

# LES ACTIONS DU VENT ET DE LA MER

SUR

## LA PLAGE ET DANS LES DUNES (1)

---

Les diverses rides qui se forment par l'action du vent et de la mer sur la plage et celle du vent dans les dunes, comme, en général, les modifications d'ordre mécanique qui modifient parfois considérablement l'aspect topographique des dunes côtières et de l'estran, ont depuis longtemps été l'objet d'études, dont la plus complète est celle de M. Jules Girard (2). Nous y renvoyons le lecteur désireux de se renseigner sur les problèmes généraux se rattachant au sujet dont il va être question.

Depuis deux ans, et principalement de juin à octobre 1930, nous avons fait journellement de très nombreuses observations relatives aux multiples actions mécaniques exercées par le vent et les flots marins sur nos côtes.

Ces observations ont été réalisées dans d'excellentes conditions, au voisinage de Coxyde-Bains et vers Oostdunkerke, là où la plage, très étendue, est vierge de tout travail par l'homme et là aussi où les modifications physiques sont les mieux indiquées. Dans cette région également, la large bordure des dunes offre un caractère naturel complet.

Pour toutes les observations relatives aux actions du vent, nous avons noté, avec le plus de précision possible, les vitesses de cet élément correspondantes à la production de tel ou tel phénomène, à l'aide d'un appareil très sensible, construit spécialement à cet effet.

Nous ne nous occuperons pas des problèmes généraux de la formation des dunes, mais seulement des actions mécaniques qui sont causes

---

(1) Communication faite à la Section de géographie physique, de la Société Royale Belge de Géographie.

(2) JULES GIRARD. Le modelé des sables littoraux. Ernest Leroux, éditeur, Paris, 1905.

des transformations continuelles dans l'aspect physique de cette région côtière.

Notre but est d'exposer les résultats d'observations plus nombreuses et plus complètes — pensons-nous — que celles qui ont été publiées jusqu'à ce jour.

## DUNES

### Généralités sur les rides formées dans les dunes.

Constatons d'abord que la distance entre les crêtes des rides formées sur le sable sec des dunes varie suivant la nature et la grosseur des matériaux transportés par le vent et suivant d'autres circonstances encore difficiles à préciser.

Les examens microscopiques auxquels nous nous sommes livrés pour étudier la grosseur des grains de sable et des divers autres matériaux dont les rides sont constituées confirment ce fait que les crêtes des rides sont plus écartées lorsqu'elles sont composées de gros matériaux que lorsqu'elles sont formées de sables fins.

Pour les sables fins cette distance varie généralement entre 4 et 15 centimètres, quelque soit la vitesse du vent. La moyenne est de 7 à 8 centimètres.

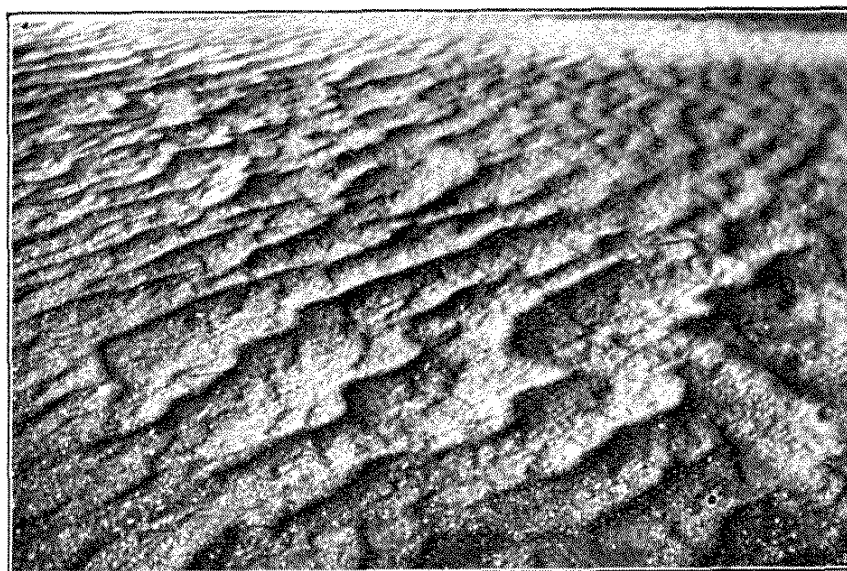


Fig. 1. — Rides irrégulières.

Les rides formées de débris de coquillages (gros matériaux) ont les crêtes distantes l'une de l'autre de 10 à 50 centimètres. Les crêtes en gros matériaux sont toujours ondulées et irrégulières (fig. 1)

contrairement aux précédentes, qui sont très généralement rectilignes ou légèrement ondulées et régulières.

La hauteur des crêtes pour les rides en sable fin ne dépasse pas 2 centimètres, mais pour celles en débris de coquillages la hauteur peut atteindre 10 centimètres.

Rappelons que le triage des sables ou de débris de coquillages se fait d'une façon mécanique par le vent; les éléments les plus légers se transportant plus facilement que les plus lourds.

Les rides se déplacent plus ou moins rapidement suivant la vitesse du vent qui les pousse en avant à la manière des vagues remontant la plage. Parfois certaines parties de rides avancent plus rapidement que d'autres, ce qui produit alors les légères ondulations bien connues. Un déplacement de rides de 10 centimètres par minute nécessite déjà un fort vent.

Dans les dunes, les rides de sable sec commencent à se former par des vents variant entre 5 et 10 kilomètres à l'heure; elles sont tout à fait parfaites lorsque la vitesse atteint 20 kilomètres à l'heure (c'est alors que les crêtes sont les plus hautes). Lorsque le vent fait 50 kilomètres à l'heure, les rides se forment encore, mais elles sont alors moins bien indiquées et les crêtes sont très basses, parfois à peine perceptibles.

Pour un même sable, la force du vent et la vitesse de déplacement des rides n'ont pas d'influence sur l'écartement des crêtes.

Lorsque la vitesse du vent atteint 75 kilomètres à l'heure, ce qui correspond à la tempête, les rides ne se forment plus dans les dunes, parce que le sable sec est enlevé partout et complètement, là où le vent l'atteint directement. Là où le sable se dépose à l'abri de la tempête, les particules sableuses s'accumulent en telle quantité que les rides n'ont pas le temps de se former. Ces observations ont été faites deux fois alors que le vent atteignait et dépassait 75 kilomètres à l'heure.

Nous verrons plus loin qu'il n'en est pas de même pour les rides formées par la mer, ou par le vent sur le sable humide de la plage.

Comment la ride commence-t-elle à se former sur le sable uni et sec des dunes? Nous ne sommes pas encore parvenu à le comprendre. Quand la ride est constituée, c'est un mouvement tourbillonnant du vent qui maintient la hauteur des crêtes séparant les creux.

Nous ne parlerons pas de la ride ordinaire normale.

Signalons seulement (fig. 2) que les rides normales en sable fin, régulières et bien alignées, peuvent passer brusquement, sans tran-

sition aucune aux rides irrégulières et fortement ondulées, composées de sable grossier avec débris de coquillages. La figure 1 donne



Fig. 2. — Rides régulières passant aux rides irrégulières.

un aspect caractéristique de rides irrégulières en gros matériaux. C'est le vent qui opère si bien ce triage.

Nous allons exposer quelques dispositifs curieux ou groupements de rides irrégulières, dues à des phénomènes très complexes de tourbillonnement, à des obstacles modifiant à tout instant la direction du vent, ou à des sautes de vents.

La figure 3 offre l'exemple d'un dispositif de rides contournant une petite dune et s'étendant sur une crête sableuse en pente A-B dont le versant vers la dune est en assez forte pente, tandis que l'autre est en faible pente vers H.

Le versant en forte pente vers la dune porte, dans sa partie la plus élevée, en C, de petites rides dont les crêtes sont écartées de 5 à 10 centimètres; puis en D, des rides à écartement de 10 à 12 centimètres; en E des rides de 20 centimètres et plus d'écartement; enfin en F de petites rides, de 2 à 3 centimètres, rayent perpendiculairement l'intervalle des grandes rides E.

Le versant opposé ne porte, dans sa partie supérieure, en G, que de grandes rides ondulées avec écartement de 20 à 30 centimètres.

Toutes ces rides sont en sable fin. Il y a donc des exceptions au fait que les rides de même sable sont sensiblement de même grandeur.

