
* *

Examinons à un autre point de vue la flore des pannes humides. Elle renferme plusieurs espèces qui existent aussi dans les polders, aux bords des fossés : *Arrhenatherum*, *Festuca elatior*, *Phleum pratense*, *Lythrum Salicaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Mentha aquatica*, etc. Dans les pannes les exemplaires sont petits, chétifs ; dans les polders, hauts et vigoureux. Pour ne citer qu'un cas, *Mentha aquatica* atteint au maximum une quinzaine de centimètres de

hauteur dans les pannes (phot. 50) et une cinquantaine de centimètres dans les polders (phot. 140). On ne peut évidemment pas incriminer la pénurie d'eau dans les pannes, mais uniquement les mauvaises qualités nutritives du sol, soit qu'on le considère comme trop pauvre, soit qu'on accepte les idées de WHITNEY (p. 303).

*
* * *

Les pannes les plus basses sont souvent inondées en hiver ; mais l'eau n'y demeure pas aussi longuement que dans les creux un peu plus profonds que nous étudierons dans un autre paragraphe (mares d'hiver). Pourtant le séjour de l'eau, même irrégulier comme il l'est, influence nettement la composition de la flore : *Helianthemum*, *Ononis*, *Vicia Cracca*, etc., ne descendent pas aussi bas ; par contre, *Ranunculus Flammula*, *Apium inundatum*, *Samolus Valerandi*, *Anagallis tenella*, *Hydrocotyle vulgaris* ⁽¹⁾, *Ophioglossum vulgatum*, *Hypnum polygamum*, *H. lycopodioides*, *Pellia epiphylla* ne sortent jamais de ces creux.

Dans ces cavités, qui sont souvent inondées jusqu'en juin et qui après cela restent encore saturées d'eau pendant longtemps, l'échauffement du sol est très lent. Aussi la végétation y est-elle fortement en retard. Au début de juin, les *Hippophaës* et les *Salix* n'ont souvent pas même commencé à déplier leurs bourgeons et leurs fleurs, alors que les pannes sèches du voisinage ont déjà leurs Saules en fruits et couverts de flocons blancs (phot. 31). Jamais les plantes de ces creux ne rattrapent leurs voisines ; au mois de septembre on peut encore cueillir dans les fonds des fleurs d'*Epipactis palustris* et même de *Herminium*. Il y a pourtant des espèces, telles que *Parnassia*, qui ne fleurissent pas plus tard dans les pannes inondées que dans les pannes humides habituelles. C'est d'ailleurs une plante dont la date de floraison semble ne pas être sous la dépendance immédiate de la température : ainsi, dans les pâturages des Alpes, elle fleurit un mois plus tôt qu'en Belgique.

⁽¹⁾ La photographie 52 représente la flore d'un endroit qui s'inonde en hiver.

VIII. — LES MARES D'HIVER.

Il y a naturellement toutes les transitions entre les pannes qui sont inondées pendant les hivers très humides et les fonds situés encore plus bas et que la nappe aquifère envahit tous les ans, sauf pendant les années exceptionnellement sèches (p. 341). Pourtant il y a un caractère qui différencie aussitôt les deux sortes de creux : dans les pannes les inondations sont en général trop rares et trop fugaces pour détruire la végétation habituelle, tandis que dans les mares d'hiver, le sol est nu sur la plus grande partie de son étendue (phot. 47, 48, 49; voir aussi les phot. 3 et 4 dans MASSART, 1893).

Rares sont les végétaux qui peuvent s'accommoder de conditions aussi fâcheuses : être inondés presque sans interruption certaines années; en d'autres, devoir vivre dans un sable dont les grains grossiers et non mélangés d'humus ne font guère remonter l'eau de la profondeur; souffrir de soif, après avoir étouffé dans l'eau : voilà le sort des habitants de ces mares hivernales. Aussi n'y a-t-il rien de surprenant à ce que très peu d'espèces aient réussi à les coloniser de façon durable.

Les milliers de jeunes plantes de *Salix repens*, dont les graines ont été apportées au printemps et ont germé aussitôt, meurent à l'automne dès que l'eau vient sourdre à la surface du sol; d'autre part les Algues, qui sont apportées par les Oiseaux aquatiques et qui se multiplient à l'excès pendant l'hiver, disparaissent lorsque les eaux rentrent dans le sable. Il n'y a guère que quatre espèces de Phanérogames qui se rencontrent dans les mares temporaires : *Agrostis alba* ⁽¹⁾, *Carex arenaria*, *Juncus lamprocarpus*, *Ammophila arenaria*.

La plus caractéristique de ces plantes est *Agrostis* (phot. 49; fig. dans WARMING, 1906, p. 167). Ses feuilles, beaucoup plus courtes

(1) Cette espèce a été confondue avec *Atropis* (*Glyceria*) *maritima*, dans MASSART, 1893, photographies 3 et 4.

que dans les pannes humides, sont obliques ou même dressées; elles accumulent entre elles du sable, de telle façon que chaque plante détermine la formation d'une butte, analogue à celles de *Salix repens* (phot. 33, 34, 35), mais tout à fait minuscule et ayant au maximum une dizaine de centimètres de hauteur. De chaque mamelon rayonnent des rameaux radicans. Dès que l'eau surgit du sol, les racines de ces rameaux se détachent de terre; les tiges, encore en connexion avec la plante mère, flottent sur l'eau et s'y allongent fortement, donnant à chaque nœud quelques racines qui plongent dans le liquide, et une petite houppe de feuilles dressées. Plus tard, quand l'eau se retire, les longues tiges sont déposées sur le sable et s'y enracinent définitivement.

Carex arenaria (phot. 49, au milieu) est moins vigoureux que dans le sable meuble : ses rhizomes sont beaucoup moins longs et la plante fleurit rarement. Pourtant il ne semble pas que jamais le *Carex* souffre au point d'en mourir.

Juncus lamprocarpus est également moins florissant qu'ailleurs; ses tiges et ses feuilles restent courtes et la propagation végétative par des bourgeons nés sur les inflorescences (fig. dans *Raunkiaer*, 1895-1899, p. 395), qui est si rapide dans les pannes, est ici fort irrégulière. Pourtant la plante fleurit et donne des graines mûres. Je n'ai jamais vu dans les mares, les galles si caractéristiques produites par *Livia juncorum*, qui stérilisent les inflorescences.

Enfin, *Ammophila* (phot. 4, dans MASSART, 1893) n'habite que les petits monticules de sable neuf qui se forment au pourtour de la mare. Je ne pense pas qu'il fleurisse.

IX. — LES MARES PERMANENTES.

Elles sont toutes artificielles : les unes ont été creusées pour attirer les oiseaux aquatiques qui viennent s'y reposer pendant le passage et que les chasseurs abattent (phot. 54); les autres servent d'abreuvoir aux bestiaux qui paissent dans les prairies (phot. 55). Il y a aussi quelques fossés, servant de drainage, dont la flore est identique à celle des mares.

Les explications données antérieurement au sujet des végétaux qui ont été introduits dans la mare du Terrain expérimental (phot. 53 et p. 384), me dispensent de décrire longuement la flore des mares permanentes. Son caractère le plus frappant est d'être mal nourrie et chétive. Aussi les espèces qui la composent sont-elles en majeure partie celles qui habitent les étangs des districts flandrien et campinien plutôt que celles du district poldérien, adaptées à une eau plus riche en aliments.

La Mare des Kelders (phot. 55), servant d'abreuvoir, se distingue, à ce point de vue, de toutes les autres eaux des dunes : sa flore comprend plusieurs plantes exigeantes sous le rapport de la nourriture, notamment *Zannichellia palustris*, *Lemna minor*, *Ranunculus aquatilis*, etc. (voir la liste des associations). Il est probable que les excréments des bestiaux qui viennent boire à cette mare, enrichissent suffisamment l'eau pour lui permettre de donner asile à des plantes poldériennes. Je m'empresse d'ajouter que les analyses chimiques ne révèlent pas du tout que l'eau de la Mare des Kelders soit plus nutritive que celle de la Mare aux Canards (colonnes D et E du tableau L, p. 322); seulement les analyses ont été faites en août, à un moment où la végétation si abondante de la Mare des Kelders avait peut-être épuisé totalement les aliments disponibles.

X. — LES CULTURES ⁽¹⁾.

On ne croirait pas, au premier abord, qu'il puisse être question de cultures dans un pays aussi stérile que les dunes littorales. Il est probable que dans les pays à population moins dense que la Belgique, personne n'essaierait de faire pousser des céréales et des légumes dans du sable presque pur, mais chez nous la lutte pour l'existence est tellement vive que les habitants s'efforcent de tirer parti de tous les sols, quels qu'ils soient. N'oublions pas qu'ils ont réussi, par un labeur opiniâtre qui se poursuit depuis de longs

(¹) On trouvera beaucoup de renseignements au sujet des exploitations agricoles dans la *Monographie agricole de la région des dunes*.

siècles à transformer les landes stériles de la Flandre en un jardin dont la fertilité prodigieuse soulève l'admiration des agriculteurs étrangers.

Dans la dune, pourtant, le résultat est loin d'être aussi favorable jusqu'ici. Les champs qui n'ont été installés que dans les pannes, sont morcelés à l'infini ⁽¹⁾ : il est exceptionnel qu'une ferme exploite plus qu'un hectare de terrain. La culture ne suffit donc pas à nourrir les habitants, et ceux-ci sont forcés d'être en même temps que cultivateurs, pêcheurs côtiers ou bien manœuvres dans les villes balnéaires. Aussi la culture est-elle en grande partie abandonnée aux soins des femmes.

L'absence de bêtes bovines fait que le fumier de ferme manque. Le sol reste donc pauvre en humus et il ne retient guère les matières fertilisantes qu'on lui confie. Celles-ci consistent essentiellement en rebuts de la pêche : Étoiles de mer, Crabes, Crevettes trop petites et Poissons sans valeur, tout ce que le pêcheur ne peut pas vendre avec profit est jeté dans une fosse pour servir d'engrais lorsqu'on bêchera le champ. Un tel mode de fumure ne permet pas de cultiver autre chose que du Seigle et des Pommes de terre; tout au plus peut-on espérer obtenir, après le Seigle, une récolte fort maigre de Navets.

Aux environs immédiats d'Ostende, où l'on dispose des eaux d'égout et des boues de la ville, le terrain est plus copieusement fumé et l'on peut se risquer à faire de la culture maraîchère. Seulement, il ne s'agit pas là de champs établis dans des pannes : le terrain mis en culture est, ou bien des polders que le vent a recouverts d'une couche plus ou moins épaisse de sable, ou bien du sable à *Cardium*. Nous n'examinons ici que les vraies cultures des pannes, telles qu'on les voit à Knocke (phot. 63), à La Panne, à Coxyde et à Oostduinkerke (phot. 56 à 62).

Les difficultés à vaincre sont de divers ordres. D'abord, la stérilité initiale du terrain et l'impossibilité de lui conserver une fumure;

(1) Les cartes 2 A et 4 C donnent une idée de la division de la terre dans les dunes de Coxyde et d'Oostduinkerke, et de Knocke.

nous venons d'en parler. En second lieu, la violence des vents : les habitants sont obligés de couvrir leurs cultures de branchages ou de les garnir de bouchons de paille, pour empêcher que les tempêtes n'emportent le sable au moment où l'on vient de retourner le champ (phot. 59 et 60, et p. 232). D'ailleurs le vent est menaçant en toute saison et les cultivateurs ont soin d'entourer chaque champ d'un brise-vents de Peupliers ou d'Aunes ; le plus souvent ceux-ci sont cultivés en taillis (phot. 56, 57, 59, 62) ; plus rarement on les traite en têtards (phot. 62).

Une troisième cause d'insuccès consiste dans les inondations hivernales. Comme on ne peut mettre en culture que des pannes humides, il arrive fréquemment que les champs se couvrent d'eau en hiver. On a remédié à ce grave inconvénient en creusant entre les champs des rigoles de drainage qui vont déverser leurs eaux dans des fossés plus larges communiquant avec les fossés des polders, et enfin avec les rivières et les canaux.

*
* *

La flore messicole des champs de Pommes de terre se compose exclusivement d'espèces annuelles estivales, puisque le labourage se fait au printemps. Elle est assez riche et comprend quelques espèces qu'on ne rencontre pas d'habitude dans les champs labourés, notamment *Brassica nigra*, qui atteint une hauteur de 2 mètres, et *Gnaphalium luteo-album*, très abondant.

Dans les champs de Seigle d'hiver, assez rarement cultivé par crainte des inondations toujours possibles, il y a quelques plantes annuelles qui lèvent avant l'hiver, par exemple *Euphrasia Odontites* (variété printanière). Le Seigle de printemps, qui se cultive sur des terres ayant déjà porté l'année précédente une récolte de Pommes de terre, a une flore messicole fort pauvre.

XI. — LES BOSQUETS.

La surface boisée des dunes n'est que d'un petit nombre d'hectares ; pourtant ces bois appartiennent à trois modes d'exploitation essentiellement différents : le taillis d'Aunes dans les pannes

humides (phot. 64); la pineraie sur les dunes fixées (phot. 69 et 87 à 92); la futaie de Peupliers sur le versant continental des dunes fixées (phot. 81 à 86).

Les aunaies n'offrent rien de bien intéressant; elles ne datent d'ailleurs que d'une vingtaine d'années. Notons toutefois leur importance comme abri nocturne pour les Oiseaux des polders, qui y apportent des plantes à fruits charnus (p. 348).

Les pineraies se composent surtout de *Pinus sylvestris* (phot. 69 et 87 à 91); les plus anciens ont à présent une trentaine d'années (phot. 14 dans MASSART, 1904, 1). A La Panne, il y a un petit peuplement de *Pinus Cembra*, ayant environ le même âge. Au Coq, on a essayé, avec succès, la plantation de *Pinus montana*. Il existe aussi quelques bois de *Pinus Pinaster*; à Knocke les essais ont été couronnés de succès, surtout sur les sommets des collines (phot. 13, dans MASSART, 1904, 1); à Coxyde, ceux qu'on a mis sur les dunes sont très chétifs (phot. 92), tandis qu'ils viennent mieux dans les pannes (phot. 91).

Enfin, on a aussi planté çà et là, au milieu des autres *Pinus*, quelques exemplaires de *P. Laricio*: c'est certainement celui qui a le plus d'avenir (phot. 91), et dont la plantation mérite le plus d'être recommandée.

A côté des aunaies et des pineraies, tout à fait jeunes, les bosquets de Peupliers accrochés à la pente méridionale des dunes fixées, depuis Coxyde jusque près de la frontière française, ont un air ancien et vénérable (phot. 83 à 86). Ils représentent, en partie tout au moins, les restes des forêts qui ont été ensablées pendant le XVIII^e siècle (p. 370). Ils se composent de grands *Populus monilifera* auxquels sont mêlés quelques *Populus alba*, dont la cime est beaucoup plus asymétrique que celle des premiers (voir phot. 15, dans MASSART, 1904, 1).

Sous la futaie, peu dense, il y a un taillis composé de *Populus alba*, *P. monilifera*, *P. Tremula*, *Prunus spinosa*, *Rosa pimpinellifolia*, etc.

Les herbes comprennent plusieurs espèces, qui sont les compagnes fidèles des haies et des buissons à l'intérieur du pays, et qui manquent ailleurs dans les dunes: *Ægopodium Podagraria*,

Lamium album. La proximité des polders a permis l'introduction de plusieurs espèces de prairies et des digues : *Senecio erucaefolius*, *Pastinaca sativa*, *Arrhenatherum elatius*, *Urtica dioica*, etc. On y rencontre aussi des plantes qui viennent sans doute de plus loin : *Humulus Lupulus*, *Bryonia dioica*, *Lithospermum officinale*, *Monotropa Hypopitys*, etc.

Somme toute, ces bosquets ne renferment pas une vraie flore de sous-bois. *Carex remota*, *C. sylvatica*, *Lamium Galeobdolon*, *Ranunculus Ficaria*, *Polygonatum*, etc., voilà autant de plantes qui font défaut aux dunes boisées. (Voir aussi p. 359)

§ 2. — District des alluvions marines ⁽¹⁾.

I. — LIMITES.

Aux embouchures des fleuves se déposent les sédiments vaseux apportés par les rivières. Ces couches se continuent directement avec celles qui forment l'argile des polders ; la séparation entre le district des alluvions marines et le district poldérien est due uniquement à un phénomène artificiel : la construction de digues.

J'ai déjà indiqué précédemment où se rencontrent en Belgique les alluvions saumâtres (p. 203).

Du côté de la mer, la slikke est limitée par le niveau de la marée basse. Vers le haut, la slikke touche au schorre. Dans l'Yser, où il y a des vagues assez fortes, la séparation est tout à fait nette et indiquée par une marche haute de 0^m30 à 0^m80 (voir diagr. 8, B, et phot. 95 et 96). Lorsque l'eau de la marée s'étale simplement sans battre les couches d'argile, la slikke et le schorre se continuent sans démarcation appréciable : il en est ainsi au Zwyn et en beaucoup de points du Bas-Escaut.

Dans les bassins de chasse à Ostende, il n'y a pas à proprement parler de distinction entre slikke et schorre.

Ce dernier comprend tout l'espace qui n'est atteint par les

(¹) Consulter les cartes 2 B, 3 A, 4 C.

vagues qu'aux fortes marées. Si les fleuves n'étaient pas pourvus d'écluses, il y aurait partout, vers l'amont des alluvions marines, une zone indécise établissant le passage aux alluvions fluviales. Ces conditions n'existent plus que dans l'Escaut (p. 203).

Latéralement le schorre est limité soit par des digues, soit par des dunes.

Au pied des digues on voit sans peine la démarcation supérieure des alluvions marines : une ligne d'épaves amenées par les marées ; d'un côté sont les espèces du schorre ; de l'autre, les plantes banales de toutes les digues construites en argile (phot. 101).

Contre les dunes, la distinction est moins nette. Aussi bien au Zwyn que dans l'estuaire de l'Yser, le schorre voisin des dunes est couvert de sable et sa surface est loin d'être unie ; les dunes elles-mêmes sont assez peu mamelonnées. Il y a donc une zone où les creux reçoivent de l'eau salée, au moins pendant les marées les plus fortes, mais où les petites éminences sont complètement à l'abri de l'inondation.

. . .

L'endroit le plus intéressant de la Belgique pour l'étude de la flore des alluvions marines est sans contredit la rive droite de l'estuaire de l'Yser, entre Nieuport et la mer (voir carte 2 B).

En face de l'Ancien Phare, le schorre, profondément découpé par des marigots, est bordé par une digue (diagr. 8, C, et phot. 101). Vers le bas, il présente un seuil abrupt par lequel on descend sur la slikke.

Un peu en aval, l'estuaire reçoit, par l'intermédiaire d'une éclusette, les eaux d'un fossé qui serpente dans l'ancien lit de l'Yser, mais qui ne sert plus maintenant qu'au drainage (voir fig. 12, p. 123). La crique par laquelle le fossé conflue avec l'Yser actuel, qu'on appelle la « crique de Lombartzyde », est particulièrement curieuse. Elle est représentée par les photographies 93, 99 et 100, ainsi que par le diagramme 8, A et B. Le fond de la crique est occupé par une slikke. A gauche se trouve le schorre dont nous venons de parler ; à droite, un autre schorre qui se continue jusqu'à la plage. Alors que le premier porte une végétation élevée

(phot. 100, 101, 103), celui qui se trouve à droite de la crique ne produit que des plantes basses (phot. 97, 98, 105, 106).

Si nous nous rapprochons encore un peu de la mer, nous constatons bientôt que la digue s'arrête : l'Yser s'est frayé ici un passage à travers les dunes, et ce sont elles qui limitent les alluvions. (Phot. 97, 108.)

Encore en aval, au voisinage de la passerelle indiquée sur la carte 2, B, le schorre, de plus en plus sableux, passe insensiblement à la plage ; il ne porte plus ici que les végétaux d'estran : *Cakile*, *Agropyrum junceum*, *Salsola*.

II. — LES CONDITIONS D'EXISTENCE.

A. — *Le sol.*

La terre dans laquelle vivent les plantes des alluvions marines, est presque partout de l'argile. Nous n'avons pas d'analyses directes de la constitution physique et chimique de cette argile, mais nous pouvons pourtant nous rendre assez bien compte de sa structure. Au point de vue physique, la terre a la même composition que les argiles poldériennes renseignées dans le tableau I (colonnes G à L). Dans le Zwyn, et près de la plage à Nieuport, l'argile est plus ou moins mélangée ou recouverte de sable.

Mais, si les analyses d'argiles des polders nous renseignent sur la nature physique de l'argile des slikkes et schorres, il n'en est certes pas de même pour la constitution chimique. Des terrains aussi souvent inondés par la mer, sont évidemment imprégnés de sels, et c'est la présence de ceux-ci qui leur donne leur caractéristique.

B. — *Les marées.*

a) Hauteurs des marées.

Il est inutile d'entrer dans des considérations astronomiques et météorologiques. Tout le monde sait que les marées les plus fortes sont celles qui avoisinent l'équinoxe, mais que les tempêtes peuvent augmenter énormément leur hauteur.

TABLEAU P.

Hauteur des fortes marées à Nieuport pendant les années 1899 à 1907.

Les cotes sont rapportées au zéro (z) des cartes de l'état-major
(par exemple les cartes 2, 3, 4).

DATE	HEURE	COTE atteinte par la marée haute.	DIRECTION	INTENSITÉ
de la marée haute.			du vent.	
	H. Min			
1899 : 13 janvier. . .	0 45	5.48	W.	Tempête.
13 février. . .	1 25	5.31	S.-W.	Fort.
20 septembre. . .	12 10	5.32	W.	Id.
1900 : 18 janvier. . .	14 05	5.23	N.-W.	Fort.
9 novembre. . .	13 25	5.18	S.-W.	Faible.
22 décembre. . .	0 20	5.16	W.	Id.
1901 : 23 janvier. . .	5 45	5.38	W.	Tempête.
29 octobre. . .	12 35	5.13	S.	Faible.
28 novembre. . .	13 15	5.88	N.-W.	Fort.
1902 : 26 janvier. . .	13 35	5 83	N.-W.	Fort.
25 mars . . .	13 20	5.18	W.	Id.
19 décembre. . .	14 55	5.43	N.-W.	Faible.
1903 : 3 mars . . .	15 00	5 37	N.-W.	Fort.
14 avril . . .	1 25	5.31	N.-W.	Faible.
22 novembre. . .	1 30	5.81	N.-W.	Fort.

TABLEAU P (suite).

DATE	HEURE	COTE atteinte par la marée haute.	DIRECTION	INTENSITÉ
de la marée haute.			du vent.	
	H. Min.			
1904 : 30 juillet . . .	14 11	5.29	S.	Faible.
12 septembre . . .	13 30	5 33	N.-W.	Id.
8 novembre . . .	12 00	5 63	N.-N.-W.	Fort.
30 décembre . . .	18 10	6.23	N.-W.	Tempête.
1905 : 7 janvier . . .	13 10	5.53	N.	Léger.
30 septembre . . .	12 30	5.43	N.-W.	Fort.
27 novembre . . .	12 15	5 33	W.-N.-W.	Faible.
1 ^{er} décembre . . .	15 45	5.43	S.-W.	Id.
1906 : 14 février . . .	15 40	5.38	S.-W.	Faible.
12 mars . . .	13 45	6.53	N.	Tempête.
1 ^{er} décembre . . .	12 25	5.33	N.-N.-W.	Fort.
1907 : 30 janvier . . .	13 00	5.63	N.	Fort.
14 mars . . .	12 00	5.63	N.	Id.

Le tableau P, qui m'a été communiqué par M. MAERTENS, ingénieur des Ponts et Chaussées à Nieuport, donne les plus grandes hauteurs de marées pendant les années 1899 à 1907. Le tableau R renseigne au sujet des hautes marées de Doel, dans l'Escaut maritime.

Pour apprécier à leur juste valeur l'importance de ces marées, il faut les comparer à la hauteur du schorre (diagramme 8, B, C),

mettons-les aussi en regard de la hauteur atteinte par la marée au moment où a été faite la photographie 100 : d'après l'*Annuaire astronomique* pour 1907, elle s'élevait à 4 mètres ⁽¹⁾; la photographie 6 (pl. III), publiée par M^{lle} WÉRY (1908), a été faite au moment où la marée avait une hauteur de 4^m48.

Ce qui est plus intéressant encore pour la géobotanique que la hauteur des marées, c'est la saison où elles se produisent : on voit par le tableau *P* que ce n'est jamais pendant la période de végétation très active : aucune marée dépassant 5^m80 n'a eu lieu après le 14 avril (en 1903), ni avant le 12 septembre (en 1904). Ajoutons encore que les marées assez fortes, qui surviennent entre avril et septembre, ne sont jamais accompagnées d'un vent violent : les eaux de la mer inondent donc tranquillement les schorres, sans exercer d'effet mécanique sur la végétation.

b) Action mécanique.

Mais si les vagues ne peuvent pas arracher ou briser les plantes, elles ont une action fort importante sur le sol lui-même. Près de la mer, elles apportent sur l'argile du sable et des coquillages, ainsi que nous l'avons vu à la page 421. Plus loin, l'eau dépose des couches argileuses qui se superposent horizontalement aux couches préexistantes. En même temps, elle ronge le bord du schorre et crée ainsi un seuil qui limite le schorre vis-à-vis de la slikke (phot. 95 et 96).

Sur le schorre même, l'eau s'accumule dans les légères conca- vités, et se creuse de là des rigoles qui descendent vers la rivière.

Le schorre est donc sillonné en tous sens par des marigots tortueux ⁽²⁾ qui, à proprement parler, font partie de la slikke et dont

⁽¹⁾ En réalité le vent avait soulevé l'eau un peu plus haut.

⁽²⁾ Les photographies 99 et 100 montrent à gauche l'embouchure d'une de ces rigoles.

la végétation ressemble un peu à celle de cette dernière station (phot. 102, 102 A, 104).

Il y a encore sur les schorres un autre genre de creux. Ce sont des fosses plus ou moins larges et longues, souvent sinueuses et ramifiées, mais ne communiquant pas avec la rivière (phot. 98). Ces cavités sont dues, d'après M. WARMING (1904, p. 43), à ce que des épaves, apportées par les flots, pourrissent sur l'herbe et la détruisent, ce qui met à nu l'argile et permet aux vagues de l'entamer. Presque toujours le fond de ces fosses est tapissé par une Schizophycée (*Microcoleus chthonoplastes*, phot. 103). Lorsque l'eau s'évapore pendant l'été, l'argile commence par se fendiller à cause de la diminution de volume que provoque sa dessiccation (p. 332). Ensuite, les filaments feutrés du *Microcoleus* entrent en scène. Comme ils se raccourcissent fortement en se desséchant, ils déterminent le détachement de la pellicule sur laquelle ils sont appliqués, et dont bientôt les bords se relèvent; finalement tout le fond de la fosse est occupé par des croûtes polygonales, fortement concaves et dont les bords sont comme ourlés (phot. 103).

Alors que les rigoles creusées par les eaux qui coulent à la surface du schorre sont permanentes, les fonds tapissés par *Microcoleus* se combient bientôt, car les sédiments s'arrêtent de préférence entre les filaments serrés et gélatineux de la Schizophycée.

Pendant l'hiver les vagues ont encore un autre effet mécanique : elles emportent sur le schorre les glaçons formés sur place (phot. 55) et surtout ceux qui descendent d'amont, et les ballottent par dessus les végétaux. Ce raclage est tel qu'aucune plante du schorre ne garde en hiver d'organe dépassant de plus de 5 centimètres le niveau du sol. La plupart perdent complètement les organes aériens : *Plantago maritima*, *Triglochin maritima*; d'autres ont leurs feuilles ou leurs tiges tapies contre l'argile : *Atropis maritima*, *Statice Limonium*; la seule espèce qui possède en hiver des tiges assez longues et plus ou moins dressées (*Atriplex portulacoides*) habite la berge des marigots, en compagnie d'individus d'*Atropis* ayant aussi des rameaux relativement allongés (photographie 102).

Enfin, disons encore un mot d'un autre mode d'action des fortes

marées d'hiver et de printemps. Elles empêchent, tout comme sur la plage (p. 394), l'existence des plantes annuelles d'hiver. Les *Salicornia*, *Suaeda*, etc., ne germent qu'en mai et ne fleurissent qu'en août et septembre. Les végétaux vivaces peuvent se remettre en végétation un peu plus tôt : *Armeria* et *Triglochin* fleurissent déjà en juin; toutefois, c'est en août seulement que la majorité des plantes des alluvions marines sont en fleurs.

c) Salure de l'eau.

Ce qui est le plus frappant dans la composition de l'eau de mer, c'est la grande proportion de chlorures et de sulfates de sodium et de magnésium (tableau L, colonne O). Ces sels agissent de deux façons : par leur concentration et par leurs propriétés chimiques.

1. *Action physico-chimique.* — Dans une solution dont la pression osmotique est aussi forte que celle qui imprègne la slikke et le schorre, l'absorption radiculaire est naturellement fort difficile. Aussi la végétation des alluvions marines est-elle nettement xérophytique quoiqu'elle se trouve sur un sol imprégné de liquide.

Nous savons aussi que toute solution a une tension de vapeurs inférieure à celle du dissolvant seul. Les plantes des terrains salés, ayant un suc cellulaire fort concentré, transpirent donc avec une grande lenteur, ce qui leur est d'ailleurs fort avantageux, car sinon les sels accumulés dans les tissus rendraient bientôt la vie impossible. C'est sans doute la difficulté d'éliminer l'eau par transpiration qui détermine l'épaississement des feuilles de la plupart des plantes. Contentons-nous de renvoyer à ce qui a été dit à la page 290. La liste éthologique montre aussi que la plupart des espèces ont des feuilles charnues. L'influence des sels sur la production de tissus gorgés d'eau est bien connue, notamment depuis les expériences de M. LESAGE (1890), et je crois inutile de m'y attarder.

Il est probable que la structure charnue des plantes qu'on arrose avec une solution de ClNa ne tient pas uniquement à l'abaissement de la tension de vapeurs du suc cellulaire. On sait, en effet, que, dans ces conditions, les stomates se ferment aussitôt (voir STAHL, 1894, p. 134), ce qui ralentit la transpiration.

Bref, on voit que la concentration du milieu agit à la fois de diverses façons pour amoindrir le courant liquide qui traverse l'économie. Rappelons-nous maintenant que les sels nutritifs pénètrent dans la plante par le courant transpiratoire, et que toute entrave à celui-ci diminue du même coup la quantité d'aliments minéraux qui parviennent à l'organisme. Non seulement la nutrition par les racines est rendue difficile, mais aussi l'assimilation chlorophyllienne, puisque l'occlusion des fentes stomatiques empêche les échanges gazeux.

On le voit donc, les pauvres végétaux des alluvions marines sont à la fois assoiffés et affamés. Mais ce n'est pas tout. Nous n'avons examiné jusqu'ici que l'action physique de l'eau de mer. Celle-ci exerce encore une action chimique des plus néfastes.

2. *Action chimique.* — Des recherches expérimentales faites par M. O. LOEW et résumées par lui dans un travail paru en 1903 (p. 49) montrent que les sels de magnésium, qui sont pourtant indispensables à tous les végétaux, deviennent bientôt toxiques lorsque leur proportion est trop élevée. Des considérations théoriques avaient amené l'auteur à supposer que le calcium et le magnésium sont antagonistes dans l'économie végétale, et que les sels de magnésium exercent leur action défavorable en déplaçant le calcium de ses combinaisons organiques. Déjà, en 1901, le même auteur avait dirigé des expériences faites par M. MAY pour démontrer que le calcium est un antidote du magnésium et qu'une solution alimentaire trop riche en magnésium peut être beaucoup améliorée quand on y ajoute un excès de sel de calcium (MAY, 1901, p. 375). Ces recherches ont été reprises, avec le même résultat, par MM. KEARNEY ET HARTER, en 1907. Ceux-ci ont aussi mis en évidence la haute toxicité des sels de magnésium pour la plupart des plantes habituelles; le Maïs seul semble assez peu sensible pour ce poison. Un travail tout récent de M^{lle} MAGOWAN (1908) conclut aussi à l'action nuisible du chlorure de magnésium.

Il ne faut donc pas s'étonner de ce que des plantes habituelles qu'on arrose d'eau de mer, succombent bientôt : a) elles ont beaucoup de peine à se procurer de l'eau, et n'y réussissent qu'en élevant beaucoup la concentration de leur sève; b) elles ont ensuite de

la peine à transpirer, aussi bien à cause de la faible tension de vapeurs de leurs sucs qu'à cause de l'occlusion des stomates; c) elles ne se procurent pas en quantités suffisantes le phosphore et l'azote qui sont peu abondants dans l'eau de mer; d) leur assimilation est très difficile; e) enfin, le liquide qui baigne leurs racines est rendu toxique par le magnésium ⁽¹⁾.

Et pourtant la slikke et le schorre sont colonisés par des végétaux. Leur nombre est peu considérable d'ailleurs; en dehors des Schizophytes, des Flagellates et des Algues, il n'y a qu'une vingtaine de plantes sur les terrains salés de la Belgique. Comment réussissent-elles à vaincre les multiples actions défavorables qui semblent devoir exclure complètement les plantes terrestres? Tout ce qu'on sait, c'est qu'elles tiennent leurs stomates ouverts, malgré la concentration du milieu (STAHL, 1894, p. 136). Espérons que sur les autres points, et en particulier sur la façon d'éviter l'empoisonnement par les sels de magnésium, les recherches entreprises par M. OLIVER et ses collaborateurs feront bientôt la lumière. Ce botaniste vient de publier (1907, 2) un compte rendu rapide des observations et des expériences faites en 1904, 1905, 1906 et 1907, par lui et ses collaborateurs, — ils sont parfois au nombre d'une vingtaine, — sur la végétation halophytique de la Bouche d'Erquy, qui est l'embouchure de deux petites rivières dans le golfe de Saint-Brieuc (près de Saint-Malo), en France.

III. — LA SLIKKE.

La zone inférieure du district des alluvions marines, celle qui est inondée deux fois par jour, même par les marées de morte eau, est la plus pauvre en Phanérogames.

En fait d'Algues vertes, elle porte *Enteromorpha compressa*, des

(1) Pourtant il faut signaler un travail de M. COUPIN (1898), d'après lequel les plantes des terrains saumâtres pourraient supporter les sels de magnésium à des doses encore bien supérieures à celles qui existent dans l'eau de mer.

Cladophora et des *Ædogonium*. Les Diatomées y sont représentées par de nombreuses espèces. Comme Phanérogames, elle nourrit à Nieuport *Salicornia herbacea* et de rares *Suaeda maritima*. Dans le Bas-Escaut, elle est plus riche : à *Salicornia* s'ajoutent *Zostera nana* (fig. dans WARMING, 1906, p. 97), croissant en pieds isolés, et *Scirpus maritimus* (fig. dans RAUNKIAER, 1895-1899, pp. 447 à 449) qui forme de larges et denses touffes (phot. 94).

La slikke de l'Escaut maritime est énorme, comparée à celle de Nieuport ou du Zwyn. Près de Santvliet (voir carte 3, A), elle a environ 2 kilomètres de largeur ; et en face, sur territoire néerlandais, elle a jusque 4 kilomètres ⁽¹⁾. Depuis que l'Escaut oriental a été barré (voir carte 1), l'envasement de la slikke de Santvliet est rapide : d'après les gens du pays, elle s'est exhaussée d'environ 1^m50 dans ces trente dernières années, et une grande partie de sa surface (depuis Stoofgat jusqu'à la frontière) est déjà devenue un schorre plutôt qu'une slikke.

IV. — LE SCHORRE.

Alors que la slikke ne porte que des touffes éparses de végétaux, le schorre est couvert d'un tapis continu. Aussi sert-il de pâturage, surtout pour les Anes, les Mulets (phot. 97) et les Moutons (phot. 107). Au mois de juin, on fait aussi du foin sur le schorre de Santvliet. C'est surtout aux femmes qu'incombe cette besogne ; pour pouvoir plus facilement sauter par-dessus les rigoles, elles mettent des vêtements masculins. Le dessèchement du foin, composé principalement d'*Atripis* et *Aster*, est très difficile à cause de la salure de la sève.

La portion la plus variée du schorre est celle que nous avons désignée dans l'estuaire de l'Yser comme « schorre à végétation haute » (diagr. 8, A ; phot. 100, 101). Le « schorre à végétation rase »

(1) Cette slikke occupe l'emplacement de l'ancien polder de Saeftingen, qui est resté inondé depuis 1583-1585 (voir p. 196).

est beaucoup moins riche en espèces. Le schorre nous offre encore à considérer les bords des marigots qui le sillonnent, et les fosses sans communication avec le fleuve ou la mer.

A. — *Le schorre à végétation haute.*

Ici se rencontrent toutes les espèces des alluvions salées, sauf *Zostera nana*, qui est toujours étroitement localisée à la slikke. Chaque localité a naturellement ses particularités. Ainsi à Nieuport, il n'y a pas de *Scirpus maritimus* et *Artemisia* y est rare. Les bassins de chasse à Ostende sont assez pauvres : *Atriplex portulacoides*, par exemple, y fait défaut; leur flore est formée surtout de *Suaeda*, *Salicornia* et *Aster*. Dans le Zwyn, il y a de véritables prairies de *Statice Limonium* et d'*Artemisia*. A Santvliet, il y a *Spartina stricta* qui manque sur la côte; en revanche, *Triglochin*, *Plantago*, *Armeria*, *Statice*, manquent ou sont rares.

Dans cette station, toutes les plantes atteignent leur complet développement : elles fleurissent et fructifient d'une façon régulière.

Voici où l'on peut trouver de bonnes figures de plusieurs espèces.

Triglochin maritima : WARMING, 1906, p. 283. — RAUNKIAER, 1895-1896, p. 28.

Atropis maritima : WARMING, 1896, pp. 162, 163.

Glaux maritima : WARMING, 1906, pp. 73 et 289. — ENGLER UND PRANTL, IV, 1, p. 115. (Figure d'après BUCHENAU.)

Plantago maritima : WARMING, 1906, p. 284.

Aster Tripolium : WARMING, 1906, p. 282.

Artemisia maritima : WARMING, 1906, p. 281.

Ce qui est peut-être le plus caractéristique pour cette association, c'est l'absence de végétaux autres que les Phanérogames. Les Algues et les Schizophycées n'y résisteraient pas à la longue sécheresse qui dure pour ainsi dire tout l'été. Les Champignons, les Muscinées et les Ptéridophytes sont sans doute incapables de supporter le contact de l'eau salée. Ainsi les crottins de Lapins, de Moutons, de Mulets, etc., n'y montrent jamais le moindre

Champignon. Les Lichens n'habitent que les pilotis plantés dans le schorre, mais non touchés par l'eau salée. Parmi les Hépatiques, je n'ai jamais rencontré en Belgique le *Petalophyllum Ralfsii*, qui est spécial aux terrains salés.

J'ai déjà dit plus haut (p. 351) que les animaux parasites y sont également fort rares. On peut en dire autant des Champignons parasites : il n'y a guère que *Plantago maritima* qui soit souvent attaqué (par *Erysiphe Cichoracearum*). Il semble bien que la salure de leurs suc protège les plantes du schorre contre les attaques des Animaux et des Champignons.

B. — Le schorre à végétation rase.

Sur la grande plaine qui s'étend dans l'estuaire de l'Yser entre la crique de Lombartzyde et la plage, la végétation est remarquablement basse et pauvre en espèces; elle est composée essentiellement d'*Atropis maritima*, *Glaux maritima*, *Armeria maritima*, *Salicornia* et *Suaeda*, auxquels s'ajoutent des individus isolés de *Spergularia media*, *Statice* et *Plantago*. Aucune de ces plantes ne dépasse 10 centimètres de hauteur. Aussi les *Atropis*, *Statice* et *Plantago* ne parviennent-ils jamais à fleurir. Mais le nombre des espèces est faible, autant celui des individus est considérable; il y a peu de points de la Belgique où la végétation soit aussi serrée (phot. 97, 105, 106).

Toutes les plantes ont soit les feuilles (*Statice*, *Plantago*), soit les rameaux appliqués contre le sol. Rien n'est plus frappant que le contraste entre les *Salicornia* et *Suaeda* d'ici et les individus des mêmes espèces habitant la slikke, le schorre à végétation haute, les marigots et les fosses; dans ces dernières stations, les plantes ont la tige et les rameaux dressés, le plus souvent en forme de candélabre (phot. 96, 102 A, 104; au contraire, sur le schorre à végétation courte, les *Salicornia* et les *Suaeda* sont courbés horizontalement tout contre le sol, et la tige, peu ramifiée, est couchée par terre (phot. 106). Il y a d'autres différences dans la coloration, le nombre et la disposition des branches, et aussi, chez *Suaeda*, dans la structure du calice fructifère. On trouvera la description de ces

formes dans DU MORTIER, 1869, pp. 12 et 19 du tiré-à-part ; plusieurs sont décrites et figurées dans VANDEN BERGHE (1890) et dans WAR-MING, 1906, p. 152, 153, 288.

DU MORTIER a décrit toutes ces formes comme des espèces distinctes. M. VANDEN BERGHE est d'avis que chez *Salicornia* ce sont simplement des accommodats aux conditions d'existence. Entre ces deux extrêmes, toutes les opinions intermédiaires ont été tour à tour soutenues et attaquées. J'ai toujours eu l'impression que ce ne sont que des accommodats, notamment vis-à-vis de l'intensité de la lumière. Les individus qui sont en pleine lumière pendant tout l'été, couchent leurs tiges, à peu près de la même façon que les plantes à rosette étalent leurs feuilles (p. 271) ; au contraire, ceux qui sont ombragés au milieu d'autres herbes (sur le schorre à végétation haute), ainsi que ceux qui sont inondés périodiquement et qui sont ainsi soustraits à la lumière directe au soleil (sur la slikke, dans les marigots et les fosses), dressent leurs tiges (phot. 102 A, 104). En même temps que la lumière détermine des modifications dans la direction des rameaux, elle agit sur la teinte des tissus : les plantes qui sont violemment éclairées rougissent, les autres restent d'un beau vert. Tout récemment, M. OLIVER (1907, 1) a publié le résultat de quelques recherches qui remettent le tout en question. Je crois donc inutile de discuter les observations et les interprétations antérieures, puisque nous pouvons espérer que les expériences instituées par M. OLIVER et ses collaborateurs résoudront définitivement le problème.

En réalité, ce ne sont pas seulement *Salicornia* et *Suaeda* qui se modifient sur le schorre à végétation rase, mais aussi les autres espèces de la même station, ainsi qu'il a été dit plus haut (p. 431). Pourquoi toutes les espèces sont-elles courtes ? Je l'ignore. Ce n'est certes pas à cause de la nature du sol, car nous allons voir dans un instant que les bords des marigots ont la même végétation dans les deux parties du schorre. Peut-être faut-il incriminer l'action des vagues.

Sur le schorre à flore courte, qui est situé entre la crique de Lombartzyde et la mer, les vagues roulent et déferlent violemment, en écrasant tout ce qui dépasse un peu trop le niveau du sol ; elles

agissent un peu à la façon du rouleau qu'on fait passer sur un champ labouré pour briser les mottes. Lorsque les vagues chassées par les tempêtes d'W., de S.-W. et de N.-W. arrivent à la crique de Lombartzyde, elles s'aplanissent dans l'eau profonde et s'éteignent : aussi sont-elles toutes petites quand elles atteignent la rive E. de la crique.

Je ne donne cette explication que comme hypothèse.

C. — *Les marigots.*

Les profondes rigoles qui se ramifient sur le schorre dans tous les sens et où la marée s'engage régulièrement deux fois par jour, sont une dépendance de la slikke plutôt que du schorre. Pourtant l'absence de courants violents permet l'établissement d'Algues et d'autres végétaux qui ne se trouvent pas sur la slikke.

Dans le fond même des marigots, il n'y a généralement que quelques Diatomées mélangées à la vase. Mais un peu plus haut, il y a souvent une riche végétation d'Algues vertes (*Cladophora*) qui poussent en tapis sur le sol et qui s'accrochent aussi aux feuilles et aux tiges d'*Atropis* ; à marée basse, les filaments d'Algues restent tendus comme une toile d'Araignée entre les Graminacées (phot. 102 A et B, 104). Plus haut les Phanérogames prédominent : ce sont *Atropis*, *Atriplex portulacoides* et *Suaeda*. Nous arrivons maintenant au niveau des hautes mers de morte eau ; elle est marquée par *Atropis* et par les premiers *Aster Tripolium*. Jusqu'ici les *Atropis* restent stériles. Élevons-nous encore de quelques centimètres et nous sommes devant la végétation habituelle du schorre.

