

ANNALES
DES
TRAVAUX PUBLICS.

MÉMOIRE

RELATIF A UN PROJET DE FERTILISATION DES BRUTÈRES A L'AIDE DE L'EAU DE
L'ESCAUT, RÉDIGÉ D'APRÈS LES ORDRES DE M. LE MINISTRE DE L'INTÉRIEUR,

PAR M. EUG. BIDAUT,

INGÉNIEUR DE 1^{re} CLASSE AU CORPS DES MINES.

CHAPITRE PREMIER.

EFFETS GÉNÉRAUX DES IRRIGATIONS.

Effet de l'eau sur les terres. — L'effet de l'eau sur l'augmentation de fertilité des terres cultivées, ou sur la fertilisation des terres stériles, est une de ces rares questions sur lesquelles tout le monde est d'accord. Dans tous les temps, dans toutes les contrées, dans tous les sols, l'influence souverainement bienfesante de ce liquide s'est révélée aux peuples qui ont su en faire un usage convenable, pour donner à leur terre un degré d'humidité suffisant ou pour y apporter des principes qui y manquaient.

Travaux de l'antiquité. — On peut voir dans l'ouvrage de M. Jaubert de Passa (Recherches sur les arrosages chez les peuples anciens) le détail des beaux travaux exécutés, à cet effet, dans l'antiquité et les résultats merveilleux obtenus, à ces époques reculées, dans les climats de l'Orient. Aujourd'hui les plus grandes parties de ces immenses contrées, autrefois si produc-

tives, sont redevenues des déserts de sable, à la suite de la destruction des travaux monumentaux construits par les anciens habitants. Celles qui sont restées fertiles et peuplées, ne doivent leur population et leur fertilité qu'à la conservation des ouvrages ou des traditions de l'antiquité.

IRRIGATIONS CHEZ LES MODERNES. — Notre siècle et nos pays européens si industriels ont moins fait, à cet égard, que les peuples anciens que nous regardons comme barbares. « Ce n'est pas par millions, disait feu l'inspecteur-général des ponts et chaussées Polonceau, mais par centaines de millions qu'il faudrait compter les augmentations de revenus que le bon emploi des eaux procurerait par l'accroissement des récoltes en fourrages, en céréales, en plantes sarclées et par la multiplication des animaux de boucherie. »

Cependant, s'il reste beaucoup à faire, on a déjà fait un peu et je crois qu'on lira avec intérêt les faits suivants puisés à des sources authentiques.

En France. — Dans un rapport fait en 1843, à la chambre des députés de France, par M. le ministre de l'agriculture et du commerce, lors de la présentation de la loi sur les irrigations, on lit ce qui suit :

« En Provence, sur la Crau, dans ce désert pavé de galets, l'hectare arrosé se vend 4,000 francs. Dans les Vosges, les gravières sans végétation de la Moselle, et par conséquent sans valeur, ont acquis par les irrigations une valeur de 3,000 francs par hectare. A Autun, des terres valant à peine, il y a cinq ans, 900 francs, se vendent, aujourd'hui qu'elles reçoivent les bienfaits de l'irrigation, au moins 5,000 francs. En Bretagne, enfin, grâce à la haute science de M. Rieffel, l'hectare de landes, qu'on aurait payé trop cher à 300 francs, il y a quelques années, trouverait facilement, aujourd'hui qu'il est irrigué, des acheteurs à 3,000 francs. »

M. le comte de Gasparin, ex-pair de France, dans un rapport en date du 21 janvier 1844, à la société centrale d'agri-

culture, dont il était alors président, a fait connaître les faits suivants :

« Les blés immergés pour la 3^{me} fois avaient atteint la hauteur de 1^m60, quand les autres épiaient à 0^m60. Ces blés ont rendu 20 fois la semence, tandis que les autres champs de la même contrée, non arrosés, n'ont produit que 5. En outre, à Cavaillon, on tire encore, des mêmes terres arrosées, une récolte abondante de haricots, dont la valeur égale celle du blé. Ainsi, on y obtient une quantité de substances alimentaires huit fois plus grande que sur la même étendue de terrain sans irrigation. »

On trouve les assertions suivantes dans un rapport adressé, en 1855, à la société royale d'agriculture, par M. Auguste de Gasparin, frère puiné du précédent.

« A Orange, la partie du territoire soumise aux irrigations donne des prairies que l'on fauche 3 et 4 fois et qui s'affermement jusqu'à 850 francs l'hectare; $\frac{1}{5}$ environ de cette somme passe aux frais de culture.

« A Vaison et à Malancène, l'arrosage a fait élever le prix d'un grand nombre de terrains naturellement inférieurs, à 12,000 et à 14,000 francs l'hectare.

« A Cavaillon, où l'on tire du terrain des produits si variés et où le blé donne par l'irrigation les plus grandes richesses, l'eau de la Durance a, en plusieurs lieux, décuplé la valeur du sol. Des garigues (friches) qui valaient à peine 500 francs l'hectare, se vendent aujourd'hui 5,000 frs. »

On voit, par ce qui précède, que dans toute la France, au midi (la Crau), au centre (Autun) et au nord (Moselle), de la Méditerranée aux Vosges, qui, bien que plus méridionales de deux degrés environ que les plateaux dont j'ai à m'occuper, perdent cet avantage relatif par leur plus grande altitude au-dessus du niveau de la mer, les irrigations produisent partout les mêmes effets bienfaisants et rapides.

En Belgique. — La Belgique, de son côté, a compris le parti qu'elle pouvait tirer de ses eaux employées à l'agricul-

ture. Les beaux et grands travaux de canalisation si habilement exécutés dans la Campine, par M. l'ingénieur en chef Kümmer, témoignent de la confiance du pays dans ce moyen de fertilisation. Les résultats obtenus en quelques points où ces travaux viennent à peine d'être achevés, font prévoir que cette confiance ne sera pas trompée.

Il est à regretter que certaines parties se prêtent mal aux moyens de fertilisation dont je viens de parler, étant difficilement accessibles aux eaux des canaux construits ou en construction.

C'est cette particularité qui a été la première origine de l'étude dont je m'occupe aujourd'hui. Une autre circonstance a contribué à donner naissance à cette idée : c'est la différence de composition entre l'eau de l'Escaut et l'eau douce des rivières ordinaires sans marées.

CHAPITRE II.

DIVERS MODES D'ACTION DES EAUX SUR LES TERRES.

PROPRIÉTÉS FERTILISANTES DES EAUX DE L'ESCAUT.

Mode d'action. — L'eau agit de trois manières différentes sur les sols qu'elle est destinée à féconder :

1° Par l'humidité qu'elle y entretient. Son emploi, dans ce cas, n'est qu'un véritable arrosage. Cette opération, par cela même qu'elle stimule la végétation, fatigue et appauvrit le sol, qui, ensuite, a d'autant plus besoin de réparation qu'il a plus produit. Elle exige donc, nécessairement, l'emploi de beaucoup d'engrais.

2° Par les matières utiles qu'elle contient à l'état de dissolution. Son action est alors analogue à celle des engrais liquides.

3° Par les matières qu'elle entraîne mécaniquement et tient

ensuite en suspension. Elle opère, dans ce cas, tout à la fois un arrosage, un engrais, un amendement et un colmatage.

Dans ces deux derniers cas, lorsque les eaux sont suffisamment chargées de matières fertilisantes, non-seulement elles réparent les pertes faites par le sol, mais elles peuvent, encore, fournir à la terre, en sus de ce que consomme immédiatement la végétation, un excédant de sucS nourriciers.

Eau la plus convenable. — L'eau la plus convenable pour les irrigations sera donc celle à l'aide de laquelle on obtiendra, à quantités égales, la production la plus complète de ces quatre effets différents.

Composition chimique des eaux douces ordinaires. — Il n'existe aucune analyse des eaux douces de rivière de notre pays (1). A défaut de connaître la composition de ces eaux, nous prendrons pour terme de comparaison la composition moyenne des 13 cours d'eau qui approvisionnent Paris.

(Thénard, 4^me éd. tome 2, pag. 29) (2).

Quantité d'eau essayée.	Résidu provenant de l'évaporation de cette eau.	Sulfate de chaux provenant de ce résidu.	Carbonate de chaux provenant de ce résidu.	Sel marin provenant de ce résidu.	Sels déliquescents provenant de ce résidu.
1 litre.	05 ^r .436 (3).	05 ^r .164	05 ^r .187	06 ^r .009	05 ^r .096

Si, comme on peut l'admettre, puisque cette analyse donne une moyenne d'eaux de fontaine, de ruisseaux, de canaux et de rivière, si, dis-je, on considère cette composition comme

(1) Il eût été essentiel de combler cette lacune ; le défaut de temps ne me l'a pas permis.