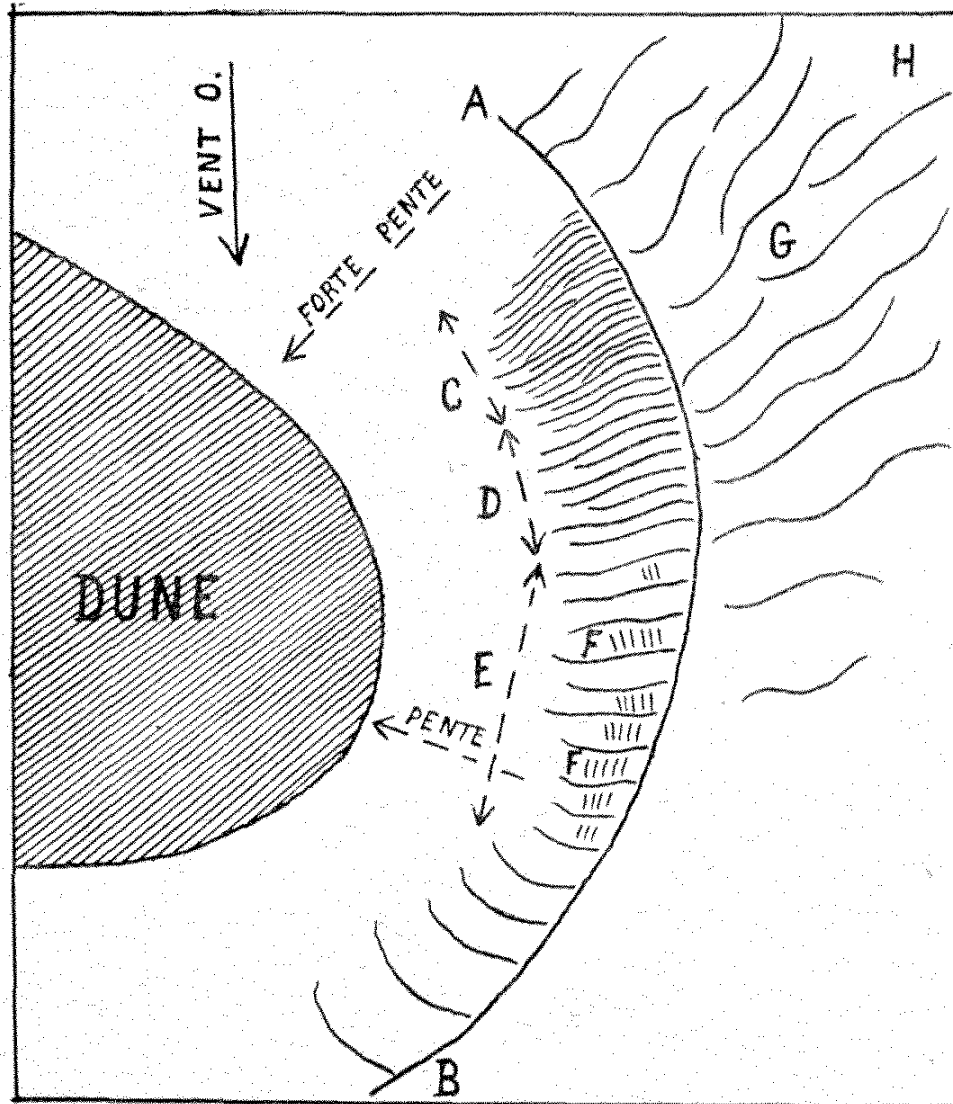


Fig. 3. — Dispositif de rides contournant une dune.

La figure 4 nous montre deux petites terrasses A et B, de 15 centimètres de hauteur au dessus du sol environnant et qui sont reliées par d'étroites crêtes irrégulières C et de même hauteur que les deux plateaux A et B. Les plateaux comme les crêtes sont constitués de sable fin, mais l'un et l'autre sont recouverts d'une très mince couche régulière de fins débris de coquillages, à éléments cependant beaucoup plus gros que le fin sable sous-jacent.

Enfin, à l'intérieur de ce curieux dispositif, en D, on remarque à

quelques endroits, sur le sable uni, des groupes de petites rides s'écartant l'une de l'autre d'environ 10 centimètres.

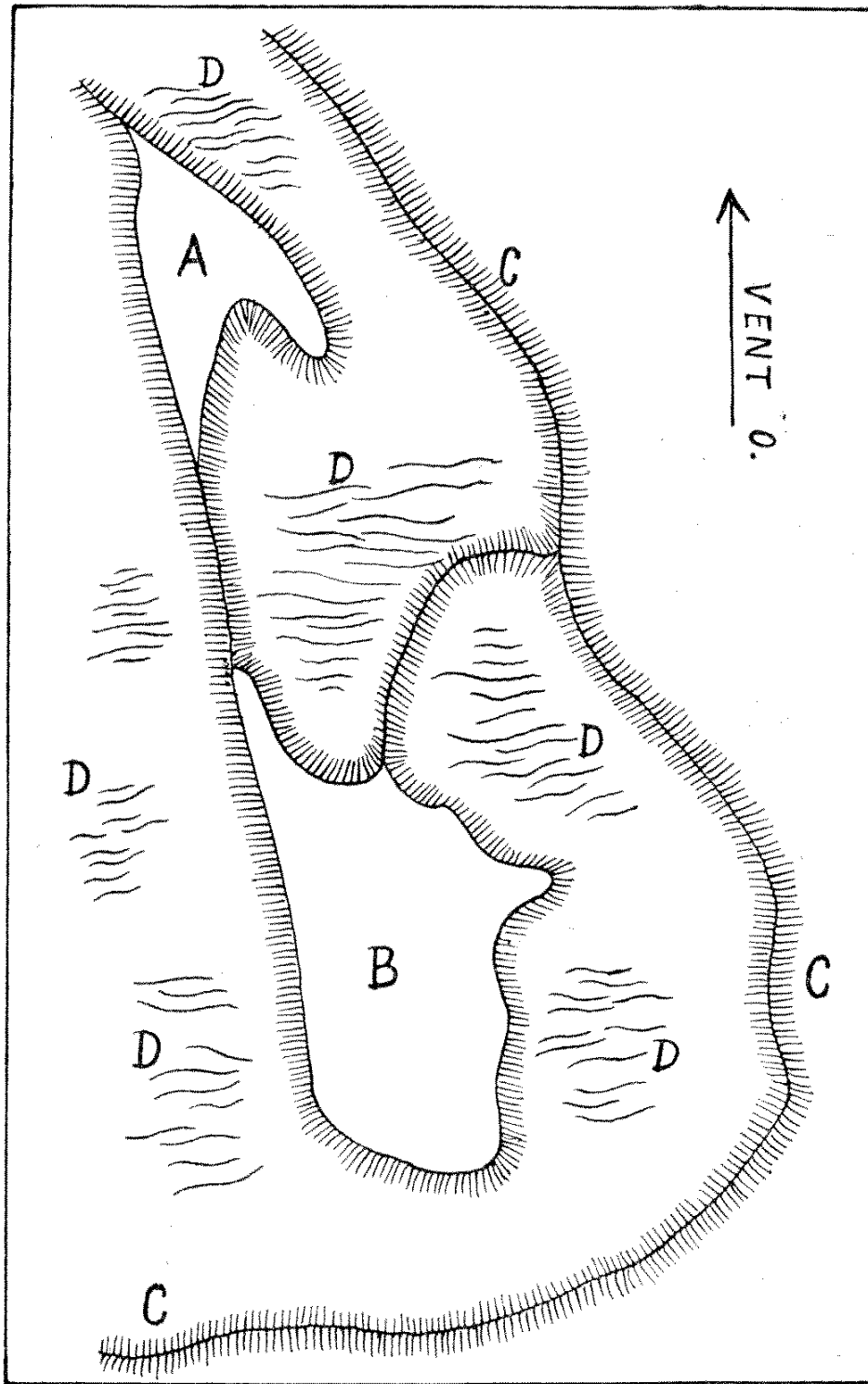


Fig. 4. — Dispositif irrégulier de rides.

Dans ce système, comme à l'extérieur en son voisinage, le sol n'était mouvementé par aucune autre ride.

La figure 5 fournit aussi, en I, un intéressant groupe de grandes rides irrégulières ondulées, formées de débris de coquillages et courant dans toutes les directions A-B. Il est isolé de toutes autres rides au voisinage.

A l'intérieur de ce dispositif qui s'étend sur une distance de 4 mètres sur 10 mètres, il y a deux groupes de petites rides régulières composées de sable fin C C s'écartant l'une de l'autre de 6 à 8 centimètres.

La même figure 5 montre, en II, un groupe de grandes rides légèrement ondulées, A, formées de débris de coquillages (matériaux

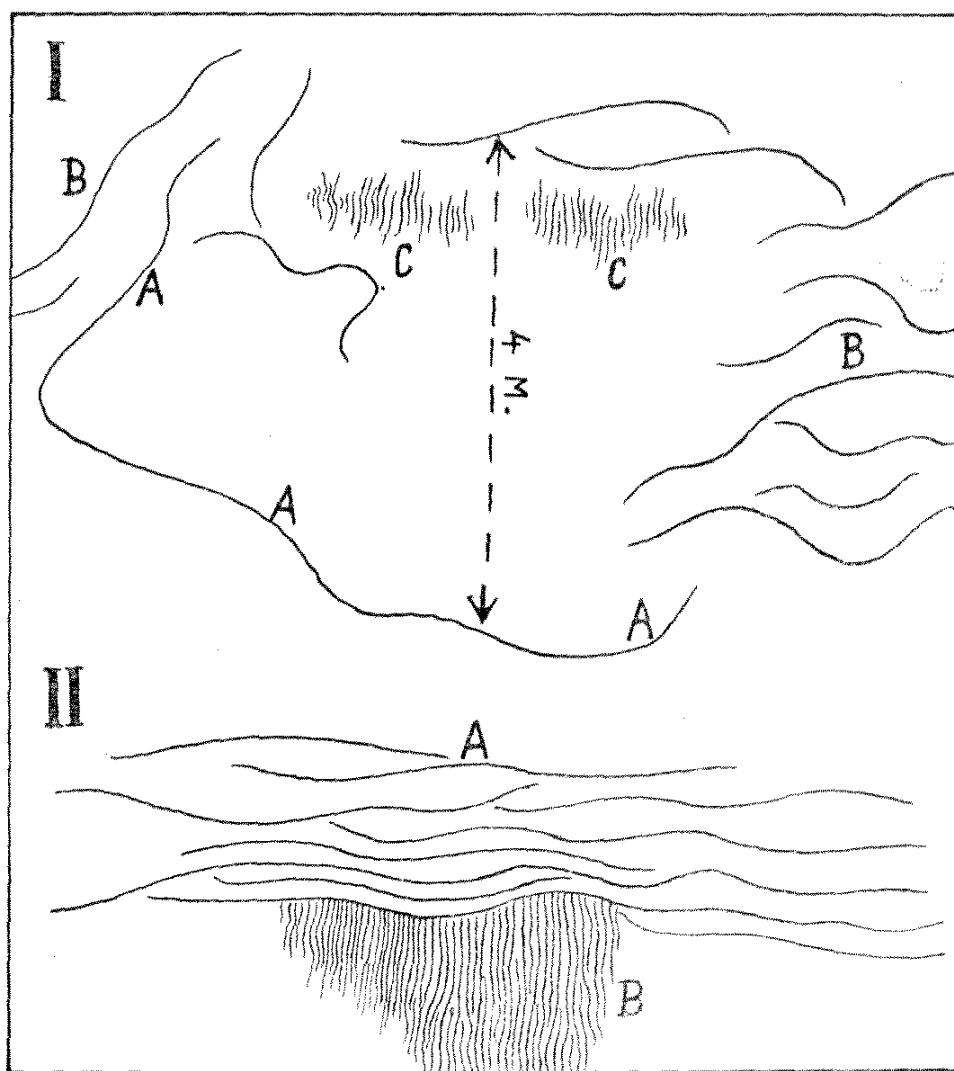


Fig. 5. — Dispositifs irréguliers de rides.