Quoique la hauteur totale des talus d'une rigole ne soit que d'environ un mètre, la succession des zones telle que nous venons de l'esquisser est tout à fait constante. Elle est la même dans le schorre à végétation haute (phot. 102) que dans le schorre à végétation rase (phot. 104).

D. — *Les fosses isolées.*

Elles offrent à la végétation des conditions assez particulières : elles ne communiquent pas avec la rivière, et ne reçoivent d'eau que lors des fortes marées recouvrant tout le schorre. Comme celles-ci sont exceptionnelles en été et n'ont lieu qu'une fois par mois (à la nouvelle ou à la pleine lune), l'eau, n'étant pas renouvelée, s'évapore peu à peu et se concentre.

Le dessèchement des fosses survient plus ou moins vite après la marée qui les a remplies, suivant leur profondeur. Certaines d'entre elles restent à sec pendant deux ou trois semaines : ce sont celles dont la vase se craquèle et se soulève sous l'influence de *Microcoleus chthonoplastes* (p. 425 et phot. 103). D'autres conservent de l'eau jusqu'à la prochaine marée (phot. 129); on y trouve souvent *Enteromorpha compressa*, et parfois *Ruppia maritima* (fig. dans WARMING, 1906, pp. 187 et 188; et dans RAUNKIAER (1895-1899, pp. 111 et 114).

Ces dernières sont naturellement les plus riches : leurs habitants doivent, à la vérité, s'habituer à vivre dans un liquide notablement plus concentré que l'eau de mer, qui sera brusquement remplacé par de l'eau de mer normale lors de la marée, mais au moins ne sont-ils pas menacés d'être desséchés et de devoir passer à l'état de vie latente. Leur flore comprend notamment beaucoup de Thiobactéries : des *Beggiatoa* de grandes dimensions forment sur le fond un feutrage blanchâtre; ailleurs l'eau est tellement chargée de *Rhabdochromatium* et de *Chromatium* qu'elle en est toute rose.

Les fosses donnent aussi asile à des *Salicornia*. Ceux-ci sont dressés comme sur la slikke, mais moins vigoureux et souvent peu ramifiés. Ils sont d'ordinaire couverts d'innombrables *Hydrobia ulvae*, un Gastropode spécial aux eaux saumâtres. Pendant des excursions que j'ai faites à Nieuport, en août et septembre 1900, avec mon regretté maître LÉO ERRERA, celui-ci avait émis l'hypothèse que, peut-être, ces Mollusques interviennent dans la pollination des *Salicornia*.

V. — LIMITE SUPÉRIEURE.

Nous avons déjà vu que de faibles différences de niveau influencent notablement la composition du tapis végétal du schorre (p. 358 et phot. 105). Il en est de même dans ses zones inférieures, au bord des rigoles (p. 433).

C'est surtout vers le haut, dans le voisinage des dunes et des digues, que le caractère de la flore subit une modification profonde, à tel point que certaines espèces ne se rencontrent que là. Dans la liste des associations, il y a une colonne particulière pour les plantes de la zone limitante. Dans la liste éthologique, ces espèces ne sont pas comprises dans le groupe B : *Plantes des schorres et des slikkes*, à moins qu'on ne les rencontre aussi sur le schorre proprement dit; elles sont placées soit dans le groupe A, lorsqu'elles se trouvent à la limite du schorre et de la dune, soit dans le groupe C, lorsqu'elles habitent la base des digues.

A. — Limite entre le schorre et la digue.

Tout en haut du schorre, dans les endroits qui sont encore inondés par les fortes marées, mais qui ne le sont que d'une façon assez exceptionnelle et pendant peu de temps, la flore change de caractère. Les *Triglochin*, *Statice*, *Spergularia* disparaissent, tandis que *Plantago*, *Aster* et *Artemisia* deviennent prépondérants et que de nouvelles espèces apparaissent : *Lepturus filiformis*, *Festuca rubra*, *Agropyrum pungens*, *Juncus Gerardi* (phot. 101.)

Un peu plus haut, le long de la ligne d'épaves laissées par les marées de printemps, *Agropyrum pungens* est tout à fait dominant. En automne, il forme un ourlet de hauts épis qui ondule au vent; après l'hiver, quand les feuilles de l'année précédente sont mortes, c'est un long tapis fauve étendu le long de la digue.

Au delà des *Agropyrum*, tout contre la digue, la plupart des plantes du schorre s'arrêtent; il n'y a guère que *Glaux* et *Aster* qui dépassent la laisse de marées; mais c'est ici la station de prédilec-

tion de quelques espèces qui ne descendent pas sur le schorre : *Bupleurum tenuissimum*, *Apium graveolens*, *Petroselinum segetum*.

A Nieuport, la base de la digue est faite en briques non maçonnées. Il y a entre elles quelques plantes spéciales : *Beta maritima*, *Matricaria inodora* var. *maritima*, auxquelles se joignent des espèces de l'estran : *Atriplex littoralis*, *A. laciniata*, *Cakile maritima*.

Dans la portion de la digue qui n'est jamais touchée par les marées de tempêtes, la végétation ne présente plus aucun caractère qui indique le voisinage des terrains salés.

B. — Limite entre le schorre et la dune.

Aussi bien que du côté de la digue, la flore se modifie quand on se rapproche des dunes. Le premier changement qu'on aperçoit est celui-ci : du sable se mélangeant à l'argile, la végétation est de moins en moins dense, et bientôt de la terre nue se montre entre les plantes. En même temps apparaissent *Juncus Gerardi*, et au Zwyn *J. maritimus* (phot. 100 A). Comme le schorre lui-même et la dune sont légèrement mamelonnés, la ligne où se déposent les épaves n'est pas une droite comme le long de la digue; elle est au contraire fort sinueuse, pénétrant au loin dans les petites dépressions, et revenant ensuite vers le schorre pour contourner les petites buttes de sable.

A cause de la grande perméabilité du sable, les eaux de pluie enlèvent rapidement et entraînent vers la profondeur les sels abandonnés par les marées. Le lavage est naturellement moins rapide dans les dépressions entre les petites dunes que sur les flancs de celles-ci. De plus, il règne une plus grande humidité dans les creux. Aussi, leur flore est-elle un peu différente de celle des buttes.

Voyons d'abord ces dernières. Sur la pente, en général fort peu accusée, on remarque nettement, même en l'absence de toute laisse de marée, jusqu'à quelle hauteur le sable est lèché par l'eau salée : c'est la ligne jusqu'à laquelle descendent les *Cladonia*, *Tortula ruraliformis*, *Ceratodon purpureus* et les autres Mousses. On

trouve ça et là, au-dessus de cette limite, des pieds isolés d'*Armeria*.

Quelques plantes de la dune se risquent un peu plus bas : *Agrostis alba*, *Plantago Coronopus*, *Agropyrum acutum*, même parfois *Carex arenaria*; ces végétaux voisinent avec *Armeria*, *Atropis* et *Juncus Gerardi*.

Dans les fonds un peu humides, la flore est autre. Parfois elle est constituée par des fourrés très denses de *Juncus maritimus* ou de *Carex distans*; chaune de ces deux espèces occupe le terrain d'une façon exclusive. Plus souvent il y a une végétation plus clairsemée, dans laquelle dominent les espèces de petite taille; citons *Hypnum aduncum*, *Erythraea pulchella* et *Sagina maritima* qui sont spéciaux à cette station; et *Sagina nodosa*, *Agrostis alba*... qui viennent des dunes voisines.

§ 3. — District des alluvions fluviales (¹).

Les alluvions fluviales constituent un district géobotanique presque complètement ignoré et qui est confondu par les botanistes belges avec les districts voisins. Ainsi CRÉPIN, à propos de la distribution de *Scirpus triquetus*, la plante la plus caractéristique de ce district, dit qu'elle se rencontre en « Campine-Maritime »; pour *Brassica nigra*, il dit « Maritime (remonte la Durme jusqu'à Lokeren) ». On comprend d'ailleurs qu'on ne se soit pas beaucoup occupé d'un district qui s'allonge parallèlement à l'Escaut et à ses affluents, sans avoir jamais une largeur supérieure à une fraction de kilomètre, et dont l'accès est toujours assez difficile, — car il faut marcher sur les digues, ce qui est long et monotone.

J'ai eu la chance de pouvoir utiliser, en 1904 et 1907, un yacht automobile, l'*Oyouki* (phot. 185), appartenant à mon collègue, M. le notaire ÉDOUARD VAN HALTEREN, professeur à l'Université de

(¹) Voir cartes 3 C et 4 A.

Bruxelles, à qui je suis heureux de pouvoir présenter mes remerciements les plus cordiaux. Grâce à lui, j'ai pu visiter toutes les rivières à marées de la Belgique. Comme je logeais à bord, je m'arrêtais où je voulais, aux meilleurs endroits, glissant devant ceux qui ne valaient pas la peine d'être étudiés en détail. Ce même yacht m'a aussi promené à travers les canaux et les rivières de la Flandre occidentale : Yser, canal de Plasschendaale, canaux de Moerdijk et de Ghistelles, canal de Loo.

I. — LIMITES ET CONDITIONS D'EXISTENCE.

Les alluvions fluviales sont comprises entre le niveau de la marée basse et la digue qui défend contre les inondations les polders fluviaux.

Cette limite est tout aussi artificielle que celle des alluvions marines (p. 419).

A. — *Les marées.*

Les alluvions fluviales remontent le long de l'Escaut et de ses affluents aussi haut que les marées. Celles-ci sont parfois arrêtées artificiellement, elles aussi, par des écluses ou des barrages ; dans quelques rivières, la marée se propage sans obstacles ; d'autres rivières encore ont été approfondies et canalisées sur tout leur parcours, et, grâce à cette transformation, la marée y a accès plus loin que ce ne serait le cas si elles avaient conservé leur section primitive.

Le tableau Q indique jusqu'où remonte la marée dans les diverses rivières et à quelle distance ces points se trouvent de la mer ; cette distance est calculée le long du thalweg. Les renseignements sont extraits en grande partie de *Voies navigables de la Belgique*, 1880, et de STESSELS (1872). On voit par ce tableau que la carte 1 (hors texte) est inexacte en ce qui concerne le Moervaert et ses affluents canalisés (Zuidleede, canal de Stekene et de Langeleede) : la marée y pénètre, quoique légèrement.

Dans ce tableau, je ne tiens pas compte de la Dendre, qui est

barrée précisément à son confluent avec l'Escaut. Je n'indique pas non plus la Nèthe, formée de la réunion de la Grande-Nèthe et de la Petite-Nèthe, — la Rupel, formé de la réunion de la Nèthe et de la Dyle — et la Durme, formée de la réunion du Moervaert et de la Zuidleede.

TABLEAU Q.

	POINT OÙ S'ARRÊTE LA MARÉE.	DISTANCE DE LA MER le long du thalweg (en kilomètres).
<i>Rivières barrées :</i>		
Escaut	Gand.	168
Benedenvliet (petit affluent de droite de l'Escaut).	Schelle.	89
Moervaert	Roodenhuize (canal de Terneuzen).	46
<i>Rivières canalisées sur tout leur parcours :</i>		
Zuidleede (voir phot. 113).	Au bout.	140
Canal de Stekene . . .	Id.	137
Langeleede	Id.	149
<i>Rivières non barrées ni canalisées :</i>		
Grande-Nèthe	Gestel ⁽¹⁾ .	123
Dyle	Muysen.	114
Senne	Eppeghem.	116
Eykenvliet ou Vliet (voir phot. 128 et carte 4. A. dans l'angle S.E.) . . .	Puers.	97

(¹) Les marées ordinaires remontent jusqu'à Gestel. Jusqu'où les marées d'équinoxe?

Les dénivellations dues aux marées sont naturellement moins fortes dans la partie supérieure du cours de l'Escaut qu'aux environs d'Anvers. Comme l'onde marée se propage difficilement dans les rivières étroites, elle s'y arrête plus bas que dans un

TABLEAU R.

Constantes de la marée.

D'après STESSELS (1872, p. 263).

LIEUX DES OBSERVATIONS.	Distance le long du thalweg.	MOYENNE des retards sur l'heure du passage de la lune au méridien.		Cote du niveau moyen au-dessus du zéro des cartes ⁽¹⁾ .	Demi-amplitude moyenne.	Demi-amplitude aux zyzygies.	Niveau de la marée haute, aux zyzygies ⁽²⁾ .
		Marée haute.	Marée basse				
	Kilom.	h. m.	h. m.	Mètres	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Flessingue . . .	0	0 39	7 06	1.82	1.815	2.07	3.89
Doel (voir carte 3, A)	59.6	3 01	9 35	2.19	2.160	2.36	4 55
Sainte-Marie . . .	67.7	3 11	9 56	2.26	2.155	2.36	4 64
Anvers	75.2	3 29	10 15	2.44	2.120	2.31	4.75
Hemixem	87.3	3 58	10 34	2.52	2.115	2 39	4.91
Schelle (Rupel) . .	89.2	4 12	11 06	2.63	2.025	2.18	4 81
Tamise	96.3	4 13	11 31	2.73	1.990	2.13	4.84
Termonde	118.9	5 18	12 56	3.24	1.370	1.45	4.69
Wetteren	147.2	7 01	15 19	3.57	0.650	0 72	4.29
Gand	168.4	8 21	16 35	4.17	0.515	0.61	4.78

(¹) Dans le tableau de STESSELS, la cote est donnée relativement au zéro d'Ostende, qui est de 17 centimètres plus bas que le zéro des cartes.

(²) Cette colonne n'existe pas dans le tableau de STESSELS.

fleuve. Ainsi, dans le Moervaert, la demi-amplitude moyenne n'est que d'environ 0^m50, c'est-à-dire la même qu'à Gand, quoique la distance du Moervaert à la mer soit moindre d'environ 30 kilomètres.

Le tableau *R* donne, outre les renseignements relatifs à l'amplitude des marées, ceux qui sont relatifs à la durée du jusan. A Flessingue, la marée descend pendant environ six heures trente minutes, elle monte donc pendant six heures, puisque aux zyzygies deux hautes mers successives sont distantes d'environ douze heures trente minutes. A Doel, le jusan a aussi une durée d'environ six heures trente minutes. A Anvers, il dure six heures quarante-six minutes; puis, à mesure qu'on se dirige vers l'amont, la durée de la marée descendante l'emporte de plus en plus sur celle de la marée montante, si bien qu'à Gand la marée descend pendant huit heures et un quart et monte pendant quatre heures et un quart.

Voici, d'après M. PETIT (1883, p. 373), la durée moyenne du flot et sa vitesse par minute, en quelques points de l'Escaut :

TABLEAU S.

A Lillo, la durée moyenne du flot est de	5 ^h 45	et sa vitesse de	39 ^m 30.
A Calloo, » »	5 ^h 30	»	38 ^m 00.
A Anvers, » »	5 ^h 45	»	45 ^m 00.
A Hemixem, » »	5 ^h 35	»	44 ^m 00.
A Tamise, » »	5 ^h 30	»	44 ^m 00.
A Saint-Amand, » »	5 ^h 15	»	39 ^m 00.
A Termonde. » »	4 ^h 45	»	34 ^m 00.

*
* * *

Les constantes des marées données par le tableau *R* sont des nombres moyens, c'est-à-dire théoriques. M. ROCHET (1894, p. 113) donne des nombres observés. Ils se rapportent à une marée basse et à une marée haute successives du 8 au 9 septembre 1892.

Plus intéressantes pour nous sont les hauteurs atteintes par la marée du 12 mars 1906, qui a emporté un grand nombre de digues

dans le bassin de l'Escaut, notamment la digue du polder « Den Esch » (phot. 130 à 132).

MM. GELLENS, VAN BRABANDT, MELOTTE, WEYTS et PIERROT publient sur cette marée un rapport collectif qui paraît dans les *Annales des travaux publics*, en 1908. Grâce à M. DUFOURNY, j'ai obtenu communication des épreuves de ce rapport avant sa publication; j'en extrais divers renseignements fort intéressants, notamment le tableau *T*, qui indique la cote atteinte par la marée ⁽¹⁾, l'heure (de Greenwich) du maximum, et aussi, pour la comparaison, les cotes de haute et de basse marée moyennes aux mêmes points.

Les observations ont été faites aux postes marégraphiques. Rappelons que sur le littoral, la marée du 12 mars 1906 a été également extraordinaire (tableau *P*, pp. 422, 423).

* * *

La propagation de la marée jusqu'à de si grandes distances de la mer (Gand est à 168 kilomètres de la mer et les marées de zyzygies y sont normalement de plus de 1 mètre) tient naturellement au défaut d'inclinaison du thalweg des rivières. Ainsi, d'après STESSELS, 1865, la différence du niveau du Rupel à la mer n'est que d'environ 0^m,40. D'après HOUZEAU, la pente de Gand à Termonde n'est que de 0^m,05 par kilomètre; de Termonde à Anvers elle est de 0^m,03.

Les marées déterminent dans l'Escaut et ses affluents des courants qui vont alternativement dans les deux sens : vers l'aval, au jusant; vers l'amont, au flot. Il en résulte qu'un objet inerte emporté par le courant descendra pendant le jusant, puis remontera jusqu'à une certaine distance du point d'origine, puis descendra de nouveau, et ainsi de suite. D'après M. PETIT (1883, p. 381), un flotteur met quatre-vingt-sept heures et demie pour descendre

(¹) La planche II du *Rapport* représente ces hauteurs en un graphique. Les planches III et IV portent des courbes marégraphiques; celles-ci permettent de suivre les modifications qu'a subies l'onde marée.

TABLEAU T.

		MARÉE HAUTE du 12 mars 1906.		COTE de marée moyenne.	
		Cote.	Heure.	Haute.	Basse.
<i>Escaut</i> . .	Flessingue	6.25	15.10	4.05	0.37
	Terneuzen	6.60	15.50	4.18	0.25
	Lillo	7.36	16.20	4.70	0.28
	Fort Philippe	7.35	16.30	4.72	0.33
	Anvers (Kattendijk). .	7.15	16.55	4.76	0.37
	Anvers (quai St-Michel)	7.12	17.10	4.76	0.38
	Hemixem.	7.01	17.03	4.75	0.49
	Tolhuis	7.03	17.11	4.67	0.40
	Tamise	6.85	17.22	4.63	0.43
	Baesrode	6.70	17.55	4.49	1.11
	Termonde.	6.17	18.15	4.38	1.61
	Schoonaerde	5.40	18.15	4.10	1.91
	Wetteren	4.97	20.09	3.28	2.27
	Melle	5.09	19.07	4.06	2.41
	Gentbrugge	5.27	19.30	4.17	2.62
<i>Rupel</i> . .	Tolhuis	7.03	17.11	4.67	0.40
	Boom	6.70	17.28	4.68	0.82
	Rumpst	6.66	17.16	4.69	1.19
<i>Nèthe inférieure.</i>	Duffel	6.25	17.20	4.02	1.80
	Lierre.	5.50	18.23	4.54	2.52

TABLEAU T (suite).

	MARÉE HAUTE du 12 mars 1906.		COTE de marée moyenne.		
	Cote.	Heure.	Haute.	Basse.	
<i>Petite-Nèthe</i> : Emblehem	5.51	19.12	4.67	3.92	
<i>Grande-Nèthe</i> : Boekt	5.27	21.15	4.70	4.52	
<i>Dyle</i>	{ Malines	6.02	18.10	4.69	2.39
	{ Rymenam	6.87	19.40	4.93	4.23
<i>Senne</i> Hombeek.	6.58	17.30	4.91	3.17	
<i>Durme</i>	{ Thielrode	6.35	17.45	4.61	0.69
	{ Waesmunster	5.66	18.34	4.49	1.13
	{ Dacknam	4.16	20.37	3.76	3.14

de Termonde à Tamise, quarante heures et trois quarts pour descendre de Tamise à Anvers, quarante-huit heures et quarante minutes pour descendre d'Anvers à Lillo, soit en tout cent quatre-vingt-cinq heures ou sept jours et demi pour un trajet d'environ 60 kilomètres.

Les mouvements des corps flottants dans deux sens opposés ont une importance considérable pour nous, puisqu'ils sont un obstacle à l'évacuation des glaçons. Ceux-ci sont poussés contre les tiges de *Phragmites* et les autres restes végétaux, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, échouent sur les berges à marée descendante et raclent le fond, puis se remettent à flotter lors de la prochaine marée montante, et c'est seulement après avoir passé et repassé en un même point, et après avoir été échoués un grand nombre de fois, qu'ils sont finalement entraînés vers la mer.

C. — *Le sol.*

1. Structure physique. — La structure physique de la terre est loin d'être aussi uniforme que sur les alluvions fluvio-marines. Là, en effet, la rivière n'apporte que les vases les plus fines, puisqu'elle est tout au bas de son cours et n'a plus guère de force de transport. Au contraire, les rivières à marées sont le siège de courants relativement rapides, capables d'emporter autre chose que des particules argileuses. Dans les passes principales, le courant amène du sable, qui se dépose vers les bords et y forme des hauts-fonds, fort redoutés des bateliers (phot. 111 et 114). Certains de ces bancs sont constitués par un sable suffisamment pur pour être exploité, et des bateaux vont s'y charger à marée basse, notamment à Brans (phot. 111), et en aval de Tamise, dans l'Escaut, ainsi que près de Niel, dans le Rupel. Entre le banc et le bord du fleuve, il reste parfois une passe secondaire, qu'on appelle « schaar ».

Quant aux berges proprement dites, elles sont naturellement formées d'argile, puisque près des bords le courant n'est pas assez rapide pour transporter du sable.

Il en est de même des larges surfaces planes qui s'étendent jusqu'au pied des digues, et qui sont les restes des plaines autrefois inondées aux fortes marées (voir fig. 10, p. 189). On peut à peine se faire encore une idée de l'aspect que devaient avoir ces vastes espaces soumis au jeu des marées. A gauche de l'embouchure actuelle du Rupel, on a conservé une surface, légèrement concave, qui se couvre d'eau à marée haute et émerge à marée basse (phot. 112 et 114); elle donne asile à une végétation extrêmement variée où dominant les Graminacées (*Phragmites*, *Glyceria aquatica*, *Phalaris*), *Alisma*, *Sagittaria*, *Caltha*, etc. Il fut un temps où toute la plaine alluviale qui borde l'Escaut et les basses rivières présentait sans doute cet aspect. Mais des endiguements successifs ont rétréci de plus en plus l'étendue du terrain où les marées gardaient accès, et actuellement des digues se dressent contre les berges mêmes. Seulement, ce ne sont pas partout des digues suffisamment fortes et hautes pour arrêter les eaux; souvent ce sont

des constructions moins considérables, des « diguettes d'été » comme on les appelle, qui sont capables de résister aux marées de l'été, mais qui sont complètement submergées par les fortes eaux de l'hiver. Ces diguettes sont représentées sur le diagramme 8, D, et sur la photographie 162 (à droite). Derrière elles se trouve un espace qui reste normalement à sec en été, mais qui est inondé d'une façon régulière en hiver; ces prairies inondables s'appellent des « schorres » (phot. 120); elles ont d'ailleurs la même structure géologique que les schorres marins : sur les uns comme sur les autres, chaque inondation apporte une nouvelle petite couche vaseuse qui se superpose horizontalement aux couches antérieures; l'ensemble de ces apports finit par rehausser considérablement le terrain (dans le diagramme 8, comparer D à C).

2. Structure chimique. — Ce qui frappe le plus, c'est l'extraordinaire vigueur de toutes les plantes qui habitent les bords des rivières à marées. Les *Phragmites* et les *Brassica nigra* atteignent 3 mètres de hauteur (phot. 117); les *Petasites* élèvent leurs feuilles à plus de 2 mètres; elles sont dépassées par *Phalaris*, *Valeriana officinalis*, *Epilobium hirsutum*; les feuilles de *Caltha* ont jusque 25 centimètres de diamètre et *Roripa amphibia* amène ses fleurs jaunes au printemps à plus de 1 mètre de hauteur par-dessus les *Phragmites* encore jeunes.

A quoi tient cette incomparable puissance de développement? A ce que le sol, déjà fort riche par lui-même, puisqu'il se compose de particules arrachées de la surface cultivée des terres d'amont, est journellement enfoui deux fois sous des eaux chargées de matières alimentaires (voir tableau L, colonnes K et L, p. 323). Au jusant, l'eau s'infiltre dans le sol, en passant dans les cavités laissées par les anciennes racines; elle arrive ainsi au voisinage des racines actuelles. A mesure que la marée se retire, l'eau d'infiltration descend de plus en plus, et les cavités se remplissent d'air. A la prochaine marée, le liquide nourricier pénètre de nouveau dans le sol. Il y a donc alternativement de l'air et des sels alimentaires qui sont amenés aux racines, et c'est sans doute le renouvellement constant des provisions d'oxygène et de sels qui permet aux végétaux de croître avec une pareille exubérance. Ajoutons que les substances

toxiques formées par les végétaux (d'après M. WHITNEY, p. 305) sont aussitôt lavées.

II. — LES ASSOCIATIONS.

Sur les alluvions marines, où la hauteur des marées dépend uniquement des facteurs astronomiques plus ou moins altérés par le vent, il y a une démarcation nette entre la slikke, inondée à toutes les marées, et le schorre, qui n'est atteint qu'aux marées d'équinoxe et d'hiver. Mais dans les fleuves et les rivières, un nouveau facteur vient troubler la régularité des dénivellations dues aux marées : la quantité d'eau venant de l'amont. Disons encore que parfois des embâcles de glaçons agissent également pour déterminer l'élévation du niveau devant elles.

On comprend que, dans ces conditions, il n'y ait pas de limite précise entre les marées de morte eau et les marées de vive eau. Aussi ne peut-on pas subdiviser pratiquement le district des alluvions fluviales en stations correspondant à la slikke et au schorre des alluvions marines. D'ailleurs sa végétation caractéristique n'habite que les berges mêmes de l'Escaut et des rivières, entre les limites habituelles des marées (phot. 109, 110). A Sainte-Marie, près des alluvions marines, la distance verticale entre ces limites est d'environ 5 mètres (voir tableau *R* et *T*); dans le Zuidleede elle n'est que d'environ 1 mètre (phot. 113); elle se réduit à rien aux points extrêmes que la marée atteint dans la Dyle, la Grande-Nèthe, la Senne, etc.

Pour se rendre compte de l'étendue réelle de ce district, il faut aussi envisager l'inclinaison du sol. Lorsque la berge est abrupte, la surface est réduite au minimum; ailleurs (phot. 112, 115, 118), le terrain est sensiblement horizontal; il en est surtout ainsi sur la prairie inondable (phot. 120). Très souvent une partie de la berge est assez peu inclinée, tandis qu'une autre est beaucoup plus rapprochée de la verticale (phot. 109 et diagramme 8, D).

La flore des alluvions fluviales ne peut comprendre que des plantes aquatiques ou marécageuses, puisqu'elles sont sous l'eau deux fois par jour. Encore faut-il que ces espèces soient capables de supporter une émergence qui est plus ou moins longue, suivant

qu'elles se trouvent vers le haut ou vers le bas de la berge. Il n'y a donc en fait de Phanérogames que des plantes aquatiques à feuilles aériennes. Citons pourtant une exception : *Callitriche verna*, qui habite parfois des berges abruptes, notamment le long de l'Eykenvliet, et y forme de longues chevelures pendantes du plus beau vert ; il convient de faire remarquer que cette espèce, ordinairement submergée ou flottante, vit très bien par terre à condition que le sol et l'air soient fort humides.

Une autre condition encore doit être réalisée pour que des plantes aquatiques, éventuellement aériennes, puissent coloniser les alluvions : comme les courants sont assez violents, il est nécessaire que les végétaux soient solidement fixés au sol ; c'est, sans doute, cette condition qui écarte *Sratiotes aloides*, une plante dont les feuilles n'ont pas du tout besoin d'être submergées, mais qui possède des racines très faibles. Elle est très commune dans le vieil Escaut, à Bornhem (phot. 151) et dans l'étang d'Overmeire, deux boucles du fleuve où il n'y a plus de courant.

D'une façon générale, la végétation des alluvions fluviales est tardive, ce qui s'explique ici, tout comme pour les pannes (p. 412) et pour les alluvions marines (p. 426), par le refroidissement que causent les inondations.

A. — Berges peu inclinées.

La flore est différente sur les berges abruptes et sur celles qui sont peu inclinées. Commençons par ces dernières, qui sont les plus peuplées.

Tout au bas de la berge et aussi sur les bancs de sable, la végétation se compose exclusivement d'un Flagellate, *Euglena deses*, qui forme sur la vase ou le sable un revêtement d'un vert clair magnifique. Cette espèce acquiert de grandes dimensions et ne nage pour ainsi dire jamais ; d'ailleurs elle est presque toujours privée de fouets ; elle se contente de ramper à la surface de la boue. Les Diatomées et les Schizophycées sont rares dans cette station ; elles ne sont d'ailleurs abondantes que sur les pilotis des embarcadères et sur les murs de quais.

Un peu plus haut apparaissent les premières Phanérogames.

Celle qui se risque le plus loin est *Eleocharis palustris* (fig. dans RAUNKIAER, 1895-1899, pp. 430 et 432). Au près d'elle vit un *Vaucheria* que je n'ai pas pu déterminer spécifiquement. Il forme des tapis serrés (phot. 119), vert foncé, accrochés dans la boue; çà et là les filaments sont réunis en petites houppes coniques, rapprochées les unes des autres.

Cette zone se continue vers le haut par celle où dominant *Scirpus lacustris* (fig. dans RAUNKIAER, 1897-1897, pp. 442 à 445, p. 483, p. 493; dans WARMING, 1897, 2, p. 178), *S. maritimus* (fig. dans RAUNKIAER, 1891-1893, pp. 447 à 449) et *S. triqueter* (phot. 119). Cette dernière plante est la seule qui soit spéciale au district; elle ne se rencontre jamais ailleurs, mais, par contre, elle accompagne les marées jusqu'à leur extrême limite en amont des rivières. Les *Scirpus* et les *Heleocharis* qui occupent les situations les plus basses dans cette zone et qui sont inondés le plus longtemps ne fleurissent jamais; ceux qui habitent plus haut produisent seuls des fleurs et des graines mûres.

C'est immédiatement au-dessus des *Scirpus* que la flore présente son maximum de variété. Elle est différente sur les bords du district, c'est-à-dire au pied des digues, et sur les petits plateaux qui s'élèvent à la même altitude au sein des grandes surfaces sensiblement planes (phot. 118). Sur les hauts-fonds s'installent des fourrés denses de *Calltha* (phot. 115), de *Sagittaria* (fig. dans RAUNKIAER, 1904-1904, p. 5), auxquels se mêlent parfois *Scirpus triqueter*, *S. maritimus*, *Eleocharis*..., mais jamais des Graminacées.

Sur les bords, ce sont au contraire les Graminacées qui accaparent la majeure partie du terrain : *Phragmites* (phot. 112, 115, 116, 117; fig. dans RAUNKIAER, 1895-1899, p. 577; dans WARMING, 1897, 1, p. 94; 1897, 2, p. 180; 1906, pp. 87, 230, 232), *Phalaris arundinacea*, *Glyceria aquatica* (phot. 115; fig. dans RAUNKIAER, 1895-1899, p. 568). Parmi ces Graminacées croissent les plantes les plus diverses : *Sium erectum*, *Epilobium parviflorum* et *E. hirsutum*, *Valeriana officinalis*, *Roripa amphibia*, *Nasturtium sylvestre*, *Myosotis palustris*, *Ranunculus repens*, *Rumex conglomeratus*, *Petasites officinalis* (phot. 119), etc.

Il est curieux de constater que les *Phragmites* ne vivent jamais au milieu des larges surfaces presque plates sur lesquelles la couche d'eau n'est pourtant à aucun moment trop épaisse. Ce n'est pas seulement sur les alluvions que les roselières constituent une sorte de bourrelet le long des bords; dans les étangs à sol vaseux il en est de même, par exemple, dans le Groote Burghsche Weel (phot. 147) et dans le Keygnaert Kreek, dont il sera question dans le chapitre consacré aux polders. Au contraire, quand le terrain est plus sableux, par exemple dans les étangs d'Overmeire et du Blanckaert, les Roseaux s'avancent jusqu'au milieu de l'eau, mais ils n'y fleurissent pas (phot. 144, 148, 149). Leur exclusion des hauts-fonds vaseux tient peut-être à ce que le terrain n'est pas assez stable pour des plantes qui s'élèvent fort haut dans l'air et sur lesquelles le vent et les courants ont fortement prise.

En dehors de la roselière, donc tout près de la digue, la végétation change encore une fois; les hautes Graminacées perdent leur suprématie et sont remplacées par des plantes basses : *Caltha*, *Sium*, *Petasites* (phot. 116) auxquelles se joignent des Graminacées plus petites : *Phleum pratense*, *Arrhenatherum*, *Dactylis*, etc.

Au pied même de la digue, à un niveau qui n'est atteint qu'exceptionnellement par les marées d'été, vivent les mêmes Graminacées, avec *Cardamine pratensis* (phot. 115), *Ranunculus Ficaria*, *R. Auricomus*, et d'autres plantes banales de la digue, qui descendent jusqu'ici.

Les quelques espèces des alluvions fluviales qui conservent des feuilles en hiver (*Caltha*, *Myosotis*, *Sium*, etc.) ne se rencontrent sur les berges des rivières que derrière la roselière ou dans celle-ci, tandis que sur les larges surfaces planes, telles que celles de l'embouchure du Rupel (phot. 112, 125), elles s'éloignent des Roseaux et envahissent le milieu de la vase. Ces différences dans les façons de se comporter tiennent, sans doute, à ce que le long des rivières, ces plantes sont détruites par les glaçons que ballottent des courants de flux et de reflux, lorsqu'elles ne sont pas protégées par les tiges dures des *Phragmites*; au contraire, dans le large bassin situé à côté de l'embouchure du Rupel, les glaçons ne pénètrent guère.

B. — *Berges abruptes.*

Les berges qui sont directement battues par les courants et qui subissent une érosion plus ou moins vive, sont presque verticales et leur flore est naturellement fort réduite; d'ailleurs leur sol trop dur n'offre pas aux végétations l'occasion de s'installer commodément. Les *Euglena* et *Vaucheria* y font défaut, de même que la plupart des associations que nous venons de passer en revue; les espèces sont les mêmes que sur les berges peu inclinées, mais elles ne sont pas groupées d'une façon aussi caractéristique.

C. — *Prairies inondables.*

Pour faire l'étude complète du district des alluvions marines, nous devrions maintenant examiner les prairies inondables, situées en avant des digues capitales. Seulement cette association a été fortement remaniée par l'Homme, et je ne crois pas utile d'y insister. Qu'il me suffise de dire que les espèces sont en grande partie celles qui occupent le niveau supérieur des berges faiblement inclinées.

§ 4. — **District des polders** ⁽¹⁾.I. — **LIMITES.**

Chaque marée qui s'étale sur les alluvions marines ou fluviales y laisse une couche de vase et contribue au colmatage du schorre. Dès que le niveau de la terre est suffisamment élevé pour que seules les marées les plus fortes puissent désormais les atteindre, on les soustrait par la construction d'une digue aux incursions ultérieures de la marée. Un nouveau polder est ainsi créé. Il ne reste plus qu'un fort petit nombre de schorres qui puissent encore être englobés dans le district poldérien. Quelques-uns sont « mûrs »,

(1) Voir cartes 1, 2, 3 et 4.

par exemple ceux qui bordent le Bas-Escaut à Santvliet et en aval de Doel (carte 3, A).

De tout temps, il a fallu procéder méthodiquement : commencer par endiguer la plaine alluviale du côté de l'intérieur du pays, puis construire des digues de plus en plus rapprochées de la mer, du fleuve ou de la rivière. Or, nous savons que le sol de la Belgique s'affaisse. Le schorre qui s'étend en dehors de la digue continuant à recevoir des apports de sédiments, s'exhausse sans cesse, et bientôt sa surface est à un niveau supérieur à celui du polder situé de l'autre côté de la digue. Les diagrammes 8 C et 8 D, montrent cette différence de hauteur. Lorsque plus tard on construit une nouvelle digue à quelque distance en dehors de la première, le deuxième polder étant à son tour soustrait à l'alluvionnement, baisse par rapport au schorre, tout en restant plus élevé que le premier territoire endigué. Il résulte de ce phénomène que les polders forment un gradin qui s'élève depuis le polder le plus ancien, c'est-à-dire le plus interne, jusqu'à celui dont la digue touche au schorre.

Le diagramme 9, emprunté à MM. GELIENS, VAN BRABANDT, MELOTTE, WEYTS et PIERROT (1908), montre bien cette disposition en escalier. Le plan à gauche représente l'Escaut près du Fort Philippe (en aval d'Anvers, sur la rive droite), avec le schorre de Wytvliet (non encore endigué) le polder de Wytvliet (qui est récent) les polders d'Oorderen et d'Austruweel (beaucoup plus anciens). Lors de la marée du 12 mars 1806, « les eaux ont passé au-dessus de la digue, couvrant le polder de Wytvliet et l'ont fortement endommagée..... Les eaux qui ont envahi le polder de Wytvliet ont passé par-dessus la digue de mer qui sépare ce polder des polders d'Oorderen et d'Austruweel..... »

Ces deux derniers furent donc aussi inondés, au moins en partie. Le profil A montre que le schorre est à la cote 5 et le polder de Wytvliet à la cote 4. Aux endroits où passent les profils B, C, D, il est à la cote 4.10 à 4.20. Les polders d'Oorderen et d'Austruweel ne sont qu'à la cote 2.60 et 1.40. Je ne sais si le polder d'Austruweel est de date plus reculée que celui d'Oorderen, mais tous deux sont certainement antérieurs au polder de Wytvliet : aussi ce dernier

a-t-il un niveau plus élevé qu'eux, mais inférieur à celui du schorre.

. .

La disposition de la frontière septentrionale de notre pays fait que le district poldérien est fragmenté chez nous en trois parties (voir carte 1) :

a) Les polders littoraux, plus ou moins parallèles à la côte, depuis la France jusqu'à la Néerlande. Leur sol est formé de sédiments marins (ou plutôt fluvio-marins, comme ceux qui se déposent actuellement dans l'estuaire de l'Yser) (cartes 2, 3 B, 4 B, C);

b) Les polders du nord d'Eccloo, formés par la même argile.

c) Les polders bordant l'Escaut et ses affluents. La partie basse, jusque près de l'embouchure de la Durme, est formée de sédiments marins; le long des rivières, et aussi le long de l'Escaut jusqu'à Gand, le terrain est formé de sédiments d'eau douce (cartes 3, A, C, 4 A).

J'ai déjà indiqué (p. 188, et carte 1) que les sédiments marins remontent ici beaucoup plus haut que les endroits actuellement atteints par l'eau salée. On sait d'ailleurs que les eaux de la mer s'engouffrent plus ou moins loin dans un fleuve, selon la largeur de l'embouchure et aussi selon sa direction par rapport à celle que suit l'onde marée.

1. Limite supérieure. — Il n'y a donc pas de séparation nette entre les polders marins et les polders fluviaux. Tout aussi indéfinie est la limite supérieure des polders, le long de l'Escaut et des rivières.

Ces cours d'eau transportent des sédiments et en déposent dans toutes les parties de leur trajet. Dans leur portion supérieure, ils ont une vitesse suffisante pour entraîner jusque sur leur lit majeur (celui qu'ils occupent lors des crues) du sable et surtout du limon; c'est donc principalement du limon qu'ils laissent après eux lors-

qu'ils rentrent dans leur lit habituel. Au contraire, dès qu'ils débouchent dans la plaine alluviale, leur pente se réduit presque à rien (p. 442) et leur courant se ralentit énormément : aussi n'est-ce plus que dans l'axe du thalweg qu'ils entraînent et déposent du sable; et lorsqu'ils se répandent sur la plaine alluviale, ils n'apportent que les sédiments argileux les plus fins.

On comprend toutefois qu'il n'y a pas de délimitation précise entre la portion haute et la portion basse, puisque la puissance de transport d'une rivière varie sans cesse et d'une façon fort étendue. J'ai cru pouvoir fixer arbitrairement la limite supérieure des polders à la cote de 5 mètres : c'est à peu près le niveau jusqu'où les marées ordinaires refoulent les eaux, et où, par conséquent, le courant vers l'aval subit un ralentissement notable.

Ainsi que le montre la carte 1, il y a des polders, non seulement le long des rivières où la marée pénètre à présent, mais aussi le long de certaines rivières barrées, telles que la Dendre et l'Yser (avec ses affluents), et même dans les vallées de rivières qui n'existent pour ainsi dire plus, par exemple la Vieille-Caele (voir p. 180).

2. Limite latérale interne. — A mesure qu'on s'écarte de la mer ou de la rivière pour se rapprocher de l'intérieur du pays, la couche de sédiments poldériens devient naturellement de plus en plus mince, pour finir en biseau sur les terres voisines. Les districts qui touchent aux polders sont : le district hesbayen, dans le sud de la Flandre occidentale; le district flandrien, dans la majeure partie des deux Flandres, du Brabant et de la province d'Anvers; le district campinien, sur la rive droite de l'Escaut, en aval d'Anvers (carte 1).

Le contact du Poldérien avec le Hesbayen et le Campinien s'opère presque toujours sur une pente assez inclinée. Mais le Flandrien est beaucoup plus uni et la ligne où il touche le Poldérien est donc moins bien marquée, d'autant plus que l'affaissement général que subit la Belgique a amené la plaine flandrienne au-dessous du niveau de la mer (p. 204 et fig. 17).

Plusieurs photographies représentent le contact du Poldérien et du Flandrien :

Phot. 126. Limite du Poldérien et du Flandrien le long du canal de Bourgogne.

Phot. 181. Champ flandrien près du canal de Handzaeme.

Phot. 182. Prairies flandriennes sous le niveau des marées hautes, à Eerneghem.

Phot. 183. Polders occupant un ancien lit de l'Escaut, à Berlaere. A droite et à gauche, les berges flandriennes du fleuve.

Phot. 186. Polder de Schonselbroek, au pied de petites collines flandriennes.

3. Limite latérale externe. — Du côté de la mer, les polders s'arrêtent contre des dunes⁽¹⁾ (phot. 123), sauf aux endroits où les dunes étaient insuffisantes et où elles ont été renforcées par une digue (phot. 122). Auprès des rivières, le polder est toujours bordé par une digue. Nous savons déjà (p. 204) que le mouvement vers le bas qui se fait sentir dans notre pays amène les polders de plus en plus profondément sous le niveau des hautes mers, et l'on est donc obligé de rehausser et de renforcer sans cesse les digues qui défendent les polders contre les marées. Les photographies 121, 127, 128, 162 montrent la hauteur des digues et les différences de niveau entre le cours d'eau et le polder. Le diagramme 8 D en donne une idée plus précise. Beaucoup de polders sont à une cote voisine de 1, par exemple sur la rive droite de la Durme (en aval de Hamme), — le Groote Schoor, entre Bornhem et Hingene (carte 4, A), — et les Grandes Moeres (carte 4, B). La dénivellation est telle que beaucoup de petites rivières, par exemple l'Eykenvliet (phot. 127) et le canal de Moerdyk (phot. 125), ont le fond de leur lit situé à un niveau plus élevé que les polders voisins.

Quelque soin qu'on apporte à entretenir les digues, celles-ci sont toujours à la merci d'une crue exceptionnelle. En mars 1906, de nombreuses digues se sont rompues sous la poussée des eaux. Les

(1) Cette limite est plus apparente que réelle, puisque le terrain poldérien se continue sous les dunes (voir fig. 23, p. 401).

photographies 129 à 132 ont été faites un mois après le désastre; elles montrent les eaux de l'Escaut qui tombent sur le polder, avec un aspect de rapides, et les polders encore complètement ou partiellement sous l'eau.

Voici, d'après le rapport de MM. GELLENS, VAN BRABANDT, MELOTTE, WEYTS et PIERROT (1908), quelles ont été les inondations de polders causées par cette marée-tempête, dont le tableau T (pp. 443. 444) indique les hauteurs :

ESCAUT. — Le polder frontière (Grenspolder), sous Santvliet : ruptures de la digue de mer.

Polder Hagemans, sous Santvliet : ruptures de la digue de mer et de la digue séparant ce polder du Grenspolder.

Polder Peerdenschorre ⁽¹⁾, sous Doel.

Polder de Lillo : rupture de la digue de mer.

Polder de Wytvliet (diagramme 9) : rupture de la digue de mer. Polders d'Oorderen et d'Austruweel.