(2) Ces 13 cours d'eau sont ceux : 1^o de Belleville et de Ménilmontant, 2^o de la Beuvronne, fontaine du Ponceau à Paris, 3^o des prés S^t.-Gervais, fontaine du Chaudron, 4^o de la Bièvre avant son entrée à Paris, 5^o de la Beuvronne, 6^o d'Arcueil, fontaine du palais de l'Institut, 7^o de la Thérourienne, 8^o du Canal de l'Ourcq, 9^o de la Collinance, 10^o de la Gergogne, 11^o de l'Ourcq, 12^o de la Seine sous Paris, 13^o de la Seine au-dessus de la Bièvre.

(3) Il y a trois fautes d'impression dans le tableau de Thénard. J'ai supposé que les erreurs se trouvaient dans la colonne du résidu total.

étant celle des eaux douces qui servent aux irrigations ordinaires, on voit qu'elles ne contiennent chimiquement que des quantités extrêmement petites de substances pouvant modifier avantageusement la composition du sol.

Analyse de l'eau de l'Escaut. — Le 4 février 1848, à la marée haute de l'après midi (3 heures moins $\frac{1}{4}$), par un vent d'Ouest assez vif et par un temps brumeux, j'ai fait recueillir, contre l'écluse militaire de Lillo, par MM. Wellens, ingénieur des arts et manufactures et Goret, sous-ingénieur honoraire des mines, de l'eau de l'Escaut. Cette eau m'a été expédiée à Liège où j'en ai fait l'analyse, au laboratoire de l'école des mines; après l'avoir filtrée, j'ai obtenu les résultats suivants :

Quantité d'eau essayée	un litre.
Résidu total laissé par l'évaporation à 140° .	<u>15^{es},000.</u>
Le résidu était composé de :	
Matières organiques	4,188
Chlorure, bromure, iodure sodique (sel marin)	9,982
Chlorure, bromure, iodure magnésique . . .	2,319
Sulfate magnésique	0,638
Sulfate calcique	<u>0,874</u>
Total	14,971
Perte	<u>0,029</u>
Total égal	15 ^{es} ,000

En examinant les deux analyses ci-dessus et en comparant entre eux les divers résultats de la seconde, on voit :

1° Que l'eau de l'Escaut contient 50 fois plus de matières en solution que les eaux moyennes de rivières à eau douce.

2° Que dans l'eau de l'Escaut le sel marin entre dans le résidu pour 66 p. %.

3° Les matières organiques 8	} en nombres ronds.
4° Le chlorure magnésique 15	
5° Le sulfate magnésique 4	
6° Le sulfate calcique 6	

COMPARAISON DES EAUX. — Comparons maintenant, sous le quadruple rapport de l'arrosage, de l'engrais, de l'amendement et du colmatage des terres, les eaux douces des rivières ordinaires avec l'eau de l'Escaut. Il est bien entendu qu'il s'agit ici des eaux de ce fleuve à la marée montante qui y introduit l'eau salée de l'Océan, et non des eaux à marée descendante.

Pour l'arrosage. — Il semblerait au premier coup d'œil, que, à quantités égales, toutes les espèces d'eau doivent entretenir dans le sol une égale humidité, humidité qui est nécessaire à la germination des graines et au développement des végétaux. Il n'en est cependant point ainsi. En effet, l'action des eaux douces ordinaires cesse immédiatement après leur évaporation ou leur absorption par le sous-sol. Il en est autrement des eaux salées comme le sont celles de l'Escaut. En s'évaporant elles abandonnent tout le sel dont elles étaient chargées. Or, tout le monde sait que cette substance est éminemment hygrométrique. Elle soutire donc, sans cesse, la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère et tend, ainsi, à maintenir le sol dans un état d'humidité convenable, après l'évaporation de l'eau qui avait, d'abord, produit cet effet.

Pour l'engrais. — En considérant les eaux comme des engrais ou des stimulants liquides, on doit donner la préférence à celles qui contiennent le plus de substances utiles en solution.

Nous avons vu que ces substances étaient au-delà de 30 fois plus abondantes dans l'eau de l'Escaut que dans les eaux douces ordinaires. On connaît les bons effets produits sur le sol par les matières organiques, par le sel marin et par le sulfate de chaux (plâtre), qui entrent à eux trois pour 80 p. % dans le résidu. On peut donc regarder comme certain, que sous le rapport qui nous occupe, l'action des eaux de l'Escaut serait éminemment plus énergique que celle des eaux douces.

Pour l'engrais, l'amendement et le colmatage. — Nous avons dit que l'eau agit encore par les matières solides qu'elle tient en

suspension et que cette action consiste à créer un nouveau sol, à engraisser et à amender l'ancien.

J'ignore la quantité et la nature des matières que charrient les eaux des rivières de notre pays. Elle n'est indiquée nulle part, à ma connaissance (1).

J'ai déterminé la quantité, mais non la nature (2), de ces substances contenues dans l'eau de l'Escaut.

A cet effet, j'ai fait recueillir, le 14 décembre 1847, à la marée haute du matin, par un temps calme, sec et serein, 3 litres d'eau de l'Escaut contre l'écluse militaire de Lillo. La filtration de cette eau m'a donné un résidu de 8^{gr}900, soit, par litre, à peu près 3^{gr}000.

Je ne peux, d'après ce que je viens de dire, comparer ce résidu ni en quantité, ni en qualité avec le résidu que donneraient nos autres rivières; mais il est évident, vu la nature des côtes baignées, en dernier lieu, par les flots de la mer qui entre dans l'Escaut à marée montante, que ce résidu doit être plus considérable et plus fertilisant que celui des autres eaux. Il provient, en effet, des terrains riches et friables de la Zélande dont la fertilité est renommée. L'inspection de ces résidus fait reconnaître qu'ils sont composés, en grande partie, de débris de matières organiques et d'une terre fine et douce au toucher, dans laquelle une recherche rapide m'a fait connaître du fer, de la silice et de l'alumine. Ils contiennent aussi du sable en petite quantité.

Il est à remarquer que, par de gros temps, la quantité de résidu charriée par les eaux, à marée montante, serait encore beaucoup plus considérable.

Conclusion en faveur des eaux de l'Escaut. — Il est donc permis de penser, à priori, que les eaux de l'Escaut sont, de quelque manière qu'on les envisage, beaucoup plus convenables pour l'arrosage, l'engrais, l'amendement et le colmatage que les eaux douces des rivières sans marées.

(1) Il eût été essentiel de combler cette lacune, le défaut de temps ne me l'a pas permis.

(2) *Idem.*

Preuve pratique en faveur de cette conclusion. — L'expérience vient confirmer cette opinion. Personne n'ignore la remarquable fertilité dont jouissent les terres des polders, dans lesquelles l'emploi des engrais est à peu près inutile et inconnu. A quoi attribuer cette fertilité persistante, si ce n'est à l'influence fécondante des eaux de l'Escaut qui les ont submergées autrefois.

Je ne dois pas négliger de faire observer ici que si les terrains des polders consistent, en général, en une couche épaisse (1 à 2^m) d'argile qui y a été déposée par les eaux de la rivière, il y existe certaines régions dans lesquelles le sol est presque exclusivement composé de sable. Ces régions, moins productives que les premières, le sont encore cependant au point que les terrains s'y vendent à 2,000 ou 3,000 fr. l'hectare. On ne peut attribuer la fertilité de ces terres sablonneuses qu'à la persistance de l'action de l'eau salée, action qu'elles ont éprouvée avant l'endiguement des polders. Il ne faut pas croire, en effet, que cette eau pénètre dans le sous-sol et entretient ainsi la fertilité. Les eaux que l'on rencontre dans les polders, en creusant des puits, sont, en général, saumâtres mais non pas salées. Quelquefois ce sont des eaux douces potables, même dans les points les plus rapprochés des digues, (quelques maisons de Lillo). Enfin, quelle que soit la nature de cette eau, comme celle-ci ne se trouve que dans le sous-sol, à 1^m50 ou 2 mètres de la surface, son action sur les racines et par conséquent sur l'alimentation et le développement des petits végétaux est nulle. On a la preuve surabondante de cette allégation dans la stérilité qui frappe les polders dans les années trop sèches, stérilité qui ne se manifesterait pas, si l'eau du sous-sol avait de l'influence sur la végétation.

On est donc fondé, d'après ce qui précède, à croire que les terres sablonneuses qui composent le plateau de Calmpthout changeraient de nature et de propriétés végétales, si on les mettait à même de jouir de l'action fertilisante des eaux de l'Escaut.

CHAPITRE III.

SURFACE A IRRIGUER.

QUANTITÉ D'EAU NÉCESSAIRE A L'IRRIGATION D'UN HECTARE. — MODE D'IRRIGATION A ADOPTER.