lourds) de 15 à 20 centimètres d'écartement, et contre ceux-ci sont disposées de très petites rides en sable fin ne dépassant pas 4 centimètres d'écartement. Ce sont les plus petites que nous ayons rencontrées sur le sable sec des dunes. A remarquer que ces petites rides

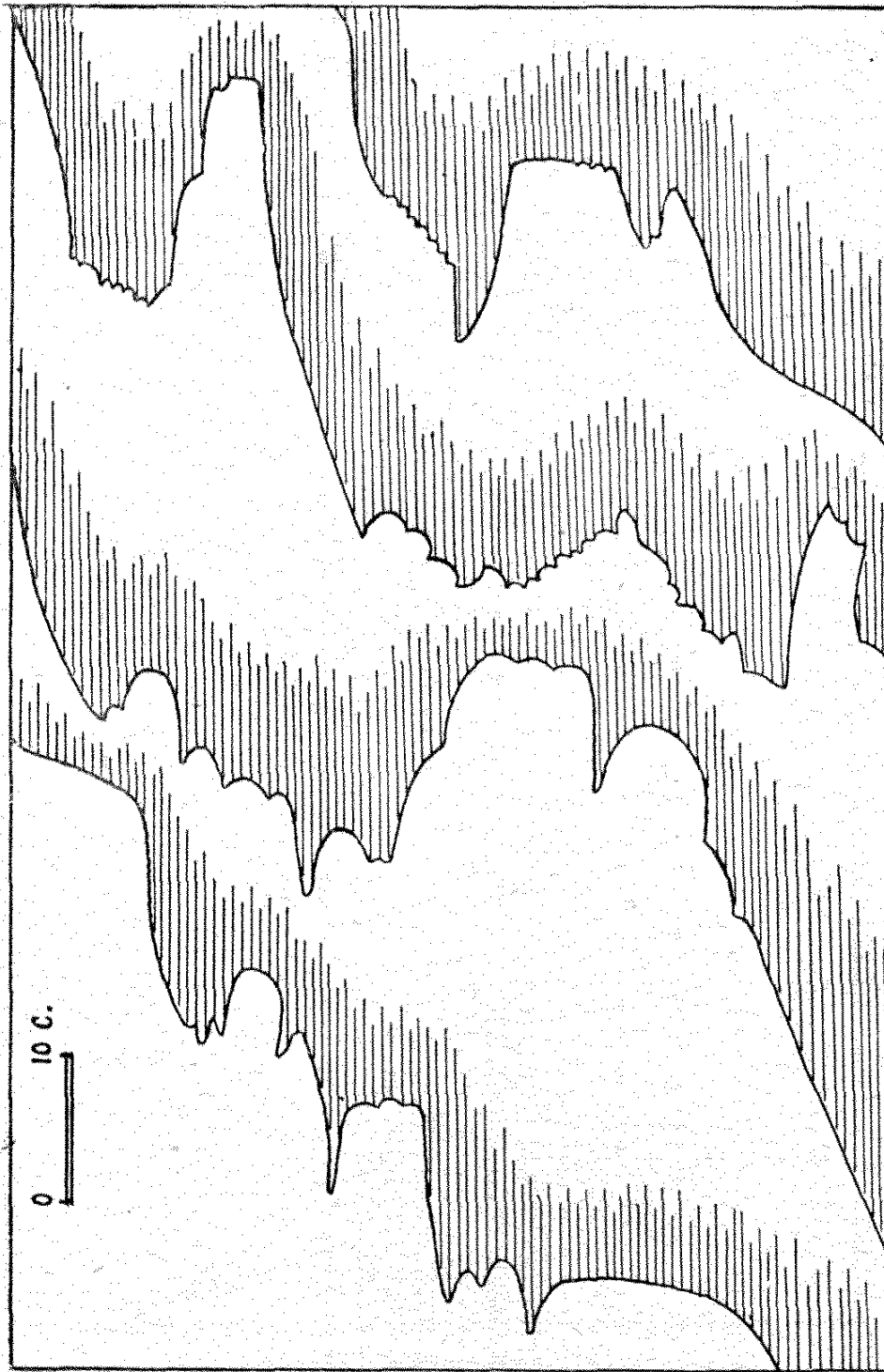


Fig. 6. — Profils de sculptures faites par le vent dans les dunes.

sont perpendiculaires à la direction des grandes rides, ce qui indique une saute de vent.

Comment ces rides si petites se sont-elles formées contre ces grandes rides? Nous ne saurions le dire.

Ces quelques exemples de dispositifs irréguliers de rides suffiront, pensons-nous, pour se rendre compte de la complexité des courants d'air qui donnent naissance à ces curieux reliefs du sol des dunes.

Les phénomènes les plus remarquables que l'on puisse voir dans les dunes pendant les forts vents et surtout au cours des tempêtes, ce sont les admirables sculptures que cette force mécanique arrive à créer.

Remarquons tout d'abord que les dunes de formations anciennes sont nettement stratifiées en fines tranches régulières et parfois en discordance, comme on peut l'observer dans les rochers. Ces stratifications dues à l'apport successif de sables par le vent étant fortement tassées, forment un ensemble assez résistant.

Lorsque les flancs de ces vieilles dunes sont privées de végétation, celles-ci ayant été complètement arrachée par le vent, les stratifications sableuses (sol humide) sont mises à nu.

Or, comme ces stratifications sableuses n'ont pas toutes la même consistance, il se fait que le sable sec des dunes, soulevé et emporté par les tempêtes, vient racler ces parois dénudées et en forte pente, et creuse peu à peu ces sortes de falaises, enlevant plus profondément les stratifications les plus molles, d'autres étant plus résistantes. Il se produit alors d'extraordinaires saillants et des creux ainsi que le montrent les profils de la figure 6 et la figure 7.

Nous sommes d'accord avec M. le professeur Hegenscheidt pour présumer que la différence de dureté des stratifications pourrait être due à l'apport de matériaux de densités différentes amenés successivement par des vents de forces variantes, donnant ainsi naissance à de minces couches dont la consistance varie. Il y a peut-être encore d'autres éléments en jeu qui contribuent à la consolidation de ces stratifications. C'est à étudier.

Nous avons eu l'occasion d'assister à la sculpture complète d'une falaise de dunes par une tempête d'une durée de deux jours consécutifs.

Le premier jour (fin septembre), le vent emporta le manteau de sable sec qui recouvrait le versant de la dune. Le deuxième jour, la tempête sculpta les parois de sable tel que le représente la figure 8. Ce remarquable travail d'art — peut-on dire — a été photographié

une heure avant sa destruction par une pluie ordinaire. Les fines lamelles que l'on voit ici (voir aussi fig. 6) résistent à la violence des tempêtes, mais s'abattent immédiatement par la pluie ou au moindre attouchement.

Le sculpteur le plus habile ne parviendrait jamais à façonner ces

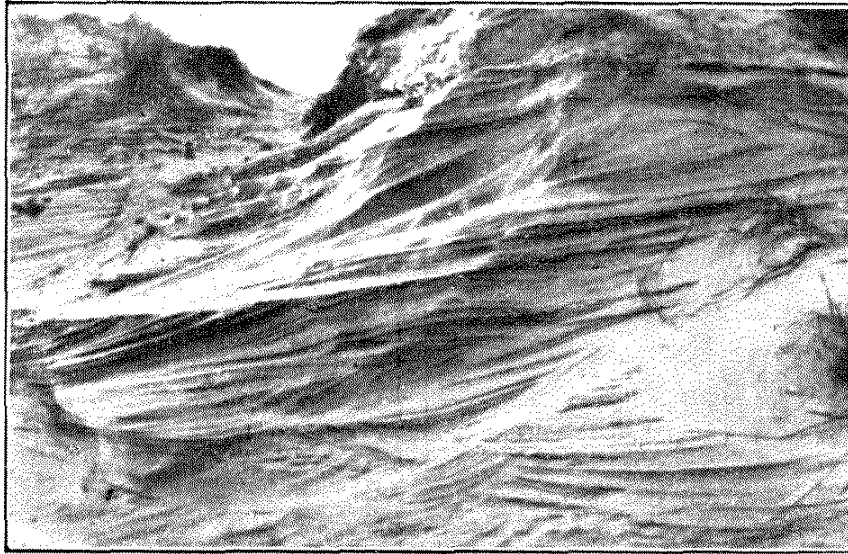


Fig. 7. — Paroi de dune sculptée par le vent.