Fort Sainte-Marie, polders Real, de Krankeloon et de Melsele : rupture des digues de mer de ce fort et de ces polders.

Polder Paternoster.

Polder de Borgerweert.

Wateringue ⁽²⁾ de Cruybeke : rupture de la digue capitale.

Wateringue Oost-Sint-Schouwsebroek, sous Steendorp et Tamise : ruptures de la digue capitale.

Wateringue « den Eschpolder », sous Tamise : rupture de la digue capitale (phot. 130). Wateringue « Thielrodebroek » (phot. 131 et 132).

Wateringue « Zuibroek, Zwaarveld et Meulenwijk », sous Hamme (phot. 129) : ruptures de la digue capitale.

Wateringue « Grootbroek », sous Moerzeke : ruptures de la digue capitale.

(1) Ce polder est renseigné à la page 196, d'après KUMMER, comme n'étant pas encore réendigué en 1844.

(2) Voir, sur la signification de ce mot, page 459.

Wateringue « Vereenigde Polders van Castel », sous Moerzeke : ruptures de la digue capitale.

Wateringue « Vlassenbroek », sous Baesrode : ruptures de la digue capitale.

Brèche dans la digue communale de Grembergen, suivie de l'inondation du territoire de cette commune.

RUPEL. — La diguette d'été du schorre « de Jonghe » et la digue du polder occidental de Willebroek ont été couvertes et rompues par les eaux ; ce polder et le village de Petit-Willebroek ont été inondés.

Il y a eu aussi beaucoup d'inondations peu importantes le long de la Nèthe inférieure et de la Dyle.

DURME. — Tous les hivers on coupe les digues qui bordent cette rivière, en vue d'irriguer les prairies riveraines : lors de la marée-tempête du 12 mars, ces coupures n'avaient pas encore été fermées et les inondations qui en sont résultées n'ont guère été plus considérables que celles qui accompagnent les marées habituelles ; en tout cas, les effets de cette marée extraordinaire ne se sont pas fait sentir en amont de Waesmunster.

4. Largeur des polders. — Sur le littoral et le long de l'Escaut maritime, les polders ont une largeur considérable, qui dépasse souvent 20 kilomètres. A partir d'Anvers, la vallée de l'Escaut se rétrécit considérablement pour ne s'élargir qu'au niveau d'anciennes boucles qui ont été barrées, par exemple près d'Overmeire et un peu en aval de Gand. Les polders bordant les rivières sont partout étroits, excepté près du Moervaert, où ils comblent un ancien lac (p. 180). Il arrive même parfois que la rivière s'est frayé un passage à travers des sables flamandais situés à une altitude supérieure à 5 mètres, et sur lesquels des alluvions poldériennes n'ont pas pu se déposer ; c'est ce qui se présente pour le canal de Moerdyk, en aval du confluent avec le canal de Bourgogne (carte 3, B), et par le Moervaert à Sinay (phot. 184). Un peu en aval de ce point, le Poldérien reprend (phot. 155).

II. — CONDITIONS D'EXISTENCE.

1. Structure physique et chimique du sol. — Il y a peu de chose à en dire. Les analyses des tableaux *I* et *J* (colonnes G à L) nous renseignent sur la composition de la terre dans les polders marins : elle est riche en sels assimilables, argileuse et peu perméable. Dans les polders qui bordent les rivières, la structure du sol est en règle générale la même, sauf que vers la limite supérieure la proportion de sable devient plus grande, tout en laissant au sol ses deux caractéristiques : la fertilité et la compacité.

2. Horizontalité du sol. Les wateringues. — L'horizontalité est si parfaite que sur la plaine des polders on se rend compte de la sphéricité de la terre aussi manifestement que sur un océan. Dans les photographies, les lointains sont trop indistincts pour qu'on ait l'impression de la rotundité : néanmoins, elles sont souvent fort démonstratives (phot. 124, 134, 157, 158, 159).

Dans un pays aussi plat, où les cotes de niveau se maintiennent partout entre 1 et 5 mètres, les cours d'eau sont naturellement fort paresseux, et avant la construction de digues, leur lit se déplaçait à chaque instant ; d'où les innombrables méandres des rivières (voir, par exemple, la Durme en aval de Waesmunster [carte 4 A], et le Beverinck Vaert [phot. 138]).

L'imperméabilité de l'argile fait que les eaux, quoiqu'elles s'attardent sur les polders, n'y pénètrent guère, et que les eaux de pluie vont se collecter dans les creux du terrain. Rien d'étonnant donc à ce que le district poldérien soit couvert d'un inextricable lacs de rivières sans courant appréciable, de canaux et de fossés de tout genre. Tous les creux étaient primitivement occupés par des étangs sans grande profondeur : les Grandes Moeres de Furnes (carte 4 B, phot. 124), la Moere de Ghistelles (carte 3 B, phot. 125), les prairies du Moervaert (phot. 159), etc. Il ne reste plus qu'un petit nombre d'étangs, notamment le Blanckaert, au sud de Dixmude (phot. 142 à 146).

L'évacuation des eaux est un problème capital pour un pays situé au-dessous du niveau des hautes mers. Les champs et les

prairies sont toujours bordés de rigoles de drainage ; celles-ci confluent en fossés de plus en plus larges qui, finalement, se déchargent dans une rivière. Mais il ne peut pas y avoir de communication ouverte entre les fossés et la rivière, sinon celle-ci refluerait dans le polder à marée haute. Le fossé est pourvu d'une écluse dont on ne lève les vannes qu'à marée basse ; il se vide alors rapidement (phot. 161).

Chaque système d'écluses assure l'écoulement des eaux d'un territoire souvent fort étendu. Ainsi la plus grande partie du Furnes-Ambacht, c'est-à-dire de la contrée comprise entre l'Yser, la frontière française et la mer, se débarrasse de ses eaux par des écluses situées à Nieupoort. Le long des rivières, les territoires qui ont le même groupe d'écluses sont généralement assez restreints. Ainsi, il y en a deux sur la rive gauche de l'Escaut, entre Thielrode et Tamise. Chaque territoire qui a une évacuation commune constitue une wateringue. Comme tous les cultivateurs d'une wateringue ont les mêmes intérêts, il y a une administration, assez complexe, en partie élective, qui s'occupe de l'écoulement des eaux, ainsi que de l'entretien des digues. L'étude de cette organisation nous entraînerait hors du cadre de la géographie botanique ; on trouvera ces renseignements dans les livres de M. BLANCHARD (1906, p. 271) et de M^{lle} WERY (1908, p. 174). La nécessité d'une organisation centralisée et responsable est d'autant plus évidente que dans certaines parties du district poldérien, par exemple le long de la Durme, on inonde régulièrement les prairies en hiver pour y amener de la boue fertilisante.

3. Humidité de l'air. — Malgré l'horizontalité du terrain où les vents ne rencontrent aucun obstacle (phot. 137, 154, 155), l'abondance des eaux superficielles maintient toujours l'air à un haut degré d'humidité. Celle-ci est particulièrement forte derrière les digues et dans les endroits où les Saules (*Salix alba*) sont très rapprochés. Ces arbres, qui sont presque toujours cultivés en têtards, portent une végétation épiphyte très nombreuse, parmi laquelle des espèces qui sont liées à un air humide, telles que *Polypodium vulgare* (phot. 153).

III. — LA VÉGÉTATION AQUATIQUE.

Dans un pays aussi fertile que les polders, tout le terrain est naturellement livré à la culture, et il n'y a pas grand'chose à faire pour celui qui s'occupe de géographie botanique. Ce n'est guère que dans les eaux, sur les digues et le long des chemins qu'il peut espérer rencontrer de la végétation spontanée. Encore doit-on ne jamais oublier que cette flore n'est pas celle qui occupait primitivement le pays, mais celle qui s'y est infiltrée après que l'endigement eut bouleversé de la façon la plus complète les conditions d'existence des végétaux.

La transformation la plus profonde est naturellement celle que subit la flore d'un schorre marin lorsqu'on construit une digue : la proportion de sels contenus dans le terrain baisse de plus en plus, à mesure que les eaux de pluie lavent le sol et entraînent les matières solubles. Aussi les espèces propres au schorre sont-elles bientôt exposées aux compétitions des plantes venant des polders voisins et qui jusqu'alors avaient été exclues par les sels.

A. — *Eaux saumâtres.*

C'est surtout dans ces eaux et sur leurs bords que l'on peut suivre la lutte des anciens occupants contre les envahisseurs. Il y a pas mal d'anciennes criques ou de fossés dans lesquels, l'eau contient encore des quantités plus ou moins grandes de sels. La salure est due ou bien à ce que le fossé reçoit de temps en temps de l'eau de mer par une écluse, ou bien à ce que le dessalement n'est pas complet.

A la première catégorie appartiennent diverses eaux dont les analyses sont données dans le tableau L (p. 325) : Yser (colonne V), canal de Plasschendaale (col. W), canal de Loo (col. X), fossé aux *Ruppia* (col. Z), ainsi que le canal d'Ostende à Bruges et l'ancien canal de Nieuport à Furnes (phot. 136), qui est le reste de la partie inférieure de la crique par laquelle Furnes communiquait avec l'estuaire de l'Yser (fig. 11, p. 191); on peut y rattacher aussi des fossés situés près de ces eaux saumâtres et qui reçoivent du sel par les infil-

trations, par exemple un fossé à Palingbrugge (tableau L, col. Y). Sur les bords de ces eaux plus ou moins salées, se rencontrent des plantes du schorre ou des digues voisines du schorre : *Aster Tripolium*, *Apium graveolens*, *Agropyrum pungens*. Dans l'eau, la plante la plus caractéristique est *Enteromorpha intestinalis* (phot. 136), qui forme souvent des accumulations énormes. Lorsque le liquide a une salure considérable assez constante, *Ruppia maritima* s'y installe également, notamment dans le fossé aux *Ruppia* et dans l'ancien canal de Nieuport à Furnes. Il est curieux de voir que *Phragmites communis* colonise parfaitement ces liquides déjà fort concentrés; pourtant il y reste assez chétif (1^m,50 de hauteur au-dessus de l'eau) et n'y fleurit pas régulièrement (phot. 136).

Les anciennes criques, qui sont totalement séparées de la mer, mais dont le dessalement n'est pas complet, sont nombreuses dans les polders au N. d'Eecloo, et aussi au S. E. d'Ostende. Ainsi le Groote Keygnaert Kreek, près d'Ostende, est bordé d'*Aster Tripolium*, et il contient une abondance d'*Enteromorpha*; il en est de même du Boere Kreek, à Sint-Jan-in-Eremo, où l'eau a une densité de 1,003 à 1,004.

B. - Eaux douces.

Lorsque le dessalement est complet, une végétation nouvelle s'installe définitivement dans les eaux des polders. Celles-ci peuvent être classées d'après leur étendue et leur origine en quatre groupes : les étangs, les canaux, les fossés et les trous de tourbières.

Je crois qu'il serait inutile de traiter en détail la végétation aquatique. Celle-ci a été décrite dans ces dernières années par un grand nombre d'auteurs, parmi lesquels il suffit de citer MM. SCHENCK (1886), GOEBEL (1889-1891), SCHRÖTER UND KIRCHNER (1896-1902), MAGNIN (1904), LE ROUX (1907), TANNER-FULLEMAN (1907); beaucoup de Monocotylédonées aquatiques sont décrites et figurées dans l'ouvrage de MM. KIRCHNER, LOEW UND SCHRÖTER. Les principales adaptations à l'hivernage ont été décrites plus haut (p. 261). Ajoutons que la liste éthologique donne aussi pas mal de renseigne-

ments qu'il serait oiseux d'expliquer ici plus longuement : l'absence de plantes annuelles hivernales ; le grand nombre de plantes qui passent l'hiver à l'état d'hibernacles ; le fait que la rigidité est souvent due uniquement à la turgescence, soit chez des espèces complètement submergées, soit chez des espèces flottantes, soit même chez celles dont les tiges et les feuilles sont aériennes ; la fréquence des plantes qui se propagent par des rameaux radicans ou des rhizomes.

Il y a seulement quelques points sur lesquels je désire attirer l'attention.

Dans les polders, il y a beaucoup de plantes qui sont peu ou pas fixées au sol : les unes sont privées de racines (*Wolffia*, *Utricularia*, *Ceratophyllum*) ; les autres ont des racines qui ne touchent pas la terre (*Lemna*) ; d'autres enfin engagent à peine leurs racines dans la vase molle (*Hydrocharis*, *Stratiotes*). J'ai déjà signalé (p. 448) que des végétaux de cette catégorie ne peuvent pas se maintenir sur les terrains soumis aux marées.

Il y a bien d'autres végétaux dont les racines ne sont pas nécessairement ancrées dans la terre. Le bord des étangs vaseux, tels que le Blanckaert et le Groote Burghtsche Weel, est garni d'un dense bourrelet de végétaux dans lequel dominant les *Phragmites*, mais où vivent aussi *Scirpus lacustris* et *Typha angustifolia* (phot. 142, 147). Les deux faces de ce bourrelet ont une structure différente. Vers le dehors, les végétaux ont leurs rhizomes fixés dans le sol. Mais du côté de l'étang, où l'eau s'approfondit de plus en plus, les rhizomes ne restent pas engagés dans la vase : ils se relèvent et se maintiennent à une vingtaine de centimètres sous la surface du liquide, tout en gardant leurs connexions avec les rhizomes enterrés de la bordure externe. Ces organes flottants se ramifient et s'enchevêtrent les uns dans les autres, à tel point qu'ils peuvent porter des tiges aériennes sans risquer de s'enfoncer ni d'être culbutés par le vent. Même, on peut sans danger s'aventurer sur ces masses végétales, qu'on sent balancer et descendre lentement dans l'eau. Ces prairies flottantes (leeft, plur. heefte) sont larges de 10 à 20 mètres dans le Blanckaert. Pour empêcher leur extension on est obligé de détruire le végétal qui forme leurs

avant-postes, c'est-à-dire *Phragmites* (phot. 144). Dès que ces prairies ont pris une certaine consistance, d'autres plantes peuvent s'y installer : *Rumex Hydrolapathum*, *Ranunculus Lingua*, *Sium latifolium*, *Solanum Dulcamara*, *Mentha aquatica*, *Stachys palustris*, et quelques autres espèces encore, généralement d'assez grande taille (phot. 143).

Il arrive souvent que des courants détachent une partie de la bordure, qui se met alors à flotter comme une petite île de verdure jusqu'à ce que le vent l'ait poussée contre un autre bord, avec lequel elle ne tarde pas à se souder.

Les ouvrages cités à la p. 461 contiennent beaucoup de figures de plantes aquatiques; d'autres dessins ont été cités à propos des alluvions fluviales (p. 449); il y en a encore dans les travaux que voici :

Typha latifolia : RAUNKIAER, 1895-1899, pp. 259, 280.

T. angustifolia : WARMING, 1897, 2, pp. 173, 174.

Sparganium ramosum, *ibidem*, p. 182; RAUNKIAER, 1895-1899, pp. 255, 280.

Potamogeton div. sp. : RAUNKIAER, *ibidem*, pp. 41, 47, 49, 50, 55, 73, 74 à 86.

Zannichellia palustris : *ibidem*, p. 117.

Triglochin palustris : *ibidem*, pp. 27, 28, 31.

Elisma natans : *ibidem*, pp. 9, 10.

Butomus umbellatus : *ibidem*, pp. 2, 3.

Hydrocharitacées : *ibidem*, pp. 126 à 135.

Carex muricata : *ibidem*, p. 483.

C. riparia : *ibidem*, p. 490.

Juncus glaucus : *ibidem*, p. 391.

Polygonum amphibium ; WARMING, 1897, 2, p. 171.

Nuphar luteum : *ibidem*, p. 169.

Ranunculus Lingua : *ibidem*, p. 183.

Cœnanthe fistulosa : *ibidem*, p. 185.

Naumburgia thyrsiflora : *ibidem*, p. 186.

Disons maintenant un mot des diverses stations de plantes aquatiques qui se rencontrent dans les polders; nous avons déjà dit que ce sont des étangs, des canaux, des fossés et des tourbières abandonnées.

1. Étangs. — Leur profondeur maximum ne dépasse pas 3 mètres. Souvent ce sont des creux du polder dans lequel s'accumulent les eaux de pluie et qui sont parfois traversés par un ruisseau; c'est le cas pour le Blanckaert (phot. 142 à 146); l'analyse de son eau est donnée dans la colonne U, du tableau L (p. 324). D'autres sont des trous qui ont été creusés par les eaux lorsqu'elles se précipitent avec violence de l'Escaut ou d'une rivière sur un polder après une rupture de digue. Le Groote Burghtsche Weel (phot. 147) et plusieurs autres étangs, désignés sous le nom générique de weel, le long de l'Escaut et du Rupel, ont cette origine. Au fond des méandres qui ont été séparés de l'Escaut, reposent aussi de larges étendues d'eau, telles que le Vieil-Escaut à Bornhem (phot. 151, 152, et carte 4 A) et le Broek ou Étang d'Overmeire (phot. 148 à 150, et carte 3 C; analyse de l'eau à la colonne CC du tableau L, p. 325). Le Broek d'Overmeire n'est pas simplement, comme le Vieil-Escaut, le lit du fleuve. D'après M. LEYSEN (¹), il est dû en grande partie au creusement du sol pour l'extraction de la tourbe. On voit d'ailleurs encore nettement les traces des excavations; la carte 3 C les montre aussi.

Les deux étangs que j'ai le mieux étudiés sont le Broek d'Overmeire et le Blanckaert. Leur flore est renseignée dans la liste des associations.

Tous deux sont voisins des sables flamandais, et par cela même leur eau n'est pas tout à fait aussi riche en sels nutritifs qu'on le supposerait. Le Blanckaert, à travers lequel coule un ruisseau descendant du Flandrien, est le plus pauvre; ainsi il ne renferme guère d'*Eloëa canadensis*, d'*Equisetum Heliocharis*, de Lemnacées, de

(¹) Ce travail m'a été indiqué par M. LAMBEAU, conducteur des Ponts et Chaussées, à Termonde.

Roripa amphibia et d'autres espèces qui exigent une alimentation abondante.

La liste des associations indique aussi à Overmeire certaines espèces qui sont surtout abondantes dans les marécages pauvres : *Eriophorum angustifolium*, *Calamagrostis lanceolata*, *Naumburgia thyrsoflora*, *Pedicularis palustris*. Cette contradiction tient à ce que j'ai dû utiliser, pour l'étang d'Overmeire, des listes dans lesquelles je confondais les prairies situées sur Flandrien avec celles qui se trouvent sur les alluvions argileuses. La distinction entre les différents terrains est d'ailleurs fort malaisée, puisque toute la périphérie de l'étang est située à peu près au même niveau, égal ou inférieur à 5 mètres.

2. Canaux. — Toutes les rivières qui traversent le district des polders sont éclusées et les plus larges d'entre elles sont canalisées. Leur courant est donc pour ainsi dire nul et des plantes flottantes peuvent s'y développer librement, par exemple *Limnanthemum* (phot. 137), *Enteromorpha intestinalis*, etc.

Presque toujours il a fallu surélever les berges de ces rivières pour remonter leur eau et lui permettre de s'écouler à marée basse vers la mer. Cet aspect est très caractéristique pour la Dendre près de Termonde et pour le canal de Moerdyk, dans la traversée de la Moere (phot. 125). Les canaux entièrement artificiels ont d'ailleurs le même profil transversal : dans ce pays, on ne creuse pas un canal, on le bâtit de toutes pièces au-dessus du sol ; sinon la différence de niveau entre le canal et la mer serait vraiment trop forte.

3. Fossés. — Il y a beaucoup d'anciens canaux qui ne servent plus du tout à la navigation et qui se sont presque entièrement comblés, par exemple la Venepe (phot. 139) et le Beverinck Vaert (phot. 138). La plupart des fossés ont été creusés intentionnellement pour assurer l'évacuation des eaux ; toutes les prairies et tous les champs labourés en sont bordés. Ils donnent asile à la flore la plus luxuriante qu'on puisse imaginer (phot. 140 et 141). La richesse de ces eaux en sels alimentaires rend compte de la vigueur

exceptionnelle de la végétation (colonnes Q, R, S, AA, BB du tableau L, pp. 324, 325).

4. Trous de tourbière. — Tout le territoire poldérien repose sur une couche de tourbe post-flandrienne (p. 182). Lors des ruptures de digues, qui ont été provoquées par la marée du 12 mars 1906, les eaux qui tombaient avec violence sur les polders et qui affouillaient le terrain ont partout ramené des blocs de tourbe (p. 183). De même sur le littoral la tourbe est toujours présente (phot. 133), et c'est précisément la compression de cette couche qui a déterminé l'inclinaison de la plupart des clochers de cette région (phot. 134).

La tourbe que l'on a exploitée à Overmeire est d'un autre âge géologique que celle du littoral et celle du polder « Den Esch ». Elle provient du grand marécage qui recouvrait le bassin du Bas-Escaut pendant l'époque campinienne (p. 176); c'est du moins ce que je conclus de la découverte dans cette tourbe d'ossements de *Cervus megaceros*.

L'exploitation de ces tourbes est maintenant abandonnée presque partout, mais en beaucoup de points persistent encore les trous qui avaient été creusés jadis, notamment sur la rive droite de la Durme en aval de Hamme (carte 4 A), autour de l'étang d'Overmeire (carte 3 C) et dans le polder Saint-Onulphe, un peu en amont de Termonde (phot. 135).

En tous ces points, la végétation est fort variée: *Stratiotes* est particulièrement abondant.

IV. — LES DIGUES.

La végétation qui garnit les digues est la même que celle des bords des chemins; elle est tout à fait banale et sans le moindre caractère.

Les digues qui bordent les alluvions marines présentent seules quelques particularités: elles portent des plantes qui se sont échappées de la limite supérieure du schorre: *Atriplex littoralis*, *Beta maritima*, etc., et d'autres qui sont plus abondantes là que

partout ailleurs ou même qui sont spéciales : *Hordeum maritimum*, *Cochlearia danica*, *Pastinaca sativa*, *Matricaria inodora maritima*, *Tragopogon porrifolius*.

C'est principalement sur le talus dont le pied est battu par les fortes marées que la digue de mer porte ces quelques espèces caractéristiques. Sur l'autre face, ainsi que sur les digues qui sont plus ou moins éloignées de la mer, par exemple la digue du Comte Jean (phot. 122), la végétation a la même banalité que dans les polders fluviaux.

La liste des associations montre que la flore est sensiblement la même dans les polders marins et dans les polders fluviaux. La seule différence un peu frappante consiste dans l'abondance de plantes de moissons et de plantes habitant les bords de fossés, sur les digues des polders fluviaux. Mais cette différence est purement accidentelle; elle tient à ce qu'on a l'habitude d'aller déposer sur les digues, pour les exhausser et les raffermir, toutes les mauvaises herbes des champs et toutes les immondices provenant du curage des fossés.

V. — LES CULTURES.

Les polders sont un des pays agricoles les plus riches qu'il y ait au monde. La fertilité du sol est très grande et permet la culture des plantes les plus variées : le Froment (*Triticum vulgare*), le Lin (*Linum usitatissimum*), la Betterave à sucre (*Beta vulgaris*), la Féverole (*Vicia Faba*) y donnent de belles récoltes. Les fermes des polders sont généralement grandes (phot. 156) et elles font le contraste le plus complet avec les minuscules exploitations des dunes. Les champs sont aussi souvent de grandes dimensions (phot. 157, 158).

Je n'ai pas l'intention d'insister ici sur les procédés de culture; je préfère renvoyer à la Monographie agricole de la région des Polders. Les seuls points qui puissent nous intéresser sont que la terre est trop pauvre en chaux et en fer, et que sa compacité empêche le cultivateur de produire une récolte dérobée de Navets (*Brassica Rapa*).

Une autre conséquence de la nature argileuse du sol est qu'on accorde souvent la préférence aux modes d'exploitation qui n'exigent pas de labourages. Sur le littoral et dans les polders au nord d'Eecloo, il y a énormément de pâturages (phot. 124, 138, 147, 141, 156, 160). Dans les polders fluviaux, on fait surtout des prairies à foin (phot. 159, 161); de très grands espaces sont aussi consacrés à la culture des osiers (*Salix viminalis*, *S. amygdalina*, etc.). Les photographies 183 et 186 montrent ces cultures. Au premier plan de la photographie 128 il y a aussi une oseraie.

En aucun point du district poldérien il n'y a de bois. Pourtant les arbres n'y manquent pas, surtout dans les polders fluviaux. Les essences le plus communément plantées le long des prairies sont les Peupliers (*Populus monilifera*), dont la croissance est extraordinairement rapide (phot. 125, 126, 128, 136, 137, 147, 150, 156, 160, 161, 186). Le long des rigoles de drainage dans les prairies on met souvent des Saules blancs (*Salix alba*) cultivés en têtards (phot. 124, 125, 141, 153, 157). Enfin, sur les digues qui bordent l'Escaut et la Durme dans son cours inférieur, il y a une infinité de Noyers (*Juglans regia*, phot. 129, 130, 131, 162).

§ 5. — District du sable à *Cardium* ⁽¹⁾

I. — LIMITES.

1. Sable à *Cardium* proprement dit. — Nous avons vu plus haut que pendant les siècles passés la mer rompait parfois les digues et inondait les polders littoraux (p. 193); le plus souvent du sable de la plage était emporté par-dessus l'argile. Jusqu'au moment où les barrières furent réparées, la mer venait recouvrir de temps en temps les sables, ce qui permettait à une faune marine de s'y installer; elle se composait notamment de Lamellibranches (*Cardium* et *Scrobicularia*), dont les valves se retrouvent dans le terrain.

(1) Voir cartes 1, 2 B, 2 C, 4 B, 4 C.

Des irrutions de ce genre ont dû se produire en un très grand nombre de points, ainsi qu'en témoigne la carte géologique de Belgique. Mais la couche de sable est souvent assez mince, et les labours l'ont mélangée à l'argile sous-jacente. Il en résulte la formation d'un limon, moins fertile certes que l'argile, mais qui est exploitée par les mêmes procédés que cette dernière; pourtant on y sème du Seigle au lieu de Froment (WERY, 1908, p. 152).

Il y a seulement trois endroits (carte 1) où le sable a une épaisseur considérable, et qui ont gardé l'aspect de pays peu fertiles : a) à Lombartzyde et Westende (carte 2 B, phot. 163, 165, 169 à 171, et fig. 12, p. 193); b) à Breedene et Clemskerke (carte 2 C et phot. 164); c) à Varssenaere, entre Bruges et Ostende.

2. Polders sablonneux récents. — A propos des limites des dunes littorales, j'ai déjà signalé la présence à Knocke, près du Zwyn, d'un petit territoire qui est un polder, mais dont le sol est pourtant constitué par du sable. Celui-ci y a été apporté par les marées, ainsi que l'indique la comparaison de la carte 4 C avec la figure 16 (p. 202).

3. Dunes internes. — J'ai aussi indiqué (p. 369) la présence, entre Adinkerke et Ghyvelde (en France), de monticules sableux qui sont séparés des dunes littorales par une bande de polders argileux (carte 4 B, phot. 172 à 180). Comme la flore spontanée de ces dunes est exactement la même que celle des dunes de sable à *Cardium* près de Lombartzyde et de Westende, je n'hésite pas à les étudier en même temps que celles-ci, quoique l'origine géologique en soit sans doute différente.

On voit donc que le district du sable à *Cardium* ne constitue pas un ensemble continu, mais que ces polders sablonneux sont simplement des enclaves accidentelles dans les polders argileux habituels; c'est sans doute pour cette raison qu'ils n'avaient jamais attiré l'attention des botanistes. On peut même se demander s'il y a réellement lieu d'en faire un district spécial.

II. — LE SOL.

La différence essentielle entre le sol des dunes littorales et celui des polders sablonneux, est que ce dernier est notablement moins riche en calcaire. La comparaison des colonnes D, E, F du tableau J (p. 312) avec le tableau K (p. 314) ne laisse aucun doute à cet égard.

Quoiqu'on ne connaisse guère la façon dont le calcaire intervient dans le sol, une chose est pourtant certaine : c'est que les sels de calcium sont des poisons pour les plantes calcifuges. Il y a encore un autre point qui semble devoir être accepté : d'après les recherches de MM. SCHREINER, REED ET SKINNER (1907, p. 41), le calcaire aurait la propriété de détruire certaines substances toxiques que les végétaux excrètent dans le sol.

III. — LES ASSOCIATIONS.

Plantes calcifuges. — La rareté du calcaire imprime à la végétation un caractère bien différent de celle des dunes littorales. Les deux tableaux suivants mettent nettement en évidence ce contraste.

Voici, d'après la liste des associations, l'énumération des Phanérogames qui se rencontrent sur le sable à *Cardium* mais non sur les dunes littorales, ou qui sont rares sur ces dernières :

Panicum Crus-Galli.
Aira caryophyllea.
Nardus stricta.
Juncus effusus.
J. Leersii.
Spiranthes autumnalis.
Rumex Acetosa.
Spergula arvensis.
Scleranthus annuus.
S. perennis.
Teesdalia nudicaulis.
Rubus fruticosus.
Cytisus scoparius.

Trifolium arvense.
Ornithopus perpusillus.
Calluna vulgaris.
Vinca minor.
Teucrium Scorodonia.
Veronica agrestis.
Valerianella olitoria.
Filago minima.
Gnaphalium sylvaticum.
G. uliginosum.
Artemisia vulgaris.
Arnoseris minima.

La plupart de ces espèces sont reconnues généralement comme étant calcifuges (p. 391).

Pour mieux mettre en relief l'influence de la chaux sur la flore du district considéré, il faudrait comparer à l'énumération précédente celle des espèces qui habitent les dunes, mais non les polders sablonneux, et examiner si ces espèces sont en majeure partie calcicoles. Seulement, comme le district du sable à *Cardium* est à la fois fragmenté et peu étendu, on comprend que sa colonisation ne soit pas facile et que la dissémination des espèces des dunes vers les îlots de polders sablonneux rencontre de nombreux obstacles. Aussi, me semble-t-il juste de ne considérer que les espèces les plus répandues. Voici donc l'énumération des Phanérogames qui sont communes dans le district des dunes littorales mais qui font défaut au sable à *Cardium*. Il n'est pas tenu compte des plantes de bosquets et des plantes aquatiques et marécageuses, puisque les stations correspondantes n'existent guère dans le dernier district.

Agrostis alba.
Calamagrostis epigeios.
Apera Spica-venti.
Trisetum flavescens.
Arrhenatherum elatius.
Briza media.
Dactylis glomerata.
Cynosurus cristatus.
Poa annua.
P. pratensis.
Bromus sterilis.
B. secalinus.
Lolium perenne.
Agropyrum repens.
Epipactis latifolia.
Chenopodium polyspermum.
Silene nutans (cc) ⁽¹⁾.
Cerastium glomeratum.
C. pumilum.
C. semidecandrum.
C. tetrandrum (ma) ⁽²⁾.

Ranunculus acris.
Thalictrum minus (cc).
Sisymbrium officinale.
S. Sophia.
Sinapis arvensis.
Diplotaxis tenuifolia.
Brassica nigra.
Raphanus Raphanistrum.
Draba verna.
Arabis hirsuta (cc).
Saxifraga tridactylites.
Parnassia palustris.
Rosa pimpinellifolia (cc).
Ononis repens.
Trifolium campestre.
T. fragiferum.
T. pratense.
Anthyllis Vulneraria (cc).
Vicia Cracca.
Lathyrus pratensis.
Geranium molle.

⁽¹⁾ (cc) = calcicole.

⁽²⁾ (ma) = uniquement maritime, en Belgique.

<i>Linum catharticum.</i>	<i>Lycopsis arvensis.</i>
<i>Polygala serpyllacea.</i>	<i>Glechoma hederacea.</i>
<i>P. vulgaris.</i>	<i>Brunella vulgaris.</i>
<i>Mercurialis annua.</i>	<i>Mentha arvensis.</i>
<i>Euphorbia Helioscopia.</i>	<i>Veronica officinalis.</i>
<i>E. Peplus.</i>	<i>V. Chamædrys.</i>
<i>E. exigua.</i>	<i>Plantago major.</i>
<i>Helianthemum Chamaecistus</i> (cc).	<i>P. Coronopus.</i>
<i>Hippophaë rhamnoides</i> (ma).	<i>Asperula cynanchica</i> (cc).
<i>Eryngium maritimum</i> (ma).	<i>Galium Mollugo.</i>
<i>Torilis Anthriscus.</i>	<i>Bellis perennis.</i>
<i>Primula officinalis.</i>	<i>Pulicaria dysenterica.</i>
<i>Pyrola rotundifolia.</i>	<i>Carlina vulgaris.</i>
<i>Lysimachia Nummularia.</i>	<i>Taraxacum officinale.</i>
<i>L. vulgaris.</i>	<i>Sonchus asper.</i>
<i>Calystegia Soldanella</i> (ma).	<i>S. oleraceus.</i>
<i>Cynoglossum officinale</i> (cc).	<i>S. arvensis.</i>

Avant d'examiner ce tableau, faisons remarquer que la liste des associations n'est sans doute pas aussi complète pour les polders sablonneux que pour les dunes littorales, et que plusieurs plantes que je viens de renseigner comme absentes sur le sable à *Cardium*, pourraient fort bien y exister.

Cette restriction faite, tâchons d'interpréter la liste qui précède.

La comparaison avec la liste géographique où est indiquée la distribution des espèces en Belgique, montre qu'aucune de celles que je viens d'énumérer ne manque au district calcaireux, excepté les quelques plantes purement maritimes (marquées *ma*); celles-ci, on le voit, sont limitées aux dunes littorales et n'émigrent pas sur les dunes formées de sable à *Cardium*.

Voilà pour les relations entre la flore du district des dunes littorales et celle du district calcaireux. Mais comment se comporte la flore des polders sablonneux vis-à-vis de celles de la Flandre et de la Campine? Il suffit d'examiner la liste géographique pour constater que la plupart des espèces que je renseigne comme

propres au sable à *Cardium* sont communes en Flandre et en Campine (tableau J, pp. 312, 313) et que les espèces qui manquent aux polders sablonneux manquent aussi dans les deux districts considérés.

Il n'est donc pas douteux que la flore phanérogamique du sable à *Cardium* porte les caractères d'une flore calcifuge.

Muscinées. — Ce n'est pas seulement par l'abondance des plantes calcifuges que la flore des polders sablonneux se sépare de celle des dunes littorales. Il y a encore un autre fait tout aussi frappant : alors que sur les dunes proprement dites les Mousses ne sont guère représentées que par une seule espèce, *Tortula ruralis ruraliformis*, dont la prépondérance est telle que toutes les autres sont reléguées à l'arrière-plan, sur les dunes formées de sable à *Cardium* des espèces assez nombreuses se rencontrent en mélange : *Racomitrium canescens* (phot. 177), *Hylocomium triquetrum* (phot. 176), *Polytrichum piliferum*, *Hypnum purum*, *Hylocomium squarrosum*, etc. Les Hépatiques foliacées, elles aussi, comptent plusieurs espèces dans les polders sablonneux et aucune dans le district des dunes. (Voir MASSART, 1904-1905.)

Passons maintenant en revue les diverses associations du district du sable à *Cardium*.

1. Dunes. — Elles sont toujours peu élevées (au maximum six mètres au-dessus du sol voisin) et leur flore est beaucoup moins variée que celle des dunes littorales ; leur aspect est pourtant assez analogue à celui des dunes fixées : le sol est raffermi par un tapis continu de Mousses (phot. 176, 177) et de lichens (phot. 168) ; les Phanérogames sont de petite taille et consistent surtout en plantes herbacées, telles que *Nardus stricta* (fig. dans WARMING, 1891. p. 189 ; WARMING, 1897. I, p. 80 ; RAUNKIAER, 1895-1899, p. 609). *Corynephorus*, *Festuca ovina*, *Luzula*, *Cerastium caespitosum*, *Jasione*, etc. Au printemps, certaines de ces dunes sont toutes jaunes, tant elles portent de fleurs de *Ranunculus bulbosus* (phot. 170).

2. Pâturages et garennes. — Beaucoup de monticules servent, au moins d'une façon temporaire, de pâturage pour des Chèvres, des Moutons, des Mulets et des Anes. Les endroits plus plats, correspondant aux panes des dunes littorales, sont toujours utilisés comme pâtures (phot. 163).

C'est dans ces plaines légèrement bosselées que l'analogie de la flore avec celle des bruyères flandriennes et campiniennes est le mieux marquée. Sur la carte au 20,000^e de l'état-major, dont notre carte 2 B est une reproduction, les pâturages de « De Schudde Buis » et « 't Veld » (à Lombartzyde et Westende) sont représentés de la même façon que les bruyères. D'ailleurs, l'aspect général est identique⁽¹⁾. Au lieu de *Salix repens* et de *Hippophaë*s, comme dans les panes typiques, ce sont ici des *Calluna* (phot. 163, 166) et des *Cytisus scoparius* (phot. 169, 175) qui forment le fond de la végétation. Aux endroits où le sable ne porte que peu de Mousses et de lichens poussent des plantes annuelles hivernales : *Teesdalia nuticaulis*, *Aira caryophyllæ* (phot. 167), *Arenaria serpyllifolia*, etc.

Beaucoup de pâturages secs sont en même temps des garennes. Ainsi que nous l'avons déjà dit (p. 345), leur végétation se réduit finalement à *Carex arenaria* (phot. 178, 179); à Westende, il persiste aussi des *Calluna* rabougris (phot. 163).

Dans les fonds plus humides, la végétation se modifie peu à peu. Des *Juncus* font leur apparition, en même temps que *Sagina procumbens*, *Rubus fruticosus*, *Hydrocotyle*, *Erythraea Centaurium*, etc.

Les petites mares qui ont été creusées pour servir d'abreuvoir ont une flore peu intéressante et fortement modifiée par la fumure; elle comprend, par exemple : *Callitriche verna*, *Ranunculus aquatilis*, *Nasturtium officinale*, *Glyceria aquatica*, *Equisetum Heliocharis*, etc.

3. Cultures. — Le sol est trop pauvre pour porter autre chose que des Pommes de terre et du Seigle (phot. 164, 165, 171). Les

(¹) Il y aussi des noms de localités qui rappellent cette physionomie; par exemple « Heimolen » = « Moulin de bruyère » (au S.-E. de la carte 2 C).

habitants des dunes internes et des polders sablonneux qui s'étendent près du littoral ont des fermes toutes petites (phot. 179, 180); leurs champs sont également fort exigus, tout comme dans les dunes, ainsi que le montre la comparaison de la carte 2 A (dunes) avec la carte 2 B (sable à *Cardium*, à l'E. de la chaussée de Lombartzyde à Westende). La carte 2 C indique le même morcellement du terrain entre la chapelle de N.-D. des Dunes et de Mispelburg, et entre Mispelburg et Heimolen; mais entre Mispelburg et la ferme de Jacobynessen s'étendent des espaces plats avec des pâturages de grande étendue. Les dunes internes de Ghyvelde et Adinkerke (carte 4 B) ne portent des champs que dans leur extrémité orientale; la culture y est aussi très morcelée. Ce qui augmente encore l'analogie des cultures des dunes proprement dites et celles des dunes internes et du sable à *Cardium*, c'est que les champs sont ici également entourés de brise-vents (phot. 164, 165, 171).

L'aspect général des cultures est tout autre dans les polders sablonneux situés entre Ostende et Bruges (carte 1). Alors que les dunes internes et les polders sablonneux proches de la côte sont habités et cultivés par des marins, qui y ont introduit les mêmes procédés que ceux qui sont en usage dans les pannes, les polders sablonneux de Varssenaere ont été sans doute colonisés par des cultivateurs venus des sables flamands; toujours est-il que l'aspect du pays est semblable à celui des champs flamands voisins: ils sont à peine plus étendus que dans les dunes, mais ils sont bordés de petites levées de sable sur lesquelles on plante des *Cytisus scoparius*; de grands Chênes (*Quercus pedunculata*) se dressent çà et là au milieu des cultures.

La sylviculture est peu représentée dans les polders sablonneux. A Westende et Lombartzyde, il y a des aunaies semblables à celles des pannes. Leur végétation est peu variée; elle contient pourtant une espèce intéressante: *Aspidium spinulosum*. A Clemskerke, il y a des taillis de *Cytisus scoparius* (Genêt-à-balai) qui est employé au clayonnage des brise-lames.

Les dunes internes sont notablement plus riches en arbres. Les Peupliers (*Populus monilifera*) sont beaucoup plantés, surtout au voisinage des maisons (phot. 175, 189, 180). On les cultive non seu-

lement pour leur bois, mais aussi comme nourriture pour les Lapins (phot. 178). Sur les dunes de Ghyvelde (sur territoire français), on a fait beaucoup de boisements de *Pinus sylvestris* (phot. 172 à 174) et de *P. Pinaster*. Afin de fournir des refuges au gibier, on y a aussi introduit *Sambucus nigra* et *Hippophaës* (phot. 174), dont les fruits servent en même temps à nourrir les Faisans.

CHAPITRE IV.

COMPARAISON DES DISTRICTS LITTORAUX ET ALLUVIAUX
AVEC LES DISTRICTS VOISINS.

A. — SUBDIVISION GÉOBOTANIQUE DE LA BELGIQUE.

C'est à notre maître CRÉPIN qu'on doit la première subdivision géobotanique de la Belgique.

La classification qu'il donna en 1866, dans la deuxième édition de la *Flore de Belgique*, est celle-ci :

Région jurassique.					
Région ardennaise.					
Région moyenne . . .	<table> <tr> <td rowspan="2">}</td><td>Zone calcaireuse.</td></tr> <tr> <td>Zone argilo-sablonneuse.</td></tr> </table>	}	Zone calcaireuse.	Zone argilo-sablonneuse.	
}	Zone calcaireuse.				
	Zone argilo-sablonneuse.				
Région septentrionale	<table> <tr> <td rowspan="3">}</td><td>Zone campinienne.</td></tr> <tr> <td>Zone poldérienne.</td></tr> <tr> <td>Zone maritime.</td></tr> </table>	}	Zone campinienne.	Zone poldérienne.	Zone maritime.
}	Zone campinienne.				
	Zone poldérienne.				
	Zone maritime.				

Pour la délimitation exacte de ces régions et zones, je puis renvoyer à ce que CRÉPIN lui-même a écrit en 1878 (pp. 320 à 369).

A l'époque où CRÉPIN établissait sur des bases solides la géobotanique de notre pays, aucune contrée voisine n'avait été l'objet d'un essai de ce genre. La deuxième édition de la *Flore* fut une révélation pour les botanistes : c'était la toute première fois que la distribution des espèces d'un pays était donnée, non par provinces, mais par territoires géobotaniques. Ce qui montre combien les difficultés à vaincre étaient grandes, c'est qu'actuellement encore il n'y a pas un seul autre pays où l'on ait pu suivre méthodiquement l'exemple donné par CRÉPIN. Pour ne citer qu'un exemple, une importante flore qui vient de paraître, la *Flore de France*, par M. COSTE, commence, il est vrai, par une introduction de

M. FLAHAULT où celui-ci expose les bases de la géographie botanique de la France, mais dans la flore elle-même, les indications relatives à la distribution ne tiennent aucun compte de l'intéressant travail de M. FLAHAULT.

En l'absence de renseignements sur la géobotanique des contrées voisines, CRÉPIN en était donc réduit à faire des subdivisions qui s'appliquaient étroitement à la Belgique, et qui s'arrêtaient à nos frontières. Depuis lors, la géobotanique a été étudiée avec succès en France, par M. FLAHAULT; en Allemagne, par M. DRUDE (1892, 1896); en Neerlande, par MM. GOETHART ET JONGMANS.

La carte donnée par M. FLAHAULT dans la *Flore* de M. COSTE et celle de M. DRUDE dans l'*Atlas* de BERGHAUS, 1892 (que j'ai reproduite sur la carte 9, hors texte) sont d'accord pour faire passer à travers notre pays la séparation de deux des domaines de la Région forestière de l'ancien continent : le domaine des plaines de l'Europe nord-occidentale (dont fait partie la moitié N.-W. de la Belgique) et le domaine des basses montagnes de l'Europe centrale (auquel appartient la moitié S.-E. du pays). La limite de ces deux domaines, telle qu'elle est tracée par les botanistes français et allemand, coïncide presque complètement avec la séparation des zones calcaireuse et argilo-sablonneuse de CRÉPIN.

Plusieurs des zones et régions établies par CRÉPIN devront être subdivisées davantage. Tel est aussi l'avis de M. DURAND (DE WILDEMAN ET DURAND, 1898-1907, p. 2).