Localités où sont situées les bruyères. — Les communes de la province d'Anvers, proches ou peu éloignées de la Hollande, contiennent une très-grande surface de terrains absolument incultes jusqu'à présent. Ce sont, en général, aussi celles qui sont le plus éloignées du tracé des canaux de la Campine. Ce serait donc par leurs parties élevées qu'il y aurait lieu de commencer l'irrigation, au moyen du système nouveau, en choisissant pour le débul, celles qui sont le plus rapprochées de l'Escaut.

Étendue de ces surfaces. — Les communes suivantes satisfont assez bien à cette triple condition. J'indique les surfaces des bruyères qui existent dans chacune d'elles.

COMMUNES.	BRUYÈRES		
	COMMUNALES.	PARTICULIERS.	TOTAL.
	Hectares.	Hectares.	Hectares.
Galimphout . . .	2,508	1,363	3,868
Esschen . . .	481	4,107	4,588
Wustwezel . . .	4,239	2,697	5,936
Brecht . . .	374	3,064	3,438
Loenhout . . .	63	831	894
Braschaet . . .	"	1,147	1,147
St.-Léonard . . .	36	785	859
Cappelten . . .	"	1,570	1,570
Total . . .	4,738	12,562	17,100

Leur disposition naturelle. — Ces bruyères sont situées sur la partie la plus septentrionale (en Belgique) du plateau qui forme la séparation des eaux de l'Escaut, de la Meuse et de la Néthe, et sur l'origine des pentes des cours d'eau alimentaires

de ces rivières. Elles sont disposées, en général, par grandes surfaces sensiblement de niveau, quand on n'y considère que des bandes d'une largeur convenable, et que l'on rendrait, à peu de frais, tout à fait horizontales.

Le centre du village de Loenhout se trouve à moins de 50,000 mètres de l'Escaut à Lillo. Le point culminant du plateau ⁽¹⁾ (chapelle de Calmpthout) est à 25^m214 au-dessus des marées hautes de mortes eaux, à l'écluse militaire de Lillo.

A cette surface de terrain complètement inculte, on peut ajouter une étendue d'à peu près moitié, soit 8,000 hectares, plantée en mauvais bois de sapins, d'un rapport extrêmement faible. Ces bois ne manqueraient pas d'être mis en culture, quand l'expérience aurait réussi sur les bruyères, et l'on pourrait n'en conserver que des rideaux nécessaires pour abriter les autres terrains ⁽²⁾.

Fertilisation directe ou indirecte. — Tels sont les terrains, d'une surface de 25,000 hectares environ, qu'il serait convenable de soumettre au nouveau procédé de fertilisation à l'aide des eaux de l'Escaut, soit directement, soit indirectement. Directement, par le contact des eaux avec le terrain; indirectement, à l'aide des engrais produits par les parties fécondées d'une manière directe, s'il était reconnu que ces engrais sont inutiles aux terrains qui les ont produits et peuvent se transporter à meilleur marché que l'eau sur les terrains encore en friches.

Le rapport entre l'étendue des surfaces à fertiliser par l'un ou par l'autre procédé ne peut être déterminé a priori. Il dépend de beaucoup d'éléments inconnus, tels que les divers genres de culture à implanter dans les terrains fertilisés directement, les engrais qui en résulteront, les communications plus ou moins faciles, mais surtout la quantité d'eau

⁽¹⁾ Depuis que ce travail est terminé, j'ai reconnu que quelques points sont un peu plus élevés.

⁽²⁾ Il n'est pas douteux que pour les terres médiocrement fertiles situées d'une part dans la vallée de l'Escaut, en arrière des polders, et d'autre part sur les plateaux, dans les communes à bruyères, aux abords des villages, on voudrait profiter aussi de l'irrigation comme moyen d'amélioration.

nécessaire à la fertilisation d'un hectare, quantité dont la détermination est restée, jusqu'à ce jour, sans solution rationnelle générale.

On comprend que cette quantité doit varier avec le genre de culture, avec la nature des sols, avec la température des lieux, avec les circonstances atmosphériques, et, surtout, avec le mode d'irrigation adopté.

DIFFÉRENTS MODES D'IRRIGATION. — Ces modes peuvent se diviser en deux grandes catégories :

1° L'irrigation par eau courante sur des terrains en pente, ou irrigation par imbibition, ou déversement.

2° L'irrigation par eau stagnante sur des terrains horizontaux, ou irrigation par submersion.

Sur les terrains en pente. — Le premier exige que le terrain à irriguer reçoive, en petit, une disposition analogue à celle que le Créateur a donnée, en général, à notre globe pour y éviter les effets funestes de la stagnation des eaux. Il faut donc que ce terrain soit disposé par lignes de crête et par lignes de thalweg résultant de l'intersection de plans diversement inclinés. Cela fait, on procède à l'irrigation de la manière suivante.

A. Les eaux sont amenées par les lignes de faite ou les crêtes.

B. Elles produisent leur effet en se répandant par des rigoles sur les versants ou plans inclinés.

C. La portion non absorbée arrive aux lignes de thalweg, où elle est recueillie par des canaux spéciaux d'écoulement, auxquels on donne le nom de colateurs, et qui conduisent cette portion non absorbée sur des terrains inférieurs à irriguer, s'il en existe, ou dans des cours d'eau naturels dans lesquels elles s'écoulent.

Sur les terrains horizontaux. — Le second exige des terrains entièrement ou sensiblement horizontaux, mais, dans les deux cas, régulièrement dressés, limités et encaissés par de petites digues qui retiennent les eaux d'inondation, jusqu'à ce qu'elles soient évaporées, absorbées ou évacuées.

Ces deux systèmes distincts peuvent, cependant, passer l'un à l'autre par des transitions plus ou moins rapides ou ménagées.

Le premier mode exige beaucoup d'eau. — On comprend que le premier doit exiger des masses d'eau énormes et d'autant plus considérables que les plans joignant les lignes de crête aux lignes de thalweg, ou que les rigoles tracées sur ces plans sont plus inclinées et donnent, à l'eau qui les parcourt, une plus grande vitesse, et, par conséquent, moins de temps au terrain pour absorber cette eau.

Détermination de la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation d'une surface donnée dans le premier mode. — C'est surtout pour ce premier mode que la détermination de la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation d'une surface donnée, présente des difficultés. A cet égard, les opinions les plus divergentes se sont produites. Je ne rapporterai pas tout ce qui est dit à ce sujet dans les différents recueils ou mémoires sur la matière. Je me bornerai à faire connaître les chiffres extrêmes adoptés ou indiqués dans quelques cas.

D'après M. Perrin, arpenteur-forestier et architecte à Remiremont (Vosges), 22,594,880 mètres cubes d'eau (si l'on arrose pendant 180 jours) seraient employés, pendant une saison de 6 mois, à l'arrosage d'un pré de 22 hectares, situé dans cet arrondissement. Cela ferait par saison de 6 mois et par hectare 1,017,949^{m³}

Dans le département des bouches du Rhône, notamment dans la Crau d'Arles, les agriculteurs pensent que, pour ces localités, il faut porter, par hectare de prairies (les prairies exigent, en général, près du double de l'eau nécessaire pour les autres cultures, sauf les cultures maraichères, qui, de toutes, sont celles qui exigent le plus d'eau), dans le courant d'un été sans pluie, 15 arrosages de 800^{m³}, soit par saison et par hectare un volume de 12,000^{m³}

M. Mescur de Lasplanes, évalue la quantité d'eau annuelle nécessaire à l'irrigation d'un hectare, dans le département de la Haute-Garonne, à 20 arrosages de 400^{m³} ou à 16 arrosages de 500^{m³} chacun, soit par hectare et par an (par saison). 8,000^{m³}

Entre Oran et Mascara, dans la vallée du Sig, on a barré la rivière de ce nom, de manière à avoir une dérivation d'un débit de 5^{m³} par seconde, pendant les six mois d'avril à septembre. MM. le capitaine du génie de Vauban, chef du génie à Oran; Aucour, ingénieur des ponts et chaussées et Chapelain, lieutenant du génie, qui ont proposé, projeté et exécuté cet ouvrage, estiment qu'il suffira à l'irrigation complète de 15,000 hectares de superficie. Cela fait par saison et par hectare 3,110^{m³}

D'après une évaluation de M. Jaubert de Passa, dont le nom doit faire autorité en pareille matière, il suffirait pour l'arrosage annuel (par saison de 6 mois), d'un hectare dans le département des Pyrénées orientales, le point le plus méridional de la France, d'un volume de. 2,626^{m³}

Nous laisserons de côté l'évaluation de M. Perrin. Je ne l'ai donnée que pour faire voir dans quelles limites variaient les idées et les pratiques sur la matière qui nous occupe. En tous cas, la dégradation des terres résultant de la rapidité que l'on devrait donner à l'eau pour en faire écouler une si grande quantité, ou si l'on voulait diminuer cette vitesse, l'énorme surface qui serait nécessaire pour les canaux d'arrivée et de décharge, paralyserait les bons effets d'une irrigation faite dans de telles conditions.