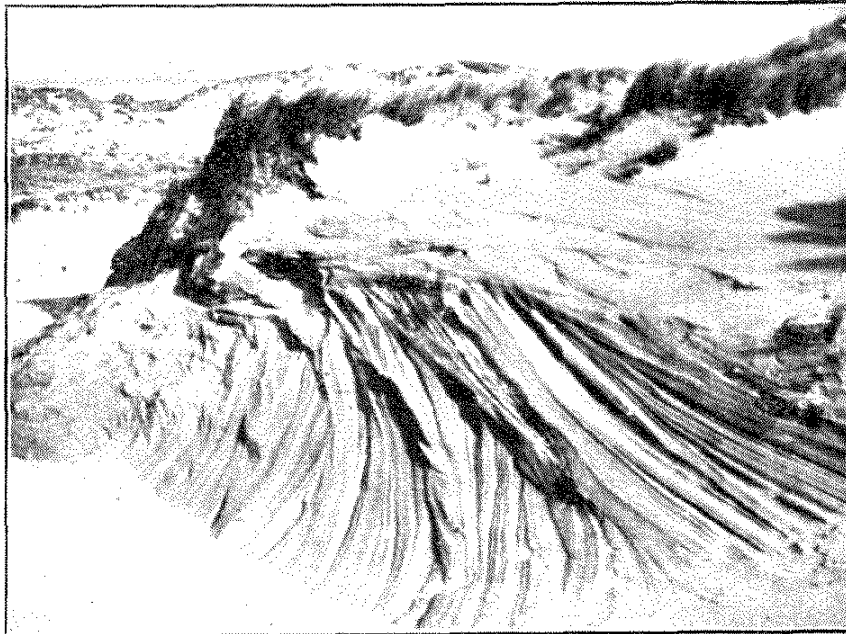


Fig. 8. — Paroi de dune sculptée par le vent.

parois sableuses si peu résistantes, avec l'art et la délicate habileté de la tempête.

Si les vents violents érodent et façonnent les falaises des anciennes dunes, ils sculptent également les surfaces à faible inclinai-



Fig. 9. — Dune en pente douce sculptée par le vent.

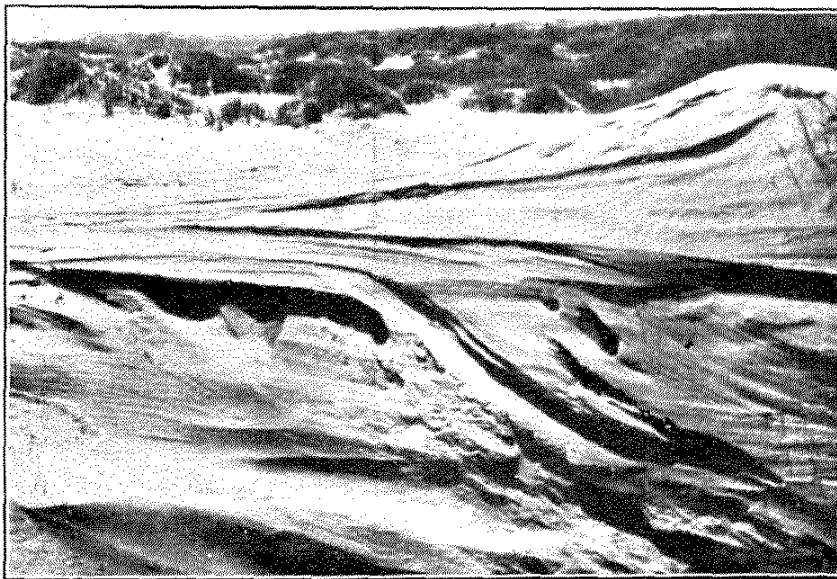


Fig. 10. — Dune en pente douce sculptée par le vent.

son après avoir enlevé la couche de sable sec qui recouvre le sol sableux humide, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les fig. 9

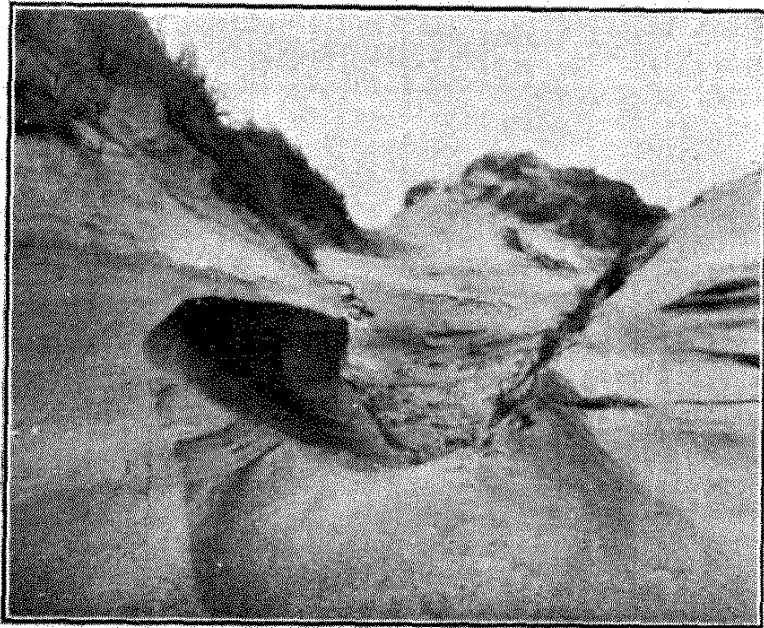


Fig. 11. — Cuve creusée par le vent dans la dune.

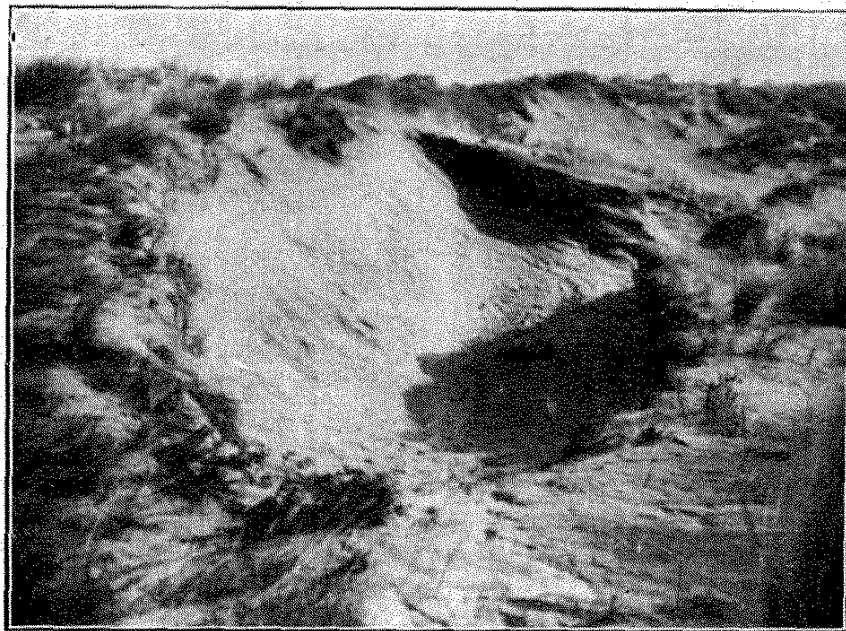


Fig. 12. — Grande cuve creusée par le vent dans la dune.

et 10, mais en produisant des œuvres souvent bien différentes les unes des autres.

Les tourbillonnements, parfois d'une force irrésistible, formés par les tempêtes à l'entrée des gorges de dunes donnent lieu à des cuves telles que celle représentée à la figure 11.

La giration des sables soulevés alors en nuages épais frictionnent en tournoyant énergiquement les parois des dunes et un peu aussi l'observateur qui assiste à cette opération.

Un trou de lapin en pleine dune peut aussi être le point de départ de tourbillonnements qui finissent par creuser d'énormes cuves (fig. 12) et même par séparer complètement en deux une chaîne de dunes, si l'énergique action mécanique se continue. Ainsi se modifie complètement et en peu de temps, la topographie de ce sol mobile.

## PLAGE

La plage offre de nombreux et très curieux phénomènes intéressant la géographie physique, infiniment plus que les dunes, parce que ici le sol est influencé par deux forces mécaniques : celle des flots et celle du vent.

Ces deux forces s'unissent ou se contrarient suivant qu'elles s'exercent dans la même direction ou en direction opposée; il arrive aussi qu'elles s'annulent l'une l'autre. Suivant que ces actions mécaniques agissent avec violence ou avec modération, l'effet produit peut être tout à fait différent.

Pour être à même d'étudier en détail et fructueusement tout ce qui peut se produire sur la plage, il faut pouvoir y faire de longs et nombreux séjours, par temps très calme, par mer un peu agitée et surtout par forte tempête.

La période de juin à octobre 1930 a été particulièrement favorable à ce genre d'observations en raison des nombreuses bourrasques qui ont balayé la côte et de deux fortes tempêtes qui s'y sont déchaînées.

Nous avons dressé une coupe transversale de la plage entre Coxyde et Oostdunkerke là où elle s'étend sur une largeur de 550 à 600 mètres (fig. 13, coupe I). L'échelle des hauteurs est 10 fois supérieure à celle des longueurs, de manière à pouvoir se rendre mieux compte des mouvements du sol. Les surfaces planes et creuses de la plage sont presque toujours occupées par des rides formées par la mer, tandis que les surfaces dont l'inclinaison vers la mer dépasse

un degré de pente sont souvent privées de rides, pour des raisons que nous indiquerons plus loin.