Dans le présent travail, j'ai séparé la zone maritime en dunes littorales et alluvions marines. La zone poldérienne de CRÉPIN se limite aux polders marins; j'y ai fait entrer les polders fluviaux, mais j'en ai distrait les polders sablonneux (sable à *Cardium* et dunes internes). Enfin, j'ai séparé les alluvions fluviales de la zone campinienne de CRÉPIN. Cette dernière zone, à laquelle touchent presque partout les districts littoraux et alluviaux, nous intéresse beaucoup au point de vue de l'origine de la flore de ces districts; pour des raisons que j'indiquerai rapidement plus loin (p. 497), j'ai séparé sa portion occidentale (Flandrien) de sa portion orientale (Campinien).

Je divise donc la Belgique comme suit ⁽¹⁾ :

DOMAINE DES PLAINES DE L'EUROPE N.-W.

District des dunes littorales.

- des alluvions marines.
- — fluviales.
- des polders.
- du sable à *Cardium*.
- flandrien.
- campinien.
- hesbayen.

DOMAINE DES BASSES MONTAGNES DE L'EUROPE CENTRALE :

District calcaireux.

- ardennais.
- jurassique.

B. — QUELLES PLANTES MANQUENT AUX DISTRICTS ALLUVIAUX
ET LITTORAUX.

Nous avons déjà vu pour quelles raisons la flore des alluvions marines (p. 428) et celle des alluvions fluviales (p. 447) sont nécessairement très pauvres en espèces. Examinons de plus près la composition floristique des autres districts. La liste géographique facilite la comparaison.

Les plantes qui font défaut aux dunes, aux polders et aux sables à *Cardium*, peuvent être classées en plusieurs catégories.

Il y a d'abord des plantes rares en Belgique, dont l'existence en tel ou tel point de la Belgique est un pur *accident*, ainsi que s'exprime M. DURAND (1907, p. 25).

(1) Cette classification est tout à fait provisoire en ce qui concerne le domaine des basses montagnes. Les districts sont rapidement caractérisés dans mon *Sommaire du cours de botanique* (1907).

Puis il y a de nombreuses espèces qui sont propres au domaine des basses montagnes (districts jurassiques, ardennais et calcaireux) et ne descendent jamais, au moins en Belgique, dans le domaine des plaines. M. DURAND (1907, pp. 30 à 33) donne des listes de ces végétaux.

Le plus intéressant est le troisième groupe comprenant les espèces qui se rencontrent partout excepté dans les districts littoraux et alluviaux. L'énumération de ces espèces est donnée par M. DURAND (1907, pp. 36 à 38) (').

La liste géographique renseigne celles de ces plantes qui sont assez communes dans nos divers districts. Elle indique aussi que certaines autres espèces qui sont réputées communes manquent en réalité dans les districts que nous étudions.

Une question se pose aussitôt : qu'est-ce donc qui exclut des districts littoraux et alluviaux les plantes ubiquistes, banales partout ailleurs? Les raisons sont multiples et nous en avons touché plusieurs dans le cours de ce travail.

Il y a d'abord l'absence de bois suffisamment anciens pour qu'une flore de sous-bois ait eu le temps de s'y installer (p. 359). C'est, par exemple, à ce facteur qu'il faut attribuer l'absence de *Carex remota*, une plante qui a une très large dispersion dans tout l'hémisphère boréal et qui n'a pourtant pas réussi à coloniser le moindre coin des districts littoraux et alluviaux. (Voir carte hors texte, 11.)

(') La liste contient quelques plantes que j'ai observées dans les dunes ou les polders. Ce sont notamment :

Allium vineale (dunes).
Orchis Morio (id.).
Viola hirta (id.).
V. odorata (id.).
Ægopodium Podagraria (id.).
Monotropa Hypopitys (id.).
Littorella uniflora (id.).
Rhamnus Frangula (polders).

R. cathartica (polders).
Teesdalia nudicaulis (sable à *Cardium* .
Ornithopus perpusillus (id.).
Vinca minor (id.).
Teucrium Scorodonia (id.).
Filago minima (id.).
Gnaphalium sylvaticum (id.).
Arnoseris minima (id.).

Les cartes 12 et 13 mettent en évidence un autre facteur : l'abondance variable du calcaire et des sels assimilables.

Nous savons par les tableaux *J* (p. 312), *K* (p. 314) et *L* (p. 322), que les sols des districts étudiés sont très diversement riches en calcaire et en sels nutritifs. Il n'y a guère que le sable à *Cardium* qui soit à la fois pauvre en calcaire et en sels; les dunes sont pauvres en sels, mais riches en calcaire; les polders sont riches en sels, mais trop pauvres en calcaire, tout au moins pour l'agriculture, puisqu'on est obligé de chauler les champs; les alluvions fluviales sont riches d'une façon générale: enfin, les alluvions marines, riches en sels nutritifs mais non en calcaire, sont rendues inaccessibles à la plupart des plantes par la trop grande concentration du milieu.

Examinons les cartes 12 et 13. La première montre que les plantes calcifuges sont totalement exclues des districts littoraux et alluviaux, sauf des quelques points qui correspondent aux dépôts de sable à *Cardium* (carte 1), tandis que plusieurs espèces, manifestement reconnues comme calcicoles, habitent les dunes. La carte 13 fait voir la coïncidence de la limite des plantes calcifuges avec celle des plantes qui exigent une alimentation très abondante, telles que *Scirpus maritimus* (p. 384) : celles-ci se tiennent d'un côté de la limite, tandis que les calcifuges restent de l'autre côté.

Il semble donc bien que les dunes ne sont pas hospitalières aux plantes calcifuges, et qu'il en est de même des polders, malgré leur pauvreté relative en calcaire. Dans le district poldérien c'est la surabondance de sels nutritifs qui écarterait les espèces calcifuges; ce fait confirme l'idée de M. GRAEBNER (1901, p. 143). que l'on appelle calcifuges, les espèces qui craignent non pas seulement le calcaire, mais l'excès de sels alimentaires en général (voir p. 317).

Les végétaux qui sont le plus nettement adaptés à vivre dans une eau pauvre en calcaire et en sels sont ceux des tourbières, par exemple, les *Sphagnum*, *Drosera*, et deux des espèces dont la distribution en Belgique est indiquée sur la carte 13 : *Elodes palustris* et *Calla palustris*. Aucune de ces espèces n'a réussi à pénétrer dans les districts littoraux et alluviaux.

C. — QUELLES ESPÈCES CONSTITUENT LA FLORE DES DISTRICTS
LITTORAUX ET ALLUVIAUX.

Il y a d'abord un grand nombre d'espèces banales. M. DURAND (1907, p. 34) énumère 360 espèces qui ont été observées dans tout le pays. La liste géographique indique qu'il y a de nombreuses corrections à faire à cette énumération, et que beaucoup de plantes qui sont considérées comme étant uniformément répandues partout, font défaut aux districts littoraux et alluviaux, ou n'y habitent que des points isolés. Malgré ces restrictions, il reste encore un nombre considérable d'espèces banales, et ce sont celles-ci qui constituent le fond de la flore dans les districts où les conditions d'existence ne sont pas trop spéciales, c'est-à-dire dans les polders, dans les alluvions fluviales, et aussi, jusqu'à un certain point, dans les polders sablonneux.

Mais dans les dunes, et plus encore dans les alluvions marines, le milieu est tellement particulier que les plantes ubiquistes, à spécialisation faible, ont dû renoncer à lutter contre celles qui possèdent des structures tout à fait bien adaptées aux nécessités de l'existence. Aussi la flore des slikkes et des schorres ne compte-t-elle guère que des plantes spéciales à ce district.

Les dunes ont une végétation moins exclusive. Pourtant les énumérations faites par M. DURAND (1907, pp. 26-27) indiquent aussi pas mal de plantes particulières. Ajoutons que de nombreuses espèces des dunes littorales se retrouvent ailleurs sur les monticules de sable mouvant, par exemple, *Corynephorus*, *Ammophila*. *Carex arenaria*, qui colonisent aussi les dunes de la Campine et des Flandres. Il convient de faire remarquer également que sur les dunes littorales plusieurs plantes communes se sont transformées, non pas au point d'y constituer des espèces reconnues comme telles par tous les botanistes descripteurs, mais tout au moins en y donnant des variétés particulières. Le tableau V (p. 489) donne une liste des principales de ces variétés.

D. — LE COEFFICIENT GÉNÉRIQUE.

M. JACCARD ⁽¹⁾ a introduit dans la géographie botanique une notion nouvelle, celle du coefficient générique. Il désigne ainsi le rapport du nombre des genres à celui des espèces qui entrent dans la composition d'une flore. D'une façon générale, dit-il, « le coefficient générique est d'autant moins élevé que les conditions écologiques (= éthologiques) des territoires comparés sont plus variées ». Lorsque ces conditions d'existence sont tout à fait uniformes, « seules les espèces ayant une adaptation étroite avec ce milieu réussissent à s'y maintenir. Entre plusieurs espèces d'un même genre, celles-là seulement qui possèdent l'adaptation la plus complète persistent, à l'exclusion des autres, si bien qu'en définitive la plupart des genres ne sont plus représentés que par une seule espèce. »

Examinons à ce point de vue les districts littoraux et alluviaux. Le tableau *U* donne le nombre des genres et des espèces pour plusieurs groupes de stations des districts considérés et aussi pour deux groupes de stations de la Campine. Pour faire des groupes nettement tranchés, j'ai supprimé partout les stations à limites mal définies, telles que les pannes humides (qui se confondent d'une part avec les pannes sèches, d'autre part avec les mares des dunes), les bords des fossés des polders, les pâturages humides du sable à *Cardium*, les bruyères humides et les bords des mares en Campine.

Le tableau *U* a été dressé à l'aide de la liste des associations, et pour la Campine à l'aide d'une liste analogue que j'ai donnée dans le compte rendu d'une herborisation à Genck (MASSART, 1904, 3). La terminologie adoptée était dans cette dernière liste, tout comme dans la liste des associations, celle du *Prodrôme* de MM. DE WILDEMAN ET DURAND : la compréhension du genre et

(¹) L'auteur résume ses recherches dans un article publié le 15 décembre 1907. On y trouvera aussi la bibliographie.

de l'espèce est donc partout la même et les résultats numériques sont comparables.

TABLEAU U.
Coefficients génériques.

	Genres.	Espèces.	Coefficient générique.
DUNES LITTORALES : plage, dunes mobiles, dunes fixées, pannes sèches, bosquets	118	157	75
Id. : mares	32	40	80
ALLUVIONS MARINES : slikkes et schorres.	20	23	87
Id. FLUVIALES	57	84	68
POLDERS : digues	104	139	75
Id. : eaux des fossés et des canaux : étangs	77	114	68
SABLE A CARDIUM : dunes, pâturages secs	50	62	81
<hr/>			
CAMPINE : bruyères sèches, dunes	20	21	96
Id. : étangs	26	37	70

*Pour les groupes de stations étudiés, le coefficient générique
suit l'ordre ascendant que voici :*

Alluvions fluviales.	68
Eau des polders	
Étangs de la Campine.	70
Monticules et pannes sèches des dunes littorales.	75
Digues des polders	
Mares dans les dunes	80
Dunes et pâturages secs du sable à <i>Cardium</i>	81
Alluvions marines.	87
Bruyères sèches et dunes de la Campine	96

L'inspection de ce tableau montre que les résultats numériques s'écartent sensiblement de ceux qu'a obtenus M. JACCARD. D'une façon générale, la flore aquatique a un coefficient généralement plus bas que les flores terrestres. Or, il est bien évident pourtant que la variété des conditions éthologiques est réduite au minimum dans les fossés, les étangs et les mares. Le nombre des espèces est aussi fort grand relativement à celui des genres sur les alluvions fluviales, tandis que sur les alluvions marines, où la diversité des milieux est au moins aussi grande, il y a presque autant de genres que d'espèces.

Mes observations ne s'accordent donc nullement avec l'idée de M. JACCARD. Quelle est alors la raison de l'élévation plus ou moins grande du coefficient générique? Elle réside, je pense, dans l'intensité de la lutte pour l'existence. Celle-ci est d'autant plus âpre qu'elle s'exerce entre organismes plus proches parents, puisqu'ils ont sensiblement les mêmes besoins et emploient les mêmes procédés pour exploiter le milieu. L'adage latin *homo homini lupus* ne s'applique pas seulement à l'espèce humaine; elle est vraie pour tous les êtres vivants quels qu'ils soient.

C'est donc entre individus de la même espèce que la concurrence vitale est la plus vive, puis entre espèces d'un même genre; elle est déjà moindre entre genres voisins.....

Appliquons cette notion à l'interprétation du tableau U. Inutile d'insister sur la rivalité intense qui s'établit entre individus frères : nul ne pourrait évaluer le nombre des individus qui succombent dans les luttes contre les individus de même espèce; nous ne possédons d'ailleurs aucun moyen de faire cette estimation, si ce n'est en comptant le nombre énorme de plantules qui lèvent chaque année et qui, presque toutes, meurent de privations. Qu'arrive-t-il lorsque des espèces voisines cohabitent sur un même terrain? Inévitablement celle qui est le plus exactement adaptée à ce milieu va supplanter progressivement toutes les autres et elle restera seule maîtresse du terrain. Comme des plantes appartenant à des genres distincts ont déjà des besoins moins identiques, et qu'elles subviennent à leurs besoins par des moyens différents, elles pourront plus aisément se supporter les unes les autres. Le

résultat sera donc que chaque genre ne sera représenté que par une espèce ou par un petit nombre.

Mais il y a dans les districts littoraux et alluviaux certaines stations où la concurrence est assez faible : ce sont les fossés, les mares, les étangs.

En effet, dans l'eau, même calme, il y a des remous incessants qui remplacent l'eau déjà exploitée par de l'autre encore neuve : lorsqu'un *Potamogeton* a pris autour de lui toutes les matières nutritives disponibles, il n'a pas pour cela rendu ses environs immédiats inhabitables pour un autre *Potamogeton*, puisque les courants ont aussitôt entraîné le liquide épuisé et apporté une solution moins appauvrie. C'est pourquoi de nombreuses espèces de *Potamogeton*, *Carex*, *Lemna*, etc., peuvent vivre en mélange. Plus le renouvellement de l'eau est rapide, plus il y a d'espèces relativement aux genres : aussi les alluvions fluviales et les fossés de drainage, les canaux et les étangs des polders ont-ils un coefficient générique très bas. Les étangs de la Campine, à circulation plus faible, ont un coefficient un peu plus élevé. Dans les mares des dunes, généralement de petites dimensions, sans communication avec d'autres eaux, et où l'épuisement en matières assimilables se fait aisément sentir (p. 321), le coefficient générique est sensiblement plus élevé.

Je raisonne ici comme si la lutte pour l'existence chez les végétaux consistait uniquement en ce que chaque individu appauvrit le milieu qu'il habite et le rend ainsi impropre à nourrir ses voisins. Or, nous savons que d'après M. WHITNEY et ses collaborateurs (p. 305) il se passe un phénomène encore plus important : la plante empoisonne le sol autour d'elle et empêche ainsi ses concurrents de s'y établir. Seulement, le fait n'est pas aussi simple qu'il le paraît à première vue. En effet, tout l'ensemble des recherches faites par les botanistes américains montre que la nocivité des substances excrétées par une plante donnée varie beaucoup suivant les espèces qui sont soumises à ces poisons : sur tel végétal l'action nuisible est très intense, sur un autre elle est faible ou nulle.

Tout en admettant que la sécrétion de substances toxiques joue un rôle, peut-être prépondérant, dans la concurrence vitale, nous

devons attendre que de nouvelles expériences nous aient éclairés sur la portée réelle de ce mode de combat dans chaque cas particulier.

E. — LES DISTRICTS LITTORAUX ET ALLUVIAUX DE LA BELGIQUE
COMPARÉS A CEUX DES PAYS VOISINS.

Voyons à présent de quelle manière la flore des districts alluviaux et littoraux se poursuit dans les districts correspondants des pays limitrophes ⁽¹⁾.

a) *Alluvions marines*. — Leur flore est sensiblement la même depuis la Normandie jusqu'en Norvège. Les photographies d'alluvions marines de la côte du Schleswig, données par M. REINKE (1903), montrent la similitude avec les nôtres. Mais dès qu'on entre en Bretagne, de nombreuses espèces d'origine méridionale s'ajoutent à celles qui existent aussi chez nous et la physionomie générale des alluvions marines change notablement. Ainsi, LLOYD (1898, p. III) énumère près de soixante espèces; si l'on tient compte de ce que plusieurs de ces plantes sont propres à la limite supérieure des alluvions, leur nombre est encore environ le double de celles qui constituent la flore de nos alluvions marines.

b) *Alluvions fluviales*. — Il n'est pas possible de dresser d'après les livres la liste des espèces qui composent la végétation des berges soumises aux marées. Aussi dois-je me contenter de donner la distribution du *Scirpus triquetus*, la seule espèce qui soit caractéristique de cette association ⁽²⁾. Elle habite les bords des fleuves

⁽¹⁾ Les renseignements sont tirés presque uniquement des *Flores* citées à la page suivante. Ils se rapportent au littoral de l'Europe occidentale, depuis l'estuaire de la Gironde jusqu'à la Norvège.

⁽²⁾ Lorsque j'ai dressé la liste géographique, j'ai confondu dans la *Flore* de M. COSTE *S. triquetus* L. (= *S. Pollichii* Gr. et Godr.) avec *S. triquetus* Gr. et Godr. (= *S. littoralis* Schrad). C'est le premier qui existe en Belgique; sa distribution doit être modifiée dans la liste géographique : existe en France dans le domaine atlantique et dans le domaine des basses-montagnes, tant à l'intérieur que sur le littoral.

à marée, depuis la France jusqu'en Danemark. Elle ne dépasse pas le Skagerrack vers le Nord et vers l'Est.

c) *Polders*. — Ils s'étendent vers le S.-W. jusqu'au Calaisis, vers le N.-E. jusqu'en Danemark. Leur flore, d'ailleurs sans caractère particulier, est partout la même.

d) *Dunes littorales*. — C'est pour celle-ci que la comparaison présente le plus d'intérêt, à cause du nombre plus grand d'espèces qui composent leur flore, et aussi parce que toutes les flores indiquent d'une façon précise les espèces qui sont particulières aux dunes littorales.

Il y a un fonds de plantes qui restent les mêmes depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'au S. de la Norvège : *Ammophila*, *Agropyrum junceum*, *Carex arenaria*, *Salsola Kali*, *Eryngium maritimum*, etc.; en outre, naturellement, beaucoup d'espèces ubiquistes. Vers la Bretagne, la flore s'enrichit beaucoup (LLOYD, 1898, p. iv), un grand nombre d'espèces méridionales viennent s'y joindre aux espèces qui existent aussi chez nous. Vers le N.-E. il en est autrement : beaucoup de nos plantes deviennent de plus en plus rares, et finalement font défaut ou sont exceptionnelles : *Phleum arenarium* (carte 10), *Carex trinervis* (*ibidem*), *Euphorbia Paralias* (*ibidem*), *Catystegia Soldanella*, *Thesium humifusum*, etc.

Il est intéressant de voir comment s'est faite la dispersion de quelques variétés maritimes provenant d'espèces qui sont surtout répandues dans l'intérieur des terres. Le tableau V résume ces données. J'y joins à des variétés généralement reconnues comme telles, des plantes qui sont souvent considérées comme espèces, mais avec doute (*Juncus Gerardi* et *Ranunculus Baudotii*), ainsi qu'*Armeria maritima*, dont une variété (*A. elongata* ou *A. maritima elongata*) se trouve à l'intérieur des terres.

Le tableau est dressé à l'aide des livres suivants, que je cite dans l'ordre des colonnes : LLOYD, 1898; GADECEAU, 1903; DE BRÉBISSON, 1859; MASCLEF, 1886; OUDEMANS, 1872-1874; BUCHENAU, 1891, LANGE, 1886-1888; HARTMAN, 1889; ASCHERSON UND GRAEBNER, 1898-1899; BABINGTON, 1881.

TABEAU V.
Répartition géographique des principales variétés maritimes.

Indications : + = la variété existe sur le littoral.

Manque = l'espèce (type) existe dans l'intérieur, mais non (la variété) sur le littoral.

Type? = l'espèce existe sur le littoral, mais on ne renseigne pas que ce soit une variété spéciale.

Pas = l'espèce fait défaut, aussi bien le type que la variété.

	Ouest de la France.	Belle-Isle en-Mer.	Normandie.	Pas-de-Calais	Neerlande.	Iles de la Frise orient.	Danemark.	Scandinavie.	Allemagne orient.	Angleterre.
<i>Koeleria cristata arenaria</i> Lej. (Dunes).										
<i>Festuca rubra arenaria</i> Koch. (Id.).	+	+	+	+	+	+	+	+	Manque.	Manque?
<i>Juncus Gerardi</i> = <i>J. compressus</i> Gerardi Crép. (Schorre).	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus Baudotii</i> = <i>R. aquatilis</i> Baudotii Crép. (Polders).	+	+	+	+	+	+	Manque.	Manque.	+	+
<i>Thalictrum minus dunense</i> (Th. dunense Dmrt.) (Dunes).	Manque.	Pas.	Manque.	+	+	+	Manque.	Type?	Manque.	+
<i>Ononis repens maritima</i> Durand (Id.).	+	+	+	+	+	+	Manque.	Manque.	Manque.	+
<i>Anthyllis Vulvararia maritima</i> Koch. (Id.).	Type?	Type?	+	+	+	+	+	Manque.	+	Manque?
<i>Viola tricolor sabulosa</i> DC. (Id.).	Manque.	Manque.	+	+	+	+	+	Manque.	Manque.	+
<i>Armeria maritima</i> Willd (non <i>elongata</i>) (Schorre).	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Galium verum litorale</i> Bréb. (Dunes).	+	Pas.	+	+	+	Type?	+	Manque.	Manque.	Manque.

Il donne en raccourci une idée de la flore dunale toute entière : certaines de nos plantes vont jusqu'aux confins du littoral de l'Europe, vers le N.-E. et le S.-W; plusieurs n'arrivent pas même jusqu'au Danemark; il en est dont l'aire de dispersion ne s'étend pas bien loin vers le S.-W. ni le N.-E. : *Thalictrum minus dunense*, *Viola tricolor sabulosa*.

*
* *

Presque toutes nos espèces des dunes littorales atteignent donc l'W. de la France, tandis que beaucoup d'entre elles s'arrêtent en Neerlande ou en Allemagne. Ceci nous montre déjà que c'est surtout avec les dunes françaises que les nôtres ont de l'analogie. Cette conclusion devient encore beaucoup plus évidente quand on considère un autre point : la nature des plantes qui, sur les dunes de l'Allemagne et du Danemark, remplacent celles des nôtres qui n'arrivent pas jusque là.

J'ai eu l'occasion, en 1903, de visiter un grand nombre de points du littoral entre le Pas-de-Calais et le Jutland. Rien n'est plus frappant que le contraste entre les dunes de Blaavands Huk (Danemark) ou de Sylt (Frise septentrionale) et celles de notre pays. Là-bas toute l'attention est captivée par les gros buissons de *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Cytisus scoparius*, qui forment aux monticules de sable un revêtement souvent continu. Dans les fonds, où l'humidité est à peu près la même que dans nos pannes, il y a *Gentiana Pneumonanthe*, *Drosera rotundifolia*, *Sphagnum*, *Racomitrium canescens*, etc.

Plus près de nous, ces espèces restent abondantes jusque dans les îles de la Frise occidentale, au N. de la Neerlande; elles disparaissent dans la Hollande méridionale près des embouchures de la Meuse et du Rhin. La carte 14 (dressée d'après les *Planten-Kaartjes* de MM. GOETHARTS ET JONGMANS) montre que vers ce point se rencontrent, d'une part, de nombreuses espèces qui ne vont pas plus loin vers le S., et, d'autre part, celles qui atteignent ici la limite septentrionale de leur aire de dispersion. Il est à remarquer que les espèces du N. qui s'arrêtent en Hollande sont en grande partie calcifuges tandis que les méridionales sont surtout calcicoles.

Cette séparation entre une flore septentrionale de dunes et une flore méridionale pourrait bien être un legs des périodes glaciaires du Pleistocène (p. 181). La carte 6 (hors texte) montre que les glaciers de la Scandinavie se sont avancés jusqu'à la Hollande méridionale; ils ont naturellement fait subir au pays une modification profonde auxquelles ont échappé les contrées situées au S. Tout le sol de la Neerlande septentrionale est couvert d'une couche de sable d'origine glaciaire, le « skandinaafsch diluvium » des géologues hollandais.

Les dunes de toute la région qui a été enfouie sous les moraines des glaciers scandinaves sont naturellement formées de ce sable glaciaire. Or celui-ci a une structure physique et chimique bien différente de celle du sable qui constitue nos dunes littorales. La grosseur des grains est très frappante ⁽¹⁾. Quant à la composition chimique du sol, voici (à la page suivante) une analyse donnée par M. HANSEN, 1901, page 57.

On voit par cette analyse que les dunes de Borkum (île de la Frise orientale) sont notablement moins riches en chaux que celles de la Belgique. D'ailleurs comme les landes couvertes des moraines scandinaves en Néerlande, en Allemagne et en Danemark sont uniformément garnies des bruyères, c'est-à-dire d'associations calcifuges, il était logique de supposer que des dunes qui sont formées de ce sable glaciaire sont également pauvres en chaux.

Ajoutons que les Mollusques Lamellibranches et Gastropodes semblent être peu nombreux sur les côtes de la Néerlande septentrionale, de l'Allemagne et du Danemark, puisqu'on n'y rencontre jamais les énormes accumulations de coquillages qui sont si fréquentes sur l'estran en Belgique et qui, entraînées dans les dunes par les tempêtes, enrichissent le sable en calcaire.

La ligne qui limite vers le S. l'extension des plantes calcifuges des dunes et celle qui marque la limite méridionale du grand glacier scandinave (carte 6) ont la même allure générale que celle

⁽¹⁾ On trouvera des déterminations précises dans GERHARDT, 1900, p. 35. et dans RAMANN, 1905, p. 67.

TABLEAU W.

Analyses de sables des dunes de Borkum (1,000 parties).

	Sable pur d'une dune proche de la plage.	Sable chargé d'humus d'une panne.
<i>Soluble dans HCl dilué :</i>		
Azote total	0.400	0.464
Oxyde de fer et alumine	2.360	2.715
Chaux	0.350	0.515
Magnésie	0.351	0.418
Potasse	0.679	0.354
Acide phosphorique	0.160	0.192
Acide sulfurique	0.086	0.038
Pas de chlorure de sodium.		
<i>Insoluble dans HCl dilué :</i>		
Silice		974.5
Silicates de fer et d'aluminium		23.5
Silicates alcalins.		2.0

qui indique, d'après M. DRUDE, 1892, la séparation de la flore septentrionale et de la flore méridionale du domaine des plaines de l'Europe N. W. (voir la carte hors texte 9) : au N. de la ligne de séparation beaucoup de plantes septentrionales vivent dans la plaine; au S. elles ne se rencontrent que sur les montagnes. D'après ce que je viens de dire, la position de cette ligne s'expliquerait peut-être par la nature des terrains superficiels, qui sont différents des deux côtés.

CHAPITRE V.

ORIGINE DE LA FLORE

Jusqu'ici nous nous sommes occupé presque uniquement de faits précis, faciles à vérifier. Il n'en est plus de même pour la dernière partie de ce travail. Tout ce qu'on peut dire au sujet de l'origine des flores littorales et alluviales est naturellement hypothétique.

Pourtant ne nous alarmons pas du caractère purement théorique de ce chapitre : aussi longtemps qu'on sait qu'une hypothèse est une hypothèse, elle ne peut pas vicier la science ; elle ne devient dangereuse qu'à partir du moment où on oublie qu'elle est provisoire.

Toutes les déductions que l'on fait quant à l'origine d'une flore sont basées sur l'idée que voici :

Chaque espèce organique a pris naissance par l'évolution d'une autre espèce ; cette transformation s'est accomplie en un point déterminé de la terre et la nouvelle espèce s'est étendue de là sur une aire plus ou moins grande. Pour établir l'origine de la flore d'un pays, on recherche donc d'où est venue chacune des espèces qui composent la flore.

Or, cette idée fondamentale est peut-être inexacte. Les recherches de M. DE VRIES (1901-1903) ont montré qu'une même espèce peut se former, non une fois mais plusieurs fois, en des points distincts, et même aux dépens de parents différents. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, dans les cultures de M. DE VRIES, *Oenothera rubrinervis* a pris naissance soixante-six fois, pendant les années 1890 à 1900, aux dépens d'*O. lamarckiana*, *O. laevifolia*, *O. lata*, *O. oblonga* et aussi aux dépens de plusieurs hybrides entre les espèces citées et d'autres (DE VRIES, 1901-1903, vol. I, p. 234).

L'importance de ces recherches pour la géographie botanique est discutée par M. DE SOLMS-LAUBACH (1905, p. 140), M. BRIQUET,

(1906, p. 134), M. CHRIST (1907, appendice, p. 71). On y trouvera les arguments pour et contre développés par des géobotanistes plus expérimentés que moi (1).

Je crois donc inutile de reprendre ici la discussion. Toutefois, je crois que dans l'impossibilité où nous sommes de préciser où, comment et à combien de reprises ont pris naissance les plantes qui peuplent une contrée, nous devons continuer à raisonner comme si chaque espèce ne s'était formée qu'une seule fois et en un seul point, et comme si elle s'était irradiée de là, — tout en sachant que ce raisonnement pourrait être vicieux.

* * *

Lorsqu'une espèce n'occupe qu'un pays restreint, c'est-à-dire quand elle est endémique, deux cas peuvent se présenter : ou bien elle est née sur place et n'a pas eu l'occasion de s'étendre plus loin ; ou bien elle a eu une distribution plus grande mais s'est éteinte partout ailleurs.

Pour les plantes dont l'aire de dispersion déborde notablement la contrée envisagée, l'hypothèse de leur création dans ce pays n'est pas nécessairement écartée ; pourtant il est bien certain que dans la majorité des cas, elles ont pris naissance ailleurs et sont venues de là.

Nous savons que certaines espèces sont très anciennes géologiquement, et existaient déjà pendant le Pliocène ou le Pleistocène ; parmi elles il s'en trouve peut-être qui ont persisté aux mêmes endroits depuis lors, et qui sont donc des reliques géologiques. D'autres encore sont immigrées récemment de régions plus ou moins éloignées.

La flore d'un pays a donc trois sources distinctes : a) certaines espèces se sont formées sur place et ne se sont pas beaucoup dispersées ; b) d'autres existaient déjà à des époques géologiques antérieures et se sont simplement perpétuées ; c) enfin il y en a

(1) M. DE VRIES lui-même s'occupe incidemment de cette question (1907, p. 336), sans se prononcer en aucune façon.

qui se sont installées dans le pays depuis un temps assez court.

Nous allons essayer maintenant de démêler quelle est la part de chacun de ces facteurs dans la constitution des flores littorales et alluviales.

A. — ESPÈCES ENDÉMIQUES.

Je ne pense pas qu'il existe une seule plante qui soit propre aux districts littoraux et alluviaux de notre pays. Sans doute, Du Mortier (1869) a décrit plusieurs plantes qui n'ont pas été signalées ailleurs; ce sont notamment : divers *Suaeda* et *Salicornia* dont il a été question à la page 432; *Myosotis oraria*, *Ranunculus caespitilius* et *Agrostis salina*. Mais des expériences de culture que j'ai effectuées dans le terrain expérimental du Jardin Botanique, à Coxyde, m'ont montré que les trois dernières plantes citées ne sont que de simples accommodats aux conditions que les végétaux rencontrent dans les dunes, notamment à la pauvreté des sels assimilables.

Il suffit, en effet, de les mettre dans un sol plus favorable pour que leur nanisme, qui est l'un de leurs caractères les plus importants, disparaisse aussitôt : *Myosotis oraria* redevient *M. lingu-lala*, *Ranunculus caespitilius* redevient *R. Flammula* et *Agrostis salina* redevient *A. alba*. Le cas est exactement le même que celui de *Polygonum amphibium maritimum* qui habite les dunes sèches et n'est aussi qu'un accommodat xérophile de *P. amphibium*. (Voir MASSART, 1902.)

Parmi les espèces linnéennes, et parmi les petites espèces ou variétés énumérées dans le tableau V (p. 489), aucune n'est spéciale à notre pays. Celle qui a l'aire la moins étendue est *Thalictrum minus dunense*, qui ne s'étend vers le N.-E. que jusqu'aux îles de la Frise orientale, et vers le S.-W. que jusque dans le Pas-de-Calais. Dans l'intérieur de notre pays, cette espèce n'existe qu'en un très petit nombre de points, tandis qu'elle est beaucoup plus répandue en Normandie et dans la majeure partie de la France: je pense donc que la variété littorale s'est formée en France plutôt que chez nous.

B. — RELIQUES GÉOLOGIQUES.

Il n'y a pas fort longtemps que l'on se rend compte de l'importance des flores passées pour la compréhension des flores actuelles. C'est, je pense, M. ENGLER (1879-1882) qui a le premier essayé de faire la synthèse de ce qui était connu et d'appliquer les faits paléontologiques à l'interprétation des domaines floristiques d'aujourd'hui. Le même auteur a donné en 1899 (p. 195 du tiré à part), un nouveau tableau d'ensemble des progrès de nos connaissances. M. FLAHAULT (1903) insiste aussi sur l'intérêt de ces études. Lors du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905, plusieurs savants se sont occupés du Pleistocène et de l'origine paléontologique des flores de l'Europe : MM. PENCK (1906), ENGLER (1906), ANDERSSON (1906), WEBER (1906), DRUDE (1906), BRIQUET (1906), BECK VON MANAGETTA (1906).

Depuis lors, M. LAURENT (1906) a encore fait un résumé général de la paléontologie végétale du tertiaire ⁽¹⁾.

Tous ces auteurs sont d'accord sur ces faits principaux : beaucoup de nos espèces présentes existaient déjà pendant le Pleistocène; il y a eu plusieurs glaciations successives, séparées par des pauses interglaciaires pendant lesquelles le climat était même parfois plus chaud qu'à l'époque actuelle.

Qu'il me suffise d'indiquer cette voie nouvelle où la paléobotanique et la géobotanique collaborent, et d'ajouter que nous possédons aussi en Belgique de beaux dépôts de tourbe pleistocène dont l'étude serait sans doute fort intéressante pour la connaissance de l'origine de la flore. Il est inutile d'insister d'avantage sur ces faits; en effet, d'après ce qui a été exposé dans la première partie de ce travail (pp. 173 ss.) il ne peut y avoir dans les districts littoraux et alluviaux aucune espèce ayant vécu aux mêmes endroits

(¹) On trouvera aussi des listes de plantes pleistocènes dans WEBER (1896), FLICHE (1897), FLICHE, BLEICHER ET MIEG (1894), REID C. AND REID E.-M. (1908).

pendant le Pliocène, puisque ces territoires ont été tour à tour émergés et enfouis sous les eaux pendant le Pleistocène; encore faut-il ajouter qu'à cette époque, notre pays a subi de telles variations de climat (voir le tableau de la page 181), que la plupart des espèces de la plaine ont dû être détruites. Ce n'est guère que dans l'Ardenne, qui est restée émergée depuis le Miocène (fig. 1 à 8), et dans la Campine, qui n'a plus été inondée depuis le Campinien (fig. 5), que l'on peut s'attendre à rencontrer des espèces qui datent du Pleistocène moyen, c'est-à-dire des plantes qui étaient venues dans notre pays lors des refroidissements glaciaires.

M. FREDERICQ (1904) cite un grand nombre d'espèces subalpines et boréales qui habitent la haute Ardenne. Beaucoup de ces plantes se retrouvent aussi en Campine; quelques-unes sont exclusives à l'Ardenne et à la Campine (par exemple, *Vaccinium uliginosum*, *Arnica montana*), d'autres ne se retrouvent ailleurs que d'une façon exceptionnelle. C'est précisément la persistance d'un nombre considérable d'espèces glaciaires qui distingue la Campine de la Flandre.

C. — ESPÈCES IMMIGRÉES.

Il ne reste donc à examiner que la troisième des sources d'où peut provenir une flore, c'est-à-dire l'immigration.

La première question qui se pose est celle-ci : Depuis quand les districts littoraux et alluviaux sont-ils ouverts à la colonisation par des espèces étrangères? Rappelons brièvement ce qui a été dit dans le chapitre premier.

A la fin du Pleistocène, toute la basse Belgique était occupée par la mer flandrienne (fig. 8). Tous les districts littoraux et alluviaux actuels étaient donc au fond de cette mer. Celle-ci était peut-être bordée de dunes, les estuaires des fleuves qui s'y jetaient étaient peut-être garnis d'alluvions marines, et les fleuves eux-mêmes déposaient peut-être des alluvions fluviales; mais ces formations géologiques ne nous sont pas connues d'une façon certaine. En tout cas, la végétation que portaient ces dunes et alluvions hypo-

thétiques était sans aucun doute bien différente de celle que nous connaissons actuellement, car le Flandrien correspond à une période de froid intense, ainsi que le montre le tableau de la page 181.

Puis la mer flandrienne se retira devant l'exhaussement du sol. Elle recula même au delà de la côte actuelle de la mer du Nord (p. 182). Sur le terrain bas, presque horizontal, sablonneux, qui fut mis à nu lors du retrait des eaux flandriennes, s'installa une végétation qui nous est connue par les tourbières (voir plus loin, p. 500).

Vers le début de notre ère, ou pendant les tout premiers siècles, commença un mouvement de descente du sol, qui permit de nouveau à la mer de s'avancer sur les terres. Dans toute la zone inondée, la végétation marécageuse de la plaine flandrienne fut détruite par l'eau marine transformée en tourbe, et recouverte des sédiments poldériens (p. 185).

Plus tard encore, vers le VIII^e siècle, les dunes se formèrent sur leur emplacement actuel, et dès le siècle suivant une partie des polders était endiguée et livrée à la culture.

Nous pouvons maintenant répondre à la question posée plus haut : depuis quelle époque les dunes, les polders et les alluvions occupent-ils leur position actuelle et se trouvent-ils dans les mêmes conditions d'existence que maintenant ?

Les dunes littorales les plus anciennes datent du VIII^e siècle ; mais il en est d'autres qui sont beaucoup plus récentes, et qui ne se sont formées qu'au XVIII^e siècle (p. 370) ; même dans la partie occidentale de la côte, il en naît tous les ans de nouvelles (p. 371).

Les alluvions marines sont les restes très réduits des schorres et slikkes qui couvrirent toute la plaine poldérienne jusqu'au VIII^e ou IX^e siècle. Les enliguements successifs amoindrirent les surfaces exposées aux inondations marines jusqu'à ne leur laisser que leur étendue actuelle.

Les alluvions fluviales sont sans doute la continuation directe de celles qui occupaient les bords des affluents de la mer flandrienne ; mais elles ne sont dans leur situation présente que

depuis les endiguements des polders fluviaux, commencés au IX^e siècle (p. 195).

Les premiers polders datent du VIII^e ou IX^e siècle, mais on en endigue encore chaque année.

Les polders sablonneux, formés de sable à *Cardium*, sont postérieurs au XII^e siècle (p. 192).

a) *Dunes littorales.*

Les associations qui couvrent les sables littoraux ont nettement une origine multiple. La plupart des plantes existent aussi dans les autres districts et y sont le plus souvent fort répandues. D'autres sont, au contraire, propres aux dunes; parmi ces dernières, il y a encore lieu de distinguer celles qui ne se présentent dans les dunes que sous la forme de variétés spéciales, se laissant rattacher sans peine à des espèces ubiquistes, et celles qui constituent des espèces tout à fait particulières.

Les plantes qui ne sont en aucune façon particulières et qui se rencontrent sur les dunes comme partout ailleurs, peuvent être considérées logiquement comme provenant des districts voisins; au contraire, les espèces propres aux dunes viennent probablement des dunes littorales d'autres pays. Il y a donc lieu de distinguer une immigration prochaine et une immigration lointaine.

1. Immigration prochaine. — Avant que n'eût commencé l'affaissement du sol qui se poursuit depuis l'époque romaine, des dunes se dressaient sans doute au bord de la mer. Depuis lors elles ont reculé sans cesse jusqu'au VIII^e siècle. La végétation actuelle des dunes littorales peut-elle être considérée comme la continuation directe de celle de ces monticules primitifs?

Cet ancien bourrelet de dunes était en contact immédiat avec les sables flamands, et pouvait recevoir d'eux des espèces végétales. Mais quelles étaient les plantes qui garnissaient le district flamand d'alors? Nous pouvons nous en rendre compte par les espèces qui forment la tourbe post-flamande, maintenant recouverte des sédiments poldériens (phot. 133, 135), et aussi par les associations

qui habitent les endroits encore incultes du Flandrien actuel.

Voici la liste des espèces que j'ai rencontrées dans les tourbières de Caeskerke et de Ramskapelle :

<i>Sphagnum div. sp.</i>	<i>Myrica Gale.</i>
<i>Polytrichum gracile</i> ⁽¹⁾ .	<i>Salix repens.</i>
<i>Hypnum cuspidatum</i> ⁽²⁾ .	<i>Retula alba.</i>
<i>H. aduncum</i> ⁽¹⁾ .	<i>Alnus glutinosa.</i>
<i>Polystichum Thelypteris.</i>	<i>Quercus pedunculata.</i>
<i>Pinus sylvestris</i> ⁽²⁾ .	<i>Calluna vulgaris.</i>
<i>Scirpus lacustris.</i>	

M. DE LRAY (1873) signale dans les tourbières du nord de la France, correspondant aux nôtres, des Mousses, des Joncacées, des Typhacées, des Equisétacées, des graines d'*Iris*, le Bouleau, le Saule, le Noisetier, l'Épine (? *Mespilus monogyna*), le Buis (?), le Noyer (?), le Sapin (c'est sans doute le Pin), le Chêne, le Frêne.

La nature de la végétation qui a été transformée en tourbe n'est pas douteuse : c'est une association de marécages pauvres en calcaire et en sels assimilables. D'ailleurs des associations analogues se retrouvent dans les rares coins de la Flandre qui n'ont pas encore été bouleversés pour la mise en culture, par exemple près de Thourout, au Sasput, dont la flore a été étudiée par M. MAC LEOD (1892), ainsi qu'en divers points de la forêt de Houthulst, au Kraenepoel (voir VANDER MEERSCH, 1874), et entre Beernem et Waerdamme.

D'ailleurs tout nous indique que la Flandre a été jadis couverte tout entière de bruyères et de marais. (Voir notamment : BLANCHARD, 1906, p. 336; P. ERRERA, 1891, pp. 237 et 433; ANDRIES, 1864-1865; DE HOON, 1852, pl. VII.)

Dans presque tous les pays sablonneux les vents soulèvent le

(1) Les Bryées ont été déterminées par M. BOULY DE LESDAIN.

(2) Le Pin sylvestre, qui a vécu chez nous jusque pendant les premiers siècles de notre ère a disparu ensuite totalement et ne fait plus partie de notre flore indigène actuelle. Un fait analogue s'est passé en Champagne : M. FLICHE (1899) a reconnu le Pin dans des dépôts datant environ de l'époque du Mammoth; plus tard, il s'y est également éteint.

sable en dunes. La plupart des plantes habitant les sables secs s'adaptent aisément à vivre sur les monticules plus ou moins mouvants. Des dunes continentales, garnies d'une végétation variée, existent en beaucoup d'endroits de la Terre. Celles du lac Michigan, qui ont été décrites par M. COWLES (1899) et par M. DE VRIES (1907), possèdent une flore très riche qui est composée en partie de plantes banales du voisinage (par exemple : *Achillea Millefolium* et *Koeleria cristata*), en partie d'espèces qui ne se rencontrent que sur les dunes maritimes ou continentales : *Lathyrus maritimus*, *Ammophila arenaria*. Plus intéressantes pour nous sont les dunes qui bordent le lac de Genève, étudiées par M. CHODAT (1902), et surtout celles de la Flandre et de la Campine. Il y a aussi en Norvège des dunes continentales qu'il peut être utile de comparer avec les nôtres (RESVOLL, 1906); le climat très rude auquel elles sont soumises rend compte de leur pauvreté en espèces.

La liste ci-après indique quelques espèces de nos dunes qui se retrouvent soit en Flandre et en Campine, soit sur les dunes du lac de Genève, soit sur celles de la Norvège. Je laisse de côté les plantes des mares pour ne considérer que celles des dunes et des pannes.