Prenons successivement les autres chiffres que je viens de citer, et calculons dans l'hypothèse de chacun d'eux, la quan-

tité d'eau nécessaire pour l'irrigation, par la 1^{re} méthode, de 6,000 hectares (adoptons ce chiffre pour un moment), surface approximative à fertiliser directement, en supposant que l'on irrigue pendant 180 jours.

			Par 180 jours.	Par jour.
Si un hectare exige	12,000 ^{m³} ,	6,000 h. exigeront	72.000.000 ^{m³}	400.000 ^{m³}
Idem	8,000	idem	48.000.000	266.666
Idem	3,110	idem	18.600.000	103.666
Idem	2,626	idem	13.756.000	87.555

Ces chiffres donnés par des gens compétents varient encore, comme on le voit, dans des limites très-étendues, à peu près dans le rapport de 5 à 1. On est donc embarrassé de savoir auquel donner la préférence.

Cependant, si l'on considère que ces chiffres se rapportent à des climats où il tombe moins d'eau et où la température est beaucoup plus élevée que dans le nôtre, on sera d'avis que le chiffre à prendre pour nos contrées, doit être choisi dans le bas de la série.

Renonçant même au chiffre le moins élevé, on pourra admettre qu'une quantité d'eau de 103.666, soit 100.000^{m³} à fournir journellement, pendant six mois, suffirait à l'irrigation d'une surface de 6,000 hectares des landes de Calmpthout, par la 1^{re} des méthodes décrites ci-dessus; d'autant mieux que les pentes étant extrêmement faibles, il y aurait peu d'eau perdue en colature.

Détermination de la quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation d'une surface donnée dans le 2^d mode. — On pourrait arriver à la détermination expérimentale de la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation d'un hectare, dans la 2^{de} méthode, en partant de cette idée, dont il me paraît difficile de contester la justesse, que toute l'eau qui, après avoir été amenée sur un terrain, s'en écoule sous forme de colature, a été mise en trop et a été, non-seulement inutile, mais nuisible au sol et à ses produits.

On ne comprend pas, en effet, à quoi pourrait servir de

mettre journellement sur un terrain une nappe d'eau de 0^m10, par exemple, alors que le sol ne pourrait absorber que le volume représenté par 0,05 centimètres de hauteur. Les 7 centimètres de hauteur seraient l'eau inutile. L'eau nuisible serait celle que l'on ne parviendrait à faire absorber au sol qu'en le détrempant outre mesure. Cette eau ferait sur la terre le même effet qu'un excès d'aliments produirait sur un être organisé qui devrait en débarrasser son organisme, par des évacuations anormales (1).

Si donc je ne peux déterminer, dès à présent, quelle serait la quantité d'eau cherchée, on peut toujours dire avec certitude qu'elle serait beaucoup moindre que celle déterminée ci-dessus, puisque toute cette eau serait employée d'une manière utile sans en perdre sensiblement en colature.

Examen du mode d'irrigation à adopter sur le plateau de Calmpthout. — Ici se présente naturellement l'examen de la question de savoir auquel des deux modes d'irrigation il y a lieu de donner la préférence, dans les travaux dont nous avons à nous occuper.

Nous avons dit que les terrains sont disposés en bandes sensiblement horizontales. D'autre part, il est avéré que l'irrigation par nappe stagnante consomme moins de liquide que l'irrigation par eau courante. Or, comme la conduite de l'eau de l'Escaut à Calmpthout coûtera une somme assez élevée, il est évident qu'il faut en perdre le moins possible. Je crois donc que, dans l'espèce, il y a lieu de se prononcer pour l'emploi de la méthode par eau stagnante. Mais il y a ici une circonstance qu'il ne faut pas perdre de vue, et qui résulte de la nature des terrains à fertiliser et des eaux à employer.

Cause de la stérilité des bruyères. — La stérilité de ces terrains résulte de leur composition bien plus que de la sèche-

(1) Cette eau salée mise en excès exigerait, en outre, des colateurs spéciaux, car il y aurait peut-être des inconvénients à l'envoyer se perdre dans les cours d'eau naturels.

resse, car ceux d'entre eux dont la composition peut être modifiée par les engrais, atteignent un certain degré de fertilité sans le secours des irrigations (voir les bruyères défrichées à Brasschaet, par M. De Baillet, à l'aide du fumier des chevaux des batteries d'artillerie qui y sont cantonnées).

Mode d'action des eaux de l'Escaut. — Quant aux eaux de l'Escaut, elles doivent agir sur le sol, plus encore par les matières étrangères qu'elles contiennent, soit chimiquement, soit mécaniquement, que par l'humidité qu'elles y pourraient entretenir, en un mot, il s'agit plutôt d'engraisser, d'amender et de colmater le sol que de l'arroser. Il y a plus, c'est qu'une seule irrigation faite sur des terres en culture, autres que des prairies, suffirait probablement pour compromettre toute une récolte, tant est énergique l'action de l'eau salée.

Examinons donc les modifications que cette double circonstance doit amener dans la manière d'envisager la question. Pour atteindre notre but, ce que nous avons de mieux à faire, c'est d'interroger la nature.

Polders. — C'est elle qui, en formant les polders, que notre industrie a su conquérir et conserver, nous a enseigné la vertu fertilisante et durable des eaux de l'Escaut. Ne semble-t-il pas, dès-lors, qu'elle nous a indiqué la marche à suivre et que pour obtenir les résultats les plus avantageux, nous n'avons qu'à mettre en œuvre des procédés autant que possible semblables aux siens.

Cause de leur fertilité. — La fertilité des terres des polders résulte de leur longue submersion par les eaux salées. La qualité qu'elles ont ainsi acquise, elles la conservent pendant une suite d'années, jusqu'à présent non interrompue, malgré les riches productions qu'on obtient à chaque récolte. Il y a ainsi lieu de penser que, si nous établissons de l'analogie dans les procédés, nous en obtiendrons dans les résultats.

Parti le plus avantageux à tirer des eaux de l'Escaut. — Mon opinion est donc que le meilleur parti à tirer des eaux

de l'Escaut pour la fertilisation des bruyères, consisterait à les employer à la submersion d'une surface donnée, convenablement préparée, pendant un temps déterminé, passé lequel on cesserait la submersion pour mettre la terre en culture, jusqu'à ce que la diminution de ses produits, après un certain nombre d'années, annonçât la nécessité de renouveler la submersion. Si, pendant la période de fertilité, des sécheresses extraordinaires menaçaient parfois les récoltes, on pourrait employer à un ou plusieurs arrosages les eaux d'irrigation (1).

Nous avons vu tout à l'heure que 100,000^{m³} d'eau douce employés journellement pendant 180 jours, permettraient d'irriguer à l'eau courante une surface de 6,000 hectares, à charge de recommencer chaque année.

Détermination de la modification subie par le sol après la submersion.—Examinons les effets de la même quantité d'eau employée pendant toute l'année (300 jours) à la submersion d'une surface donnée.

Admettons, *pour un moment*, que l'on fixe à 600 hectares, l'étendue à fertiliser annuellement; que chaque jour ouvrable de la semaine on submerge $\frac{1}{6}$ de cette surface, subdivisée en plusieurs fractions isolées, par de petites digues et par des fossés d'égouttement, des 5 autres sixièmes, soit 100 hectares, et que les 6 jours qui suivront la submersion soient suffisants pour que la nappe d'eau de 0^m10, dont on aura couvert la terre, soit évaporée et absorbée.

Quels seront à la fin de l'année les changements survenus dans la nature du sol et du sous-sol par suite de cette opération?

D'après l'analyse que j'ai donnée plus haut des eaux de l'Escaut, les 100,000^{m³} d'eau de chaque jour contiendront en matières organiques ou en substances salines, à l'état de dissolution, un poids de 4.500.000 kil. réparties comme suit :

(1) Il est bien entendu que cet arrosage ne pourrait être pratiqué que sur les prairies.

Matières organiques . . .	418.800 kil.	
Chlorure sodique. . . .	995.200	
Chlorure magnésique. . .	231.900	
Sulfate magnésique . . .	63.800	
Sulfate calcique.	87.400	
Total.	<u>1.497.100</u>	
Perte.	<u>2.900</u>	
Total.	1,500,000	— 1,500,000

Chaque semaine, chacune des 6 surfaces de 100 hectares recevra ainsi 1.500.000 kil. de substances organiques et salines.