Les cinq coupes suivantes de la figure 13 ont été dressées pour

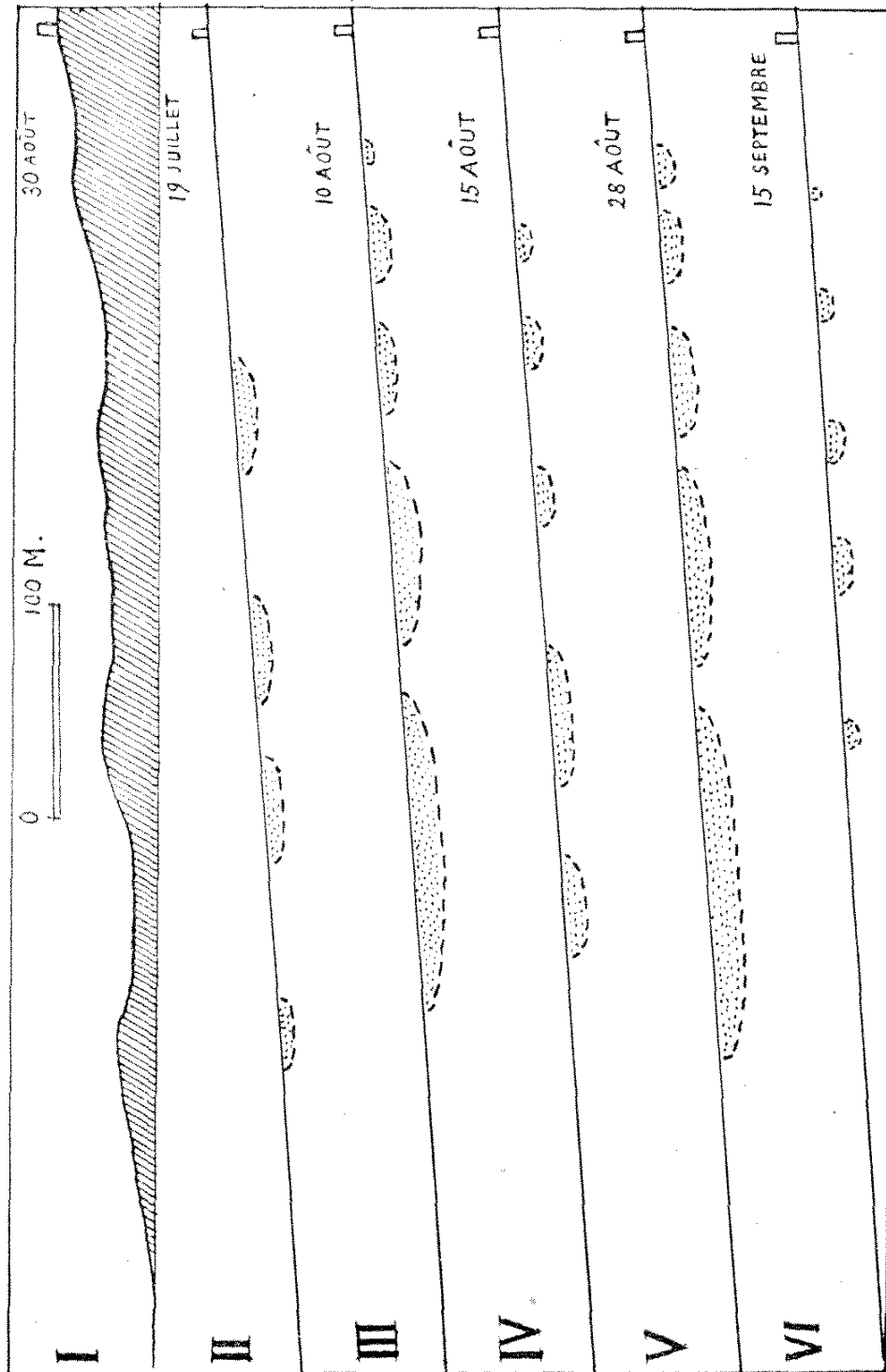


Fig. 13. — Coupes transversales de la plage, à Coxyde.

montrer combien les creux et les surfaces planes voisines de ces creux qui s'allongent dans une direction parallèle à la ligne des vagues, changent de place. Les courbes en traits interrompus et à surface pointillée indiquées sous la ligne de pente moyenne de la plage de ces cinq coupes, montrent que non seulement ces surfaces creuses et planes changent de place, mais qu'elles s'élargissent ou se rétrécissent en raison inverse de la force du vent. C'est ainsi qu'aux coupes du 10 et du 28 août (III et V, fig. 13), ces surfaces sont très élargies parce que le vent était alors très faible. Au contraire, le 15 août et le 15 septembre (IV et VI, fig. 13), ces surfaces étaient très rétrécies, parce que ces jours-là le vent était très violent. Nous pouvons donc conclure que les longs creux de la plage changent constamment de position et que les emplacements occupés par les rides sont beaucoup plus étendus par temps calme que par mer agitée.

A remarquer ce fait curieux que, le 10 et le 28 août, ces creux et surfaces à rides occupaient presque exactement les mêmes emplacements et étendues sur la plage (coup III et V), et qu'entre ces deux jours, le 15 août, les emplacements étaient non seulement réduits mais occupaient d'autres points de l'estran.

Ces quelques coupes nous donnent des indications précises sur les importantes modifications topographiques que la mer et le vent peuvent opérer sur les grandes plages sans brise-lames.

Si l'union de ces deux forces mécaniques produit de si grands changements dans la position des longs vallonnements qui coupent longitudinalement ces plages, l'on remarque aussi, en plan, de curieuses modifications dans le contours de ces creux généralement noyés par les eaux marines. Quelques dessins exécutés aussi fidèlement que possible, vont le démontrer (fig. 14).

En I de cette figure, le 15 août 1930, le creux occupé par les eaux est profondément découpé en dents de scies, dont les pointes sont orientées dans l'axe du vent venant alors du N.-O. C'est un vent violent de la nuit précédente (57 kilomètres à l'heure) qui a produit cette découpe. Plus curieuse encore est la découpe du 15 septembre 1930 (en II); les pointes sont encore plus aiguës et plus nettement orientées dans l'axe du vent qui, depuis deux jours, marchait avec une vitesse continue de 40 à 50 kilomètres à l'heure, et le 15 septembre, 39 kilomètres à l'heure. C'est la continuité du vent violent qui a produit cette découpe si nette.

Les dessins III et IV, du 25 août et du 9 septembre, montrent deux aspects de mares par temps très calme. La veille, vent modéré de 20 à 25 kilomètres à l'heure.

En III, la dentelure est courbe et l'un des côtés des dents (vers le vent) est creusé plus profondément; ce qui est général, le mouvement tourbillonnant des eaux ne se produisant que de ce côté.

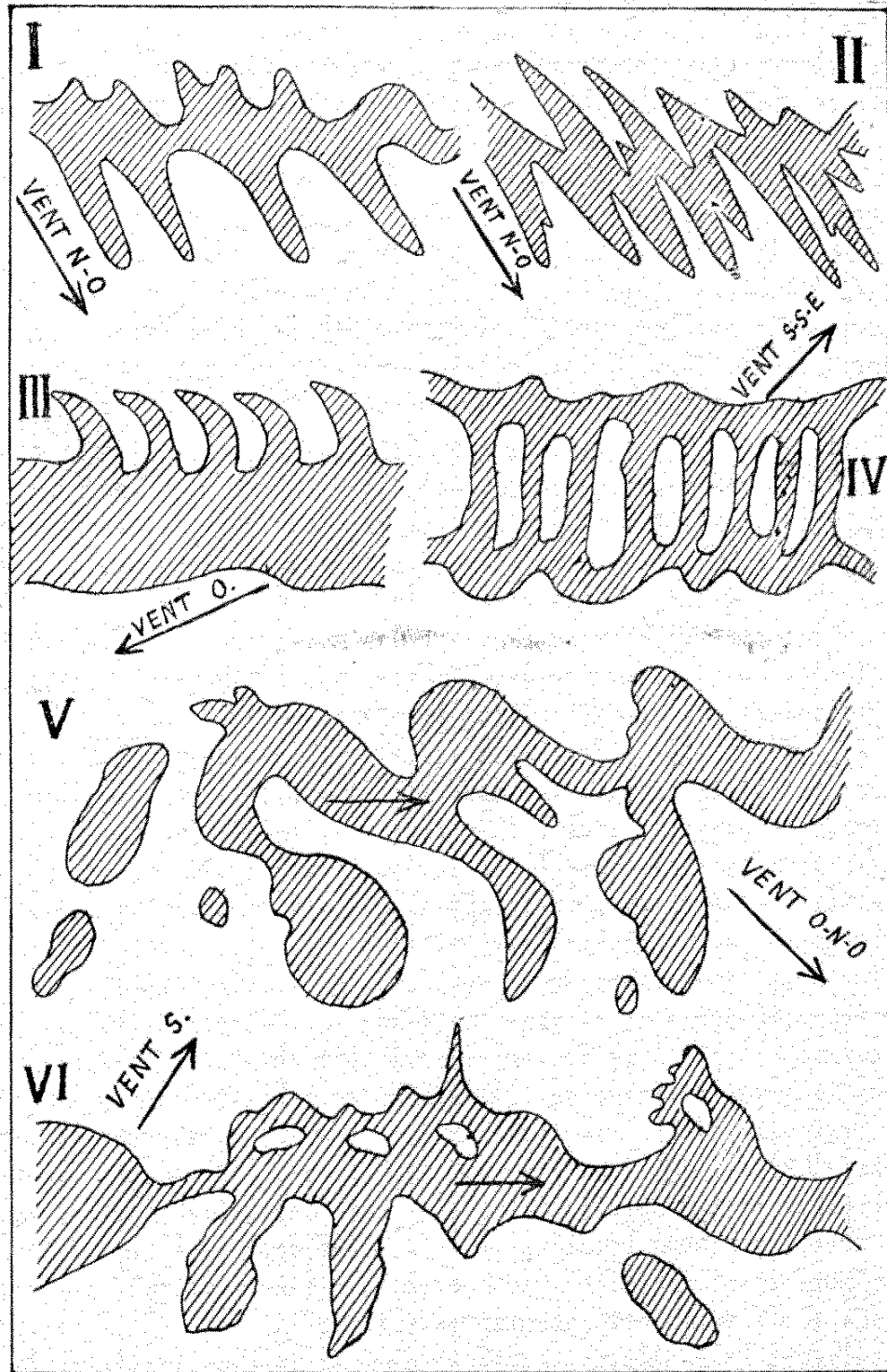


Fig. 14. — Aspects de mers se modifiant suivant la force du vent.