Cette liste s'allongerait encore beaucoup si nous possédions des énumérations complètes des plantes qui colonisent les dunes continentales. Teille qu'elle est, elle montre déjà nettement qu'une partie importante de la flore de nos dunes littorales dérive simplement du district sablonneux le plus voisin, c'est-à-dire du Flandrien. Les seules plantes des dunes flamandaises qui ne soient pas passées aux dunes littorales sont celles qui craignent le calcaire : *Spergula Morisonii*, *Nardus stricta*, *Calluna vulgaris*, etc. Quelques-unes d'entre elles se sont arrêtées sur les dunes de sable à *Cardium*.

• •

L'association la moins caractéristique de toutes, au point de vue du nombre des espèces propres, est celle des bosquets. Elle n'a aucune plante spéciale au littoral.

*Quelques plantes des dunes et du sable à Cardium habitant aussi
des dunes continentales.*

	Campine et Flandre.	Lac de Genève.	Norvège.
<i>Polypodium vulgare</i>		+	
** <i>Agrostis vulgaris</i>	+		+
** <i>Ammophila arenaria</i>	+		
* <i>Aira caryophyllea</i>	+		
** <i>Corynephorus canescens</i>	+		
** <i>Festuca ovina</i>	+		+
** <i>F. rubra</i>	+	+	+
<i>Bromus tectorum</i>		+	
* <i>Nardus stricta</i>	+		
<i>Agropyrum repens</i>		+	
<i>Scirpus Holoschoenus</i>		+	
** <i>Carex arenaria</i>	+		
** <i>Luzula campestris</i>	+		
<i>Allium vineale</i>		+	
** <i>Salix repens</i>	+		
<i>Humulus Lupulus</i>		+	
** <i>Rumex Acetosella</i>	+		+
<i>Silene nutans</i>		+	
** <i>Cerastium caespitosum</i>	+		

* Les plantes spéciales au sable à *Cardium* sont marquées *.

** Celles qui habitent à la fois les dunes et le sable à *Cardium* sont marquées **.

Quelques plantes des dunes et du sable à *Cardium* habitant aussi des dunes continentales (suite).

	Campine et Flandre.	Lac de Genève.	Norvège.
<i>Cerastium glomeratum</i>	+		
** <i>Arenaria serpyllifolia</i>	+		
* <i>Scleranthus perennis</i>	+		
** <i>Ranunculus bulbosus</i>	+		
* <i>Teesdalia nudicaulis</i>	+		
** <i>Draba verna</i>	+	+	
<i>Arabis hirsuta</i>		+	
** <i>Sedum acre</i>	+		
** <i>Potentilla reptans</i>	+		
<i>Ononis repens</i>		+	
* <i>Trifolium arvense</i>	+		
* <i>Ornithopus perpusillus</i>	+		
<i>Polygala vulgaris</i>		+	
<i>Helianthemum Chamaecistus</i>		+	
<i>Viola hirta</i>		+	
<i>Lythrum Salicaria</i>		+	
* <i>Calluna vulgaris</i>	+		+
<i>Ligustrum vulgare</i>		+	
** <i>Myosotis hispida</i>	+		

* Les plantes spéciales au sable à *Cardium* sont marquées *.

** Celles qui habitent à la fois les dunes et le sable à *Cardium* sont marquées **.

Quelques plantes des dunes et du sable à Cardium habitant aussi des dunes continentales (suite).

	Campine et Flandre.	Lac de Genève.	Norvège.
** <i>Thymus Serpyllum</i>	+	+	
<i>Veronica officinalis</i>	+		
<i>V. Chamaedrys</i>	+		
<i>Asperula cynanchica</i>		+	
** <i>Galium verum</i>	+		
** <i>Jasione montana</i>	+	+	
<i>Erigeron acris</i>	+		
* <i>Filago minima</i>	+		
* <i>Gnaphalium sylvaticum</i>	+		
** <i>Achillea Millefolium</i>	+	+	
<i>Carlina vulgaris</i>	+		+
** <i>Hypochaeris radicata</i>	+		
** <i>Leontodon autumnalis</i>	+		
** <i>Crepis virens</i>	+		
** <i>Hieracium Pilosella</i>	+		

Les pannes sèches et les pannes humides sont également assez peu caractéristiques. Cinq de leurs plantes seulement sont spéciales

* Les plantes spéciales au sable à *Cardium* sont marquées *.

** Celles qui habitent à la fois les dunes et le sable à *Cardium* sont marquées **.

aux littoraux : *Carex trinervis*, *Juncus maritimus*, *Thesium humifusum*, *Erythraea linariifolia*, *Gentiana Amarella* ⁽¹⁾. C'est d'ailleurs dans les bosquets et les pannes que les conditions d'existence se rapprochent le plus de celles qui existent dans les fonds humides des Flandres et de la Campine.

Au contraire toutes les espèces de la plage (*Agropyrum junceum*, *Atriplex littoralis*, *A. laciniata*, *Salsola Kali*, *Arenaria peploides*, *Cakile maritima*) sont propres aux littoraux. L'association des dunes mobiles contient aussi une proportion notable de plantes spéciales : quatre (*Festuca rubra arenaria*, *Elymus arenarius*, *Euphorbia Paralias*, *Calystegia Soldanella*) sur neuf.

Les dunes fixées, qui ont la flore la plus nombreuse et la plus variée, ne possèdent que trois espèces strictement littorales (*Agropyrum acutum*, *Asparagus officinalis* et *Cerastium tetrandrum*), et quelques variétés littorales de plantes communes (voir le tableau V, p. 489).

Les espèces qui viennent d'être citées ne se rencontrent en aucun pays loin de la mer. Elles se sont donc certainement transportées d'un point à l'autre le long des littoraux. A côté d'elles, il en est encore d'autres qui ont dû immigrer chez nous d'un point de départ éloigné : ce sont celles qui tout en étant en Belgique confinées au littoral, habitent ailleurs l'intérieur des terres; ce sont, par exemple, *Asparagus officinalis*, *Hippophaës rhamnoides*, *Phleum arenarium*.

2. Immigration lointaine. — C'est de ces espèces exclusivement littorales, au moins en Belgique, que nous allons maintenant nous occuper.

Le premier point à considérer est celui-ci : quels sont les littoraux dont le climat correspond à celui de la côte belge? Cette question a déjà été traitée plus haut (p. 237); contentons-nous de rappeler nos conclusions.

(1) Cette énumération, de même que les suivantes, sont faites d'après la liste des associations.

La pluie et l'humidité sont à peu près les mêmes partout, depuis la Bretagne jusqu'en Norvège; dans la Baltique, la pluie est moins abondante (carte 5); mais le diagramme 4 I montre que la différence est peu appréciable. La pointe du Finistère est beaucoup plus pluvieuse.

L'hiver est sensiblement plus doux dans le Finistère et plus rude dans la Baltique.

Le long de la côte N.-W., de la Bretagne à la Norvège, la température baisse progressivement (carte 7, diagrammes 2 E, 3 G). En été il fait le plus chaud à Brest et à Memel; ailleurs la température est à peu près égale partout ⁽¹⁾ (diagrammes 2 D, 3 F). L'été est le plus long à Brest, le plus court à Memel, à peu près égal dans les autres stations étudiées (diagramme 3 H). Nous pouvons donc résumer ainsi ce qui vient d'être dit au point de vue thermique : Brest a un climat plus méridional; Memel, un climat plus continental; depuis la Bretagne jusque dans le S. de la Norvège, les étés se ressemblent, mais non les hivers : ceux-ci deviennent de plus en plus rudes à mesure qu'on se dirige vers le N.-E. Bref, ce sont les froids de l'hiver plutôt que les chaleurs de l'été, qui décideront de l'acclimatation des plantes dans les divers points du littoral N.-W. de l'Europe moyenne ⁽²⁾.

Ces données météorologiques n'acquièrent de l'importance que lorsqu'on en a opéré la synthèse. Malheureusement, nous ne connaissons pas d'une façon assez précise les exigences des végétaux vis-à-vis des divers éléments du climat, pour pouvoir attribuer à chacun de ces facteurs son importance relative. D'ailleurs, il est certain que pour telle plante c'est la pluie qui est la chose importante ⁽³⁾, tandis que telle autre ne peut vivre

(1) La carte 7, qui donne les isothermes de juillet et non les maxima, traduit mal ces conditions.

(2) La comparaison des cartes 7 et 6 montre que pour l'intérieur des terres ce sont plutôt les chaleurs de l'été qui règlent les aires de dispersion des végétaux.

(3) Une jolie démonstration de l'importance de la pluie pour une plante est donnée par M. MEINARDUS (d'après M. BÖRNSTEIN, 1906, p. 98) : l'importance de

qu'entre certaines limites très strictes de température, que, pour une troisième, ce sont au contraire les exigences vis-à-vis de la lumière qui règlent la distribution géographique ⁽¹⁾, et que d'autres ne peuvent se maintenir que dans les endroits très calmes... Encore faudrait-il pouvoir subdiviser chacun de ces facteurs, car une plante qui est indifférente aux fortes chaleurs de l'été, peut être très sensible aux baisses de température en hiver ⁽²⁾, alors que sa voisine supporte impunément le froid, mais exige une haute température en été ⁽³⁾. Considérons maintenant que des plantes appartenant aux diverses catégories que nous venons d'exquisser vivent côte à côte dans un même pays, et nous comprendrons à quelles difficultés on se heurte lorsqu'on essaie de diviser la Terre en régions géobotaniques. Il ne faut donc pas s'étonner si les auteurs ne s'accordent pas complètement sur les limites des diverses régions.

Un très intéressant essai de synthèse des climats géobotaniques a été fait par M. KÖPPEN (1900). D'après sa carte, dont la partie relative à l'Europe est reproduite dans notre carte 8, le climat de la côte est le même depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'au S. de la Norvège, sauf au Finistère où il est plus chaud et plus humide.

La carte de M. DRUDE (1892), qui est reproduite sur notre carte 9, montre également que les conditions climatiques sont sensiblement les mêmes depuis la Bretagne jusque dans le S. de la Norvège. Elle ne s'écarte de celle de M. KÖPPEN que pour le Finistère et le littoral du golfe de Gascogne.

La répartition géographique des plantes exclusivement littorales, telle qu'elle est donnée par la liste géographique, montre que la plupart de ces espèces sont répandues beaucoup plus loin vers

la récolte d'Avoine (*Avena sativa*) en Prusse est proportionnelle à la quantité de pluie qui tombe de mars à juin.

(1) Par exemple *Carex remota* (voir p. 480 et carte 11).

(2) Par exemple *Phleum arenarium*, etc. (voir p. 215 et carte 10).

(3) Par exemple la Vigne (p. 218).

le S.-W. que vers le N.-E. C'est ce qu'indique encore mieux la liste suivante ⁽¹⁾ :

1. Espèces qui atteignent la région méditerranéenne, mais non la région arctique :

<i>Phleum arenarium</i> ,	jusqu'en	Norvège S. ⁽²⁾ .
<i>Agropyrum acutum</i> ,	»	Danemark.
<i>A. junceum</i> ,	»	Norvège S.
<i>Juncus maritimus</i> ,	»	Danemark.
<i>Asparagus officinalis</i> ,	»	»
<i>Atriplex littoralis</i> ,	»	Norvège.
<i>A. laciniata</i> ,	»	»
<i>Salsola Kali</i> ,	»	»
<i>Cerastium tetrandum</i> ,	»	»
<i>Euphorbia Paralias</i> ⁽²⁾ ,	»	Hollande.
<i>Hippophaës rhamnoides</i> ⁽³⁾ ,	»	Norvège.
<i>Eryngium maritimum</i> ,	»	»
<i>Calystegia Soldanella</i> ,	»	Allemagne ⁽⁴⁾ .

2. Espèces qui atteignent la région arctique, mais non la région méditerranéenne :

<i>Elymus arenarius</i> ,	jusqu'en	France W.
<i>Arenaria peploides</i> ,	»	»
<i>Erythraea linariifolia</i> ,	»	Normandie.
<i>Gentiana Amarella</i> ,	»	»

3. Espèce qui atteint à la fois la région arctique et la région méditerranéenne :

Cakile maritima.

4. Espèces qui n'atteignent ni la région arctique ni la région méditerranéenne :

Carex trinervis, de la France W. au Danemark ⁽⁵⁾.
Thesium humifusum, de la France W. à la Hollande.

⁽¹⁾ Voir aussi, sur la distribution des plantes des dunes, Höck. 1907.

⁽²⁾ Voir carte 10.

⁽³⁾ Voir carte 11.

⁽⁴⁾ Dans la liste géographique cette plante n'est signalée que jusqu'en Hollande. D'après M. Höck (1907, p. 30), elle habite aussi le N.-W. de l'Allemagne.

⁽⁵⁾ Voir carte 10.

Je pense que l'ensemble de nos observations au sujet de la flore des dunes ne peut laisser aucun doute quant à l'origine de la majorité de ses espèces : elles nous sont venues du S.-W.

*
* * *

Quelques-unes de ces plantes méritent une mention spéciale.

La plupart des espèces de notre littoral existent aussi en Angleterre. *Carex trinervis* fait exception. Comme il est peu probable que la plante ait été exterminée en Angleterre, nous sommes conduits à admettre qu'elle n'y a jamais pénétré, et qu'elle n'habitait pas les environs du Pas-de-Calais au moment où s'est opérée la rupture de l'Angleterre avec le continent, c'est-à-dire pendant le Flandrien. L'espèce a-t-elle pris naissance depuis lors, ou bien existait-elle déjà ailleurs (*) ?...

Nous savons déjà que dans le Midi plusieurs espèces de nos dunes habitent non seulement les côtes mais aussi l'intérieur : *Ramalina evernioides*, *Phleum arenarium*, *Asparagus officinalis*, *Hippophaë rhamnoides* (p. 215). Cette dernière plante est intéressante en ce qu'elle occupe une large aire continentale jusqu'au centre de l'Asie (carte 11). M. FLAHAULT (1907, p. 299) pense qu'elle est d'origine orientale. Elle fait peut-être partie de ce groupe d'espèces de steppes qui se sont introduites en Europe pendant l'une des pauses interglaciaires (voir WEBER, 1906, p. 111) et dont la plupart se sont arrêtées avant d'atteindre notre pays; leur limite N.-W. en Allemagne est marquée sur la carte 9.

La liste géographique montre que plusieurs de ces plantes ont une distribution extrêmement étendue. Ainsi *Calystegia Soldanella* habite les littoraux de l'Europe W. et S., de l'Afrique N., de l'Asie E., de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de la Polynésie et de l'Amérique. La grandeur très considérable de l'aire géographique de beaucoup de plantes littorales a déjà été souvent indiquée, notamment par SCHIMPER (1891). Elle tient sans doute à ce que les conditions d'existence sont plus égales le long des côtes qu'à l'inté-

(*) La même question se pose pour *Cirsium oleraceum* (carte 10).

rieur du pays; par exemple, les climats maritimes se ressemblent plus que les climats continentaux. Un autre facteur très important est le transport des graines par les courants marins. Des recherches récentes de M. BIRGER (1907), montrent que le séjour dans l'eau de mer ne détruit pas la vitalité de la plupart des plantes habitant les dunes et les alluvions marines.

b) *Alluvions marines.*

Les plantes des slikkes et des schorres ont souvent une distribution géographique encore plus large que celles des dunes (voir la liste géographique). La plupart des espèces sont plus répandues vers le S.-W. que vers le N.-E., exactement comme celles des dunes.

Dans la liste que voici, j'indique non seulement jusqu'où la plante s'étend vers le N.-E. ou vers le S.-W., mais aussi si elle habite d'autres parties du monde (As. = Asie; Af. = Afrique; Am. = Amérique; Aus. = Australie). Les espèces qui se retrouvent à l'intérieur, près des sources salées, sont marquées *.

1. Plantes qui atteignent la région méditerranéenne mais non la région arctique :

<i>Zostera nana</i> ,	jusqu'en	Norvège,	As., Am.
<i>Ruppia maritima</i> ⁽²⁾ ,	»	»	As., Af., Am.
<i>Spartina stricta</i> ,	»	Allemagne,	Am.
<i>Agropyrum pungens</i> ,	»	Danemark.	
<i>Lepturus filiformis</i> ,	»	»	
<i>Scirpus maritimus</i> ,	»	Norvège,	As., Af., Am.
<i>Juncus maritimus</i> ,	»	Danemark,	As., Af., Am.
<i>Atriplex portulacoides</i> ,	»	»	As., Af., Am.
* <i>Salicornia herbacea</i> (3),	»	Norvège,	As., Af., Am.

(1) Voir aussi sur la distribution des plantes des slikkes et des schorres, HÖCK (1901).

(2) Voir carte 11.

(3) Voir carte 11. M. HÖCK, 1901, p. 386, l'indique comme habitant aussi les endroits salés à l'intérieur de l'Allemagne.

- Suaeda maritima*, jusqu'en Norvège, As., Af., Am., Aus.
 **Spergularia salina*, » » As., Af., Am.
 **S. media*, » » As., Af., Am.
Statice Limonium, » Allemagne, As., Af.

2. Plantes qui atteignent la région arctique,
 mais non la région méditerranéenne.

- Atropis maritima*, jusqu'en France W., As., Af., Am.
 **Glaux maritima*, » » Am.

3. Plantes qui atteignent à la fois la région arctique
 et la région méditerranéenne.

- **Triglochin maritima*, As., Af., Am.
 **Atropis distans*, As., Af., Am.
Festuca rubra, As., Af., Am.
 **Juncus Gerardi*, As., Af., Am.
 **Plantago maritima*, As., Af.
 **Aster Tripolium*.

4. Plante qui n'atteint ni la région arctique
 ni la région méditerranéenne.

- **Artemisia maritima* (1), de la France W. à la Norvège S., As.

L'énumération précédente ne laisse aucun doute : notre flore alluviale est immigrée en majeure partie du S.-W.

* * *

Dix de ces plantes ne sont pas localisées exclusivement sur les vases littorales (elles sont marquées *) : elles se retrouvent aussi à l'intérieur des terres, près des sources salées de la France et de l'Allemagne. Une question se pose aussitôt : ces espèces ont-elles pris naissance sur les alluvions marines ou bien au voisinage des sources salées ? Il n'y a évidemment pas moyen de fournir une réponse catégorique, d'autant plus qu'elle ne serait peut-être pas

(1) D'après M. Höck, 1901, p. 386, habitait jadis les endroits salés à l'intérieur de l'Allemagne.

la même pour toutes les espèces. Il semble bien toutefois que la majorité de ces plantes soient nées au bord de la mer, puisque leur association est ici plus complète et plus variée que partout ailleurs. Ajoutons aussi que des plantes adaptées à vivre dans des terrains qui sont baignés par une solution concentrée de sels de sodium ou de potassium, ne sont pas pour cela capables de supporter l'eau de mer, puisque celle-ci est caractérisée à la fois par sa forte concentration et par l'abondance des sels de magnésium, très toxiques (p. 427). D'ailleurs, il y a effectivement des espèces habitant les endroits salés de l'intérieur qui ne se rencontrent jamais sur les alluvions marines. M. Höck, 1901 (pp. 385 ss), cite notamment : *Scirpus Tabernaemontani*, *Melilotus dentatus*, *Trifolium fragiferum*, *Althaea officinalis*, *Samolus Valeranti*.

Peut-être la réponse serait-elle autre pour *Artemisia maritima*. Il habite à la fois les alluvions marines de l'Europe moyenne et les immenses steppes salées de la Russie d'Europe et de la région transcaspienne. Toutes les autres espèces du genre *Artemisia*, au nombre d'environ 200, habitent les régions éloignées de la mer, surtout les steppes. On peut donc logiquement supposer que l'espèce littorale s'est créée dans un steppe salé et a gagné après coup le bord de la mer.

Salicornia herbacea habite également de grands territoires continentaux (carte 11). Seulement les neuf espèces du genre sont presque toutes exclusivement littorales, et il est donc probable que *S. herbacea* s'est formé sur une côte et n'a envahi les déserts salés que secondairement.

..

Nous avons vu plus haut que beaucoup de plantes des dunes littorales sont simplement des plantes de terrains sableux qui se sont adaptées à vivre sur du sable plus ou moins mobile. Une semblable origine n'est pas possible quand il s'agit de végétaux habitant un milieu aussi inhospitalier que l'est un schorre ou une slikke. On n'imagine pas bien, en effet, que des plantes aient pu s'adapter progressivement à vivre sur des alluvions marines,

car où donc y a-t-il des stations possédant des caractères intermédiaires? Il faut, par conséquent, admettre que les espèces des alluvions marines sont dérivées d'un seul coup, par mutation ⁽¹⁾, de celles qui habitent l'intérieur du pays, ou même que certaines plantes banales peuvent s'accommoder de vivre sur des terrains imprégnés d'eau de mer. Ce dernier cas me paraît être représenté par *Plantago maritima* : il existe abondamment dans le Jutland, loin de la mer, dans les graviers des anciennes moraines glaciaires, donc dans des terrains qui ne sont jamais en contact avec l'eau salée. *Armeria maritima* pourrait fort bien n'être qu'un descendant maritime d'*A. elongata*, qui est répandu en beaucoup de points de l'intérieur, notamment en Belgique sur les terrains calaminaires de Moresnet. Pour toutes les autres plantes, il me semble plus difficile de rattacher l'espèce des schorres à des parents déterminés, d'autant plus que les plantes qui sont arrivées sur les alluvions marines ont pu produire dans cet habitat de nouvelles espèces, et qu'il devient alors fort difficile de distinguer quelle est la première. C'est sans doute de cette façon qu'il faut se représenter la formation des espèces, fort voisines d'ailleurs, des genres *Atropis* et *Spergularia*.

c) Alluvions fluviales.

Leur flore se compose uniquement d'espèces habitant les étangs ou les lieux très humides. Toutes existent dans le district flamand, sauf *Scirpus triqueter*, qui ne se retrouve, à l'intérieur des terres, qu'en France (voir la note au bas de la page 487). Il me paraît difficile de décider si cette plante a pris naissance dans la partie basse des rivières, où la marée se fait sentir, ou bien le long de leur cours supérieur.

d) Polders.

Les deux seules associations dont l'origine ait de l'intérêt, sont celle des étangs, canaux et fossés et celle des digues.

(1) C'est aussi à des mutations de ce genre que M. DE VRIES (1907, p. 350) attribue l'origine des espèces qui peuplent les déserts.

La première dérive sans doute par immigration prochaine des plantes aquatiques et marécageuses de la Flandre qui ont envahi les eaux des Polders lorsque celles-ci furent suffisamment dessalées. Les espèces qui ont ainsi passé dans le district poldérien sont les mêmes que celles qui sont allées coloniser les alluvions fluviales, c'est-à-dire celles qui ne craignent pas les eaux riches en matières assimilables. La répartition géographique de ces plantes, telle qu'elle ressort de notre liste géographique et du travail de M. Höck, 1906, est en général plus large que celle des plantes terrestres : elle ne donne pas de renseignements quant à leur origine. Beaucoup d'entre elles existaient déjà pendant le Pleistocène (voir par exemple, WEBER, 1896, et REID, 1908).

La flore des digues provient sans doute aussi de celle des districts limitrophes. Les plantes banales des pannes et des terrains vagues ont toutes pu coloniser les digues, sauf celles qui ont absolument besoin de sable et celles qui redoutent les terrains trop riches en sels minéraux.

Les seules digues qui présentent des particularités dans leur flore sont celles qui sont directement battues par l'eau de mer (p. 466). Voici la distribution de quelques-unes de leurs espèces les plus caractéristiques. Les abréviations et le signe * ont la même valeur qu'à la page 510.

Beta maritima, de la Méditerranée au Danemark, As.

Cochlearia danica ⁽¹⁾, de la France W. à la région arctique, As.

* *Bupleurum tenuissimum*, » au Danemark, As., Af.

* *Apium graveolens*, » » As., Af.

La première plante nous vient probablement du S.-W.; *Cochlearia danica* est originaire du N. où vivent d'ailleurs de nombreuses autres espèces du même genre; pour les deux autres plantes, on ne peut rien dire de précis.

(1) Voir carte 11.

e) *Sable à Cardium.*

Aussi bien par le sol que par la composition de la flore, le sable à *Cardium* est intermédiaire entre les dunes littorales et les dunes flamandaises. L'origine des plantes qui constituent l'association rappelle cet état mixte. Un grand nombre d'espèces lui viennent directement des dunes flamandaises; ce sont notamment celles qui sont marquées * dans la liste des pages 502 et suivantes. Quant à celles qui existent à la fois sur les dunes littorales et sur celles du sable à *Cardium*, leur origine est douteuse lorsqu'elles se rencontrent aussi sur les dunes flamandaises; mais lorsqu'elles sont inconnues sur ces dernières, on est amené à admettre qu'elles sont parties des dunes littorales pour venir sur celles des polders sablonneux; telles sont, par exemple, *Phleum arenarium*, *Silene conica*, *Viola tricolor sabulosa*.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Les districts littoraux et alluviaux de la Belgique s'étendent le long de la côte et des rivières à marées. Ils sont constitués par les dunes sableuses qui bordent la plage et par les alluvions de nature diverse qui ont été déposées par les rivières dans la partie inférieure de leurs cours.

Ces districts sont tous d'origine récente. Les points les plus anciens, c'est-à-dire ceux où les conditions actuelles existent depuis le temps le plus long, ne datent que du VIII^e ou IX^e siècle.

Le climat est sensiblement le même dans ces divers districts. Le voisinage de la mer adoucit la température en hiver, et empêche qu'il y ait de très fortes chaleurs en été. Les vents sont violents. Sur le littoral, la pluie est relativement peu abondante en été.

Dunes littorales. — Elles occupent leur situation actuelle depuis le IX^e ou X^e siècle. Leur hauteur maximum ne dépasse guère 30 mètres. Le sol, formé de sable quartzeux, est mobile, sec, stérile et riche en chaux.

La végétation est composée de plantes qui fixent le sol par leurs racines ou dont les feuilles forment un écran qui empêche l'affouillement du terrain, et qui ont aussi la faculté de s'élever dans le sol quand le vent amène du sable ou de descendre quand le vent en enlève.

La sécheresse du sol en été exclut les espèces incapables de supporter le manque d'eau. Aussi la flore est-elle essentiellement xérophyte. Pourtant il y a de nombreuses espèces, annuelles ou même vivaces, qui profitent de la température douce et de l'humidité pour se développer en hiver.

La pénurie de substances minérales assimilables est si grande que la flore se compose uniquement d'espèces à croissance lente.

Toutes les plantes restent chétives, même celles qui dans les autres parties de la Belgique atteignent une haute taille.

Dans l'ensemble, la flore de nos dunes est calcicole. Ce caractère la différencie de celle qui habite les dunes du Jutland, du nord-ouest de l'Allemagne et du nord de la Neerlande; celles-ci sont formées de sable glaciaire, pauvre en chaux.

Dans les fonds humides (pannes) qui séparent les rangées de monticules, il y a presque exclusivement des espèces ubiquistes, sans exigences spéciales, qui sont venues des districts voisins, notamment du Flandrien. Les dunes fixées n'ont également que peu d'espèces particulières, mais elles portent plusieurs variétés maritimes de plantes communes. Sur les dunes mobiles et sur la plage, les plantes sont presque toutes propres au district des dunes; elles ont immigré en majeure partie du littoral de la France.

Alluvions marines. — Elles bordent les fleuves aussi loin que remonte l'eau de mer lors de la marée haute. Leur partie supérieure (schorre) n'est inondée qu'aux fortes marées; son altitude est comprise entre 3^m50 et 5 mètres. La partie inférieure (slikke) est submergée même aux marées de morte eau.

Le sol est argileux et reste imprégné d'eau de mer. Le nombre des espèces qui colonisent ce district est au maximum d'une trentaine. Sa flore ne contient ni Champignons saprophytes, ni lichens, ni Bryophytes, ni Ptéridophytes; c'est sans doute à la fois la pression osmotique du milieu et sa teneur en sels de magnésium qui exclut ces végétaux. Les Phanérogames ont presque toutes des feuilles charnues et d'autres adaptations xérophytes. A part une ou deux exceptions, elles sont spéciales à ce district.

Chaque espèce est très étroitement localisée. Une différence de niveau de quelques centimètres suffit pour assurer la prédominance d'une plante sur toutes les autres. Cette stricte limitation de chaque station tient probablement en grande partie à la lutte pour l'existence.

La végétation des alluvions marines de la Belgique est identique à celles qui se trouvent partout le long de la Manche et de la mer du Nord.

Alluvions fluviales. — Elles s'étendent sur les deux rives des rivières à marées, plus loin de la mer que les alluvions marines.

Leur sol est argileux et limoneux. A chaque marée montante il s'imbibe d'eau riche en sels alimentaires; à chaque marée descendante l'eau est remplacée par de l'air. Ces mouvements alternatifs assurent une alimentation abondante de la végétation. Le nombre des espèces n'est pas très grand, puisqu'il n'y a que des plantes aquatiques assez solidement fixées au sol pour n'être pas emportées par les courants, mais par contre les individus poussent avec une vigueur incomparable.

La flore, qui ne renferme qu'une seule espèce spéciale, dérive probablement des bords des mêmes rivières dans les parties les plus élevées de leurs cours.

Polders. — Ce sont les portions endiguées des alluvions marines et des alluvions fluviales. Ils sont partout en dessous du niveau des fortes mers d'équinoxe.

Le sol est argileux et très riche en aliments minéraux; aussi les cultures couvrent-elles presque complètement les Polders. Il ne reste plus guère que les digues et les étangs qui aient encore une végétation spontanée.

Les digues portent une flore banale, sans caractère, venant des districts voisins. Celles qui sont contiguës aux schorres possèdent quelques plantes maritimes particulières.

Les étangs, les canaux et les fossés nourrissent une flore très variée, plus riche en espèces que les eaux d'aucun autre district de la Belgique. Ces plantes exigent toutes une nourriture abondante.

Sables à *Cardium*. — Ils sont isolés au milieu des polders argileux. Le sable, souvent soulevé en petites dunes, est beaucoup moins riche en calcaire que celui des dunes littorales.

Leur flore comprend un assez grand nombre de plantes calcifuges qui sont incapables de se maintenir sur les dunes littorales. Elle est aussi beaucoup plus riche en Bryophytes. La végétation provient en grande partie des dunes flamandaises; pourtant, certaines espèces sont originaires des dunes littorales.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

ET INDICATION DES PAGES OÙ CHAQUE OUVRAGE EST CITÉ.

ABROMEIT, J. (VOIR GERHARDT, P.)

ALOI, A., Influenza dell' umidità del suolo sulla traspiratione delle piante terrestri. (*Atti dell' Accademia Giverna di science naturale*. Palermo, 1894.) (P. 293.)

ANDERSSON, G., Die Entwicklungsgeschichte der skandinavischen Flora. (*Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*. Iena, 1906.) (P. 496.)

ANDRIES, J.-O., Notice sur la grande bruyère flamande de Bulscamp. (*Annales de la Société d'émulation pour l'étude de l'Histoire et des Antiquités de la Flandre*. Bruges, 1864-1865, t. XIII, 2^e série, p. 271.) (P. 500.)

ANNALES DU BUREAU CENTRAL MÉTÉOROLOGIQUE DE FRANCE. publiées par E. Mascart. (Pp. 230, 248.)

ANNUAIRE ASTRONOMIQUE de l'Observatoire royal de Belgique (séparé, depuis 1901, de l'*Annuaire météorologique*.)

ASCHERSON, P. UND GRAEBNER, P., Flora des nordostdeutschen Flachlandes. Berlin, 1898-1899. (Pp. 2g, 488.)

AUBERT, E., 1890, Sur la répartition des acides organiques chez les plantes grasses. (*Revue générale de Botanique*, t. II, p. 369; 1890.) (P. 297.)

— 1892, Recherches sur la turgescence et la respiration des plantes grasses. (*Annales des sciences naturelles, Botanique*, 7^e série, t. XVI, p. 1; 1892.) (P. 297.)

BABINGTON, C.-C., Manual of british Botany, 8th edition. London, 1881. (P. 488.)

BECK VON MANAGETTA, G., Ueber die Bedeutung der Karstflora in der Entwicklung der Flora der Ostalpen. (*Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*. Iena, 1906.) (P. 496.)

- BEEKMAN, A.-A., Nederland als Polderland. Zutphen. (P. 187.)
- BERGHAUS, H., Physikalischer Atlas, 3. Auflage. Gotha, 1892. (La Météorologie est de M. HANN; la Géobotanique est de M. DRUDE.)
- BIRGER, S., Ueber den Einfluss des Meerwassers auf die Keimfähigkeit der Samen. (*Beihefte zum botanischen Centralblatt*, Bd XXI, I. Abt., S. 263, 1907.) (P. 510.)
- BLANCHARD, R., La Flandre. Étude géographique de la plaine flamande en France, Belgique et Hollande. Paris, 1906. (Pp. 184, 190, 192, 197, 253, 254, 255, 369, 500.)
- BOISSIER, E., Flora orientalis. Genève, 1867-1884. — Supplementum, 1888. (P. 2 g.)
- BOMMER, C. ET MASSART, J., La section de géobotanique dans la Société royale de botanique de Belgique. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, 1904.) (P. 253.)
- BÖRNSTEIN, R., Leitfaden der Wetterkunde, 2. Auflage. Braunschweig, 1906. (P. 506.)
- BOULAY, N., Principes généraux de la distribution géographique des Mousses. Lille, 1876. (P. 391.)
- BOULY DE LESDAIN, Lichens rares ou nouveaux pour la Belgique. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. XLIII, p. 249; 1906.) (P. 288.)
- BRACHÉRY, Carte du diocèse d'Ypres, divisé en neuf décanats. 1782. (Un exemplaire de cette carte se trouve au Musée Merghelynck, à Ypres.) (P. 370.)
- DE BRÉBISSE, A., Flore de la Normandie. Caen, Paris et Rouen, 1859. (P. 488.)
- BRIQUET, J., Le développement des flores dans les Alpes occidentales, avec aperçu sur les Alpes en général. (*Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*. Iena, 1906.) (P. 493, 496.)
- BRITTON, N.-L. AND BROWN, H.-A., An Illustrated Flora of the Northern United States, Canada and the British Possessions. New York, 1896-1898. (P. 393.)
- BUCHENAU, FR., Flora der Ostfriesischen Inseln. Norden und Norderney, 1891. (P. 488.)
- BURGERSIEIN, A., Die Transpiration der Pflanzen. Iena, 1904. (Pp. 291, 300.)
- CAMERON, F.-K. AND BELL, J.-M., The Mineral Constituents of the Soil Solution. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils, Bulletin N° 30*, 1905.) (P. 305.)
- CHODAT, R., Les dunes lacustres de Sciez et les Garides. (*Bulletin de la Société botanique suisse*, fascicule XII, 1902.) (P. 501.)
- CHRIST, H., La flore de Suisse et ses origines. Nouvelle édition, Bâle-Genève-Lyon, 1907. (P. 494.)

- CORNET, J., Études sur l'évolution des rivières belges. (*Annales de la Société géologique de Belgique*, t. XXXI, 1903-1904.) (P. 173.)
- COWLES H.-C., The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. Part I. Geographical relations of the dune flora. (*The Botanical Gazette*, vol. XXVII, 1899.) (P. 501.)
- COSTE, H., Flore descriptive et illustrée de la France. Paris, 1901-1906. (Pp. 2 g, 393, 477.)
- COUPIN, H., Sur la toxicité du chlorure de sodium et de l'eau de mer à l'égard des végétaux. (*Revue générale de Botanique*, t. X, p. 177; 1898.) (P. 428.)
- CRÉPIN, FR., 1864, Matériaux pour servir à l'histoire de la géographie botanique de la Belgique. I. Pourquoi les dunes sablonneuses de la Flandre occidentale nourrissent-elles certaines plantes réputées calcarophiles. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. III, 1864.) (P. 390.)
- 1866, Manuel de la flore de Belgique. (L'édition la plus complète est la deuxième, qui a paru à Bruxelles en 1866.) (Pp. 437, 477.)
- 1878, Guide du botaniste en Belgique. Bruxelles et Paris, 1878. (P. 477.)
- DARWIN, FR., Observations on Stomata. (*Philosophical Transactions*, series B, vol. 190. p. 531; 1898.) (Pp. 293, 297.)
- DEBRAY, L., Étude géologique et archéologique de quelques tourbières du littoral flamand et du département de la Somme. (*Mémoires de la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille*, 3^e série, 11^e volume, 2^e partie, p. 433, année 1872 [a paru en 1873].) (Pp. 185, 500.)
- DE BRUYNE, C., 1904, 1. Invloed van den wind op den vorm van de boomen onzer zeekust. (*Handelingen van het achtste Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres*, 1904.) (P. 399.)
- 1904, 2. Over onze duinenflora. (*Handelingen van het achtste Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres*, 1904.) (P. 399.)
- 1905, Over onze duinenflora [2^{de} mededeeling]. (*Handelingen van het negende Vlaamsch Natuur- en Geneeskundig Congres*, 1905.) (P. 360.)
- 1906, Contribution à l'étude phytogéographique de la zone maritime belge. (*Bulletin de la Société royale belge de Géographie*, 1906.) (P. 360.)
- DE HOON, A., Mémoire sur les polders de la rive gauche de l'Escaut et du littoral belge. (*Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgique*, collection in-8^o, t. V, 1852.) (Pp. 187, 188, 500.)
- DEUTSCHES METEOROLOGISCHES JAHRBUCH der Deutsche Seewarte. (P. 248.)
- DEVAUX, H., Influence du vent marin sur les déformations du Pin maritime. (*Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux* [séance du 4 mai 1905].) (Pp. 230. 236.)

- DE WILDEMAN, E., ET DURAND, TH., *Prodrome de la flore belge*. Bruxelles, 1898-1907. (Pp. 1 g, 37 a, 483.)
- DRUDE, O., 1892, *Atlas der Pflanzenverbreitung* (dans *Berghaus' Physikalischer Atlas*, Abt. V. Gotha, 1892.) (Pp. 478, 492, 507.)
- 1896, *Deutschlands Pflanzengeographie*. I. Teil. Stuttgart, 1896. (Pp. 253, 478.)
- 1905, *Entwicklung der Flora des mitteldeutschen Gebirgs- und Hügellandes*. (*Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*. Iena, 1906.) (P. 496.)
- DU MORTIER, B., *Bouquet du littoral belge*. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. VII; 1869.) (Pp. 432, 495.)
- DURAND, TH., *Considérations générales sur la flore belge*. 1907. Dans DE WILDEMAN ET DURAND. 1898-1907. (Pp. 478, 479, 480, 482.)
- DURAND, TH., ET PITTIER, H., *Catalogue de la flore vaudoise*. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. XX et XXI; 1881 et 1882.) (P. 2 g.)
- DURIEUX, CH., *Étude sur le climat du littoral belge*. (*Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, 1900, p. 376.) (Pp. 220, 221.)
- DUVAL-JOUE, J., *Histotaxie des feuilles de Graminées*. (*Annales des sciences naturelles, Botanique*, 6^e série, vol. I, p. 294; 1875.) (P. 294.)
- ENGLER, A., 1879-1882, *Versuch einer Entwicklungsgeschichte des Pflanzenwelts, insbesondere der Florengebiete, seit der Tertiärperiode*. Leipzig, 1879-1882. (P. 496.)
- 1899, *Die Entwicklung der Pflanzengeographie in den letzten hundert Jahren*. (*Humboldt-Centenar-Schrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1899.) (P. 496.)
- 1906, *Grundzüge der Entwicklung der Flora Europas seit der Tertiärzeit*. (*Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*, p. 25. Iena, 1906.) (P. 496.)
- ENGLER UND PRANTL, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. Leipzig. (Pp. 2 g, 430.)
- ERRERA, L., *Un ordre de recherches trop négligé. L'efficacité des structures défensives des plantes*. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. XXV, 2^e partie, p. 80; 1886.) (P. 85 c.)
- ERRERA, P., *Les Masuirs. Recherches sur quelques vestiges des formes anciennes de la propriété en Belgique*. Bruxelles. 1891. (P. 500.)
- FLAHAULT, CH., 1901, *La Flore et la Végétation de la France, avec une carte de la distribution des végétaux en France dans l'introduction de la Flore de France*, par Coste, 1901). (P. 478.)
- 1903, *La Paléobotanique dans ses rapports avec la végétation actuelle*. Paris, 1903. (P. 496.)

- FLAHAULT, CH., 1907. Les progrès de la géographie botanique depuis 1884, son état actuel, ses problèmes. (*Progressus rei botanicae*, Bd I, p. 243; 1907.) (Pp. 317, 509.)
- FLICHE, P., 1897, Note sur la flore des lignites, des tufs et des tourbes quaternaires ou actuels du nord-est de la France. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, t. XXV, p. 859; 1897.) (P. 496.)
- 1899, Le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) dans les terrains quaternaires de Clerey. (*Mémoires de la Société académique de l'Aube*, t. LXIII, 1899.) (P. 500.)
- FLICHE, BLEICHER ET MIEG, Note sur les tufs calcaires de Kiffis (Sundgau, Alsace). (*Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, t. XXII, p. 471; 1894.) (P. 456.)
- FREDERICQ, L., La Faune et la Flore glaciaire du plateau de la Baraque-Michel. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des Sciences], p. 1263; 1904.) (P. 497.)
- FRANK, A.-B., Die Krankheiten der Pflanzen, 2. Aufl., 3 volumes. Breslau, 1895-1896. (P. 39 a.)
- FRICX, E.-H., Carte du comté de Flandre, dressée sur les mémoires de E.-H. Fricx et augmentée sur les observations les plus nouvelles en 1744. (Un exemplaire de cette carte se trouve au Musée Merghelynck, à Ypres.) (P. 370.)
- FRITSCH, K., Excursionsflora für Oesterreich. Wien, 1897. (P. 2 g.)
- FRÜH, J., Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt. (*Jahresbericht der geogr.-ethnogr. Gesellschaft*. Zürich, 1901-1902.) (P. 228.)
- GADECEAU, E., 1898. (Voir LLOYD, 1898.)
- 1903, Essai de géographie botanique de Belle-Ile-en-Mer. (Extrait des *Mémoires de la Société nationale des sciences naturelles et médicales de Cherbourg*, t. XXXIII, 2^e fascicule. Cherbourg et Nantes, 1903.) (P. 488.)
- GALLAND, J., Études sur les mycorhizes endotrophes. (*Revue générale de Botanique*, t. XVII, 1905.) (P. 330.)
- GELLENS, H., VAN BRABANDT, L., MELOTTE, J., WEYTS, A. ET PIERROT, J., La marée-tempête du 12 mars 1906 dans le bassin de l'Escaut maritime. (*Annales des Travaux publics*, février 1908.) (Pp. 442, 452, 456.)
- GERHARDT, P., Handbuch des deutschen Dünenbaues (unter Mitwirkung von J. ABROMEIT, P. BOCK, A. JENTZSCH). Berlin, 1900. (La partie botanique est de M. J. ABROMEIT.) (Pp. 268, 269, 491.)
- GOEBEL, K., Pflanzenbiologische Schilderungen. Marburg, 1899-1891. (P. 461.)
- GOETHART, J.-W.-C. EN JONGMANS, W.-J., Planten-Kaartjes voor Nederland. (La publication a commencé en 1903.) (Pp. 478, 490.)