Chaque mètre carré recevra donc:	Par semaine.	Par an.
Matières organiques	0 ^h 41 880	6 ^h 177 60
Chlorure sodique (sel marin). .	0.99 520	51.750 40
Chlorure magnésique.	0.23 190	12.058 80
Sulfate magnésique	0.06 380	3.317 60
Sulfate calcique	0.08 740	4.544 80
Pour la perte	0.00 290	0.150 80
Totaux.	<u>1^h50 000</u>	<u>78^h000 00</u>

Il est hors de doute qu'une surface de 1 mètre carré, après avoir reçu le contact de l'eau et de l'énorme quantité de 78 kil. de matières nouvelles, aurait éprouvé une modification telle que toutes ses propriétés seraient changées (1).

Effets divers du sel en agriculture. — Mais s'il est avéré qu'une certaine quantité de sel est éminemment favorable à la fertilité, il ne l'est pas moins qu'une trop grande quantité de cette substance la détruit. Cela se voit dans les polders qui ne produisent leurs belles récoltes que deux ou trois ans après l'expulsion des eaux, les produits de la première et de la seconde année étant brûlés (suivant l'expression vulgaire) par la force de la terre.

(1) Ces 78 kil. ne resteraient pas entièrement dans le sol; mais il est très-essentiel de remarquer que je ne tiens compte ici que des matières en solution et que je ne parle pas de celles en suspension (voyez page 12, 3^e alinéa), matières qui y demeureront fixées en totalité.

M. Braconnot, dans des expériences faites en petit, a employé des quantités de sel représentant 5,000 et 6,000 kil. par hectare et a trouvé que la végétation souffrait de ces quantités ⁽¹⁾.

La maison rustique indique pour le dosage du sel comme engrais 500 kil. par hectare pour les céréales, et 450 pour les légumineuses ⁽²⁾.

M. Lecoq, agronome, réduit encore ces proportions et ne les porte qu'à 60 kil. pour le blé et à 50 pour la luzerne.

Le fait suivant, relatif à cette question, m'a été rapporté par des habitants des polders qui se sont engagés à en fournir, au besoin, l'attestation authentique.

A l'extrémité du polder de Beirendrecht, une localité où le sol consiste en sable presque pur et qui était plantée en mauvais bois de chêne, fut, lors d'une inondation subie par ce polder, atteinte par 5 ou 6 marées d'une hauteur exceptionnelle. Cette localité, endiguée et dérodée en 1858, n'a cessé, depuis lors jusqu'à présent, de produire, sans aucun engrais, toutes les denrées des polders, excepté l'orge. Dans certaines années, même, le trèfle y a été plus abondant que dans les parties argileuses ⁽³⁾.

Ce qui précède établit, comme on le voit, d'une manière certaine, que, comme je l'ai déjà dit, trop de sel nuit à la végétation, tandis que l'action d'une quantité convenable de cette substance a les effets les plus bienfesants et les plus durables.

Fixation de la surface à laquelle s'appliquerait l'irrigation.
— Mais quel est le chiffre auquel il faut s'arrêter? En prenant ceux de la maison rustique et même ceux de M. Braconnot, on en conclurait qu'une seule submersion avec une quantité

⁽¹⁾ Bibliothèque universelle de Genève, N° 5, 15 avril 1846, p. 525 et suivantes.

⁽²⁾ La quantité de matières laissée sur le sol par cette inondation était peu considérable. On en sera convaincu si l'on remarque que la submersion ne durant que peu de temps à chaque marée, le reflux emmenait presque tout ce que le flux avait apporté.

de 100,000^{m³} par 100 hectares, serait déjà beaucoup plus que suffisante, puisque cette quantité d'eau représenterait, en sel marin, près de 10,000 kil. et que c'est déjà trop de 6,000 et même de 5,000.

A ce compte, en travaillant 300 jours par an, à 100 hectares par jour, à raison de 100,000^{m³}, on arriverait au chiffre de 30,000 hectares. Cependant, je n'adopterai pas ce chiffre, de peur d'exagérer les résultats à obtenir. Je lui ferai subir encore une réduction de plus de moitié et, en outre, je supposerai qu'il faille dix ans pour atteindre ce nombre ainsi réduit. J'admettrai donc pour les calculs qui suivront, que les 100,000^{m³} d'eau de chaque jour ne permettraient de fertiliser annuellement que 1,200 hectares, qui conserveraient leurs propriétés végétatives pendant une période de 10 ans, après laquelle il faudrait leur donner une nouvelle préparation. On arriverait ainsi, au bout d'une rotation décennale, à avoir mis en culture par la fertilisation directe, 12,000 hectares de landes stériles de la Campine.

Appréciation des matières en suspension. — En admettant que chaque litre d'eau contienne, comme nous l'avons vu, page 12, trois grammes de *matières en suspension*, les 100,000^{m³} de chaque jour en contiendraient 300,000^{kg}. Soit 200^{m³}, à raison de 1500^{kg}. par mètre cube (c'est le poids de la terre de schorre). Cela représenterait un volume de 2^{m³} répandus sur chaque hectare, soit une couche de 0^m,0002 d'épaisseur. Or, comme, d'après ce que nous venons de dire, chaque hectare pourrait recevoir 2 irrigations par mois, soit 24 par an, on aurait apporté, à la fin de l'année, 48 mètres cubes de limon sur chaque hectare. Aux irrigations faites dans la Campine limbourgeoise avec l'eau de la Meuse, 25^{m³} de terre ordinaire suffisent pour la fertilisation d'un hectare. Quarante-huit mètres cubes de terre de schorre, augmentés de toute la quantité que l'on pourra encore transporter en bateaux, sur le canal d'irrigation à construire, et déverser sur les bruyères, doivent donc nous paraître beaucoup plus que suffisants.

CHAPITRE IV.

POSSIBILITÉ DE CONDUIRE LES EAUX DE L'ESCAUT SUR LE PLATEAU

DE CALMPHOUT. — MOYENS A EMPLOYER.

Nous avons compté, jusqu'ici, sur un volume d'eau journalier de 100,000^{m³}. Nous nous en tiendrons à cette quantité, puisqu'elle permet d'aborder le défrichement sur une échelle telle qu'en 10 ans une étendue minimum de 12,000 hectares pourrait être fertilisée.

Possibilité de prendre les eaux à l'Escaut. — Il est bien clair que l'on peut, sans le moindre inconvénient, soustraire journellement à l'Escaut ce volume de liquide, moitié à chaque marée montante. Cette proposition me semble si évidente que je crois pouvoir me borner à son simple énoncé.

De les conduire à Calmpouth. — La possibilité de les conduire au pied du plateau de Calmpouth et de les élever sur ce plateau n'est pas moins évidente, abstraction faite de la question financière que nous examinerons dans le chapitre suivant.

Moyens d'exécution. — Prise d'eau. — La prise d'eau exige, soit :

a. Une coupure dans la digue de l'Escaut et l'établissement d'une écluse dans cette coupure.

b. Un ou plusieurs percements et l'introduction, dans chacun d'eux, d'un tuyau à valves, d'un diamètre suffisant.

c. Un ou plusieurs siphons dont les courtes branches plongeraient dans l'Escaut, à marée haute, et dont les longues branches amèneraient l'eau derrière la digue du fleuve.

Son emplacement. — Cette prise d'eau devrait se faire dans le polder de Lillo, pour des motifs que je déduirai ci-après, en parlant de la direction de la conduite d'eau.

Elle devrait avoir lieu au point le plus élevé possible, afin de diminuer, autant que faire se pourrait, la distance verticale

entre le niveau où l'on prendrait le liquide et celui auquel on le déverserait.

Le point pourrait, je pense, être convenablement fixé à 1^m au-dessous du niveau des marées hautes des mortes eaux.

Par une écluse. — Si l'on se décidait à adopter une écluse, pour la prise d'eau, on aurait à ériger, d'abord, un barrage pour l'assèchement du point de la digue où on voudrait la construire; à faire la coupure de la digue, puis à édifier l'écluse dont le seuil devrait être, comme je viens de le dire, à 1^m au-dessous du niveau des marées hautes des mortes eaux, et qui communiquerait librement avec la conduite d'eau dont nous parlerons ci-après.

Le genre de construction est très-habituel dans ces contrées, puisque chaque polder contient au moins une écluse de mer pour l'évacuation, à marée basse, des eaux douces de l'intérieur des terres. Sa réussite est donc complètement certaine, mais c'est un ouvrage assez coûteux.

Par un tuyau. — L'établissement dans la digue d'un ou plusieurs tuyaux métalliques d'une section suffisante exigerait beaucoup moins de frais, puisque l'on serait dispensé de tout le travail lent, coûteux et difficile des fondations, des maçonneries, etc., etc.