En IV, l'on remarquera la curieuse découpeure d'un banc divisé transversalement en 7 parties à peu près égales.

Enfin, les dessins V et VI, du 25 et 26 juillet, nous montrent des découpeures irrégulières, dont les pointes arrondies sont cependant plus ou moins orientées dans l'axe du vent, qui ces deux jours variait entre 7 et 27 kilomètres à l'heure.

### **Cours d'eau sur la plage.**

Parmi les cours d'eau qui à marée basse ondulent à la surface de la plage, signalons, tout particulièrement, celui que nous avons observé à diverses reprises à partir du 26 août 1930 (fig. 15).

A cette date, le cours d'eau A. A. se jettant dans la mer par un delta, recevait un affluent B. B', venant de E. Le 4 septembre l'affluent B. B' prend la forme indiquée en II, figure 15.

Le 6 septembre, ce même affluent, changeant de direction, est capturé par le cours d'eau F (fig. 15, en I), en suivant la direction B-C-D. Le 8 septembre, l'affluent B. B' reprend sa première direction et se déverse dans le grand cours d'eau A. A. Il offre alors l'aspect représenté en III de la figure 15.

Cette capture et le retour à la première direction montre, une fois de plus, les grands changements qui s'opèrent en peu de temps dans la topographie de la plage, et ici l'exemple est d'autant plus remarquable que certaines parties des berges avaient 70 centimètres de hauteur. Du jour au lendemain ces berges disparaissaient complètement.

### **Rides dans les cours d'eau à pente rapide.**

Les cours d'eau à pente rapide qui descendent la plage offrent des particularités spéciales en ce sens que leurs rides changent d'aspect, apparaissent ou disparaissent suivant la force et la vitesse du courant. La figure 16 en fournit quelques exemples. En I, dans un chenal, déversoir étroit et à courant rapide, nous constatons, le 18 août 1930, sur ses deux rives, des petites rides rapprochées, inclinées vers l'aval et ne paraissant pas se relier au centre du courant. En effaçant ces rides, elles se reformèrent immédiatement. Le déplacement de ces rides vers l'aval se faisait alors à la vitesse de 5 centimètres à la minute. Le même jour, nous remarquons qu'un chenal voisin plus large et à pente rapide (en II) avait aussi des rides, à arêtes aplaties sous les eaux, mais ces rides, plus ondulées que les précédentes.

étaient immobiles. En III de la figure 16, nous constatons qu'à une forte courbe d'un cours d'eau à pente rapide, des rides s'attachaient à une des rives, E', tandis que la rive E, à courant le plus rapide,

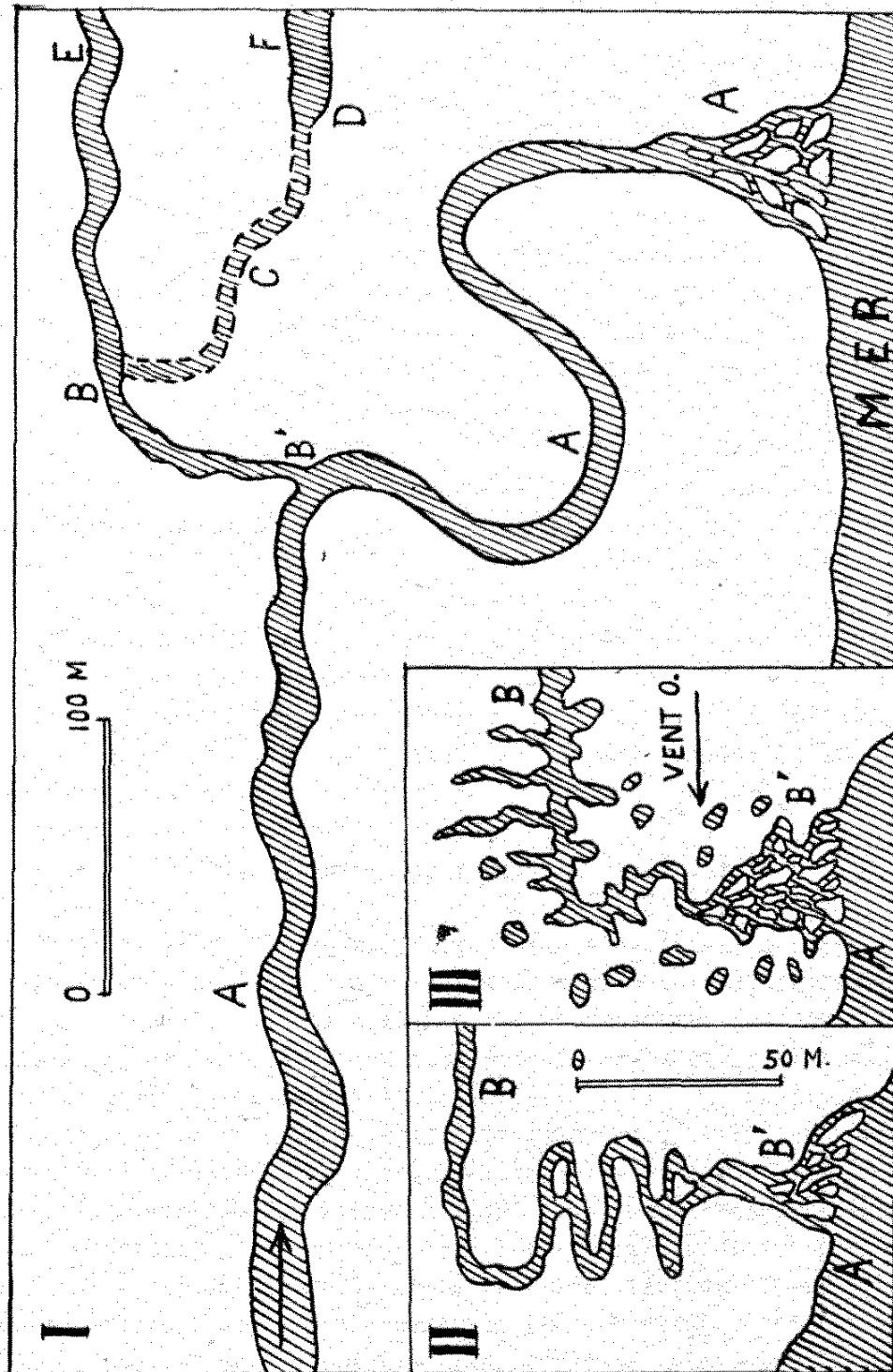


Fig. 15. — Modifications dans le tracé d'un cours d'eau de la plage.

les rides ne se formaient pas. Le courant ayant diminué d'intensité, les rides ont alors occupé toute la largeur du chenal.

La figure 16 montre en IV un chenal à courant très rapide, sui-

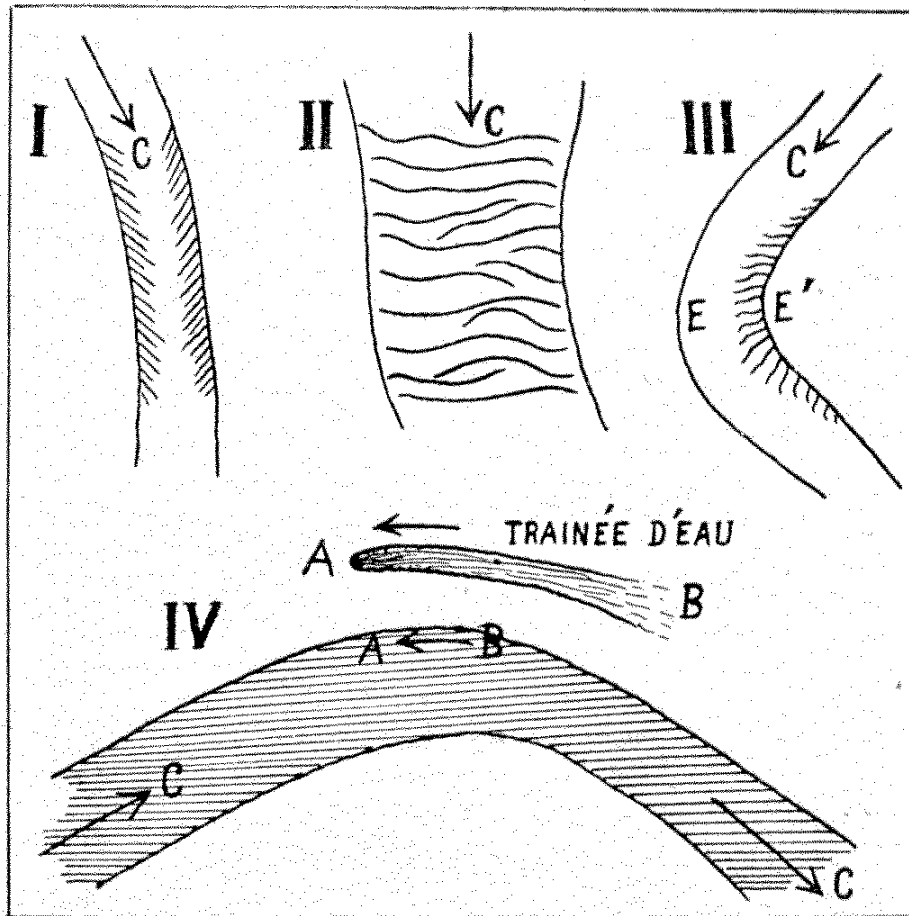


Fig. 16. — Rides de sable dans les cours d'eau de la plage.