- GRAEBNER, PAUL, 1901, Die Heide Norddeutschlands. Leipzig, 1901. (Pp. 317, 481.)
- 1903, Botanischer Führer durch Norddeutschland. Berlin, 1903. (Pp. 366, 367.)
- GRÉGOIRE, A. ET HALET, F., Étude agrologique d'un domaine, d'après la méthode synthétique de J. Hazard. Bruxelles. 1906. (P. 304.)
- HABERLANDT. (VOIR RAMANN, 1905.)
- HANN, J., 1892, Atlas der Meteorologie. (*Berghaus' Physikalischer Atlas*, Abt. III. Gotha, 1892.)
- 1906, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Auflage. Leipzig, 1906. (P. 252.)
- HANSEN, A., 1901, Die Vegetation der Ostfriesischen Inseln. Ein Beitrag zur Pflanzengeographie, besonders zur Kenntniss der Wirkung des Windes auf die Pflanzenwelt. Darmstadt, 1901. (Pp. 228, 491.)
- 1904, Experimentelle Untersuchungen über die Beschädigung der Blätter durch Wind. (*Flora*, Bd XCIII, S. 33; 1904. (Pp. 222, 228, 232.)
- HARTMAN, C.-J., Handbok i Skandinavien's Flora. Stockholm, 1879. (Pp. 2 g, 488.)
- HILGARD, E.-W., Soils : their formation, properties, composition and relations to climate and plant growth. New York, 1906. (Pp. 216, 329.)
- HÖCK, F., 1901, Die Verbreitung der Meerstrandpflanzen Norddeutschlands und ihre Zugehörigkeit zu verschiedenen Genossenschaften. (*Beihefte zum botanischen Centralblatt*, Bd X, S. 377; 1901.) (Pp. 508, 510, 511, 512.)
- 1906, Verbreitung der Gefässpflanzen norddeutscher Binnengewässer. (*Beihefte zum botanischen Centralblatt*, Bd XIX. 2. Abt., S. 367; 1906.) (P. 514.)
- 1907, Versuch einer pflanzengeographischen Umgrenzung und Einteilung Norddeutschlands. (*Petermann's Mittheilungen*, Bd LIII, p. 25; 1907.) (P. 508.)
- HOFFMANN, H., Vergleichende phänologische Karte von Mittel-Europa. (*Petermann's Mittheilungen*, Bd XXVII, S. 19; 1881.) (P. 253.)
- HOUEAU, J.-C., Essai d'une géographie physique de la Belgique, au point de vue de l'histoire et de la description du globe. Bruxelles, 1854. (P. 442.)
- JACCARD, H., Catalogue de la Flore valaisanne. (*Nouveaux mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, vol. XXXIV, 1895.) (P. 2 g.)
- JACCARD, P., La distribution de la Flore dans la zone alpine. (*Revue générale des sciences pures et appliquées*, 15 décembre 1907.) (Pp. 483, 485.)
- JANSE, J.-M., Les endophytes radicaux de quelques plantes javanaises. (*Annales du Jardin botanique de Buitenzorg*, vol. XIV, p. 53; 1896.) (P. 330.)
- JOHANNSEN, W., Das Aether-Verfahren beim Fröhrtreiben. Iena, 1900. (P. 255.)
- JOCKHEERE, ED., L'origine de la côte de Flandre et le bateau de Bruges. Bruges 1903. (P. 192.)

-
- KEARNEY, TH.-H., Are plants of sea beaches and dunes true halophytes? (*Botanical Gazette*, vol. 37, p. 434, 1904.) (P. 392.)
- KEARNEY, TH.-H. AND HARTER, L.-L., The comparative Tolerance of various Plants for the Salts common in Alkali Soils. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry. Bulletin No 113, 1907.*) (P. 427.)
- KERNER VON MARILAUN, A., Pflanzenleben. Leipzig und Wien, 1890. (P. 85e.)
- KIHLMANN, A. O., Pflanzenphysiologischen Studien aus Russisch-Lappland. Helsingfors, 1890. (P. 228)
- KIRCHNER, O., Flora von Stuttgart und Umgebung. Stuttgart, 1888. (P. 85e.)
- KIRCHNER, LOEW UND SCHRÖTER, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart. (En cours de publication.) (Pp. 85e, 461.).
- KLEBS, GEORG., Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung. (*Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen*, Bd I, S. 536, 1885.) (P. 85e.)
- KLEIN, E., Die Flora der Heimat. Diekirch, 1897. (P. 85e.)
- KNUTH, P., Handbuch der Blütenbiologie. Leipzig, 1898-1905. (P. 85e.)
- KÖPPEN, W., Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. (*Geographische Zeitschrift*, 1900.) (P. 507.)
- KUMMER, M., Polders du Bas-Escaut en Belgique. (*Annales des travaux publics de Belgique*, t. II, p. 5, 1844.) (Pp. 189, 195, 456.)
- LANCASTER, A., Voir MONOGRAPHIES AGRICOLES DE LA BELGIQUE.
- 1900, La direction du vent à Bruxelles, d'après cinquante années d'observations. (*Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique*, 1900, p. 424.) (P. 221.)
- LANGE, J., Haandbog i den danske Flora. Copenhagen, 1886-1888. (P. 2 g, 488)
- LAURENT, L., Les progrès de la paléobotanique angiospermique dans la dernière décade. (*Progressus rei botanicae*, t. I, p. 319, 1907.) (P. 496.)
- LEDEBOUR, C. F. A., Flora Rossica. Stuttgart, 1842-1853. (P. 2 g.)
- LE ROUX, M., Recherches biologiques sur le lac d'Annecy. (*Annales de biologie lacustre*, t. II, p. 220, 1907.) (P. 461.)
- LESAGE, P., Recherches expérimentales sur les modifications des feuilles chez les plantes maritimes. (*Revue générale de botanique*, t. II, p. 54, 1890.) (P. 426.)
- LEYSEN, TH., Dessèchement des mares et des marais de la commune de Berlaere. (*Annales du Cercle archéologique de la ville et de l'ancien pays de Termonde*, 2^e série, t. I, p. 243, 1868.) (P. 464.)
- LIVINGSTON, B. E., ASSISTED BY JENSEN, BREAZEALE, PEMBER AND SKINNER, Further Studies on the Properties of Unproductive Soil. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils. Bulletin No 36, 1907.*) (P. 305.)

- LIVINGSTON, B. E., BRITTON, J. C., AND REID, F. R., Studies on the Properties of an Unproductive Soil. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils. Bulletin No 28, 1905.*) (P. 305.)
- LLOYD, J., Flore de l'ouest de la France, 5^e édition publiée par les soins de M. E. GADECEAU. Paris, 1898. (Pp. 487, 48^e.)
- LOEY, O., The physiological Role of mineral Nutrients in Plants. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry. Bulletin No 45, 1903.*) (P. 427.)
- LUBBOCK, SIR JOHN, A contribution to our knowledge of Seedlings. London, 1892. (P. 85 e.)
- MAC LEOD, J., 1892, De Flora van den Sasput bij Thourout. (*Botanisch Jaarboek, 4^{de} jaargang. Gent, 1892.*) (P. 500.)
- 1893, Over de bevruchting der bloemen in het Kempisch gedeelte van Vlaanderen. (*Botanisch Jaarboek, 5^{de} en 6^{de} jaargangen. Gent, 1893.*) (P. 85 e.)
- MAGOWAN, FL. N., The toxic effect of certain common Salts of the Soil on Plants. (*The Botanical Gazette, vol. XLV, p. 45, 1908.*) (P. 428.)
- MAGNIN, ANT., La végétation des lacs du Jura : Monographies botaniques de 74 lacs jurassiens, suivies de considérations générales sur la végétation lacustre. Paris, 1904. (P. 461.)
- MASCLEF, A., 1886, Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département du Pas-de-Calais. Arras et Paris, 1886. (P. 488.)
- 1892, Sur l'adaptation du *Pteris aquilina* aux sols calcaires. (*Revue générale de Botanique, t. IV, p. 7; 1892.*) (P. 391.)
- MASSART, J., 1893, La biologie de la végétation sur le littoral belge. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique, t. XXXII, 1893.*) (Pp. 398, 413, 414.)
- 1894, La récapitulation et l'innovation en embryologie végétale. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique, t. XXXIII, p. 150; 1894.*) (P. 85 e.)
- 1902, L'accommodation individuelle chez *Polygonum amphibium*. (*Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, vol. I, 1902.*) (P. 495.)
- 1903, 1, Comment les plantes vivaces maintiennent leur niveau souterrain. (*Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, t. I, fascicule 4, 1903.*) (Pp. 85 e, 274.)
- 1903, 2, Comment les plantes vivaces sortent de terre au printemps. (*Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, t. I, fascicule 4.*) (P. 85 e.)
- 1903, 3, Comment les jeunes feuilles se protègent contre les intempéries. (*Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, t. I, fascicule 4.*) (P. 267.)
- 1904, 1, Les conditions d'existence des arbres dans les dunes littorales. (*Bulletin de la Société centrale forestière de Belgique, 1904.*) (Pp. 225, 407, 418.)
- 1904, 2, Notice sur les collections éthologiques du Jardin botanique de l'État. (*Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles, t. I, 1904.*)

- MASSART, J., 1904, 3, La quarante et unième herborisation de la Société de Botanique de Belgique : Genck. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. XLI, p. 208; 1904.)
- 1904-1905, Les Muscinées du littoral belge. (*Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique*, t. XLII, 1904. et *Bulletin du Jardin botanique de l'État à Bruxelles*, vol. I, n° 6, 1905.) (P. 473.)
- 1906, Sommaire du cours de botanique fait en candidature en sciences naturelles. Bruges, 1906. (P. 479.)
- MAY, D.-W., The Relation of Lime and Magnesia to Plant Growth. — II. Experimental Study to the Relation of Lime and Magnesia to Plant Growth. (*U. S. Department of Agriculture. Bureau of Plant Industry. Bulletin n° 1, 1901.*) (P. 427.)
- MAYER, ADOLF, Lehrbuch der Agrikulturchemie. II. Teil, I. Abteilung : Die Bodenkunde, 5. Auflage. Heidelberg, 1901. (P. 329.)
- MEINARDUS. (Voir BÖRNSTEIN.)
- MERCATOR. (Voir WAUWERMANS.)
- METEOROLOGISCH JAARBOEK, uitgegeven door het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut. (P. 248.)
- METEOROLOGISK AARBØG, udgivet af det danske meteorologisk Institut. (P. 248.)
- MEYNNE, 1876, 1, Histoire de Nieuport. Bruges, 1876. (P. 191.)
- 1876, 2, Les transformations du littoral des Flandres, 2^e édition. Bruges, 1876. (P. 193.)
- MONOGRAPHIES AGRICOLES DE LA BELGIQUE, publiées par le Ministère de l'Agriculture (Service des Agronomes de l'État). Un fascicule spécial est consacré à chacune des neuf régions agricoles de la Belgique. Le chapitre relatif au climat est rédigé, dans chaque fascicule, par M. LANCASTER; les chapitres « Géologie et Hydrologie » sont faits par M. STAINIER; les analyses de terre ont été faites sous la direction du regretté PETERMANN, à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux; tous les chapitres purement agricoles sont dus aux agronomes circonscriptionnaires de l'État. Bruxelles, 1899-1901. (Pp. 210, 214, 306, 467.)
- MOORE, D., Contribution towards a *Cybele Hibernica*. Dublin, 1886. (P. 2 g.)
- MOURLON, M., 1895, Planchette Nieuport-Leke de la carte géologique au 40 000^{me}. (P. 193.)
- 1906, Résultats scientifiques de la rupture d'une digue de l'Escaut près de Thielrode, sur le territoire de Tamise. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [Classe des Sciences], 1906, n° 4, p. 227.) (P. 183.)

- NOLL, FR., Ueber den bestimmenden Einfluss von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. (*Landwirthschaftliche Jahrbücher*, S. 361, 1900. (P. 273.)
- NORMAN, J.-M., Norges arktiske Flora. Christiania, 1894-1895. (P. 2 g.)
- NYMAN, F., Conspectus Florae europaeae. Orebro. 1878-1882. (P. 2 g.)
- OLIVER, F.-W., 1097, 1. The Bouche d'Erquy in 1907. (*The New Phytologist*, vol. VI, n° 9, 1907.) (P. 432.)
- 1907. 2. An Experiment in co-operative Field-Work in Botany. (*Transactions of the South-Eastern Union of Scientific Societies*, 1907.) (P. 428.)
- OUDEMANS, C.-A.-J.-A., De flora van Nederland. 2^{de} druk. Amsterdam, 1872-1874. (P. 2 g, 488.)
- PENCK, A., Die Entwicklung Europas seit der Tertiärzeit. (*Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*, p. 12. Iena, 1906.) (Pp. 177, 181, 182, 496.)
- PETERMANN. (VOIR MONOGRAPHIES AGRICOLES DE LA BELGIQUE.)
- PETIT, L., Étude sur les courants de l'Escaut et de la Durme. (*Annales des Travaux publics de Belgique*, t. XL, 1883.) (Pp. 441, 442.)
- RAMANN, E., Bodenkunde, 2. Auflage. Berlin, 1905. (Pp. 304, 329, 333, 335, 367, 491.)
- RAUNKIAER, C., 1895-1899, De danske Blomsterplanters Naturhistorie. Første Bind : Enkimbladede. Kjöbenhavn, 1895-1899. (Pp. 85 e, 393, 396, 411, 414, 429, 430, 434, 449, 463, 473.)
- 1903, Types biologiques pour la géographie botanique. (*Académie royale des sciences et des lettres de Danemark*. Bulletin de l'année 1905.) (Pp. 262, 263.)
- REID, CL. AND REID, EL. M., On the Pre-Glacial Flora of Britain. (*The Journal of the Linnean Society, Botany*, vol. XXXVIII, p. 206; 1908.) (Pp. 496, 514.)
- REINKE, J., Botanisch-geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. (*Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, Neue Folge, Bd VIII. Ergänzungsheft. Abteilung Kiel. Kiel und Leipzig, 1903.) (P. 487.)
- RESVOLL, THECLA R., Pflanzenbiologische Beobachtungen aus dem Flugsandgebiet bei Røros im inneren Norwegen. (*Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* Bd XLIV, S. 236; 1906.) (P. 403, 501.)
- ROCHET, E., Description hydrographique de l'Escaut, depuis son embouchure jusqu'à Anvers. Bruxelles. 1804. (P. 441.)
- ROYER, CH., Flore de la Côte d'Or. Paris. 1881. (P. 85 e.)
- RUTOT, A., 1897, 1, Les origines du Quaternaire de la Belgique. (*Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*, t. XI, Mémoires, 1897. (Pp. 171 à 180.)

- RUTOR, A., 1897-1898, Les conditions d'existence de l'homme et les traces de sa présence au travers des temps quaternaires et des temps modernes en Belgique. (*Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles*, t. XVI, 1897-1898 (Pp. 171 à 178.)
- 1903, Sur les antiquités découvertes dans la partie belge de la plaine maritime. (*Bulletin de la Société d'anthropologie de Bruxelles*, t. XXI, 1903.) (Pp. 185, 186, 187.)
- 1906, Essai de comparaison entre la série glaciaire du professeur A. Penck et les divisions du Tertiaire supérieur et du Quaternaire de la Belgique et du nord de la France. (*Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*, t. XX, 1906. (Pp. 173, 176, 177, 181, 182.)
- SCHENCK, H., Die Biologie der Wassergewächse. Bonn, 1886. (P. 461.)
- SCHIMPER, A.-F.-W., 1891, Die indo-malayische Strandflora. Iena, 1891. (Pp. 214, 317, 365.) (P. 509.)
- 1898, Pflanzen-Geographie auf physiologischer Grundlage. Iena, 1898. (P. 214.)
- SCHREINER, O., AND FAILYER, G.-H., Colorimetric, Turbidity, and Titration Methods used in Soil Investigations. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils*. Bulletin No 31, 1906.) (P. 305.)
- SCHREINER, O., AND REED, S.-H., Some factors influencing Soil Fertility. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils*. Bulletin, No 40, 1907.) (P. 305.)
- SCHREINER, O. AND REED, S.-H., ASSISTED BY SKINNER, J.-J., Certain organic Constituents of Soils in relation to Soil Fertility. (*U. S. Department of Agriculture, Bureau of Soils*. Bulletin No 47, 1907.) (P. 470.)
- SCHRÖDER, G., Ueber die Austrocknungsfähigkeit der Pflanzen. (*Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen*, Bd II, 1886-1888.) (P. 285.)
- SCHRÖTER, C., UND KIRCHNER, O., Die Vegetation des Bodensees. Lindau 1896-1902. (P. 461.)
- SMITH, A. M., On the application of the theory of Limiting Factors to measurements and observations of Growth in Ceylon. (*Annals of the Royal Botanic Gardens, Peradeniya*, vol. III, p. 303; 1906.) (P. 255.)
- SOLMS-LAUBACH, H., GRAF ZU, Die leitenden Gesichtspunkte einer allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig, 1905. (P. 317, 493.)
- STAINIER. (Voir MONOGRAPHIES AGRICOLES DE LA BELGIQUE.)
- STAHL, E., 1894, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. (*Botanische Zeitung*, Jahrg. 52, Heft VI, VII; 1894. (Pp. 293, 426, 428.)
- 1896, Ueber bunte Laubblätter. (*Annales du Jardin botanique de Buitenzorg*, vol. XIII, p. 137; 1896.) (P. 262.)

- STAHL, E., 1900, Der Sinn der Mycorrhizenbildung. (*Fahrb. f. wiss. Botanik*, Bd XXXIV, S. 539; 1900.) (Pp. 85 e, 330.)
- STESSELS, A., 1863-1864, Mémoire sur les Marées de l'Escaut. (*Annales des travaux publics de Belgique*, t. XXI, p. 341; 1863-1864.)
- 1865, Étude sur l'Escaut maritime. (*Annales des travaux publics de Belgique*, t. XXIII, p. 1; 1865.) (P. 442.)
- 1872, Discussion des observations de la marée et de ses effets dans l'Escaut. (*Annales des travaux publics de Belgique*, t. XXX, p. 197; 1872.) (Pp. 438, 440.)
- SUPAN. (Voir HANN, 1906.)
- TANNER-FULLEMAN, M., Contribution à l'étude des lacs alpins : Le Schoenenbodensee. (*Bulletin de l'herbier Boissier*, 2^e série, t. VII; 1897.) (P. 461.)
- VANDENBERGHE, AD., Bijdrage tot de studie der Belgische kustflora. *Salicornia herbacea*. (*Botanisch Jaarboek uitgegeven door het kruidkundig genootschap Dodona te Gent*, 2^{de} jaargang; 1890.) (P. 432.)
- VANDER MEERSCH, E., Notice sur la florule du Kraene-Poel. (*Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, t. XIII, p. 224; 1874.) (P. 500.)
- VAN OVERLOOP, E., Les origines du bassin supérieur de l'Escaut. Bruxelles, 1889. (P. 180.)
- VAN RIJSSELBERGHE, FR., Notes sur les oscillations du littoral belge. (*Mémoires couronnés et autres mémoires de l'Académie royale des sciences de Belgique*, t. XXIX; 1890.) (Pp. 204, 205.)
- VAN WERVEKE, A.-K., Étude sur le cours de l'Escaut et de la Lys-Durme au moyen âge. (*Bulletin de la Société belge de géographie*, t. XVI; 1892.) (P. 180.)
- VERBIST, PEETER, Het noorder deel van 't Graefschap Vlaendren, vervatende het Vrije. Anno 1644. (Un exemplaire de cette carte se trouve au Cabinet des Estampes de la Bibliothèque royale de Bruxelles.) (P. 201.)
- VERSTRAETE, E.-J., Nouvelles études sur le cours primitif de l'Escaut en aval de Gand. (*Bulletin de la Société belge de géographie*, t. II; 1878.) (P. 180.)
- VOIES NAVIGABLES DE LA BELGIQUE. Publication du Ministère des Travaux publics. Direction des travaux hydrauliques. Bruxelles, 1880. (P. 438.)
- DE VRIES, H., 1901-1903, Die Mutationstheorie. 2 volumes. Leipzig, 1901-1903. (P. 493.)
- 1907, 1, De duinen langs het meer van Michigan. (*Album der Natuur*, 1907.) (P. 501.)
- 1907, 2, Plant-Breeding. Comments on the experiments of Nilsson and Burbank. London, 1907. (Pp. 494, 513.)
- VUYCK, LAURENS, De plantengroei der duinen. Leiden, 1898. (Pp. 331, 342, 344.)

-
- WARMING, E., 1884, Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse. (*Naturhistorisk Forenings Festskrift*. Kjöbenhavn, 1884.) (P. 85 e.)
- 1891, De psammophile Formationer i Danmark. (*Videnskabelige Meddelelser fra den Naturh. Forening i Kjöbenhavn*, 1891, S. 153.) (Pp. 393, 394, 396, 397, 403, 473.)
- 1897, 1, Ekursionen til Skagen i Juli 1896. (*Botanisk Tidsskrift*, 21. Bind, S. 59; 1897.) (Pp. 393, 404, 449, 473.)
- 1897, 2, Botaniske Ekursioner. 3. Skarriidsö. (*Videnskabelige Meddelelser fra den Naturh. Forening i Kjöbenhavn*, 1897, S. 164.) (Pp. 393, 449, 463.)
- 1902, Lehrbuch der ökologische Pflanzengeographie, 2. Aufl. der deutschen Ausgabe. Berlin, 1902. (Pp. 228, 365.)
- 1904, Bidrag til Vadernes, Sandenes og Marskens Naturhistorie. (*Mémoires de l'Académie des Sciences et des Lettres de Danemark*, 7^e série, section des Sciences, t. II, n^o 1; 1904.) (P. 425.)
- 1906, Dansk Plantevaekst. I. Strandvegetation. Kjöbenhavn og Kristiania, 1906. (Pp. 393, 394, 397, 413, 429, 430, 432, 434.)
- WATSON, H.-C., A compendium of the *Cybele britannica*. London, 1870. — Supplement, 1872. (P. 2 g.)
- WAUVERMANS, Note sur les variations de l'Escaut au XVI^e siècle, à propos de l'exemplaire unique de la carte de Flandre de Mercator acquise par la ville d'Anvers. (*Bulletin de la Société de géographie d'Anvers*, t. I, p. 155; 1877.) (P. 200.)
- WEBER, C.-A., 1896, Ueber die fossile Flora von Honerdingen und das nordwestdeutsche Diluvium. (*Abhandlungen herausgegeben vom naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen*, Bd XIII, p. 413; 1896.) (Pp. 496, 514.)
- 1906, Die Geschichte der Pflanzenwelt der norddeutschen Tieflandes seit der Tertiärzeit. (*Résultats du Congrès international de Botanique de Vienne en 1905*, p. 98. Iena, 1906.) (Pp. 496, 509.)
- (Voir GRAEBNER, 1907.)
- WERY, JOSÉPHINE, Sur le littoral belge, 2^e édition. Bruxelles, 1908. (Pp. 424, 469.)
- WIESNER, J., 1893, Photometrische Untersuchungen auf Pflanzenphysiologischen Gebiete. (*Sitz-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien*, Meth.-Naturw. Classe, Bd 102, Abth. I; 1893.) (P. 213.)
- 1895, Untersuchungen über den Lichtgenuss der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Cairo und Buitenzorg (Java). (*Sitz-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien*, Math.-Naturw. Classe, Bd 104, Abth. I; 1895.) (P. 213.)

-
- WHITNEY, M., Soil Fertility. (*U. S. Department of Agriculture*, Farmers Bulletin No 257; 1906.) (Une traduction de cette notice a paru dans *Annales de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier*. Nouvelle série, t. VII, p. 89; octobre 1907.) (Pp. 305, 363, 367, 373, 412, 486.)
- WHITNEY, C. AND CAMERON, F.-K., 1903, The Chemistry of the Soil as related to Crop Production. (*U. S. Department of Agriculture*, Bureau of Soils, Bulletin No 22; 1903.) (P. 305.)
- 1904, Investigations in Soil Fertility. (*U. S. Department of Agriculture*, Bureau of Soils, Bulletin No 23; 1904.) (P. 305.)
- WOLTERS, Évacuation des eaux des Flandres. (Octobre 1839.) (Des exemplaires de ces cartes se trouvent au Cabinet des estampes de la Bibliothèque royale de Bruxelles.) (P. 202.)
- WOLLNY. (Voir HILGARD.)
- ZOLLA, D., Revue annuelle d'Agronomie. (*Revue générale des sciences pures et appliquées*, 18^e année, p. 319; 30 avril 1907.) Cette revue donne un résumé des idées de M. WHITNEY (1906).
-

LISTE ALPHABETIQUE DES PLANTES

Les nombres suivis de l'indice *g* se rapportent à la *liste géographique*; ceux qui sont suivis de l'indice *a*, à la *liste des associations*; ceux qui sont suivis de l'indice *e*, à la *liste éthologique*.
Les indications « phot. », « diagr. », « carte » renvoient aux planches photographiques, aux diagrammes et aux cartes.

A

- Abies balsamea* : Culture dans les dunes, 379.
A. concolor : id., 379.
A. grandis : id., 379.
A. nobilis : id., 379.
A. pectinata : id., 379.
A. Pichta : id., 379.
Acarospora Heppii : 48 *a*.
Acer californicum : Culture dans les dunes, 376, 383.
A. dasycarpum : id., 382.
A. macrophyllum : id., 382.
A. Negundo : id., 376, 383.
A. pennsylvanicum : id., 383.
A. rubrum : id., 382.
A. saccharinum : id., 383.
Achillea Millefolium : 34 *g*, 80 *a*, 98 *e*, 110 *e*. — Assimilation en toute saison, 258. — Sur les dunes fixées, 403. — Sur les dunes continentales, 501, 504.
A. Ptarmica : 34 *g*, 80 *a*, 120 *e*.
Acorus Calamus : 10 *g*, 60 *a*, 116 *e*.

Adoxa Moschatellina : 32 g. — Manque sur le littoral, 359.

Æcidium Jacobaeae : 40 a.

Æ. Parnassiae : 40 a.

Ægopodium Podagraria : 26 g, 72 a, 108 e. — Dans les bosquets des dunes, 418, 480.

Æthusa Cynapium : 26 g, 74 a, 108 e.

Agaricus campestris : 42 a.

Agrimonia Eupatoria : 20 g, 68 a, 106 e. — Hémicryptophyte, 263.

Agropyrum : Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 277. — Rigidité, 283.

A. acutum : 8 g, 58 a, 88 e. — Lutte pour l'existence, 359. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Spécial au littoral, 505. — Distribution géographique, 508.

A. junceum : 8 g, 56 a, 88 e; phot. 10. — Rigidité, structure de la feuille, 282, 283. — Réduction de la transpiration, 292, 295. — Sur la plage, 394, 421, 505. — Distribution géographique, 488, 508.

A. pungens : 8 g, 58 a, 88 e, 100 e, 102 e; phot. 101. — Réduction de la transpiration, 295. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Près des eaux saumâtres, 461. — Distribution géographique, 510.

A. repens : 8 g, 58 a, 102 e. — Structure de la feuille, 282, 296. — Manque dans le sable à *Cardium*, 471. — Sur les dunes continentales, 502.

Agrostemma Githago : 14 g.

Agrostis alba : 6 g, 56 a, 86 e, 114 e; phot. 49. — Rigidité, structure de la feuille, 279, 282, 296, 410. — Exigences alimentaires, 384, 386. — Dans les mares d'hiver, 413, 414. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

A. salina : redevient *A. alba*, 495.

A. vulgaris : 6 g, 56 a, 86 e. — Sur les dunes continentales, 502.

Ailanthus glandulosa : Culture dans les dunes, 382.

Aira caryophyllea : 6 g, 56 a, 86 e; phot. 167. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474. — Sur les dunes continentales, 502.

A. praecox : 6 g.

Ajuga reptans : 28 g, 76 a.

Alchemilla arvensis : 20 g.

Alisma Plantago : 4 g, 54 a, 114 e; phot. 118. — Assimilation en été, 260. — Hémicryptophyte, 264. — Rigidité, 279. — Exigences alimentaires, 384, 386. — Sur les alluvions fluviales, 445.

Alliaria officinalis : 18 g, 66 a, 106 e.

Allium oleraceum : 10 g.

A. vineale : 10 g, 60 a, 102 e. — Bulbe, 291. — Dans les dunes, 480. — Sur les dunes continentales, 502.

Alnus cordifolia : Culture dans les dunes, 380.

A. glutinosa : 40 a; phot. 64. — Dans la tourbe, 182, 183, 500. — Action du vent, 233. — Culture dans les dunes, 374, 417.

A. incana : Culture dans les dunes, 374, 376, 380.

A. oregona : Culture dans les dunes, 380.

Alopecurus agrestis : 6 g.

A. geniculatus : 6 g, 56 a, 102 e.

A. pratensis : 6 g, 56 a, 102 e.

Alsine tenuifolia : 14 g.

Althaea officinalis : 22 g, 70 a, 106 e. — Espèce méridionale, 218. — Assimilation en été, 260. — Près de sources salées, 512.

Alyssum calycinum : 18 g. — Callicole, 390.

A. incanum : 18 g.

Amblystegium riparium : 52 a.

A. r. distichum : 52 a.

A. serpens : 52 a.

Ammophila arenaria : 6 g, 40 a, 56 a, 86 e; phot. 9, 15, 17, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 40; diagr. 7. — Mort des feuilles pendant l'hiver, 259. — Cryptophyte et hémicryptophyte, 265. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Plantation dans les dunes, 268, 269. — Persistance des poils radicaux, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 277. — Rigidité, structure de la feuille, 282, 283, 410. — Portant des champignons saprophytes, 289. — Réduction de la transpiration, 292, 295, 297, 299. — Mosaique foliaire, 302. — Défense contre les herbivores, 345. — Sur les dunes mobiles, 395, 396, 398, 399, 406. — Sur les dunes fixées, 402, 403, 406. — Dans les pannes sèches, 408. — Dans les pannes humides, 410. — Dans les mares d'hiver, 414. — Recherche le sable mobile, 482. — Distribution géographique, 488. — Sur les dunes continentales, 501, 502.

Amorpha fruticosa : Culture dans les dunes, 376, 382.

Anacamptis pyramidalis : 12 g, 88 e; carte, 12. — Tubercule, 290. — Callicole, 390. — Dans les pannes humides, 410, 411.

Anagallis : Stomates aquifères, 301.

A. arvensis : 26 g, 74 a, 94 e.

A. coerulea : 26 g.

- A. tenella* : 26 g, 74 a, 120 e; phot. 52. — Localisation dans les pannes humides, 343, 412. — Dans les pannes humides, 410.
- Anaptychia ciliaris* : 46 a.
- Anchusa officinalis* : 28 g, 76 a, 96 e.
- Anemone nemorosa* : 16 g. — Végétation printanière, 256.
- A. ranunculoides* : 16 g.
- Angelica sylvestris* : 26 g, 74 a, 108 e.
- Anthemis tinctoria* : 32 g.
- A. arvensis* : 32 g.
- A. Cotula* : 32 g.
- Anthoxanthum odoratum* : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e.
- Anthriscus sylvestris* : 24 g, 72 a, 108 e.
- A. vulgaris* : 24 g, 72 a. — Hémicryptophyte, 264. — Feuilles étalées en rosette, 270, 271.
- Anthyllis Vulneraria* : 20 g, 70 a, 92 e; phot. 79 a. — Bisannuel ou vivace, 257. — Hémicryptophyte, 264. — Réduction de la transpiration, 293. — Calcicole, 391. — Sur les dunes fixées, 402. — Manque sur le sable à *Cardium*, 471.
- A. v. maritima* : Distribution géographique, 489.
- Antirrhinum Orontium* : 30 g.
- A. majus* : 30 g.
- Apera Spica-venti* : 6 g, 56 a. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- Apium graveolens* : 24 g, 72 a, 108 e. — Sur les falaises, 229. — Sur les digues contre les schorres, 436. — Près des eaux saumâtres, 461. — Distribution géographique, 514.
- A. inundatum* : 24 g, 72 a, 118 e. — Dans les pannes humides, 412.
- A. nodiflorum* : 24 g, 72 a, 118 e. — Rigidité, 283. — Exigences alimentaires, 320.
- A. repens* : 24 g.
- Arabis hirsuta* : 18 g, 68 a, 92 e. — Bisannuel ou vivace, 257. — Réduction de la transpiration, 294. — Calcicole, 390. — Sur les dunes fixées, 402. — Manque sur le sable à *Cardium*, 471. — Sur les dunes continentales, 503.
- Arctium majus* : 34 g, 82 a.
- A. minus* : 34 g, 112 e.
- Arenaria serpyllifolia* : 14 g, 64 a, 90 e. — Végétation hivernale, 256. — Sur le sable à *Cardium*, 474. — Sur les dunes continentales, 503.
- A. peploides* : 14 g, 64 a, 90 e; phot. 6. — Assimilation en été, 260. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Rigidité, structure charnue de la feuille, 282, 290. — Sur la plage, 394, 505. — Distribution géographique, 508.

Aristolochia Clematidis : 12 g, 62 a, 90 e.

Armeria elongata : Distribution géographique, 488, 513.

A. maritima : 26 g, 74 a, 100 e; phot. 105. — Assimilation en toute saison, 258. — Hémicryptophyte, 263. — Rigidité, structuré de la feuille, 282. — Réduction de la transpiration, 294. — Lutte pour l'existence, 356, 357, 358, 359. — Date de la floraison, 426. — Sur le schorre, 430, 431. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Distribution géographique, 488, 489. — Origine géographique, 513.

Armillaria singulata : 42 a.

Arnica montana : en Ardenne et en Campine, 497.

Arnoseric minima : 34 g, 82 a. — Calcifuge, 391. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 480.

Arrhenatherum elatius : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e. — Hémicryptophyte, 263. — Rigidité, structure de la feuille, 279, 282, 296, 410. — Mangé par les Lapins, 346. — Dans les pannes humides, 411. — Dans les bosquets des dunes, 419. — Sur les alluvions fluviales, 450. — Manque sur le sable à *Cardium*, 471.

Artemisia maritima : 34 g, 80 a, 100 e. — Réduction de la transpiration, 293, 298, 299. — Mosaïque foliaire, 302. — Sur le schorre, 430. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Distribution géographique, 511. — Origine géographique, 512.

A. Abrotanum : Résiste aux hivers du littoral, 218.

A. vulgaris : 34 g, 80 a, 110 e. — Hémicryptophyte, 263. — Sur le sable à *Cardium*, 470.

Arthonia galactites : 48 a.

Arundinaria japonica : Culture dans les dunes, 379.

Asparagus officinalis : 10 g, 60 a, 88 e. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Rhizome, 291. — Réduction de la transpiration, 292, 364. — Mycorhizes, 331. — Sur les dunes fixées, 404, 505. — Origine géographique, 505. — Distribution géographique, 508. — Espèce méridionale, 509.

Asperula cynanchica : 30 g, 78 a, 96 e; phot. 79 A. — Calcicole, 391. — Manque sur le sable à *Cardium*, 472. — Sur les dunes continentales, 504.

Aspidium Filix-mas : 4 g. — Manque sur le littoral, 359.

A. spinulosum : Dans les bosquets du sable à *Cardium*, 475.

A. Thelypteris : 4 g. — Calcifuge? 392.

Asplenium Ruta-muraria : 4 g.

Aster Tripolium : 32 g, 80 a, 100 e, 110 e; phot. : 101, 102, 104. — Rigidité, structure de la feuille, 279, 282. — Entomophilie, 350. — Parasité par un insecte, 351. — Lutte pour l'existence, 352, 357. — Dans les polders, 364, 461. — Fenaison, 429. — Sur le schorre, 430. — Au bord des marigots du schorre, 433. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Distribution géographique, 511.

Astragalus Glycyphyllos : 20 g.

Athyrium Filix-femina : 4 g. — Manque sur le littoral, 359.

Atriplex hastata : 14 g, 62 a, 104 e.

A. laciniata : 14 g, 62 a, 90 e, 104 e. — Réduction de la transpiration, 294, 299. — Sur la plage, 394, 505. — Sur les digues contre le schorre, 436. — Distribution géographique, 508.

A. littoralis : 14 g, 62 a, 90 e, 104 e. — Réduction de la transpiration, 294. — Sur la plage, 394, 505. — Sur les digues contre le schorre, 436, 466. — Distribution géographique, 508.

A. patula : 14 g, 62 a, 104 e.

A. pedunculata : 14 g. — Réduction de la transpiration, 294, 299.

A. portulacoides : 14 g, 62 a, 100 e; phot. 102. — Assimilation en toute saison, 256. — Chaméphyte, 263. — Structure charnue de la feuille, 282, 290. — Réduction de la transpiration, 294, 299. — Mosaïque foliaire, 302. — Au bord des marigots du schorre, 421, 430, 433. — Distribution géographique, 510.

Atropis : Origine des espèces, 513.

A. Borreri : 6 g.

A. distans : 6 g, 58 a, 98 e. — Distribution géographique, 511.

A. maritima : 6 g, 58 a, 98 e; phot. 102, 104, 105, 106. — N'habite pas les falaises, 229. — Hémicryptophyte, 263. — Rigidité, structure de la feuille, 282. — Réduction de la transpiration, 296. — Lutte pour l'existence, 352, 356, 358, 359. — Sur le schorre, 421, 431. — Fenaison, 429. — Au bord des marigots du schorre, 433. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Distribution géographique, 511.

A. procumbens : 8 g.

Aucuba japonica : Résiste aux hivers du littoral, 215.

Aune, voir *Alnus glutinosa*.

Avena pubescens : 6 g. — Calicicole, 390.

A. sativa : 38 a. — Importance de la pluie, 506.

B

- Bacidia herbarum* : 48 a.
B. muscorum : 48 a.
Ballota nigra : 28 g, 76 a, 110 e.
Barbarea intermedia : 18 g.
B. vulgaris : 18 g.
Barbula convoluta : 50 a.
B. fallax : 50 a.
B. unguiculata : 50 a.
Beggiatoa : Dans les fosses du schorre : 434.
Bellis perennis : 32 g, 80 a, 98 e, 110 e. — Assimilation en toute saison, 257. —
 Manque sur le sable à *Cardium*, 472.
Beta maritima : 14 g, 62 a, 104 e. — Sur les digues près des schorres, 436, 466. —
 Distribution géographique, 514.
B. vulgaris (Betterave) : 38 a ; phot. 181. — Culture dans les polders, 467.
Betula alba : Dans la tourbe, 182, 183, 500. — Action du vent, 234.
B. papyrifera : Culture dans les dunes, 380.
Bidens cernua : 32 g, 80 a, 120 e.
B. tripartita : 32 g, 80 a, 120 e.
Blechnum Spicant : 4 g.
Blyttia Lyelli : 50 a. — Dans les pannes humides, 408.
 Bouleau, voir *Betula alba*.
Bovista plumbea : 42 a.
Brachypodium sylvaticum : 8 g.
Brachythecium albicans : 52 a. — Formant un écran sur le sable, 272. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Calcifuge ? 392.
B. glareosum : 52 a.
B. rivulare : 52 a.
B. rutabulum : 52 a.
B. velutinum : 52 a.
B. v. intricatum : 52 a.
Brassica nigra : 18 g, 66a. — Annuel estival, 259. — Messicole dans les dunes, 417. — Sur les alluvions fluviales, 437. — Sa vigueur sur les alluvions fluviales, 446. — Manque sur le sable à *Cardium*, 471.

- B. Rapa* : Culture dans les dunes, 416. — Non cultivé dans les polders, 467.
- Briza media* : 6 g, 56 a, 86 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- Bromus arvensis* : 8 g.
- B. erectus* : 8 g.
- B. mollis* : 8 g, 58 a, 86 e.
- B. racemosus* : 8 g.
- B. secalinus* : 8 g, 58 a. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- B. sterilis* : 8 g, 58 a, 102 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- B. tectorum* : 8 g, 58 a, 86 e. — Structure de la feuille, 296. — Sur les dunes continentales, 502.
- Broussonetia papyrifera* : Culture dans les dunes, 381.
- Brunella vulgaris* : 28 g, 76 a, 96 e, 110 e. — Hémicryptophyte, 263. — Exigences alimentaires, 389. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- Bryonia dioica* : 32 g, 80 a, 110 e. — Jeunes tiges coudées, 266. — Dissémination par les Oiseaux, 348. — Dans les bosquets des dunes, 419.
- Bryum argenteum* : 52 a. — Réviviscence, 287. — Sur les dunes fixées, 400.
- B. caespititium* : 52 a.
- B. capillare* : 52 a. — Réviviscence, 287.
- B. pendulum* : 52 a.
- B. pseudotriquetrum* : 52 a.
- Buellia myriocarpa* : 48 a.
- Buis, voir *Buxus*.
- Bupleurum rotundifolium* : 24 g.
- B. tenuissimum* : 24 g, 72 a, 108 e. — Sur les digues contre les schorres, 436. — Distribution géographique, 514.
- Butomus umbellatus* : 6 g, 56 a, 114 e. — Dans les polders, 463.
- Buxus sempervirens* : Culture dans les dunes, 382. — Dans la tourbe? 500.

C

Caeoma : 40 a.

Cakile maritima : 18 g, 66 a, 12 e; phot. 9. — N'habite pas les falaises, 229. — Annuel estival, 259. — Action sur le dépôt du sable, 268. — Structure charnue de la feuille, 290. — Lutte pour l'existence, 356. — Sur la plage, 394, 421, 505. — Sur les digues près des schorres, 436. — Distribution géographique, 508.

- Calamagrostis epigeios* : 6 g, 56 a, 86 e; phot. 46. — Mangé par les Lapins, 346. — Dans les pannes sèches, 408. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- C. lanceolata* : 6 g, 56 a, 114 e. — Dans les polders, 465.
- Calla palustris* : Carte 13. — Manque sur le littoral, 481.
- Callitriche* : Assimilation en toute saison, 257.
- C. autumnalis* : 22 g.
- C. obtusangula* : 22 g.
- C. stagnalis* : 22 g, 70 a, 118 e. — Exigences alimentaires, 388.
- C. verna* : 22 g, 70 a, 118 e. — Exigences alimentaires, 388. — Sur les alluvions fluviales, 448. — Dans le sable à *Cardium*, 474.
- Calluna vulgaris* : 26 g, 74 a, 94 e; phot. 163, 166; carte 12. — Chaméphyte, 263. Réduction de la transpiration, 296. — Calcifuge, 317, 391. — Mycorhizes, 331. — Mangé par les Lapins, 345. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490. — Dans la tourbe, 500. — Sur les dunes continentales, 501, 503.
- Caloplaca cerina* : 46 a.
- C. citrina* : 46 a.
- C. phlogina* : 46 a.
- C. pyracea* : 46 a.
- C. vitellina* : 46 a.
- C. vitellinula* : 46 a.
- Caltha palustris* : 16 g, 64 a, 116 e; phot. 115. — Assimilation en toute saison, 260. — Sur les alluvions fluviales, 445, 449, 450. — Sa vigueur sur les alluvions fluviales, 446.
- Calystegia sepium* : 28 g, 76 a, 96 e, 108 e.
- C. Soldanella* : 28 g, 38 a, 76 a, 96 e. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Structure charnue de la feuille, 290. — Mycorhizes, 331. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398, 505. — Sur les dunes fixées, 404. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Distribution géographique, 488, 508, 509.
- Camelina dentata* : 18 g.
- C. sylvestris* : 18 g.
- Campanula Rapunculus* : 32 g.
- C. rapunculoides* : 32 g.
- C. rotundifolia* : 32 g.
- Camptothecium lutescens* : 52 a. — Formant un écran sur le sable, 272. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Sur les pentes les plus humides, 406.

- Candelaria vitellina* : 46 a.
- Capsella Bursa Pastoris* : 18 g, 66 a.
- Cardamine amara* : 18 g, 66 a, 106 e. — Sur les digues, 359.
- C. hirsuta* : 18 g.
- C. pratensis* : 18 g, 66 a, 92 e, 106 e; phot. 115. — Sur les digues contre les alluvions fluviales, 450.
- Carduus crispus* : 34 g.
- C. nutans* : 34 g.
- C. tenuiflorus* : 34 g.
- Carex* : Espèces aquatiques, 486.
- C. acuta* : 8 g, 58 a, 88 e, 114 e.
- C. arenaria* : 8 g, 58 a, 88 e, 114 e; phot. 30, 35, 56, 71, 178, 179; diagr. 7. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Fixant le sable, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 276, 277. — Défense contre les herbivores, 345, 355, 474. — Exigences alimentaires, 386. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398, 406. — Sur les dunes fixées, 406. — Dans les pannes humides, 410. — Dans les mares d'hiver, 414. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Sur le sable à *Cardium*, 474. — Recherche le sable mobile, 481. — Distribution géographique, 488. — Sur les dunes continentales, 502.
- C. distans* : 10 g, 58 a, 88 e; phot. 108. — A la limite supérieure du schorre, 437.
- C. disticha* : 8 g.
- Carex divisa* : 8 g.
- C. echinata* : 8 g.
- C. extensa* : 8 g.
- C. flava* : 8 g, 58 a, 88 e, 114 e. — Exigences alimentaires, 386.
- C. glauca* : 8 g.
- C. Goodenowii* : 8 g, 58 a. — Assimilation en toute saison, 258. — Exigences alimentaires, 386.
- C. hirta* : 10 g, 60 a, 88 e, 102 e. — Exigences alimentaires, 387.
- C. leporina* : 8 g, 58 a, 102 e, 114 e.
- C. muricata* : 8 g, 58 a, 102 e. — Dans les polders, 463.
- C. pallescens* : 8 g, 114 e.
- C. panicea* : 8 g, 58 a, 114 e. — Dans les pannes, 359.
- C. praecox* : 8 g.
- C. pseudo-Cyperus* : 10 g, 38 a, 58 a, 114 e. — Mort des feuilles pendant l'hiver, 259. — Exigences alimentaires, 386.