De plus, la matière première des tuyaux eux-mêmes coûterait beaucoup moins que les matériaux d'une écluse, enfin la main-d'œuvre et les frais de mise en place seraient beaucoup moins élevés, et tout le travail de percement et de pose pouvant se faire probablement en une marée basse, on éviterait la construction du batardeau. La communication serait établie ou interceptée à volonté, entre la face intérieure et la face extérieure de la digue, c'est-à-dire entre le fleuve et le polder, à l'aide de valves à adapter à ces tuyaux.

Je ne pense pas qu'un pareil système ait jamais été établi aux rives de l'Escaut. Comme il me paraît de nature à faire atteindre, à peu de frais, le but que l'on se propose, il y aurait lieu, lors de l'étude définitive du projet, d'examiner si

rien ne s'oppose à ce mode de construction, sous le rapport de la sûreté des digues et des polders. Dans le cas où il en serait ainsi, je crois que ce système mériterait la préférence à cause de l'économie et de la rapidité de son établissement.

Par un siphon. — Dans le cas où on ne voudrait recourir ni à l'un ni à l'autre de ces deux systèmes, pour ne rien changer au régime actuel de la digue, on pourrait adapter sur celle-ci des siphons dont la courte branche plongerait dans l'eau, à marée montante, et dont la longue branche déverserait l'eau dans la conduite. Des valves adaptées à ces siphons et qui se fermeraient au moment où commencerait la retraite du flot, maintiendraient cet appareil constamment amorcé.

Cet appareil réunissant, au plus haut degré, les conditions de sûreté et d'économie dans son établissement, présenterait peut-être l'inconvénient d'augmenter un peu la hauteur à laquelle il faudrait élever l'eau, puisqu'il la déposerait dans la conduite à un point inférieur à celui où il la prendrait dans le fleuve.

Conduite de l'eau. — L'eau prise au fleuve, par un des moyens que je viens d'indiquer, doit être menée, à l'aide de plusieurs biefs, au point culminant du plateau de Calmpthout. Le désir, d'une part, de voir des travaux entrepris dans l'intérêt de l'agriculture, être, en outre, utiles à notre industrie métallurgique, et, d'autre part, de parer à la perte de l'eau par l'absorption, m'a engagé à rechercher le prix de revient de conduites en tôle avec supports en fonte.

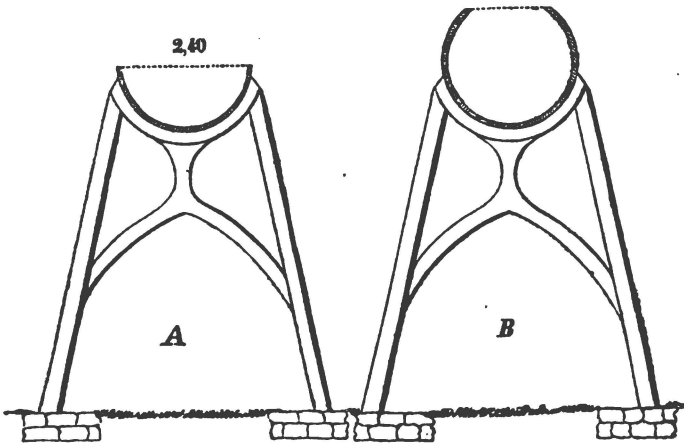
Je n'ignore pas que la fonte se comporte mal au contact de l'eau de mer, mais il n'est pas sûr qu'il en soit de même de la tôle (1), et si les expériences à faire eussent démontré qu'il en était ainsi, on aurait pu aviser à des moyens de parer à cet inconvénient. Je n'ai pas tardé à me convaincre que ce projet était irréalisable, à cause des dépenses auxquelles il aurait entraîné.

(1) Il ne s'agit, d'ailleurs, pas ici d'eau de mer proprement dite, mais d'un mélange d'eau de mer et d'eau douce.

Conduites métalliques. — Une conduite en tôle de forme semi-circulaire (fig. A) de 2.40 de diamètre, de 0,005 d'épaisseur, cuberait, sans les redoublements et les rivets, par mètre courant, 0,^m019 et pèserait 148 kil. A raison de fr. 0.50 par kil., c'est le prix très-bas du kil. de chaudière à vapeur, cette conduite coûterait, par mètre courant. . . frs. 74

Admettons qu'il faille la soutenir à un profil moyen de 2^m de hauteur.

Son poids =	148 ^k .
Elle contiendrait, par mètre courant, 2, ^m 260 d'eau, pesant.	<u>2.260^k.</u>
Poids à soutenir.	2.408 ^k .
	1,80



Il faudrait un support de mètre en mètre. Ce support d'une forme analogue à celle indiquée au croquis ci-dessus A, devrait avoir un poids de 150 k., au moins, à 0,^{fr}20 le kil., il reviendrait à. . . frs. 30

Empâtements en maçonnerie pour les pieds du support.	5
	<u>frs. 109</u>

A quoi il faudrait ajouter le prix des terrains occupés. Si, au lieu d'une conduite semi-circulaire, on adoptait une

forme aux $\frac{3}{8}$ circulaire, pour s'opposer, autant que possible, à la perte par évaporation, on aurait :

Une conduite semblable à celle figurée au croquis ci-dessus B, de 1^m80 de diamètre et de 0^m005 d'épaisseur, cubant par mètre courant 0^m024 et pesant 187 kil., qui, à 50 centimes, donneraient. frs. 95

Support et maçonnerie comme d'autre part. 35

Total. frs. 128

Une conduite rectangulaire, de formes et de dimensions indiquées ci-dessous, donnerait les chiffres suivants :

Cinq colonnes, cubant 0^m045, peseront 325 kil.

et vaudront, à 15 centimes. 48.75

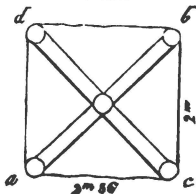
ab, cd, 2 traverses diagonales en fonte pèseront 54 kil. et vaudront. 8.10

Deux mètres de cette conduite peseraient 314 kil. et coûteraient 157.00

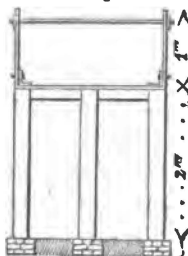
Total pour 2^m courants. 213.85

Par 1^m courant. 106.92

Plan



Coupe



On voit que les prix sont tellement élevés qu'ils ne permettent pas de songer aux conduites métalliques.

Conduites en terrassements.— La conduite dont il s'agit doit donc consister en une conduite en terrassements dont le prix de revient ne serait guère que le $\frac{1}{10}$ des chiffres que nous venons de trouver.

Divers biefs ou réservoirs. — Cette conduite aurait l'apparence d'un canal ordinaire. Elle présenterait encore sur les conduites métalliques l'avantage de pouvoir servir, au besoin, à la navigation (1). Sa section et sa pente seraient déterminées par la double considération de pouvoir conduire la quantité d'eau nécessaire au point déterminé et d'éviter, autant que possible, que le limon ne se dépose dans le trajet.

Dans les canaux ordinaires il est essentiel d'éviter l'envasement. Celui que l'on a à attendre, ici, sera probablement peu considérable, parce que les eaux seront constamment en mouvement. En outre, il faut remarquer que l'envasement ne sera pas ici un inconvénient. La vase de l'Escaut sera un engrais précieux dont on pourra tirer un parti avantageux pour l'amélioration des terres traversées par le canal. Dans tous les cas, il est certain qu'elle représentera une valeur supérieure aux frais de curage.

Conditions auxquelles ils doivent satisfaire. — Ces biefs étant de vrais réservoirs, doivent satisfaire à la condition d'être le plus étanches possible. L'eau pénétrera et montera dans le premier, à chaque marée, à mesure qu'elle s'élèvera dans le fleuve. Au moment où commencerait la descente du flot, on interromprait la communication entre le fleuve et le bief inférieur, qui, alors, devrait contenir la moitié du volume d'eau à élever en 24 heures, soit 50.000^{m³} et même 75.000^{m³} pour tenir compte de la di-

(1) Cette navigation aurait entre autres pour objet le transport de la houille nécessaire aux machines à vapeur, et le transport, de l'Escaut aux bruyères, de la terre de schorre que l'on prendrait dans la rivière ou qui proviendrait du curage du canal, et qui est, comme engrais et amendement, éminemment énergétique.

minution de capacité par l'envasement, etc, etc. Si donc son tracé et le relief de ses berges ne comportaient pas cette capacité, il faudrait la lui donner par un réservoir supplémentaire, que la nécessité d'emmagasiner un grand volume d'eau en peu de temps, rendra d'ailleurs nécessaire. Le relief de ces berges est déterminé par la considération que le plafond est à 1 mètre au-dessous de la marée haute des mortes eaux, que les marées de vives eaux s'élèvent à 0^m50 plus haut que les premières; il y aurait donc, à marée haute de vives eaux, 1^m50 d'eau dans le canal, ce qui oblige à donner 2 mètres de relief aux berges au-dessus du plafond pour faire face aux marées extraordinaires (1).