vant la direction C. En A, partie la plus rapide du courant, nous avons remarqué (constatation faite plusieurs fois dans divers chenaux du même genre) qu'à certains moments une mince traînée d'eau A-B, en forme de comète, remontait le violent courant, et assez rapidement, sur une distance variant entre 40 et 80 centimètres. Le sable enlevé par les eaux remontant le courant permettait de faire des constatations rigoureusement exactes à cet égard. Ces traînées d'eau se succèdent parfois assez rapidement mais pas toujours à intervalles réguliers.

Jusqu'à présent, nous ne nous rendons pas bien compte du mécanisme de ce mouvement de translation à contre-courant.

### **Cuves creusées dans la plage par les mouvements tourbillonnaires des eaux marines.**

On connaît les trous, en forme de cuvettes plus ou moins circulaires qui se creusent à la surface de la plage et qui, lorsque la mer est forte, sont très nombreuses. Il est à remarquer que ces creux souvent remplis d'eau, dont les dimensions très variables peuvent atteindre 5 mètres de diamètre, sont toujours occupés par des rides très bien indiquées. La présence de ces rides paraît être en contradiction avec les phénomènes de creusement. Nous allons voir qu'il n'en est pas ainsi.

Les observations sur le creusement des cuves sont très difficiles à faire et ne peuvent donner de bons résultats qu'en l'absence complète de vent et par mer extrêmement calme, alors qu'il n'y a pas de vagues déferlantes et que les eaux non couvertes d'écume sont trans-

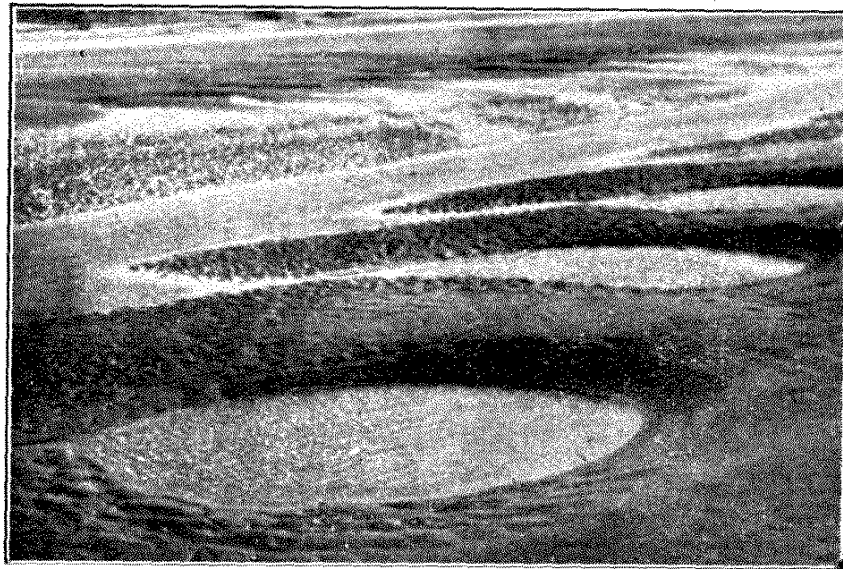


Fig. 17. — Cuves creusées par la mer sur la plage.

parentes. Une seule journée sur nos quatre mois d'observations en 1930, s'est montrée tout à fait favorable à ces observations.

Lorsque la première vague montante remplit un trou plus ou moins circulaire de la plage, des mouvements tourbillonnaires variés se produisent suivant la force de la vague, la direction et la puissance du vent. Mais si ces mouvements giratoires s'observent fort bien à la surface des eaux, il est rarement possible pour les raisons indiquées précédemment, de constater ce qui se passe au fond de la cuve.

Par temps très calme, l'on peut voir le sable enlevé aux parois de la cuve, entraîné à l'extérieur par la vague montante et descendante. Entre le départ de la première vague et l'arrivée de la deuxième,

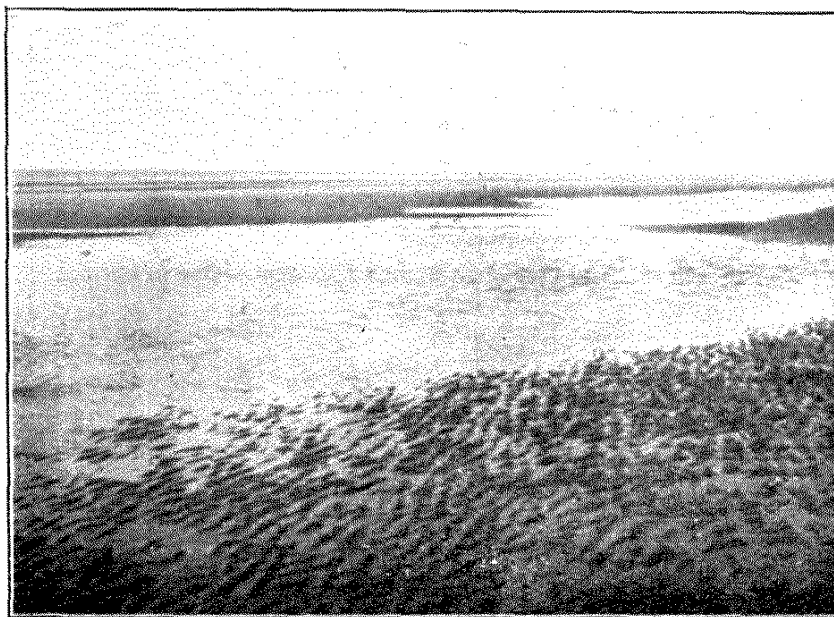


Fig. 18. — Plage par temps calme.



Fig. 19. — Même plage que celle de la fig. 18, après la tempête.

il se produit dans la cuve une très courte période de calme relatif (de 2 à 3 secondes au plus) pendant laquelle il est possible de constater, au fond du bassin, un va et vient des eaux qui donne naissance à des traces de rides régulièrement alignées. Une deuxième vague arrive et continue le creusement par tourbillonnement. Puis les rides se forment à nouveau dans l'intervalle de deux vagues et ainsi de suite.

Lorsque les eaux recouvrent la cuve d'une certaine profondeur, les mouvements giratoires diminuent graduellement d'intensité et il ne se produit plus alors, au fond de la cuve, que le va et vient des eaux, qui forme les rides parfaites qui s'y remarquent toujours.

Ces mêmes phénomènes se produisent, à n'en pas douter, par forte mer et par vent violent, mais alors les actions mécaniques invisibles sont infiniment plus puissantes.

La figure 17 montre des spécimens de cuves creusées par la mer dans la plage.

La figure 18 fait voir un aspect de la plage à la suite de quelques jours de temps très calme. L'estran, à surface unie, est alors rayé de quelques mares peu profondes s'allongeant parfois sur des centaines de mètres et l'on ne voit que peu ou point de cuvettes creusées par l'action mécanique des eaux.

La figure 19 montre exactement la même surface de la plage que celle de la figure précédente, mais photographiée le surlendemain, après une forte tempête et une mer très grosse. L'estran couvert par la mer est donc alors complètement bouleversé et creusé d'une multitude de trous.

### **Rides formées par la mer sur la plage.**

Contrairement à ce qui se passe dans les dunes, le sol de la plage est soumis à deux actions mécaniques qui s'unissent ou se contraignent.

Signalons tout d'abord deux types principaux de rides formées uniquement par la mer : d'abord, celles en sable fin dont les crêtes sont écartées l'une de l'autre de 8 à 10 centimètres en moyenne; elles sont régulières et peu élevées (fig. 20); ensuite, celles en sable fin mélangé en grande proportion de débris de coquillages (sable coquillier); leurs crêtes sont écartées de 25 à 50 centimètres, ou plus, et leur hauteur atteint de 4 à 6 centimètres et parfois 10 centimètres (fig. 21). La figure 25 montre en III de grandes rides, en A,



Fig. 20. — Rides régulières, ordinaires, formées par la mer sur la plage.



Fig. 21. — Grandes rides en sable grossier formées par la mer sur la plage. Ces rides sont rarement rectilignes comme celles-ci.

à droite d'une mare, et de petites rides en C, se reliant en B, au fond de la mare M. La forme de ces rides varie suivant la force de la mer, suivant leur situation sur une plage horizontale ou en pente et aussi suivant la force et la direction du vent.