- C. remota* : 8 g; carte 11. — Manque sur le littoral parce qu'il exige de l'ombre, 359, 419, 480, 507.
- C. riparia* : 10 g, 60 a, 116 e. — Exigences alimentaires, 387. — Dans les polders, 463.
- C. spadicea* : 10 g, 60 a, 116 e.
- C. stricta* : 8 g.
- C. sylvatica* : 10 g. — Manque sur le littoral, 419.
- C. trinervis* : 8 g, 58 a, 85 e; carte 10. — Distribution géographique, 488, 508, 509. — Dans les pannes, 505.
- C. vesicaria* : 10 g, 58 a, 114 e.
- C. vulpina* : 8 g, 58 a, 102 e. — Hémicryptophyte, 263. — Exigences alimentaires, 386.
- Carlina vulgaris* : 34 g, 82 a, 98 e. — Sur les falaises, 229. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Sur les dunes continentales, 504.
- Carya alba* : Culture dans les dunes, 380.
- C. olivaeformis* : id., 380.
- C. porcina* : id., 380.
- C. sulcata* : id., 380.
- C. tomentosa* : id., 380.
- Castanea vulgaris americana* : id., 380.
- Catabrosa aquatica* : 6 g.
- Catharinea undulata* : 52 a.
- Catillaria prasinica* : 45 a.
- Catolechia canescens* : 48 a.
- Centaurea Calcitrapa* : 34 g, 82 a, 112 e.
- C. Cyanus* : 34 g.
- C. facea* : 34 g, 82 a, 98 e, 112 e. — Hémicryptophyte, 263.
- Cephaloxia bicuspidata* : 50 a.
- C. divaricata* : 50 a.
- C. d. byssacea* : 50 a.
- Cerastium arvense* : 14 g, 64 a, 104 e. — Chaméphyte, 263.
- C. caespitosum* : 14 g, 64 a, 90 e, 104 e. — Dans le sable à *Cardium*, 473. — Sur les dunes continentales, 502.
- C. glomeratum* : 14 g, 64 a, 90 e, 104 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471. — Sur les dunes continentales, 503.

- C. pumilum* : 14 g, 64 a, 90 e. — Végétation hivernale, 256. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- C. semidecandrum* : 14 g, 64 a, 90 e; phot. 76. — Végétation hivernale, 256. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Lutte pour l'existence, 352. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- C. tetrandrum* : 14 g, 64 a, 90 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471. — Sur les dunes fixées, 505. — Distribution géographique, 508.
- Ceratodon purpureus* : 50 a. — Réviviscence, 287. — Sur les dunes fixées, 400, 436.
- C. p. pallidus* : 50 a.
- Ceratophyllum* : Découpage des feuilles, 302. — Dans les eaux des polders. 462.
- C. demersum* : 16 g, 64 a, 116 e. — Exigences alimentaires, 388.
- C. submersum* : 16 g, 64 a, 116 e.
- Cercidiphyllum japonicum* : Culture dans les dunes, 381.
- Cetraria aculeata* var. *edentula* : 44 a; phot. 82. — Sur le sable, 288.
- C. a.* var. *spadicea* : 44 a.
- Chaerophyllum temulum* : 24 g, 72 a, 108 e.
- Chamaecyparis obtusa* : Culture dans les dunes, 379.
- C. pisifera* : id., 379.
- Chara* : Dans les dunes, 321.
- C. aspera* : id., 384.
- C. foetida* : id., 384.
- C. hispida* : id., 384.
- Cheiranthus Cheiri* : 18 g.
- Chelidonium majus* : 16 g, 66 a, 104 e.
- Chêne, voir *Quercus pedunculata*.
- Chenopodium album* : 14 g, 62 a.
- C. ficifolium* : 14 g.
- C. hybridum* : 14 g.
- C. murale* : 14 g.
- C. opulifolium* : 14 g.
- C. polyspermum* : 14 g, 62 a, 104 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- C. rubrum* : 14 g, 62 a, 116 e.
- C. Vulvaria* : 14 g.
- Chlora perfoliata* : 26 g, 74 a. 96 e.
- Chromatium* : Dans les fosses du schorre, 434.

- Chrysanthemum Leucanthemum* : 34 g, 80 a, 98 e, 110 e. — Assimilation en toute saison, 258.
- C. segetum* : 34 g.
- C. vulgare* : 34 g, 80 a. — Assimilation en été, 260.
- Chrysosplenium alternifolium* : 18 g.
- Cichorium Intybus* : 34 g, 82 a, 112 e.
- Cicuta virosa* : 24 g, 72 a, 118 e; phot. 151. — Hémicryptophyte, 264.
- Circaea lutetiana* : 24 g.
- Cirsium acaule* : 34 g, 82 a, 98 e; carte 14. — Réduction de la transpiration, 294. — Mycorhizes, 331. — Calcicole, 391.
- C. anglicum* : 34 g, 82 a, 120 e.
- C. arvense* : 34 g, 38 a, 82 a, 112 e.
- C. eriophorum* : 34 g.
- C. lanceolatum* : 34 g, 82 a, 98 e, 112 e. — Bisannuel, 257.
- C. oleraceum* : 34 g, 112 e; carte 10. — Distribution géographique, 508.
- C. palustre* : 34 g, 82 a, 98 e.
- Cladina sylvatica f. tenuis* : 44 a.
- C. s. f. arbuscula* : 44 a; phot. 168. — Formant un écran sur le sable, 272. — Réviviscence, 287.
- Cladium Mariscus* : 8 g.
- Cladonia* : Dans les dunes, 436.
- C. alcornis* : 44 a. — Formant un écran sur le sable, 272. — Réviviscence, 287.
- C. crispata* : 44 a.
- C. fimbriata f. prolifera* : 44 a.
- C. furcata* : 44 a.
- C. f. var. racemosa* : 44 a.
- C. pityrea* : 44 a.
- C. pyxidata var. neglecta* : 44 a.
- C. p. f. syntheta* : 44 a.
- C. p. var. chlorophoea f. simplex* : 44 a.
- C. rangiformis var. pungens f. foliosa* : 44 a. — Dans les pannes sèches, 408.
- Cladophora* : phot. 102, 104. — Sur le slikke, 429. — Dans les marigots du schorre, 433.
- Claviceps purpurea* : 40 a. — Sur *Ammophila*, 396, 402.
- Clematis Vitalba* : 16 g.
- Climacium dendroides* : 52 a; phot. 176. — Dans les pannes sèches, 408.

- Clitocybe cyathiformis* : 42 a.
C. dealbata : 42 a.
C. obsoleta : 42 a.
C. parilis : 42 a.
Cochlearia Armoracia : 18 g.
C. danica : 18 g, 66 a, 106 e; carte 10. — Sur les digues près de la mer, 467. —
 Distribution géographique, 514.
C. officinalis : 18 g.
Colchicum autumnale : 10 g.
Coleosporium Rhinanthacearum : 40 a.
C. Synantherarum : 40 a.
Collema : Dans les pannes humides, 409.
C. cheilum : 48 a.
C. nigrescens var. *purpuraceum* : 48 a.
C. pulposum : 48 a.
C. tenax var. *palmatum* : 48 a. — Sur les dunes fixées, 400.
Conium maculatum : 24 g.
Convallaria majalis : 10 g. — Végétation printannière, 456. — Manque sur le littoral, 359.
Convolvulus arvensis : 28 g, 76 a, 96 e, 108 e; phot. 79 B — Mosaïque foliaire, 302. —
 Sur les dunes fixées, 404.
Cornus sanguinea : 26 g.
Coronopus procumbens : 18 g, 66 a, 104 e. — Annuel estival, 259. — Tiges étalées en rosette, 271.
Corrigiola littoralis : 16 g.
Cortinarius castaneus : 42 a.
C. torvus : 42 a.
Corydalis claviculata : 16 g.
C. solida : 16 g.
Corylus Avellana (Noisetier) : Dans la tourbe, 500.
Corynephorus canescens : 6 g, 56 a, 86 e; phot. 74, 78. — Assimilation en toute saison, 258. — Hémicryptophyte, 263. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 277, 278. — Rigidité, structure de la feuille, 282, 283, 410. — Réduction de la transpiration, 296, 299. — Lutte pour l'existence, 354. — Calcifuge? 302. — Sur les dunes fixées, 403, 406. — Dans les pannes sèches, 408. — Sur le sable à *Cardium*, 473. — Recherche le sable mobile, 482. — Sur les dunes continentales, 502.

- Cotinus Coggygia* : Culture dans les dunes, 382.
Crepis biennis : 34 g.
C. taraxacifolia : 34 g.
C. virens : 34 g, 82 a, 98 e, 112 e. — Sur les dunes continentales, 504.
Crithmum maritimum : Sur les falaises, 229.
Cuscuta densiflora : 28 g.
C. Epithymum : 28 g. — Parasite sur le Trèfle, 301.
C. europaea : 28 g.
Cynoglossum officinale : 28 g, 76 a, 96 e; carte 14. — Hémicryptophyte, 261. — Racine charnue, 291. — Calcicole, 391. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
Cynosurus cristatus : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e. — Défense contre les herbivores, 347.
Cystopteris fragilis : 4 g.
Cystopus Tragopogonis : 38 a.
Cytisus scoparius : 20 g, 68 a, 92 e; phot. 169, 175; carte 12. — Chaméphyte, 263. — Réduction de la transpiration, 292. — Calcifuge, 317, 391. — Défense contre les herbivores, 345. — Culture dans les dunes, 382. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474, 475. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490.

D

- Dactylis glomerata* : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Défense contre les herbivores, 347. — Sur les alluvions fluviales, 450. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
Datura Stramonium : 28 g.
Daucus Carota : 26 g, 74 a, 108 e; phot. 101. — Bisannuel, 257.
Deschampsia caespitosa : 6 g, 56 a, 102 e.
D. flexuosa : 6 g.
Dianthus Armeria : 14 g.
Dicranella heteromalla : 50 a.
Dicranum scoparium orthophyllum : 50 a.
Dilaena, voir *Blyttia*.
Diplotaxis muralis : 18 g.
D. tenuifolia : 18 g, 66 a, 105 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
Dipsacus sylvestris : 32 g, 80 a, 110 e.

Draba verna : 18 g, 66 a, 92 e; phot. 74. — Végétation hivernale, 256. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Lutte pour l'existence, 352. — Sur les dunes fixées, 402. — Manque au sable à *Cardium*, 481. — Sur les dunes continentales, 503.

Drosera rotundifolia : 18 g; carte 14. — Calcifuge, 391, 481. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490.

E

Echinodorus ranunculoides : 6 g, 54 a, 114 e. — Exigences alimentaires, 386. — Calcifuge, 392.

Echium vulgare : 28 g, 76 a.

Eleocharis multicaulis : 8 g.

E. palustris : 8 g, 58 a, 114 e. — Assimilation en été, 261. — Rigidité, 283. — Réduction de la transpiration, 292. — Sur les alluvions fluviales, 357, 449. — Exigences alimentaires, 386.

E. uniglumis : 8 g.

Elisma natans : 4 g, 54 a, 214 e. — Dans les polders, 463.

Elodea canadensis : 6 g, 56 a, 114 e. — Exigences alimentaires, 320, 326, 386, 464.

Elodes palustris : 22 g; carte 13. — Calcifuge, 391, 481.

Elymus arenarius : 8 g, 38 a, 58 a, 86 e. — Rigidité, structure de la feuille, 282, 283. — Réduction de la transpiration, 292, 293, 295. — Sur les dunes mobiles, 398, 403, 406, 505. — Distribution géographique, 508.

Empetrum nigrum : carte 14. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490.

Endophyllum Sempervivi : 40 a.

E. Sedi : 40 a.

Enteromorpha compressa : phot. 3. — Sur la slikke, 429. — Dans les fosses du schorre, 434.

E. intestinalis : phot. 136. — Dans les eaux saumâtres, 461. — Dans les canaux, 465.

Epilobium angustifolium : 24 g.

E. hirsutum : 24 g, 72 a, 108 e. — Sur les alluvions fluviales, 446, 449.

E. montanum : 24 g.

E. palustre : 24 g.

E. parviflorum : 24 g, 40 a, 72 a, 108 e. — Sur les alluvions fluviales, 449.

E. roseum : 24 g.

Épine, voir *Mespilus monogyna*.

Epipactis latifolia : 12 g, 60 a, 88 e. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Mycorhizes, 331. — Pollination par les Diptères, 350. — Sur les dunes fixées, 404. — Dans les pannes sèches, 408. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

E. palustris : 12 g, 60 a, 88 e; phot. 51. — Dans les pannes très humides, 343. — Pollination par les Diptères, 350. — Exigences alimentaires, 387. — Dans les pannes humides, 409, 411, 412.

Equisetum : Jeunes tiges écailleuses, 266. — Réduction de la transpiration, 292.

E. arvense : 4 g, 54 a, 86 e, 100 e. — Tiges étalées sur le sol, 271.

E. Heleocharis (*E. limosum* L.) 4 g, 54 a, 112 e; phot. 135. — Cryptophyte, 265. — Rigidité, 283. — Exigences alimentaires, 464. — Dans le sable à *Cardium*, 474.

E. palustre : 4 g, 54 a, 86 e, 100 e. — Sur les falaises, 229.

E. variegatum : 4 g, 54 a, 86 e.

Erigeron acre : 32 g, 80 a, 98 e, 110 e. — Sur les dunes continentales, 504.

E. canadense : 32 g, 80 a.

Erophorum angustifolium : 8 g, 58 a, 114 e. — Dans les polders, 465.

Erodium cicutarium : 22 g, 70 a, 92 e; phot. 71. — Échauffement des feuilles étalées sur le sable, 219. — Hémicryptophyte, 263. — Feuilles étalées en rosette, 269, 270, 271. — Racine charnue, 291. — Pollination par les Diptères, 350. — Lutte pour l'existence, 353, 354. — Sur les dunes fixées, 402.

Eryngium campestre : 24 g, 72 a, 108 e.

E. maritimum : 24 g, 72 a, 94 e; phot. 36. — Assimilation en été, 260. — Cryptophyte et hémicryptophyte, 265. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 276. — Longueur des racines, 289. — Rhizome, 291. — Réduction de la transpiration, 299. — Défense contre les herbivores, 345. — Pollination par les Lépidoptères, 349. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Distribution géographique, 488.

Erysiphe Cichoracearum : 40 a. — Sur *Plantago maritima*, 431.

E. communis : 40 a.

E. Martii : 40 a.

Erysimum cheiranthoides : 18 g, 68 a, 106 e.

Erythraea Centaurium : 26 g, 74 a, 94 e. — Localisation dans les pannes, 343. — Exigences alimentaires, 389. — Dans les pannes humides, 410. — Dans le sable à *Cardium*, 474.

- Erythraea linariifolia* : 26 g, 74 a, 96 e. — Localisation dans les pannes très humides, 343, 505. — Distribution géographique, 508.
- E. pulchella* : 26 g, 74 a, 94 e. — Hémicryptophyte, 264. — A la limite supérieure du schorre, 437.
- Euglena deses* : Sur les alluvions fluviales, 448, 451.
- Eupatorium cannabinum* : 32 g, 80 a, 100 e. — Mycorhizes, 331. — Exigences alimentaires, 38.
- Euphorbia Cyparissias* : 22 g.
- E. dulcis* : 22 g.
- E. exigua* : 22 g, 70 a. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- E. Esula* : 22 g.
- E. helioscopia* : 22 g, 70 a. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- E. Paralias* : 22 g, 70 a, 94 e; phot. 27; carte 10. — Assimilation en toute saison, 258. — Devenir rouge en hiver, 262. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 276. — Structure charnue, 290. — Réduction de la transpiration, 293. — Mycorhizes, 331. — Défense contre les herbivores, 345. — Pollination par les Diptères, 350. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398, 399, 400, 403, 505. — Distribution géographique, 488, 508.
- E. Peplus* : 22 g, 40 a, 70 a. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- E. platyphyllos* : 22 g.
- Euphrasia Odontites* : 30 g, 40 a, 78 a, 110 e. — Messicole dans les dunes, 417.
- E. officinalis* : 30 g, 40 a, 78 a, 96 e. — Annuel estival, 259. — Dans les pannes humides, 410.
- Eurynchium praelongum* : 52 a.
- E. Stokesii* : 52 a.
- Evernia prunastri* : 44 a; phot. 82. — Sur le sable, 288.
- E. p.* var. *stictocera* : 44 a.
- Evonymus japonicus* : Résiste aux hivers du littoral, 215.

F

- Fagus sylvatica* : Date de feuillaison, 253.
- F. elatior* : 8 g, 58 a, 86 e, 102 e. — Rigidité, structure de la feuille, 279, 282, 296, 410. — Mangé par les Lapins, 346. — Dans les pannes humides, 411.
- F. ovina* : 8 g, 58 a, 86 e. — Rigidité, structure de la feuille, 282, 283, 410. — Réduction de la transpiration, 296, 299. — Sur les dunes fixées, 403. — Sur le sable à *Cardium*, 473. — Sur les dunes continentales, 502.

Festuca Pseudo-Myuros : 8 g.

F. rubra : 8 g, 58 a, 86 e, 100 e; phot 22, 75. — Rigidité, structure de la feuille, 282, 283, 410. — Réduction de la transpiration, 293, 295, 299. — Lutte pour l'existence, 353, 354. — Sur les dunes mobiles, 307, 505. — Sur les dunes fixées, 403, 406. — Dans les pannes sèches, 408. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Sur les dunes continentales, 502. — Distribution géographique, 511.

F. r. arenaria : Distribution géographique, 489.

F. sciuroides : 8 g.

Féverole, voir *Vicia Faba*.

Filago germanica : 32 g.

F. minima : 32 g, 80 a, 98 e. — Réduction de la transpiration, 293. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 480. — Sur les dunes continentales, 504.

Fissidens adianthoides : 50 a.

F. taxifolius : 50 a.

Flammula vinosa : 42 a.

Fontinalis antipyretica : 52 a.

Fragaria vesca : 20 g.

Fraxinus americana : Culture dans les dunes, 383.

F. excelsior : id., 383. — Action du vent, 233. — Dans la tourbe, 500.

F. nigra : Culture dans les dunes, 383.

F. oregona : id., 383.

F. Ornus : id., 383.

F. pubescens : id., 376, 383.

Frêne, voir *Fraxinus excelsior*.

Froment, voir *Triticum vulgare*.

Erullania dilatata : 50 a. — Epiphyte, 289.

Fumaria capreolata : 16 g.

F. densiflora : 16 g.

F. officinalis : 16 g, 60 a.

Fucus platycarpus . phot. 2.

F. vesiculosus : phot. 2, 3.

G

Galanthus nivalis : 10 g.

Galeopsis Tetrahit : 28 g.

Galium : Jeunes tiges écailleuses, 266.

G. Aparine : 30 g, 78 a.

G. Cruciatum : 32 g; carte 10. — Manque sur le littoral, 218.

G. Mollugo : 30 g, 78 a, 96 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Finesse des racines, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Parasité par *Thesium*, 361. — Sur les dunes fixées, 404. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

G. palustre : 32 g, 78 a, 120 e.

G. saxatile : 32 g, 78 a, 96 e.

G. uliginosum : 32 g, 78 a, 120 e.

G. verum : 30 g, 78 a, 96 e; phot. 79 B. — Finesse des racines, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Lutte pour l'existence, 354. — Parasité par *Thesium*, 361. — Sur les dunes fixées, 404. — Dans les pannes sèches, 408. — Distribution géographique de la variété littorale, 489. — Sur les dunes continentales, 504.

Genista anglica : 20 g; carte 14. — Calcifuge, 391.

Gentiana amarella : 26 g, 74 a, 96 e. — Localisation dans les pannes très humides, 343, 410, 505. — Distribution géographique, 508.

G. Pneumonanthe : carte 14. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490.

Gentianacées : Mycorhizes, 330, 411.

Geopyxis ammophila : 42 a.

Geranium columbinum : 22 g.

G. dissectum : 22 g, 106 e.

G. molle : 22 g, 70 a, 106 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

G. phaeum : 22 g.

G. pusillum : 22 g.

G. pyrenaicum : 22 g.

G. Robertianum : 22 g.

Geum urbanum : 20 g, 68 a, 106 e.

Glaucium flavum : 16 g. — Espèce méridionale, 215.

Glaux maritima : 26 g, 74 a, 100 e, 108 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Lutte pour l'existence, 356. — Sur le schorre, 430, 431. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Distribution géographique, 511.

Glechoma hederacea : 28 g, 76 a, 110 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Chaméphyte, 263. — Exigences alimentaires, 389. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

- Gleditschia triacanthos* : Culture dans les dunes, 381.
Glyceria aquatica : 6 g, 38 a, 56 a, 114 e; phot. 53, 115. — Fourrage, 348. — Exigences alimentaires, 384, 386, 390. — Sur les alluvions fluviales, 445, 449. — Dans le sable à *Cardium*, 474.
G. fluitans (*G. plicata*) : 6 g, 40 a, 56 a, 114 e. — Rigidité, 279.
Gnaphalium luteo-album : 32 g, 80 a. — Annuel estival, 259. — Messicole dans les dunes, 417.
G. sylvaticum : 32 g, 80 a, 98 e. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 480. — Sur les dunes continentales, 504.
G. uliginosum : 32 g, 80 a. — Sur le sable à *Cardium*, 470.
Gyalolechia lactea : 46 a. — Sur les coquilles, 400.
Gymnadenia conopsea : 12 g.
Gymnocladus canadensis : Culture dans les dunes, 381.

H

- Halesia tetraptera* : Culture dans les dunes, 383.
Hebeloma crustuliniforme : 42 a. — Dans les pannes humides, 408.
Hedera Helix : 24 g.
Heleocharis, voir *Eleocharis*.
Helianthemum Chamaecistus : 22 g, 72 a. — Chaméphyte, 263. — Calcicole, 391. — Dans les pannes, 408, 412. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Sur les dunes continentales, 503.
Heracleum Sphondylium : 26 g, 74 a, 108 e.
Herminium Monorchis : 12 g, 60 a, 88 e; phot. 51; carte 12. — Tubercule, 290. — Localisation dans les pannes très humides, 343, 364, 410, 411, 412. — Exigences alimentaires, 387. — Calcicole, 390.
Hieracium Auricula : 34 g.
H. murorum : 34 g.
H. Pilosella : 34 g, 82 a, 98 e. — Hémicryptophyte, 265. — Réduction de la transpiration, 293. — Sur les dunes continentales, 504.
H. sylvaticum : 34 g.
H. umbellatum : 34 g, 40 a, 82 a, 98 e, 112 e; phot. 81. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Réduction de la transpiration, 294. — Lutte pour l'existence, 354. — Sur les dunes fixées, 402, 404.
Hippocrepis comosa : Calcicole, 317.

- Hippophaës rhamnoides* : 24 g, 72 a, 94 e; phot. 37, 39, 43, 80, 174; carte 11 : diagr. 7. — Action du vent, 234. — Assimilation en été, 259. — Chaméphyte, 263. — Action sur le dépôt du sable, 268. — Dans les pannes, 270, 359. — Résistance au déchaussement, 278, 279. — Réduction de la transpiration, 293. — Défense contre les herbivores, 345, 346. — Dissémination par les Oiseaux, 349. — Lutte pour l'existence, 355. — Protégeant d'autres plantes, 360. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398, 403. — Dans les pannes, 406, 407, 412, 474. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Introduit dans les dunes internes, 476. — Origine géographique, 505, 509. — Distribution géographique, 508.
- Hippuris vulgaris* : 24 g, 72 a, 118 e. — Assimilation en été, 260. — Cryptophyte, 265. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Rigidité, 279. — Exigences alimentaires, 388, 390.
- Holcus lanatus* : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e.
- H. mollis* : 6 g, 56 a, 114 e.
- Holosteum umbellatum* : 14 g.
- Homalothecium sericeum* : 52 a.
- Hordeum maritimum* : 8 g, 58 a, 102 e. — Annuel estival, 259. — Sur les digues près de la mer, 467.
- H. murinum* : 8 g, 58 a, 102 e.
- H. secalinum* : 8 g, 58 a, 102 e; phot. 140. — Défense contre les herbivores, 347.
- Hottonia palustris* : 26 g, 74 a, 120 e.
- Humulus Lupulus* : 12 g, 40 a, 62 a, 104 e. — Dans les bosquets des dunes, 419. — Sur les dunes continentales, 502.
- Hydrocharis Morsus-Ranae* : 6 g, 56 a, 114 e. — Assimilation en été, 261. — Mosaïque foliaire, 302. — Exigences alimentaires, 320, 386, 390. — Dans l'eau calme, 327. — Dans les eaux des polders, 462.
- Hydrocharitacées : Dans les polders, 463.
- Hydrocotyle vulgaris* : 24 g, 72 a, 94 e, 118 e; phot. 52. — Exigences alimentaires, 388. — Dans les pannes humides, 410, 412. — Dans le sable à *Cardium*, 474.
- Hygrophorus conicus* : 42 a. — Dans les pannes humides, 409.
- H. psittacinus* : 42 a.
- Hylocomium splendens gracilius* : 52 a.
- H. squarrosum* : 52 a. — Dans le sable à *Cardium*, 473.
- H. triquetrum* : 52 a; phot. 176. — Formant un écran sur le sable, 272. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Dans le sable à *Cardium*, 473.
- Hyoscyamus niger* : 28 g.

Hypericum humifusum : 22 g.

H. perforatum : 22 g, 70 a, 94 e, 108 e.

H. quadrangulum : 22 g.

H. tetrapterum : 22 g, 70 a, 94 e, 108 e.

Hypnum aduncum : 52 a. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Dans la tourbe, 500.

H. a. pseudofluitans : 52 a.

H. cupressiforme : 52 a. — Formant un écran sur le sable, 272. — Sur les pentes les plus humides, 406. — Dans les pannes sèches, 408.

H. c. lacunosum : 52 a.

H. cuspidatum : Dans la tourbe, 500.

H. filicinum : 52 a.

H. fluitans : 52 a.

H. lycopodioides : 52 a. — Dans les pannes humides, 412.

H. polygamum : 52 a. — Dans les pannes humides, 412.

H. purum : 52 a. — Dans le sable à *Cardium*, 473.

H. Schreberi : 52 a.

Hypochoeris glabra : 34 g.

H. radicata : 34 g, 82 a, 98 e, 112 e. — Assimilation en toute saison, 257. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Sur les dunes fixées, 403. — Sur les dunes continentales, 504.

I

Inocybe asinina : 42 a.

I. dulcamara : 42 a.

I. fibrosa : 42 a. — Sur les dunes mobiles, 395, 396.

I. rimosa : 42 a.

Inula Conyza : 32 g.

I. britannica : 32 g.

Iris pseudo-Acorus : 10 g, 60 a, 116 e. — Mort des feuilles pendant l'hiver, 259. — Exigences alimentaires, 384, 387. — Dans la tourbe, 500.

Ithyphallus impudicus : 42 a.

J

- Jasione montana* : 32 g, 80 a, 98 e; phot. 75, 79 A, 177. — Hémicryptophyte, 264. — Protection des jeunes feuilles, 267. — Pollination par les Lépidoptères, 349. — Parasité par un Phytoptide, 351. — Lutte pour l'existence, 354. — Sur les dunes fixées, 403. — Sur le sable à *Cardium*, 473. — Sur les dunes continentales, 504.
- Juglans nigra* : Culture dans les dunes, 380.
- J. regia* : phot. 129, 130, 131, 162. — Culture sur les digues, 468. — Dans la tourbe, 500.
- Juncus acutiflorus* : 10 g, 60 a, 88 e.
- J. anceps* : 10 g. — Espèce méridionale, 215.
- J. bufonius* : 10 g, 60 a, 88 e, 102 e. — Annuel estival, 259.
- J. capitatus* : 10 g.
- J. compressus* : 10 g. — Synonymie, 489.
- J. effusus* : 10 g, 60 a, 88 e. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474.
- J. Gerardi* : 10 g, 60 a. — Lutte pour l'existence, 359. — A la limite supérieure du schorre, 435, 436, 437. — Distribution géographique, 488, 489, 511.
- J. glaucus* : 10 g, 60 a, 102 e; phot. 140. — Hémicryptophyte, 263. — Réduction de la transpiration, 292. — Exigences alimentaires, 387. — Dans les polders, 463.
- J. lamprocarpus* : 10 g, 60 a, 88 e, 116 e. — Exigences alimentaires, 384, 387. — Dans les pannes humides, 411. — Dans les mares d'hiver, 413, 414.
- J. Leersii* (*J. conglomeratus*) : 10 g, 60 a, 88 e, 116 e. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474.
- J. maritimus* : 10 g, 60 a, 88 e; phot. 108. — Hémicryptophyte, 264. — A la limite supérieure du schorre, 436, 437. — Dans les pannes, 505. — Distribution géographique, 508, 510.
- J. obtusiflorus* : 10 g.
- J. tenuis* : 10 g.
- Juniperus virginiana* : Culture dans les dunes, 379.

K

- Knautia arvensis* : 32 g, 80 a, 110 e.
- Koeleria cristata* : 6 g, 50 a, 86 e. — Assimilation en toute saison, 257. — Hémicryptophyte 263. — Persistance des poils radicaux, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 277, 278. — Calcicole, 390. — Sur les dunes fixées, 403. — Sur les dunes continentales, 501.
- K. c. arenaria* : Distribution géographique, 489.

L

- Lactuca saligna* : 34 g.
L. Scariola : 34 g.
Lanium album : 28 g, 76 a, 110 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Dans les bosquets des dunes, 419.
L. amplexicaule : 28 g.
L. Galeobdolon : 28 g. — Manque sur le littoral, 419.
L. hybridum : 28 g.
L. purpureum : 28 g, 76 a.
Lampsana communis : 34 g, 82 a, 112 e.
Larix americana : Culture dans les dunes, 378.
L. leptolepis : id., 378.
Lathyrus Aphaca : 20 g.
L. maritimus : Sur les dunes continentales, 501.
L. montanus : 20 g.
L. Nissolia : 20 g.
L. pratensis : 20 g, 70 a, 106 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
L. tuberosus : 20 g.
Laurus nobilis : Résiste aux hivers du littoral, 215, 218.
Lavatera arborea : Résiste aux hivers du littoral, 215, 218.
Lecania erysibe : 46 a.
L. syringea : 46 a.
Lecanora angulosa : 48 a.
L. atra : 48 a.
L. chlorona : 48 a.
L. expallens : 48 a.
L. galactina : 46 a.
L. Hageni : 48 a.
L. pallida : 48 a.
L. p. var. angulosa : 48 a.
L. subfusca var. campestris : 48 a.
L. s. f. horiza : 46 a.
L. varia : 48 a.
Lecidella parasema : 48 a. — Sur les dunes mobiles, 396.

- Lecidella parascema* var. *similis* : 48 a.
- Lemna* : Exigences alimentaires, 320, 326, 464, 486. — Dans les polders, 462.
- Lemnacées : Rigidité, 283.
- Lemna gibba* : 10 g, 60 a, 116 e. — Exigences alimentaires, 387.
- L. minor* : 10 g, 60 a, 116 e. — Sur les falaises, 229. — Exigences alimentaires, 387. — Dans les mares des dunes, 415.
- L. trisulca* : 10 g, 60 a, 116 e. — Assimilation en toute saison, 261, 262. — Exigences alimentaires, 387, 390.
- Leontodon autumnalis* : 34 g, 38 a, 82 a, 98 e, 112 e; phot. 78. — Assimilation en toute saison, 257. — Protection des jeunes feuilles, 267. — Sur les dunes fixées, 403. — Sur les dunes continentales, 504.
- L. hirtus* : 34 g, 82 a, 98 e. — Échauffement des feuilles étalées sur le sable, 219. — Devient violet en hiver, 262. — Sur les dunes fixées, 403.
- Lepidium campestre* : 18 g, 66 a, 104 e.
- L. Draba* : 16 g.
- L. graminifolium* : 18 g.
- L. latifolium* : 18 g.
- L. ruderales* : 16 g.
- Lepiota seminuda* : 42 a.
- Leptobryum pyriforme* : 50 a.
- Leptogium scotinum* var. *sinuatum* : 48 a.
- L. s.* var. *lacerum* : 48 a.
- Lepturus filiformis* : 8 g, 58 a, 100 e. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Distribution géographique, 510.
- Leucodon sciurioides* : 52 a.
- Leucoium aestivum* : 10 g.
- Ligustrum vulgare* : 26 g, 74 a, 94 e, phot. 41. — Action du vent, 233. — Dissémination par les Oiseaux, 348. — Pollination par les Diptères, 350. — Plante compagne de *Hippophaë*, 360. — Sur les dunes continentales, 503.
- Limnanthemum nymphaeoides* : 26 g, 74 a, 120 e; phot. 137. — Assimilation en été, 261. — Dans l'eau calme, 327, 465.
- Limnospira aquatica* : 30 g.
- Linaria Elatine* : 30 g.
- L. minor* : 30 g.
- L. spuria* : 30 g.
- L. vulgaris* : 30 g, 78 a, 96 e.

- Linum catharticum* : 22 g, 70 a, 92 e. — Mycorhizes, 330. — Exigences alimentaires, 388. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- L. usitatissimum* : Culture dans les polders, 467.
- Liparis Loeselii* : 12 g, 60 a, 88 e. — Dans les pannes humides, 411.
- Liquidambar styraciflua* : Culture dans les dunes, 381.
- Listera ovata* : 12 g, 60 a, 88 e. — Croissance au printemps, 256. — Dans les pannes humides, 411.
- Lithospermum arvense* : 28 g.
- L. officinale* : 28 g, 76 a, 96 e. — Dans les pannes, 359. — Calcicole, 391. — Dans les bosquets des dunes, 419.
- Littorella uniflora* : 30 g, 78 a, 120 e; carte 13. — Assimilation en toute saison, 262. — Exigences alimentaires, 389. — Dans les dunes, 480.
- Lobelia Dortmanna* : carte 13.
- Lolium perenne* : 8 g, 58 a, 86 e, 102 e. — Sur les falaises, 229. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- Lonicera Periclymenum* : 32 g.
- Lophocolea bidentata* : 50 a.
- L. heterophylla* : 50 a.
- Lophozia ventricosa conferta* : 50 a.
- Lotus corniculatus* : 20 g, 70 a, 92 e. — Finesse des racines, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Structure charnue des feuilles dans les dunes, 290. — Réduction de la transpiration, 298. — Localisation dans les pannes, 343. — Dans les pannes sèches, 408.
- L. uliginosus* : 20 g, 70 a, 118 e.
- Luzula campestris* : 10 g, 60 a, 88 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Sur le sable à *Cardium*, 473. — Sur les dunes continentales, 502.
- L. pilosa* : 10 g.
- Lychnis Flos-Cuculi* : 14 g, 64 a, 116 e.
- Lycoperdon gemmatum* : 42 a.
- L. perlatum* : 42 a.
- Lycopsis arvensis* : 28 g, 38 a, 40 a, 76 a. — Manque dans le sable à *Cardium*, 471.
- Lycopus europaeus* : 28 g, 76 a, 96 e, 120 e.
- Lysimachia Nummularia* : 26 g, 74 a, 94 e, 108 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Exigences alimentaires, 389. — Manque dans le sable à *Cardium*, 472.

Lysimachia vulgaris : 26 g, 74 a, 94 e, 108 e. — Assimilation en été, 260. — Hémicryptophyte, 264. — Mosaïque foliaire, 302. — Parasité par un Phytoptide, 351. — Exigences alimentaires, 389. — Dans les pannes humides, 409, 410, 411. — Manque dans le sable à *Cardium*, 472.

Lythrum Salicaria : 24 g, 72 a, 94 e, 108 e. — Assimilation en été, 260. — Exigences alimentaires, 388. — Dans les pannes humides, 409, 410, 411. — Sur les dunes continentales, 503.

M

Maianthemum bifolium : 10 g.

Malva moschata : 22 g. — Manque sur le littoral, 218.

M. rotundifolia : 22 g, 38 a, 70 a, 106 e.

M. sylvestris : 22 g, 70 a, 106 e.

Marasmius oreades : 42 a.

Marrubium vulgare : 28 g.

Matricaria Chamomilla : 34 g, 80 a, 110 e.

M. inodora : 34 g, 80 a, 110 e. — La variété *maritima* sur les digues, 436, 467.

Medicago apiculata : 20 g.

M. arabica : 20 g, 68 a, 106 e.

M. falcata : 20 g.

M. Lupulina : 20 g, 68 a, 92 e, 106 e.

M. minima : 20 g.

Melampsora aecidioides : 40 a.

M. Helioscopiae : 40 a.

M. populina : 40 a.

M. repentis : 40 a.

M. salicina : 40 a.

Melampyrum arvense : 30 g.

M. pratense : 30 g.

Melandryum album : 14 g, 38 a, 64 a, 90 e, 104 e. — Pollination par les Lépidoptères, 350.

M. diurnum : 14 g, 64 a, 90 e, 104 e.

M. noctiflorum : 14 g.

Melilotus : Hémicryptophytes et chaméphytes, 264.

M. albus : 20 g, 40 a, 68 a, 106 e. — Sur les dunes fixées, 402.

- Melilotus altissimus* : 20 g, 68 a, 106 e.
M. dentatus : Près de sources salées, 512.
M. indicus : 20 g.
M. officinalis : 20 g.
Mentha aquatica : 28 g, 76 a, 96 e, 120 e; phot. 50, 52, 140. — Sur les falaises, 229.
 — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Pollination par les Lépidoptères, 349. —
 Parasité par un Phytoptide, 351. — Exigences alimentaires, 384, 389. —
 Dans les pannes humides, 409, 410, 411. — Sur les prairies flottantes, 463.
M. arvensis : 28 g, 76 a. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
M. rotundifolia : 110 e.
Menyanthes trifoliata : 26 g, 74 a, 120 e.
Mercurialis annua : 22 g, 70 a. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
Mespilus monogyna (Épine) : Dans la tourbe, 500.
Microcoleus chthonoplastes : phot. 103. — Dans les fosses du schorre, 425, 434.
Mnium rostratum : 52 a.
M. undulatum : 52 a.
Moehringia trinervia : 14 g.
Montia minor : 14 g.
Molinia coerulea : 6 g, 56 a, 86 e. — Dans les pannes humides, 411.
Monotropa Hypopitys : 26 g, 74 a, 94 e. — Dans les bosquets des dunes, 419, 420.
Muscari botryoides : 10 g.
Mycena sanguinolenta : 42 a.
Myosotis arenaria : 28 g.
M. hispida : 28 g, 76 a, 96 e. — Végétation hivernale, 256. — Feuilles étalées en
 rosette, 269. — Lutte pour l'existence, 352. — Sur les dunes fixées, 402. —
 Sur les dunes continentales, 503.
M. intermedia : 28 g, 76 a, 96 e.
M. lingulata : 28 g, 76 a, 96 e, 120 e. — Exigences alimentaires, 389. — Dans les
 pannes humides, 409, 410.
M. oraria : Redevient *M. lingulata*, 495.
M. palustris : 28 g, 76 a, 120 e. — Assimilation en toute saison, 260. — Sur les
 alluvions fluviales, 449, 450.
M. versicolor : 28 g, 76 a.
Myosurus minimus : 16 g.
Myrica Gale : Dans la tourbe, 182, 500.

Myriophyllum : Découpage des feuilles, 302.

M. alterniflorum : 24 g.

M. verticillatum : 24 g, 72 a, 118 e. — Exigences alimentaires, 383.

M. spicatum : 24 g, 72 a, 118 e. — Assimilation en été, 262.

N

Nardus stricta : 8 g, 58 a, 86 e; carte 12. — Hémicryptophyte, 264. — Calcifuge, 391. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 473. — Sur les dunes continentales, 501, 502.

Nasturtium officinale : 18 g, 66 a, 92 e, 118 e. — Rigidité, 283. — Exigences alimentaires, 388. — Dans le sable à *Cardium*, 474.

N. sylvestre : 18 g, 66 a, 104 e. — Sur les alluvions fluviales, 449.

Naumburgia thyrsiflora : 26 g, 74 a, 120 e. — Assimilation en été, 261. — Dans les polders, 463, 465.

Navet, voir *Brassica Rapa*.

Nicandra physaloides : 28 g.

Noisetier, voir *Corylus*.

Nostoc commune : Sur le sable, 288. — Dans les pannes humides, 409.

Noyer, voir *Juglans regia*.

Nuphar luteum : 16 g, 64 a, 116 e. — Assimilation en toute saison, 262. — Mosaïque foliaire, 302. — Dans les polders, 463.

Nymphaea alba : 16 g, 64 a, 116 e; phot. 146, 149. — Assimilation en été, 261. — Hémicryptophyte, 264. — Absence de stomates aquifères, 301. — Mosaïque foliaire 302.

O

Oedogonium : Sur la slikke, 429.

Enanthe aquatica (*Æ. Phellandrium*) : 26 g, 74 a, 118 e. — Exigences alimentaires, 389. — Dans les polders, 463.

Æ. fistulosa : 26 g, 74 a, 118 e. — Exigences alimentaires, 389.

Æ. Lachenalii : 26 g, 74 a, 118 e.

Æ. peucedanifolia : 26 g.

Æ. pimpinelloides : 26 g.

Enothera laevis : Son origine, 483.

O. Lamarckiana : Sur les dunes fixées, 402. — Ses mutations, 493.

O. lata : Son origine, 493.

O. oblonga : id., 493.

O. rubrinervis : id., 493.

Ononis repens : 20 g, 68 a, 92 e. — Finesse des racines, 273. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 276. — Réduction de la transpiration, 298. — Localisation dans les pannes, 343. — Sur les dunes fixées, 404. — Dans les pannes sèches, 408. — Dans les pannes humides, 411, 412. — Manque au sable à *Cardium*, 471. — Distribution géographique de la variété *maritima*, 489. — Sur les dunes continentales, 503.

O. spinosa : 20 g, 68 a, 106 e. — Assimilation en été, 260.

Onopordon Acanthium : 34 g.

Opegrapha atra : 48 a.

O. varia : 48 a.

Ophioglossum vulgatum : 4 g, 54 a, 86 e. — Localisation dans les pannes humides, 343, 412.

Oplismenus Crus-Galli, voir *Panicum*.

Orchidacées : Assimilation en été, 260. — Rigidité, 279. — Mycorhizes, 330, 331. — Dans les pannes humides, 409, 410, 411.

Orchis : Tubercule, 290. — Dans les pannes humides, 411.

O. latifolia : 12 g, 40 a, 60 a, 88 e, 102 e. — Sur les falaises, 229.

O. maculata : 12 g, 60 a, 88 e.

O. Morio : 12 g, 40 a, 60 a, 88 e. — Dans les dunes, 480.

O. palustris : 12 g.

Origanum vulgare : 28 g.

Orme, voir *Ulmus campestris*.

Ornithogalum umbellatum : 10 g, 60 a, 102 e. — Croissance au printemps, 256. — Allongement des jeunes feuilles, 266. — Bulbe, 290.

Ornithopus perpusillus : 20 g, 70 a, 92 e. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 480. — Sur les dunes continentales, 503.

Orobanche caryophyllacea, 30 g, 78 a, 96 e; phot. 78; carte 12. — Annuel estival, 259. — Calcicole, 391. — Sur les dunes fixées, 402.

O. minor : 30 g. — Parasite du trèfle, 361.

O. purpurea : 30 g. — Calcicole, 391. — Sur les dunes fixées, 402.

O. Rapum-Genistae : 30 g.

Orthotrichum affine : 50 a.

O. diaphanum : 50 a.

Ostrya carpinifolia : Culture dans les dunes, 380.

Oxalis Acetosella : 22 g.

O. corniculata : 22 g.

O. stricta : 22 g.

P

Panicum Crus-Galli : 6 g, 56 a. — Tiges étalées sur le sol, 271. — Sur le sable à *Cardium*, 470.

P. lineare : 6 g.

Papaver Argemone : 16 g, 66 a.

P. dubium : 16 g.

P. Rhoeas : 16 g, 66 a.

Parietaria ramiflora : 12 g.

Paris quadrifolia : 10 g.

Parmelia acetabulum : 46 a.

P. Borreri : 46 a.

P. caperata : 44 a.

P. fuliginosa : 46 a.

P. perlata : 46 a.

P. physodes : Sur les dunes mobiles, 396.

P. p. var. *platyphylla* : 44 a.

P. p. var. *labrosa* : 44 a.

P. p. var. *arenicola* : 44 a.

P. saxatilis : 44 a.

Parnassia palustris : 18 g, 40 a, 68 a, 92 c; phot. 50. — Assimilation en été, 259. Hémicryptophyte, 264. — Rigidité, 279. — Mycorhizes, 331. — Localisation dans les pannes, 343, 364. — Pollination par les Diptères, 350. — Exigences alimentaires, 388. — Dans les pannes humides, 409, 410, 411. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

Pastinaca sativa : 26 g, 74 a, 108 c. — Bisannuel, 257. — Hémicryptophyte, 264. — Racine charnue, 291. — Dans les bosquets des dunes, 419. — Sur les digues près de la mer, 467.