L'eau serait transportée du premier bief dans le suivant et de celui-ci dans les autres, à l'aide de moteurs dont nous parlerons plus loin.

Tracé du canal. — La configuration extérieure du sol est simple et uniforme. A partir du fleuve (marée haute de mortes eaux), on trouve une pente d'un peu plus de 6 mètres jusqu'à la route d'Anvers à Berg-op-Zoom, c'est-à-dire sur une distance de deux lieues. De ce point au sommet du plateau, qui en est distant d'une lieue, on a une pente réglée d'environ 17 mètres.

La direction du tracé, sous le rapport des difficultés qui peuvent résulter de la configuration extérieure du sol, est à peu près indifférente.

Ce tracé semblerait, dès lors, ne devoir satisfaire qu'à une seule condition, celle d'offrir le moins de longueur possible entre les points de départ et d'arrivée, c'est-à-dire de suivre une ligne droite. Mais quelques considérations obligent à dévier un peu de cette condition principale, au moins pendant le trajet du canal dans les polders.

(1) Par ces mots, marées extraordinaires, je n'entends pas celles qui atteignent presque, et qui dépassent, quelquefois, le sommet des digues de l'Escaut. Pendant la durée de ces phénomènes exceptionnels, on n'admettrait pas l'eau dans le canal d'irrigation. Ainsi on se trouve dispensé d'élever le sommet des berges de ce canal jusqu'au niveau de la partie supérieure des digues du fleuve.

La valeur du terrain n'est pas uniforme dans les polders. Certaines parties valent jusqu'à 7 et 8,000 francs l'hectare, tandis que d'autres atteignent à peine le chiffre de 4,000 fr. Ce sont les parties sablonneuses. J'ai eu recours, pour les indications dont j'avais besoin, à cet égard, à un habitant des polders, dont les connaissances locales et les lumières ne peuvent être mises en doute. On comprend que, de cette différence considérable de valeur, il résulte que la ligne la plus courte ne soit pas la moins coûteuse, si elle doit traverser les bonnes terres.

Motifs qui ont guidé dans la détermination de l'emplacement de la prise d'eau. — C'est ici le lieu d'indiquer le motif qui me fait fixer ma prise d'eau dans le polder de Lillo, contre le fort de ce nom, et mon point d'arrivée à la chapelle de Calmpthout. Le choix de ce dernier point est déterminé, d'une part, parce qu'il est situé à peu près à égale distance des masses de bruyères qu'il s'agirait d'atteindre au nord et au sud, et, d'autre part, parce qu'étant situé sensiblement au sommet du plateau, il sera facile, lorsqu'on y tiendra les eaux, de les diriger où besoin sera.

Le point d'arrivée étant ainsi fixé, le point de départ se trouve déterminé dans ou contre le polder de Lillo, parce que l'Escaut y est à la moindre distance de la chapelle de Calmpthout.

L'inspection du plan montre que le point du polder de Lillo, le plus rapproché de la dite chapelle, est situé contre le Cruyschans. Il me reste donc à expliquer pourquoi j'allonge le tracé, d'à peu près 500 mètres, en faisant partir ce canal des environs de l'écluse militaire de Lillo.

Cette déviation de la ligne droite est motivée par une circonstance naturelle. On voit au plan ⁽¹⁾ que, dans cette localité, il s'est formé un schorre divisé en deux parties, l'une *A* de 28 hectares, l'autre *B* de 15 hectares. Tous deux donnent d'excellents produits.

(1) Les dimensions de ce plan n'ont pas permis de le faire graver pour le joindre au mémoire. Une bonne carte peut d'ailleurs en tenir lieu jusqu'à un certain point.

La formation de ce schorre prouve la tendance de l'Escaut à charrier et à déposer, en cet endroit, des particules de limon très fertilisant. Or, il est éminemment utile que l'eau que l'on prendra au fleuve soit le plus chargée possible de cette substance, qui, en s'ajoutant à celles qui sont en solution, produit le meilleur effet sur les terres à défricher. On ne peut donc mieux faire, à cet égard, que de prendre l'eau dans un endroit que la nature des choses nous prouve être un point de dépôt de cette utile matière.

Peut-être même serait-il convenable de profiter, non-seulement du limon que la marée amène journellement en cet endroit, mais même de celui qu'elle y a déposé depuis l'endiguement des polders. Pour cela, il faudrait acquérir le schorre, le rigoler et en ameublir le sol, afin que le flot en arrivant en détachât, chaque jour, une certaine quantité, qui tenue ainsi en suspension, serait élevée avec l'eau d'irrigation. L'objection qui consisterait à dire qu'il est irrationnel de détruire une terre fertile existante, pour aller, à grands frais, la porter ailleurs, tombe d'elle-même, si l'on observe qu'il ne s'agirait de prendre au schorre que ce qu'il a de trop en terre limoneuse pour aller le répandre sur une surface plus que centuple.

J'ajouterai, enfin, qu'il y a une grande différence de salure entre l'eau du fleuve à l'amont et à l'aval du polder de Lillo.

Ayant ainsi expliqué et justifié le tracé que je propose, il reste à indiquer les ouvrages d'art dont il exigerait la construction. Cette énumération se trouvera dans le chapitre suivant, avec l'indication des dépenses auxquelles ils donneraient lieu.

Il serait, dans tous les cas, indispensable de s'assurer, à l'aide de sondages, avant l'adoption d'un tracé définitif, de la nature du sous-sol, pour éviter, autant que possible, les anciennes criques de l'Escaut et les parties tourbeuses qui ne présenteraient pas une assise suffisamment solide.

Élévation de l'eau sur le plateau. — La différence de niveau entre le point de départ et le point d'arrivée est de 24, ^m214

que nous porterons à 25 mètres pour tenir compte de l'élévation à donner au plafond du bief supérieur au-dessus du sol du plateau.

Les terrains à défricher ne se trouvant pas tous au sommet du plateau, il serait inutile d'élever au point culminant l'eau destinée à l'irrigation du versant occidental. Cette considération, jointe à la convenance de ne pas avoir des coupures trop profondes ou des remblais trop élevés, me porte à penser qu'il serait convenable d'opérer l'élévation de l'eau sur cinq paliers successifs, distants verticalement l'un de l'autre de 5 mètres. De cette façon, la conduite de l'eau serait répartie en 6 biefs différents : l'inférieur ou bief récepteur, 4 biefs intermédiaires et le bief supérieur ou distributeur pour le plateau et pour le versant oriental.

FORCE MOTRICE NÉCESSAIRE. — On trouve que l'élévation de 100.000^{m³} d'eau à 25^m de hauteur en 24 heures, exige une force de 434 chevaux-vapeur, en comptant 4000 kil., au lieu de 4500, à 1 mètre en 1 minute par force de cheval, pour tenir compte des pertes de force vive. Nous portons ce chiffre à 500 chevaux pour parer à l'évaporation ⁽¹⁾ et à l'absorption de l'eau dans les biefs.

Sa distribution. — Cette force motrice devrait être répartie également sur 5 paliers, chacun d'eux recevant donc un moteur équivalent à la force de 100 chevaux-vapeur.

Moteurs. — Cette force motrice pourrait être demandée à l'eau, au vent, à la vapeur.

L'eau — D'après l'examen des cours d'eau qui arrivent du plateau pour s'écouler dans l'Escaut, je ne pense pas qu'ils puissent être d'un grand secours pour l'objet qui nous occupe. Ces cours d'eau sont peu considérables et presque toujours à sec pendant l'été. Ils pourraient, peut-être, fournir, pendant l'hiver, une faible partie de la force nécessaire, si les calculs à faire ultérieurement démontraient que les travaux

⁽¹⁾ Les effets de l'évaporation seraient peu nuisibles, puisque l'eau qui arriverait au plateau n'en serait que plus concentrée.

à entreprendre pour profiter de cette force naturelle, ne sont pas hors de proportions avec les résultats que l'on pourrait en attendre.

L'Escaut offre à l'ingénieur une masse d'eau énorme; mais il paraît difficile d'en user, à cause du manque de pente de ce fleuve. On pourrait peut-être, à la vérité, profiter, pour la machine inférieure, de la chute artificielle créée par la marée montante, en recueillant les eaux à marée haute pour les employer et les rendre ensuite au fleuve à marée basse. Mais ces opérations exigeraient des emprises de terrain considérables, dans des localités où le sol a une valeur fort élevée. Il est donc difficile de croire que ce puisse être là le moteur le plus économique à employer.