Paxillus involutus : 42 a.

Pedicularis palustris : 30 g, 78 a, 120 c. — Dans les polders, 465.

P. sylvatica : 30 g.

Pellia epiphylla : 50 a. — Dans les pannes humides, 409, 412.

Peltigera rufescens : 44 a.

P. canina : 44 a. — Formant un écran sur le sable, 272. — Réviviscence, 287. — Dans les pannes sèches, 408.

Peplis Portula : 24 g.

Petasites officinalis : 34 g, 82 a, 110 e, 120 e; phot. 119. — Cryptophyte, 265. — Sur les alluvions fluviales, 446, 449, 450.

Petalophyllum Ralfsii : Manque en Belgique, 431.

Petroselinum segetum : 24 g, 72 a, 108 e. — Sur les digues près du schorre, 436.

Peucedanum palustre : 26 g.

Peuplier, voir *Populus*.

Phalaris arundinacea : 6 g, 56 a, 114 e. — Fourrage, 348. — Sur les alluvions fluviales, 445, 449. — Sa vigueur sur les alluvions fluviales, 446.

Phasium cuspidatum : 50 a.

P. c. macrophyllum : 50 a.

P. c. piliferum : 50 a.

Phleum arenarium : 6 g, 56 a, 86 e; phot. 76; carte 10. — Espèce méridionale, 215, 218, 509. — Végétation hivernale, 256, 507. — Structure de la feuille, 296. — Lutte pour l'existence, 352. — Sur les dunes fixées, 402. — Distribution géographique, 488, 508. — Origine géographique, 505, 515.

P. pratense : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e. — Dans les pannes humides, 411. — Sur les alluvions fluviales, 450.

Phragmidium subcorticium : 38 a.

Phragmites communis : 6 g, 38 a, 56 a, 114 e; phot. 53, 112, 115, 116, 117, 136, 144, 147, 148, 149. — Assimilation en été, 260. — Cryptophyte, 265. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Exigences alimentaires, 320, 384, 386, 390. — Parasité par un Puceron, 350. — Sur les alluvions fluviales, 357, 444, 445, 449, 450. — Sa vigueur sur les alluvions fluviales, 446. — Dans les eaux saumâtres, 461. — Dans les eaux des polders, 450. — Sur les prairies flottantes, 462, 463.

Physcia aipolia : 46 a.

P. caesia : 46 a.

P. obscura : 46 a.

P. pityrea : 46 a.

P. pulverulenta : 46 a.

P. p. var. allochroa : 46 a.

P. stellaris : 46 a. — Sur les dunes mobiles, 396.

P. s. var. adscendens : 46 a.

-
- P. s.* var. *adpressa* : 46 a.
Phyteuma spicatum : 32 g.
Phytophthora infestans : 38 a.
Picea alba : Culture dans les dunes, 376, 378.
P. excelsa : id., 378.
P. nigra : id., 378.
P. Omorica : id., 378.
P. pungens : id., 376, 379.
P. sitchensis : id., 378.
Picris echinoides : 34 g, 82 a, 112 e.
P. hieracioides : 34 g, 82 a, 112 e.
Pimpinella magna : 24 g.
P. Saxifraga : 24 g, 72 a, 94 e, 108 e.
Pinus : Mycorrhizes, 330.
P. banksiana : Culture dans les dunes, 378.
P. Cembra : id., 378, 418.
P. excelsa : id., 378.
P. Laricio austriacea : phot. 91; id., 377, 418.
P. L. corsicana : id., 377.
P. massoniana : id., 378.
P. montana : id., 376, 377, 418.
P. Pinaster : phot. 91, 92. — Action du sol sur les feuilles, 230. — Action du vent, 235, 236. — Culture dans les dunes, 374, 418. — Sur les dunes internes, 476.
P. ponderosa : Culture dans les dunes, 378.
P. rigida : id., 378.
P. sylvestris : phot. 69, 87, 88, 89, 90, 91, 172, 173, 174. — Dans la tourbe, 182, 500. — Action du vent, 235, 236. — Culture dans les dunes, 374, 377, 418. — Sur les dunes internes, 476.
P. Strobis : Culture dans les dunes, 378.
P. Thunbergi : id., 378.
Pirus (Sorbus) Aria : id., 381.
P. (S.) Aucuparia : id., 381.
P. communis : Date de floraison, 253.
P. Malus : id., 253.

Plantago arenaria : 30 g.

P. Coronopus : 30 g, 78 a, 96 e, 110 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Réduction de la transpiration, 294. — Mosaïque foliaire, 302. — Lutte pour l'existence, 359. — A la limite supérieure du schorre, 437. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

P. lanceolata : 30 g, 78 a, 96 e, 110 e. — Assimilation en toute saison, 258.

P. major : 30 g, 40 a, 78 a, 96 e, 110 e. — Hémicryptophyte, 263. 264. — Sortie des pousses aériennes, 265. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

P. maritima : 30 g, 40 a, 78 a, 100 e. — Rigidité, structure de la feuille, 279. 282. — Réduction de la transpiration, 299. — Lutte pour l'existence, 350. — Sur le schorre, 425, 430, 431. — Parasité par *Erysiphe*, 431. — A la limite supérieure du schorre, 435. — Distribution géographique, 511. — Origine géographique, 513.

P. media : 30 g.

Platanthera bifolia : 12 g.

Platanus occidentalis : Culture dans les dunes, 381.

P. orientalis : id., 381.

Pleuridium alternifolium : 50 a.

Pleurococcus : Épiphyte, 289. — Manque sur les dunes, 405.

Poa annua : 6 g, 56 a. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

P. compressa : 6 g.

P. nemoralis : 6 g.

P. pratensis : 6 g, 56 a, 86 e, 102 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

P. trivialis : 6 g, 56 a, 102 e.

Polygala serpyllacea : 22 g, 70 a, 94 e. — Dans les pannes humides, 411. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

P. vulgaris : 22 g, 70 a, 94 e. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Sur les dunes continentales, 503.

Polygonatum multiflorum : 1 g. — Manque sur le littoral, 419.

Polygonum amphibium : 12 g, 38 a, 62 a, 90 e, 104 e, 116 e; phot. 54. — Mosaïque foliaire. 302. — Exigences alimentaires, 320. 387. — Dans l'eau calme, 327. — Parasité par une Cécidomyie, 351. — Dans les polders, 463.

P. a. maritimum : redevient *P. amphibium*, 495.

P. aviculare : 12 g, 62 a, 104 e. — Tiges étalées sur le sol, 271.

P. Bistorta : 14 g.

P. Convolvulus : 14 g, 62 a.

- Polygonum Hydropiper* : 12 g, 62 a, 116 e.
P. lapathifolium : 12 g, 62 a.
P. mite : 12 g.
P. Persicaria : 12 g, 62 a. — Annuel estival, 259.
Polypodium vulgare : 4 g, 54 a, 86 e; phot. 153. — Hémicryptophyte, 264. — Rhizome, 291. — Épiphyte, 459. — Sur les dunes continentales, 502.
Polystichum Thelypteris : Dans la tourbe, 500.
Polystigma rubrum : 40 a.
Polytrichum formosum : 52 a.
P. gracile : Dans la tourbe, 500.
P. piliferum : 52 a. — Réviviscence, 287. — Dans le sable à *Cardium*, 473.
Pomme de terre, voir *Solanum tuberosum*.
Populus : Mycorhizes, 330.
P. alba : 40 a; phot. 42, 90. — Action du vent, 232, 233, 234, 235, 236, 237. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 275. — Culture dans les dunes, 374, 417, 418.
P. italica : 40 a. — Action du vent, 233. — Parasité par *Pemphigus*, 351.
P. monilifera : 40 a; phot. 40, 61, 62, 70, 83, 84, 85, 86, 156, 172, 178, 179, 180. — Action du vent, 232, 233, 234. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 275, 276. — Mangé par les Lapins, 346. — Parasité par *Taphrina aurea*, 361, 374. — Culture dans les dunes, 374, 417, 418. — Culture dans les polders, 468. — Culture sur les dunes internes, 475.
P. Tremula : Culture dans les dunes, 418.
Potentilla Anserina : 20 g, 68 a, 92 e, 106 e. — Réduction de la transpiration, 293.
P. argentea : 20 g, 68 a, 92 e.
P. procumbens : 20 g.
P. reptans : 20 g, 68 a, 92 e, 106 e. — Hémicryptophyte, 265. — Sur les dunes continentales, 503.
P. sterilis : 20 g.
P. sylvestris : 20 g, 68 a, 92 e.
Potamogeton : Assimilation en toute saison, 257. — Dans les polders, 463. — Exigences alimentaires, 486.
P. acutifolius : 4 g, 54 a, 114 e.
P. crispus : 4 g, 54 a, 114 e. — Minceur des feuilles, 302.
P. densus : 4 g, 54 a, 114 e. — Exigences alimentaires, 320, 386, 390.
P. lucens : 4 g, 54 a, 114 e.

- Potamogeton mucronatus* : 4 g, 54 a, 114 e.
- P. natans* : 4 g, 54 a, 112 e. — Assimilation en toute saison, 262. — Mosaïque foliaire, 302. — Exigences alimentaires, 385.
- P. pectinatus* : 4 g, 54 a, 114 e. — Exigences alimentaires, 385.
- P. perfoliatus* : 4 g, 54 a, 112 e.
- P. plantagineus* : 4 g.
- P. pusillus* : 4 g, 54 a, 111 e. — Exigences alimentaires, 385.
- Primula* : Stomates aquifères, 301.
- P. elatior* : 26 g, 74 a.
- P. officinalis* : 26 g, 74 a, 94 e, 108 e. — Hémicryptophyte, 261. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- Prunus Lauro-Cerasus* : Résiste aux hivers du littoral, 215.
- P. Padus* : Date de floraison, 253.
- P. serotina* : Culture dans les dunes, 381.
- P. spinosa* : 20 g, 40 a, 68 a, 92 e, 106 e. — Assimilation en été, 259. — Dans les bosquets des dunes, 418.
- Psatyra obtusata* : 42 a.
- Ptelea trifoliata* : Culture dans les dunes, 382.
- Pteridium aquilinum* : 4 g. — Calcifuge, 391.
- Puccinia arundinacea* : 38 a.
- P. Caricis* : 38 a.
- P. Compositarum* : 38 a.
- P. magnusiana* : 38 a.
- P. Malvacearum* : 38 a.
- P. Polygoni amphibii* : 38 a.
- P. Rubigo vera* : 38 a.
- P. suaveolens* : 38 a.
- P. Violae* : 38 a.
- Pulicaria dysenterica* : 32 g, 80 a, 98 e, 110 e. — Sur les falaises, 229. — Manque au sable à *Cardium*, 472.
- Pylaisia polyantha* : 52 a.
- Pyrola rotundifolia* : 26 g, 74 a, 94 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Devient brun en hiver, 262. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Mycorhizes, 330. — Localisation dans les pannes, 343, 357, 364. — Dans les pannes humides, 411. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

Q

- Quercus Banisteri* : Culture dans les dunes, 381.
Q. coccinea : id., 380.
Q. lyrata : id., 380.
Q. macrocarpa : id., 380.
Q. palustris : id., 381.
Q. pedunculata : phot. 184. — Dans la tourbe, 182, 183, 500. — Action du vent, 234. — Sur le sable à *Cardium*, 475.
Q. Phellos : Culture dans les dunes, 380
Q. rubra : id., 381.

R

- Radula complanata* : 50 a. — Epiphyte, 289.
Ramalina calicaris : 44 a.
R. evernioides : 44 a. — Espèce méridionale, 218, 509.
R. farinacea var. *arenicola* : 44 a; phot. 82. — Sur le sable, 288.
R. f. var. *fastigiata* : 44 a.
R. fastigiata : 44 a. — Sur le sable, 288.
R. fraxinea : 44 a. — Sur le sable, 288.
Ranunculus acris : 16 g, 66 a, 90 e, 104 e. — Défense contre les herbivores, 347.
 — Manque au sable à *Cardium*, 471.
R. aquatilis : 16 g, 66 a, 116 e; phot. 150. — Assimilation en toute saison, 262. — Exigences alimentaires, 388, 390. — Dans les mares des dunes, 415. — Dans le sable à *Cardium*, 474.
R. arvensis : 16 g.
R. auricomus : 16 g, 66 a, 104 e. — Sur les digues contre les alluvions fluviales, 450.
R. Baudotii : 16 g, 66 a, 116 e. — Distribution géographique, 488, 489.
R. bulbosus : 16 g, 66 a, 90 e; phot. 72, 76, 170. — Végétation hivernale, 256, 284. — Hémicryptophyte, 264. — Feuilles étalées en rosette, 269, 270. — Tubercule, 290, 291. — Mosaïque foliaire, 302. — Sur les dunes fixées, 402. — Sur le sable à *Cardium*, 473. — Sur les dunes continentales, 503.
R. caespititius : Redevient *R. Flammula*, 495.
R. Ficaria : 16 g, 66 a, 104 e, 118 e. — Croissance au printemps, 256. — Sur les digues contre les alluvions fluviales, 359, 450. — Ne fructifie pas, 364. — Manque sur le littoral, 419.

- Ranunculus Flammula* : 16 g, 66 a, 90 e, 116 e; phot. 52. — Stomates aquifères, 301. — Exigences alimentaires, 388. — Dans les pannes humides, 410, 412.
- R. fluitans* : 16 g.
- R. foeniculaceus* (*R. divaricatus*) : 16 g, 64 a, 116 e. — Assimilation en toute saison, 262.
- R. hederaceus* : 16 g.
- R. Lingua* : 16 g, 66 a, 118 e. — Stomates aquifères, 301. — Sur les prairies flottantes, 463.
- R. ololeucos* : 16 g.
- R. repens* : 16 g, 66 a, 90 e, 104 e. — Sur les falaises, 229. — Hémicryptophyte, 283. — Sur les alluvions fluviales, 449.
- R. sardous* : 16 g, 66 a, 90 e.
- R. sceleratus* : 16 g, 66 a, 118 e. — Exigences alimentaires, 388.
- R. trichophyllus* : 16 g, 66 a, 118 e.
- Raphanus Raphanistrum* : 18 g, 66 a. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
- Reseda lutea* : 18 g, 68 a.
- R. Luteola* : 18 g.
- Rhabdochromatium* : Dans les fosses du schorre, 434.
- Rhacomitrium canescens* : 50 a; phot. 177; carte 12. — Formant un écran sur le sable, 272 — Réviviscence, 287. — Calcifuge, 391. — Dans le sable à *Cardium*, 473. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490.
- R. c. ericoides* : 50 a.
- Rhamnus cathartica* : 22 g, 70 a, 118 e. — Dans les polders, 480.
- R. Frangula* : 22 g, 70 a, 118 e. — Dans les polders, 480.
- Rhinanthus major* : 30 g, 40 a, 78 a, 96 e.
- R. minor* : 30 g, 78 a, 110 e.
- Rhizobium Leguminosarum* : En mutualiste, 360.
- Rhodobryum roseum* : 52 a.
- Rhododendron ponticum* : Culture dans les dunes, 383.
- Rhus Coriaria* : id., 382.
- R. radicans* : id., 382.
- R. Toxicodendron* : id., 382.
- R. vernicifera* : id., 382.
- Rhynchostegium confertum* : 52 a.
- R. megapolitanum* : 52 a.

Ribes nigrum : Culture dans les dunes, 381.

Riccia crystallina : 50 a.

R. canaliculata : 50 a.

Rinodina exigua : 46 a.

Robinia pseudo-Acacia : Culture dans les dunes, 381, 382.

Roripa amphibia : 18 g, 66 a, 118 c. — Sa vigueur sur les alluvions fluviales, 446.
— Sur les alluvions fluviales, 449. — Exigences alimentaires, 465.

R. palustris : 18 g, 66 a, 118 c.

Rosa arvensis : 20 g.

R. canina : 20 g, 68 a, 106 e.

R. pimpinellifolia : 20 g, 38 a, 68 a, 92 e; phot. 73; carte 12. — Assimilation en été, 260. — Chaméphyte et cryptophyte, 265. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Réduction de la transpiration, 294. — Calcicole, 390. — Sur les dunes fixées, 404. — Dans les bosquets des dunes, 418. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

R. rubiginosa : 20 g, 68 a, 92 e. — Calcicole, 391.

R. tomentosa : 20 g.

Roseau, voir *Phragmites communis*.

Rubus caesius : 20 g, 68 a, 92 c. — Réduction de la transpiration, 293. — Calcicole, 390. — Sur les pentes les plus chaudes, 405.

R. fruticosus : 18 g, 68 a, 92 e, 106 c. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474.

R. Idaeus : 18 g. — Manque sur le littoral, 359.

Rumex Acetosella : 12 g, 62 a, 90 e, 104 c. — Sur le sable à *Cardium*, 470.

R. Acetosella : 12 g, 62 a, 90 e. — Calcifuge, 392. — Sur les dunes continentales, 502.

R. conglomeratus : 12 g, 62 a, 104 e. — Sur les alluvions fluviales, 449.

R. crispus : 12 g, 62 a, 104 e.

R. Hydrolapathum : 12 g, 62 a, 116 e; phot. 143. — Assimilation en été, 259. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Exigences alimentaires, 384, 387. — Sur les prairies flottantes, 463.

R. limosus : 12 g.

R. maritimus : 12 g.

R. obtusifolius : 12 g.

R. sanguineus : 12 g.

Ruppia maritima : 4 g, 54 a, 98 c, 114 e. — Assimilation en toute saison, 257, 262.
— Dans l'eau saumâtre, 327. — Dans les fosses du schorre, 434. — Dans les eaux saumâtres, 461.

S

Sagina apetala : 14 g.

S. maritima : 14 g, 64 a, 90 e. — A la limite supérieure du schorre, 437.

S. nodosa : 14 g, 64 a, 90 e; phot. 50. — Localisation dans les pannes, 343. — Exigences alimentaires, 387. — A la limite supérieure du schorre, 437.

S. procumbens : 14 g, 64 a, 90 e. — Dans le sable à *Cardium*, 474.

Sagittaria sagittifolia : 6 g, 54 a, 114 e. — Assimilation en été, 261. — Sur les alluvions fluviales, 445.

Salicornia herbacea : 14 g, 64 a, 100 e; phot. 96, 106; carte 11. — N'habite pas les falaises, 229. — Annuel estival, 259. — Rigidité, structure charnue, 279, 282, 290. — Réduction de la transpiration, 292. — Lutte pour l'existence, 351, 356, 358. — Date de la germination, 426. — Sur la slikke, 429. — Sur le schorre, 430, 431, 432. — Dans les fosses du schorre, 434. — Variabilité, 432, 495. — Distribution géographique, 510. — Origine géographique, 512.

Salix alba : 40 a; phot. 124, 125, 141. — Résistance au vent, 233, 234. — Mangés par les Lapins, 346. — Avec épiphytes, 348, 459. — Dans les polders, 468.

S. amygdalina : Dans les polders, 468.

S. Caprea : Culture dans les dunes, 374.

S. repens : 12 g, 40 a, 62 a, 88 e; phot. 31, 32, 33, 34, 35, 39, 43, 44, 50; diagr. 7. — Résistance au vent, 234. — Assimilation en été, 260. — Action sur le dépôt du sable, 268. — Dans les pannes, 270, 406, 407, 412, 474. — Longueur des racines, 273, 289. — Résistance à l'enlouisement et au déchaussement, 274, 275, 276. — Réduction de la transpiration, 293. — Mycorhizes, 331. — Défense contre les herbivores, 345. — Lutte pour l'existence, 355. — Calcifuge, 392. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398, 399, 403. — Dans les mares d'hiver, 413. — Dans la tourbe, 500. — Sur les dunes continentales, 502.

S. viminalis : phot. 183, 186. — Dans les polders, 468.

Salsola Kali : 14 g, 64 a, 90 e; phot. 7, 8. — N'habite pas les falaises, 229. — Annuel estival, 259. — Action sur le dépôt du sable, 268. — Rigidité, structure charnue, 279, 282, 290. — Réduction de la transpiration, 292. — Lutte pour l'existence, 356. — Sur la plage, 394, 421, 505. — Distribution géographique, 488, 508.

Sambucus Ebulus : 32 g.

S. nigra : 32 g, 80 a, 96 e; phot. 39, 174. — Action sur le dépôt du sable, 268. — Dissémination par les Oiseaux, 348. — Plante-compagne de *Hippophaës*, 360. — Introduit dans les dunes internes, 476.

Samolus Valerandi : 26 g, 74 a, 94 e, 108 e. — Localisation dans les pannes, 343, 412. — Exigences alimentaires, 389. — Près des sources salées, 512.

- Sanguisorba minor* : 20 g, 68 a, 92 c.
Sanicula europaea : 24 g.
Saponaria officinalis : 14 g, 64 a, 90 e; phot. 77. — Hémicryptophyte, 264. — Défense contre les herbivores, 345. — Sur les dunes fixées, 403.
Sarcogyne pruinosa : 48 a. — Sur les coquilles, 400.
Satureja Acinos : 28 g; carte 10. — Manque sur le littoral, 218.
S. Clinopodium 28 g; carte 10. — Manque sur le littoral, 218.
Saxifraga granulata : 18 g, 63 a, 106 c.
S. tridactylites : 18 g, 68 a, 92 c. — Végétation hivernale, 256. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
Scandix Pecten-Veneris : 24 g.
Schizogonium : Manque sur les dunes, 405.
Schoenus nigricans : 8 g, 58 a, 88 e. — Réduction de la transpiration, 292. — Exigences alimentaires, 386. — Dans les pannes humides, 409.
Scilla non scripta : Croissance au printemps, 256.
Scirpus carinatus : 8 g, 58 a.
S. compressus : 8 g.
S. Holoschoenus : 8 g, 58 a, 88 e. — Espèce méridionale, 215. — Sur les dunes continentales, 502.
S. lacustris : 8 g, 58 a, 114 e; phot. 142, 143, 145. — Dans la tourbe, 182, 500. — Assimilation en été, 261. — Rigidité, 283. — Réduction de la transpiration, 292. — Sur les alluvions fluviales, 357, 449. — Exigences alimentaires, 384, 386, 390. — Dans les eaux des polders, 462.
S. littoralis : Synonymie, 487.
S. maritimus : 8 g, 58 a, 100 e, 114 e; phot. 94, 139; carte 13. — Assimilation en été, 260. — Cryptophyte, 265. — Sur les alluvions fluviales, 357, 449. — Exigences alimentaires, 384, 386, 390, 481. — Sur la slikke, 429. — Distribution géographique, 510.
S. pauciflorus : 8 g.
S. Pollichii : Synonymie, 487.
S. setaceus : 8 g.
S. sylvaticus : 8 g.
S. Tabernaemontani : Près des sources salées, 512.
S. triquetus : 8 g, 58 a, 114 e; phot. 119. — Assimilation en été, 260. — Jeunes tiges écailleuses, 266. — Rigidité, 279. — Réduction de la transpiration, 292. — Lutte pour l'existence, 357. — Sur les alluvions fluviales, 437, 449. — Distribution géographique, 487. — Origine géographique, 513.

- Scleranthus annuus* : 16 g, 64 a. — Sur le sable à *Cardium*, 470.
- S. perennis* : 16 g, 64 a, 90 e; carte 12. — Calcifuge, 391. — Sur le sable à *Cardium*, 470. — Sur les dunes continentales, 503.
- Scleropoa rigida* : 8 g.
- Scolopendrium vulgare* : 4 g.
- Scorzonera hispanica* : 38 a.
- Scrophularia aquatica* : 30 g, 78 a, 110 e. — Sur les falaises, 229. — Protection des jeunes feuilles, 267. — Exigences alimentaires, 389.
- S. nodosa* : 30 g, 78 a.
- Scutellaria galericulata* : 28 g, 76 a, 120 e.
- S. minor* : 28 g.
- Secale cereale* : 38 a; phot. 165, 181. — Culture dans les dunes, 416, 417. — Culture dans le sable à *Cardium*, 474.
- Sedum acre* : 18 g, 40 a, 68 a, 92 e; phot. 78. — Assimilation en toute saison, 256. — Chaméphyte, 263. — Structure charnue, 290. — Défense contre les herbivores, 345. — Sur les dunes fixées, 404. — Sur les dunes continentales, 503.
- S. reflexum* : 18 g.
- S. Telephium* : 68 a, 106 e.
- Seigle, voir *Secale cereale*.
- Selinum Carvifolia* : 26 g.
- Sempervivum tectorum* : 40 a.
- Senecio aquaticus* : 34 g.
- S. cruceifolius* : 34 g, 82 a, 112 e. — Dans les bosquets des dunes, 419.
- S. Jacobaea* : 34 g, 40 a, 82 a, 98 e, 110 e; phot. 80. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Mosaïque foliaire, 302. — Lutte pour l'existence, 355. — Dans les pannes sèches, 408.
- S. paludosus* : 34 g, 82 a, 120 e.
- S. palustris* : 34 g.
- S. sylvaticus* : 34 g.
- S. vulgaris* : 34 g, 82 a.
- Setaria verticillata* : 6 g.
- S. viridis* : 6 g, 56 a. — Tiges étalées sur le sol, 271.
- Sherardia arvensis* : 30 g.
- Silene Armeria* : 14 g.
- S. conica* : 14 g, 64 a, 90 e; phot. 76. — Lutte pour l'existence, 352. — Origine géographique, 515.

Silene maritima : Sur les falaises, 229.

S. nutans : 14 g, 38 a, 64 a, 90 e; carte 14. — Mort des feuilles pendant l'hiver, 259. — Protection des jeunes feuilles, 267. — Pollination par les Lépidoptères, 350. — Calcicole, 390. — Manque au sable à *Cardium*, 471. — Sur les dunes continentales, 502.

S. venosa : 14 g.

Sinapis arvensis : 18 g, 66 a.

Sisymbrium officinale : 18 g, 66 a, 106 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

S. Sinapisstrum : 18 g.

S. Sophia : 18 g, 66 a. — Feuilles étalées en rosette, 270. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

Sium erectum : 26 g, 72 a, 118 e; phot. 140. — Rigidité, 279. — Exigences alimentaires, 388. — Sur les alluvions fluviales, 449, 450.

S. latifolium : 26 g, 72 a, 118 e. — Sur les prairies flottantes, 463.

Solanum Dulcamara : 28 g, 76 a, 96 e, 110 e, 120 e; phot. 37, 143. — Cryptophyte, 265. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 278. — Défense contre les herbivores, 345. — Dissémination par les Oiseaux, 348. — Exigences alimentaires, 389. — Sur les dunes mobiles, 396, 397, 398, 410. — Sur les dunes fixées, 404. — Sur les prairies flottantes, 463.

S. nigrum : 28 g, 76 a, 110 e.

S. tuberosum : 38 a; phot. 59, 60, 165. — Attaqué par *Phytophthora*, 361. — Culture dans les dunes, 416, 417. — Culture dans le sable à *Cardium*, 474.

Solidago Virga-aurea : 32 g.

Sonchus arvensis : 34 g, 82 a, 112 e. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

S. asper : 34 g, 82 a. — Id., 472.

S. oleraceus : 34 g, 82 a. — Id., 472.

S. palustris : 34 g.

Sophora japonica : Culture dans les dunes, 281.

Sorbus, voir *Pirus*.

Sorosporium hyalinum : 38 a.

Sparganium : Absence de stomates aquifères, 301.

S. ramosum : 4 g, 54 a, 112 e. — Assimilation en été, 261. — Exigences alimentaires, 385. — Dans les polders, 463.

S. simplex : 4 g, 54 a, 112 e.

Spartina stricta : 6 g, 56 a, 98 e; carte 11. — Sur les schorres de l'Escaut, 430. — Distribution géographique, 510.

- Spicularia hybrida* : 32 g.
- S. Speculum* : 32 g.
- Spergula arvensis* : 14 g, 64 a. — Sur le sable à *Cardium*, 470.
- S. Morisonii* : Sur les dunes continentales, 501.
- Spergularia media* : 16 g, 64 a, 100 e; phot. 106. — Entomophilie, 350. — Sur le schorre, 431, 435. — Distribution géographique, 510. — Origine géographique, 513.
- S. rubra* : 16 g.
- S. salina* : 16 g, 64 a, 100 e; phot. 106. — Entomophilie, 350. — Sur le schorre, 435. — Distribution géographique, 510. — Origine géographique, 513.
- Sphaerotheca Castagnei* : 40 a.
- Sphagnum* : Dans la tourbe, 182, 500. — Calcifuge, 317, 391, 481. — Dans les dunes du Danemark et de la Néerlande, 490.
- Spiranthes autumnalis* : 12 g, 60 a, 88 e. — Sur le sable à *Cardium*, 470.
- Spirodela polyrrhiza* : 10 g, 60 a, 116 e; carte 13. — Exigences alimentaires, 387, 390.
- Stachys arvensis* : 28 g.
- S. palustris* : 28 g, 76 a, 120 e. — Sur les prairies flottantes, 463.
- S. sylvatica* : 28 g.
- Statice Limonium* : 26 g, 74 a, 100 e. — Structure charnue, 282, 290. — Sur le schorre, 425, 430, 431, 435. — Distribution géographique, 510.
- Stellaria aquatica* : 14 g, 69 a, 116 e,
- S. graminea* : 14 g.
- S. Holostea* : 14 g, 64 a, 104 e.
- S. media* : 14 g, 64 a, 104 e.
- S. palustris* : 14 g.
- S. uliginosa* : 14 g, 64 a, 116 e.
- Stenophragma Thalianum* : 18 g.
- Stratiotes aloides* : 6 g, 56 a, 114 e; phot. 135, 151. — Exigences alimentaires, 326. — Manque sur les alluvions fluviales, 448. — Dans les eaux des polders, 462, 466.
- Stropharia aeruginosa* : 42 a.
- S. semiglobata* : 42 a.
- Suaeda maritima* : 14 g, 64 a, 100 e; phot. 102, 104, 106. — N'habite pas les falaises, 229. — Annuel estival, 259. — Lutte pour l'existence, 351, 356, 357, 358. — Date de la germination, 426. — Sur la slikke, 429. — Sur le schorre, 430, 431, 432. — Au bord des marigots du schorre, 433. — Variabilité, 495. — Distribution géographique, 510.

Succisa pratensis : 32 g, 80 a, 96 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Hémicryptophyte, 263.

Symphytum officinale : 28 g, 76 a, 108 e.

T

Taphrina aurea : 40 a. — Parasite sur *Populus*, 361, 374.

T. Tosquinetii : 40 a.

Taraxacum officinale : 34 g, 82 a, 98 e, 112 e; phot. 72. — Assimilation en toute saison, 257. — Feuilles étalées en rosette, 269. — Racine charnue, 291. — Sur les dunes fixées, 402, 403. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

Taxodium distichum : Culture dans les dunes, 379.

Teesdalia nudicaulis : 16 g, 66 a; phot. 167. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 474, 480. — Sur les dunes continentales, 503.

Teucrium Scordium : 28 g, 76 a, 96 e.

T. Scorodonia : 28 g, 76 a, 110 e. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 480.

Thalictrum flavum : 16 g, 66 a, 118 e.

T. minus : 16 g, 38 a, 40 a, 66 a, 90 e; carte 12, 14. — Mort des feuilles pendant l'hiver, 259. — Hémicryptophyte, 264. — Calcicole, 390. — Sur les dunes fixées, 403. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

T. m. dunense : Distribution géographique, 489, 490, 495.

Thesium humifusum : 12 g, 62 a, 90 e. — Parasite, 361. — Dans les pannes sèches, 408, 505. — Distribution géographique, 488, 508.

Thlaspi arvense : 18 g.

Thuidium abietinum : 52 a; phot. 72, 176. — Sur les pentes les plus humides, 406.

Thuja gigantea : Culture dans les dunes, 379.

Thymus Serpyllum : 28 g, 76 a, 96 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Chaméphyte, 263. — Réduction de la transpiration, 298. — Défense contre les herbivores, 345. — Sur les dunes fixées, 404. — Sur les dunes continentales, 504.

Tilia ulmifolia (Tilleul) : Action du vent, 233, 234.

Toninia coerules-nigricans : 48 a.

Torilis Anthriscus : 24 g, 72 a, 108 e. — Bisannuel, 257. — Manque au sable à *Cardium*, 472.

T. infesta : 24 g.

T. nodosa : 24 g, 72 a.

Tortella inclinata : 50 a.

T. squarrosa : 50 a.

Tortula laevipila : 50 a.

T. ruralis ruraliformis : 50 a; phot. 75, 76. — Formant un écran sur le sable, 272. — Résistance à l'enfouissement et au déchaussement, 276. — Réviviscence, 285, 286, 287. — Lutte pour l'existence, 354. — Sur les pentes les plus humides, 406. — Sur les dunes, 436, 473.

T. subulata : 50 a.

Tragopogon porrifolius : 34 g, 82 a, 112 e. — Sur les digues près de la mer, 467.

T. pratensis : 34 g, 82 a, 112 e.

Trèfle, voir *Trifolium pratense*.

Tricholoma nudum : 42 a.

Trichostomum flavovirens : 50 a. — Dans les pannes humides, 409.

Trifolium arvense : 20 g, 68 a, 92 e; phot. 166; carte 12. — Calcifuge, 391. — Sur le sable à *Cardium*, 470. — Sur les dunes continentales, 503.

T. campestre (*T. procumbens*) : 20 g, 68 a, 92 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

T. elegans : 20 g.

T. filiforme : 20 g.

T. fragiferum : 20 g, 68 a, 92 e, 106 e. — Manque au sable à *Cardium*, 471. — Près des sources salées, 512.

T. maritimum : 20 g.

T. minus : 20 g, 68 a, 92 e.

T. pratense : 20 g, 70 a, 92 e, 106 e. — Parasité par *Orobancha minor* et par *Cuscuta*, 361. — Manque au sable à *Cardium*, 471.

T. repens : 20 g, 68 a, 92 e, 106 e.

T. scabrum : 20 g.

T. subterraneum : 20 g.

Triglochin : Allongement des jeunes feuilles, 266.

T. maritima : 4 g, 54 a, 98 e; phot. 103. — Hémicryptophyte, 263. — Réduction de la transpiration, 299. — Lutte pour l'existence, 357. — Sur le schorre, 425, 426, 430, 435. — Distribution géographique, 511.

T. palustris : 4 g, 54 a, 114 e. — Dans les polders, 463.

Triodia decumbens : 6 g, 56 a, 86 e.

Trisetum flavescens : 6 g, 56 a, 102 e. — Manque dans le sable à *Cardium*, 471.

Triticum vulgare (Froment) : Date de la moisson, 253, 254. — Culture dans les polders, 467.

Troène, voir *Ligustrum vulgare*.

Tsuga canadensis : Culture dans les dunes, 379.

T. Douglasii : id., 379.

T. mertensiana : id., 379.

Tussilago Farfara : 34 g, 40 a, 82 a, 110 e. — Sur les falaises, 229.

Tylostoma mammosum : 42 a. — Sur les dunes fixées, 400.

Typha : Absence de stomates aquifères, 301.

T. angustifolia : 4 g, 54 a, 112 e; phot. 142, 146. — Assimilation en été, 260. — Exigences alimentaires, 385. — Dans les polders, 462, 463.

T. latifolia : 4 g, 54 a, 112 e. — Dans les polders, 463.

U

Ulex europaeus : 20 g.

Ulmaria palustris : 20 g, 68 a, 106 e. — Jeunes feuilles coudées, 266.

Ulmus campestris : phot. 154, 155, 164. — Action du vent, 233, 234. — Absence de mycorhizes, 330. — Parasité par des Pucerons, 350.

Urceolaria scruposa : 48 a. — Réviviscence, 287.

Urocystis pompholygodes : 38 a.

Uromyces Betae : 38 a.

Urtica dioica : 12 g, 38 a, 62 a, 104 e. — Assimilation en toute saison, 258. — Hémicryptophyte. 263. — Dans les bosquets des dunes, 419.

U. urens : 12 g, 62 a, 104 e.

Usnea hirta arenicola : 44 a; phot. 82. — Sur le sable, 288.

Ustilago antherarum : 38 a.

U. Carbo : 38 a.

U. hypodytes : 38 a.

U. longissima : 38 a.

Utricularia minor : 30 g.

U. neglecta : 30 g.

U. vulgaris : 30 g, 78 a, 120 e. — Assimilation en été, 262. — Dans les eaux des polders, 462.

V

Vaccinium Myrtillus : 26 g. — Calcifuge, 391.

V. uliginosum : En Ardenne et en Campine, 497.

- Valeriana dioica* : 32 g, 80 a, 120 e.
V. officinalis : 32 g, 80 a, 120 e. — Assimilation en été, 260. — Mycorhizes, 331.
 Sa vigueur sur les alluvions fluviales, 446, 449.
Valerianella Auricula : 32 g.
V. dentata : 32 g.
V. olitoria : 32 g, 80 a. — Sur le sable à *Cardium*, 470.
Vaucheria : phot. 119. — Sur les alluvions fluviales, 449, 451.
Verbascum Thapsus : 30 g.
Verbena officinalis : 28 g, 76 a, 110 e.
Veronica agrestis : 30 g, 78 a. — Sur le sable à *Cardium*, 470.
V. Anagallis : 30 g, 78 a, 120 e. — Bisannuel, 257.
V. arvensis : 30 g.
V. Beccabunga : 30 g, 78 a, 120 e.
V. Chamaedrys : 30 g, 78 a, 96 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Sur les dunes continentales, 504.
V. hederaefolia : 30 g, 78 a.
V. officinalis : 30 g, 78 a, 96 e. — Assimilation en toute saison, 256. — Réduction de la transpiration, 293. — Manque au sable à *Cardium*, 472. — Sur les dunes continentales, 504.
V. persica : 30 g.
V. polita : 30 g.
V. scutellata : 30 g, 78 a, 120 e.
V. serpyllifolia : 30 g.
V. triphyllos : 30 g.
Verrucaria muralis : 48 a. — Sur des coquilles, 400.
Viburnum Opulus : 32 g, 80 a, 110 e.
Vicia angustifolia : 20 g, 70 a, 92 e. — Dans les pannes, 410.
V. Cracca : 20 g, 70 a, 92 e, 106 e. — Dans les pannes, 410, 412. — Manque au sable à *Cardium*, 471.
V. Faba (Féverole) : Culture dans les polders, 467.
V. hirsuta : 20 g.
V. lathyroides : 20 g.
V. sepium : 20 g.
V. tetrasperma : 20 g.
V. villosa : 20 g.

Vigne, voir *Vitis*.

Vinca minor : 108 e. — Sur le sable à *Cardium*, 470, 480.

Viola canina : 24 g, 38 a, 72 a, 94 e. — Hémicryptophyte, 263. — Lutte pour l'existence, 354.

V. hirta : 24 g, 72 a, 94 e. — Calcicole, 391. — Dans les dunes, 480. — Sur les dunes continentales, 503.

V. odorata : 24 g, 72 a, 108 e. — Dans les dunes, 480.

V. sylvestris : 24 g, 72 a, 108 e.

V. tricolor : 24 g, 72 a, 94 e. — Cryptophyte et hémicryptophyte, 265. — Protection des jeunes feuilles, 267. — Sur les dunes fixées, 404. — Distribution géographique de la variété *sabulosa*, 489, 490, 515.

Viscum album : Manque dans les districts littoraux et alluviaux, 361.

Vitis vinifera : phot. 60, 63. — Ne mûrit pas sur le littoral. 218, 507.

Volvaria media : 42 a.

W

Wolffia arrhiza : 10 g, 60 a, 116 e. — Exigences alimentaires, 387. — Dans les eaux des polders, 462.

X

Xanthoria lychnea : 46 a.

X. parietina : 46 a. — Sur les dunes mobiles, 396.

X. polycarpa : 46 a.

Z

Zannichellia palustris : 4 g, 54 a, 114 e. — Exigences alimentaires, 320, 386, 390. — Dans les mares des dunes, 415. — Dans les polders, 463.

Zostera marina : 4 g.

Z. nana : 4 g, 54 a, 98 e, 112 e. — Sur la slikke, 429, 430. — Distribution géographique, 510.

ADDITIONS ET CORRECTIONS

- Page 182, ligne 12 du bas. Les tourbières ne sont pas représentées par les photographies 139 à 141, mais par les photographies 133 à 135.
- Page 212. Il y a un travail de M. E.-N. TRANSEAU (*The Relation of Plant Societies to Evaporation*, in *The Botanical Gazette*, vol. XLV, p. 217, April 1908) sur la vitesse d'évaporation en divers points de l'île de Long-Island (N. Y. — U. S. A.).
- Page 213. Au sujet de la mesure de la quantité de lumière, M. J. WIESNER (*Der Lichtgenuss der Pflanzen*, Wien, 1907) a synthétisé toutes ses recherches sur l'adaptation des végétaux à la meilleure utilisation de la lumière.
- Page 252, ligne 2 du bas, lire : SUPAN, au lieu de : SEEPAN.
- Page 288, ligne 7. J'apprends par M. Bouly de Lesdain que le lichen qui était appelé *Evernia prunastri* var. *Arenaria*, serait, d'après M. HARMAND (Lichens de France, fascicule III, p. 392), le *Letharia arenaria* Harmand.
- Pages 288, 326, 368. Le travail de M^{lle} Wery sur les Algues du littoral ne pourra pas être publié dans le volume VII du *Recueil*.
- Pages 305. Au sujet de la théorie de M. WHITNEY : MM. O. SCHREINER et H. S. REED (SCHREINER AND REED, assisted by SKINNER : *Certain organic constituents of Soil in relation to Soil Fertility*, U. S. Department of Agriculture. Bureau of soils. Bulletin, n° 47. — SCHREINER AND REED : *The toxic action of certain organic plant constituents*. *The Botanical Gazette*, February 1908) ont constaté que beaucoup de substances produites par l'économie végétale sont toxiques pour les plantes; ces substances existent sans doute dans les sols où des végétaux ont vécu.
- Page 305, lignes 9-10 du bas. L'engrais vert dont parlent les auteurs américains est appelé par eux « cowpea ». Ils ne donnent nulle part le nom latin de cette plante. Des renseignements inexacts m'avaient fait croire que le « cowpea » est *Pisum arvense*. J'ai appris depuis lors que cette Papilionacée est *Vigna unguiculata*. De semblables méprises seraient évitées si l'on traduisait toujours les noms vulgaires par le nom scientifique.

Page 331, ligne 5. Au lieu de : *Convolvulus Soldanella*, lisez : *Calystegia Soldanella*.

Page 351, ligne 3 du bas, au lieu de : *Salsola*, lisez : *Suaeda*.

Page 391, ligne 7 du bas, au lieu de : *Elodea palustris*, lire : *Elodes palustris*.

Page 402, ligne 14 du bas, au lieu de : *Orolanche ramosa*, lisez : *O. purpurea*.

Page 427. Au sujet de l'action des sels de magnesium : Un travail de M. OSTERHOUT (*The antagonistic action of Magnesium and Potassium*. The Botanical Gazette, February 1908) montre que les sels de potassium empêchent l'action nuisible des sels de magnesium.

Pages 493 et 494. M. LOTSY (*Vorlesungen über Descendenztheorien*, 2. Teil, S. 483 [Iena, 1908]) consacre un chapitre à la discussion de l'origine géographique des espèces. Il n'arrive pas à des conclusions définitives au sujet de l'origine unique ou multiple.



Pour la distribution géographique de *Scirpus triquetus*, L., voir page 487, note 2.



Il y a plusieurs erreurs à corriger dans la *liste des associations*.

Aspidium spinulosum ne figure ni dans cette liste ni dans les autres : il a été découvert après leur impression dans des bosquets au sable à *Cardium*, à Westende (voir p. 475). Il en est de même de *Vinca minor*, qui habite de petits fourrés dans les dunes internes d'Adinkerke, et de *Mentha rotundifolia*, qui se trouve aux bords de fossés à Wulpen (polders marins).

Epipactis palustris (p. 60 a et 61 a), n'existe pas à Overmeire.

Rhamnus Frangula et *R. cathartica* (p. 70 a et 71 a), n'existent qu'à Overmeire.

Melandryum rubrum (p. 64 a et 65 a), habite les digues des polders fluviaux.

Eryngium maritimum (p. 72 a), habite les dunes mobiles, mais non la plage.

Ægopodium Podagraria (p. 72 a et 73 a), est renseigné comme habitant les dunes mobiles et non les bosquets ; c'est le contraire qui est vrai.

Page 82 a, au lieu de : *Arctium majus*, lire : *Arctium minus*.