Le vent. — Cette question mérite au surplus, ainsi que celle de l'emploi du vent, un examen approfondi, lors de l'étude définitive du projet.

La vapeur. — Nous admettrons donc, jusqu'alors, que l'on aura recours à la vapeur comme force motrice, et c'est en partant de cette hypothèse, toujours réalisable, que nous calculerons dans le devis ci-après, les frais d'établissement et d'entretien des machines nécessaires.

Exemple de l'emploi des machines pour les irrigations. — Quelques personnes ayant paru effrayées de l'idée de recourir aux machines pour l'irrigation des terres, je crois devoir faire observer que cette idée n'est pas neuve. Elle a été appliquée dès l'antiquité la plus reculée et l'est encore aujourd'hui chez des peuples non civilisés.

Chez les anciens. — Dans le Pundjab, les machines pour élever les eaux d'irrigation sont très-multipliées et remontent aux temps des conquêtes d'Alexandre (Rapport de M. Héricart de Thury, inspecteur-général des mines, sur l'ouvrage de M. Jaubert de Passa).

Chez les modernes. — Aujourd'hui les Abyssiniens pratiquent l'irrigation à l'aide de roues mues par des bœufs et placées sur des puits ayant jusqu'à 20 mètres de profondeur,

percés dans la syénite. Ces peuples considérés comme barbares, exécutent ce qui n'est aujourd'hui, en Belgique, qu'à l'état de projet en discussion. Encore, en Abyssinie, ces opérations sont si loin d'être encouragées, que chaque roue (sakia) mue par des bœufs, pouvant servir à l'irrigation de 3 hectares $\frac{1}{10}$ (10 feddam) de terre, est frappée d'un impôt d'environ 115 francs (315 piastres) (Ed. Ruppel Caillaud). Quand on voit de petites machines imparfaites, mues par des animaux et frappées de droits énormes, donner des résultats satisfaisants, on doit être convaincu qu'il ne faut pas reculer devant l'emploi de bonnes et puissantes machines, établies avec discernement, sur une grande échelle, et dans les meilleures conditions mécaniques et économiques.

CHAPITRE V.

DEVIS GÉNÉRAL DE L'ÉTABLISSEMENT DES TRAVAUX ET MACHINES NÉCESSAIRES POUR ÉLEVER JOURNELLEMENT 100.000^{m³} D'EAU DE L'ESCAUT, SUR LE POINT CULMINANT DU PLATEAU DE CALMPHOUT.
— COMPARAISON DES DÉPENSES ET DES PRODUITS.

La possibilité d'exécution étant prouvée par ce qui précède, il reste à calculer les frais d'exécution, à évaluer les produits et à établir la balance entre les deux éléments. C'est à quoi nous allons procéder.

EXPROPRIATIONS.

Estimation de l'expropriation des terrains nécessaires.

EMPLACEMENT.	LONGUEUR.	LARGEUR.	SURFACE.	VALEUR par HECTARE.	SOMME.
	Mètres.	Mètres.	Hect.	Francs.	Francs.
De la digue de Lillo au chemin de Nieuwen-Weg . .	4,800	16	7,68	3,500	26,880
Du Nieuwen-Weg jusqu'à la digue de Stabroek . .	1,500	16	2,40	4,600	11,040
A REPORTER . . .	6,300	»	10,08	»	37,920

EMPLACEMENT.	LONGUEUR.	LARGEUR.	SURFACE.	VALEUR	SOMME
	Mètres.	Mètres.	Hectres.	par HECTARE.	
REPORT.	6,800	»	10,08	»	87,92
De la digue de Stabroeck jusqu'à la route de Putte.	5,100	16	4,96	2,300	11,408
De la route de Putte à la chapelle de Calmpthout.	5,400	11	5,94	1,800	9,304
Pour dépôt de terre sur les parties élevées.	»	»	8,00	2,000	16,000
Pour un bassin.	»	»	5,00	4,000	12,000
Pour chemins de service dans diverses parties.	»	»	3,00	2,000	6,000
Pour imprévu.	»	»	»	»	7,168
TOTAUX.	14,800	»	34,98	»	100,000

Total pour les expropriations Fr^s 100,000.

TERRASSEMENTS.

ESTIMATION PAR MÈTRE COURANT DU CANAL D'IRRIGATION À ÉTABLIR

DE LILLO A CALMPHOUT.

Profil moyen n° 1 dans les parties basses des Polders, en remblai.

17^m5750 de terre, pour fouille, chargement
et transport à deux relais, à 0 fr. 50 le mètre. 8.87

15^m5750 de terre à emprunter le long du canal,
sur une profondeur de 2^m, à 4,000 fr. l'hec-
tare. 3.15

6 ^m 00 de gazons pour revêtement des talus intérieurs ; coupe, transport et pose, à 0.15 par mètre carré	0.90
Achat de ces 6 mètres carrés de gazons à 0.08 par mètre carré.	0.48
Pour fascinage (risbermes et tunages) dans les endroits marécageux, ensemencement.	1.60
Total par mètre courant frs.	15.00

Profil moyen n° 2 dans les terres élevées, en déblai.

10 ^m 00 de terrassements, pour fouille, chargement, transport et épuisement s'il y a lieu, à 0,55 par mètre cube.	5.50
7 ^m 00 de gazons pour revêtement de talus, pour coupe, transport et pose à 0.15 par mètre carré.	1.05
Achat de ces 7 ^m de gazons à 0.08.	0.56
Pour fascinage et ensemencement.	0.89
Total par mètre courant	8.00

ESTIMATION TOTALE DES TRAVAUX DE TERRASSEMENTS.

Pour 6.700 mètres courants de rigole d'après le profil n° 1, en remblai	100.500
Pour 8.100 mètres courants de rigole d'après le profil n° 2, en déblai.	64.800
Pour endiguement d'un bassin (1) pouvant contenir 30.000 ^m à marée haute de mortes eaux (3 hectares sur 1 ^m de haut.) et 45.000 ^m à marée haute de vives eaux (3 hectares sur 1 ^m 50 de haut.), cela fait un développement de 800 ^m de digues, à 6 ^m par mètre courant, soit 48.000 à 0 fr. 60	28.800
Imprévu sur les terrassements.	5.900
Total pour les terrassements, frs.	200.000

(1) Le plafond de ce bassin serait au niveau du plafond du bief inférieur

TRAVAUX D'ART ET MACHINES.

Détail et estimation des travaux d'art et des machines.

<i>a</i> Écluse à faire à la digue de Lillo	70.000
<i>a'</i> Barrage pour assécher l'emplacement de la digue	5.000
<i>a''</i> Siphon ou aqueduc à la route et au ruisseau de Stabroeck	5.000
<i>b</i> Siphon ou aqueduc pour les eaux réunies du polder se rendant au Watergang.	5.000
<i>c</i> Écluse sous la digue et siphon ou aqueduc.	20.000
<i>d</i> Pont sur le chemin au-delà de la digue.	5.000
<i>d'</i> Siphon ou aqueduc pour les eaux réunies du polder se rendant au Watergang	5.000
<i>e</i> Pont sur la route d'Anvers à Santvliet.	5.000
<i>f</i> Siphon ou aqueduc pour les eaux du fossé dit <i>Kraeg</i> ou <i>Klein Watergang</i>	5.000
<i>g</i> Pont sur le chemin de Nieuwen weg.	2.000
<i>h</i> Pont sur le chemin du <i>kleinen Molenweg</i>	2.000
<i>i</i> Idem. <i>grooten Molenweg</i>	2.000
<i>l</i> Pont sur la route d'Anvers à Berg-op-Zoom.	6.000
<i>m</i> Siphon ou aqueduc au Middelbeek.	5.000
<i>n</i> Pont sur la route de Stabroeck à Calmpthout dite oude Galgestraet	5.000
<i>o</i> Siphon ou aqueduc au <i>gemeyne wal</i>	5.000
<i>p</i> Pont sur la route de Stabroeck à Calmpthout dite oude Galgestraet	5.000
Vingt ponts en bois pour les communications entre les terres.	5.000
Cinq machines à vapeur de la force de 100 chevaux, chacune avec accessoires, bâtiments et pose, à fr. 60.000.	500.000
	<u>448.000</u>
Imprévus.	52.000
Total pour les travaux d'art et machines, frs.	<u>500.000</u>

RÉCAPITULATION.

1° L'état des expropriations se monte à . . .	frs. 400.000
2° — des terrassements.	200.000
3° — des travaux d'art et machines. . . .	500.000
Frais judiciaires des expropriations et de l'étude définitive du projet.	50.000
	<hr/>
Total frs.	850.000
Frais imprévus sur l'ensemble.	450.000
	<hr/>
Total général frs.	4.000.000