Le 4 août, par vent O-S-O de 75 kilomètres à l'heure (tempête), nous avons constaté que la plage découverte par la marée descendante était recouverte de rides aux crêtes orientées perpendiculairement à l'axe du vent, c'est-à-dire que le vent avait déterminé la direction des rides formées par la mer. Les deux forces mécaniques se sont donc jointes, les eaux pour créer les rides, et la tempête pour leur imprimer une direction perpendiculaire à celle qui se serait produite si la mer seule était entrée en action.

Suivant les pentes de la plage, le va et vient des vagues montantes et descendantes donne naissance à deux forces opposées qui s'égalisent souvent, ou à peu près. L'on voit alors se produire des rides dont les crêtes seules se déplacent alternativement d'un côté ou de l'autre, à chaque passage de la lame montante ou de la descendante. Ce mouvement alternatif des crêtes, bien visible sous une faible profondeur d'eau, donne donc deux rides asymétriques passant entre chaque oscillation par une ride symétrique (fig. 25, en II).

A une profondeur plus grande sous les eaux et à marée montante, la force de la vague montante finit par l'emporter sur celle de la vague descendante et alors le mouvement alternatif ne se produit plus, la ride étant alors toujours asymétrique avec crête vers la haute plage.

Jusqu'à présent, malgré de nombreuses observations, nous n'avons jamais constaté de déplacements de rides de mer, ce qui n'est pas le cas des rides formées par le vent dans les dunes.

Les rides qui se forment sous les eaux de la marée montante occupent presque toute la surface de la plage, à l'exception des pentes dépassant 3 degrés d'inclinaison.

Sous la première vague montante les rides ne se forment pas, la force du va et vient des eaux étant trop violente pour en permettre la création. Si la mer est assez calme, c'est généralement sous la deuxième vague (si elle déferle pas) que naissent les rides, à 5 ou 10 mètres en moyenne en arrière de la première vague. Par mer très agitée, les rides se forment plus en arrière, mais à des distances qu'il est impossible de déterminer, les vagues déferlantes, l'écume de surface et le trouble des eaux masquant tout le travail de la mer.

A marée descendante, le phénomène inverse se produit, c'est-à-

dire que les rides formées par la marée montante s'effacent graduellement par la première vague qui recule constamment, le va et vient violent des eaux détruisant toutes les rides sur les pentes de

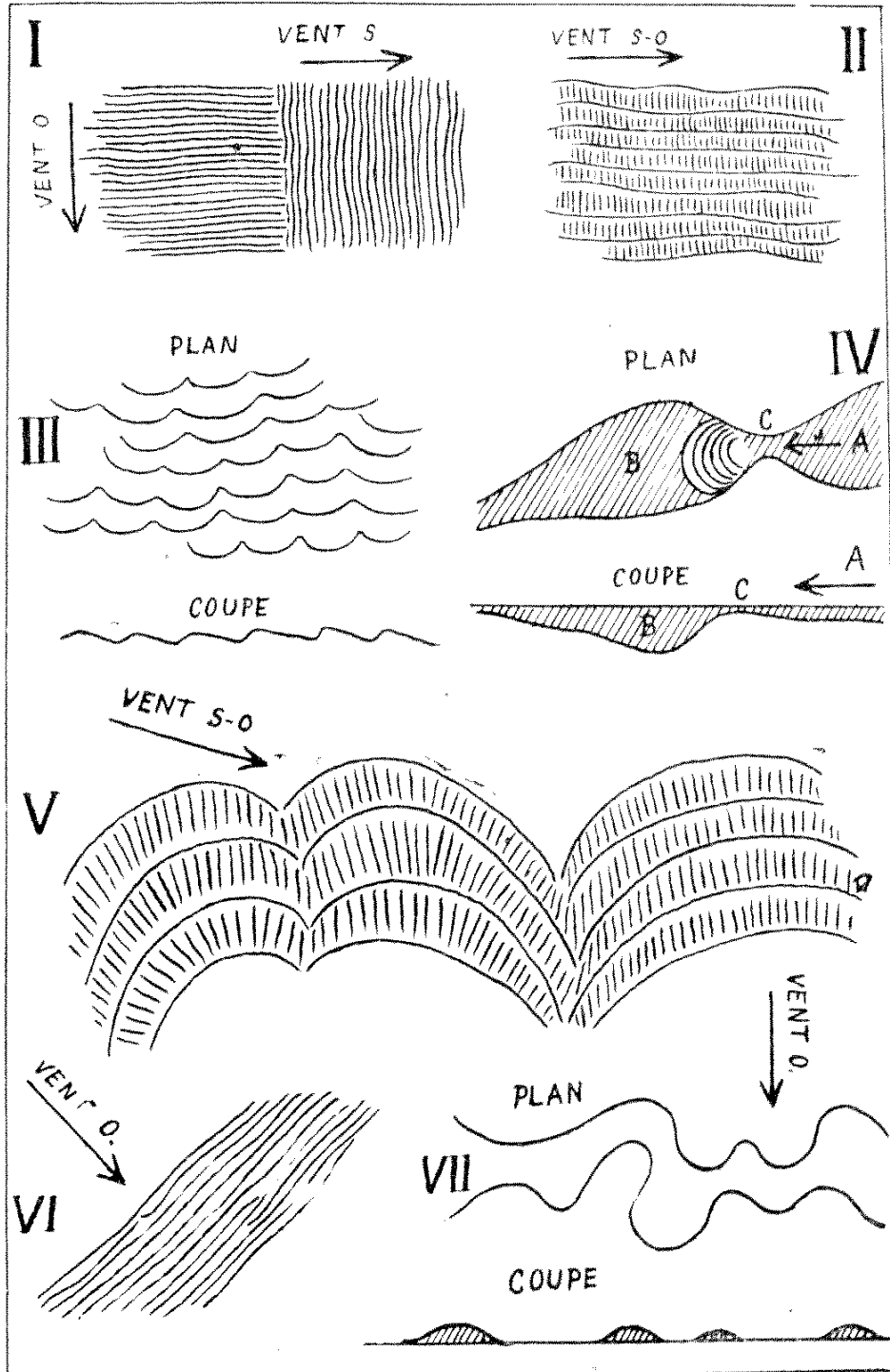


Fig. 22. — Rides formées par la mer et par le vent sur la plage.

1 à 3 degrés. Sur les surfaces planes, ou très faiblement inclinées, comme sous le niveau des mares traversant la plage, les rides restent en permanence, le va et vient des eaux n'ayant plus la force suffisante de les effacer.

La figure 22 offre quelques exemples de rides formées par la mer, suivant des circonstances différentes.

En I, deux groupes de rides de directions perpendiculaires se joignent par suite d'une saute de vent. En II, des rides de mer sont coupées perpendiculairement par de petites rides créées par le vent. En III on voit un groupe de rides disposées en festons réguliers. En IV, un petit cours d'eau se déverse dans une cuve B en passant

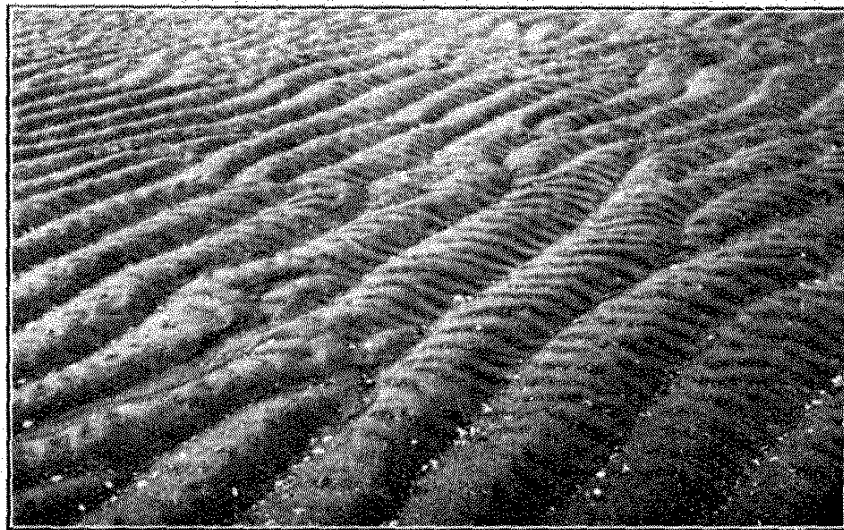


Fig. 23. — Grandes rides formées par la mer et coupées par des rides faites par le vent.

par un rétrécissement C; il se forme alors à la sortie du rétrécissement un groupe de rides en demi-cercle et disposées en gradins. En V, l'on remarque ce fait curieux de très grandes rides de mer (40 à 70 centimètres de largeur) disposées en festons et coupées par de petites rides de mer toutes perpendiculaires à la ligne des festons. Enfin, en VI sont représentées des rides de 4 à 5 centimètres de crête en crête ayant pris naissance sur le sable dur de la plage, par la violente pression d'une tempête. Ce dernier phénomène n'a été vu par nous qu'une seule fois au cours de 4 mois d'observations.

La figure 23 représente de grandes rides de mer régulièrement alignées qui sont coupées par des rides formées par le vent.

### Petites rides formées par le vent.

Les petites rides dues à l'action du vent se créent sur les bords des mares opposés à la direction du vent et qui s'allongent sur la plage sur une distance d'au moins 30 à 50 mètres. Dans les plus petites mares, ces rides ne se forment que rarement et seulement par les fortes tempêtes.

L'écartement entre les crêtes de ces rides ne dépasse qu'exceptionnellement 2 à 3 centimètres, aussi bien par des vents de 20 que par des vents de 50 kilomètres à l'heure (fig. 24).

Ces rides, très nettement indiquées et régulièrement alignées, prennent naissance par le va et vient de remous dus aux déplacements

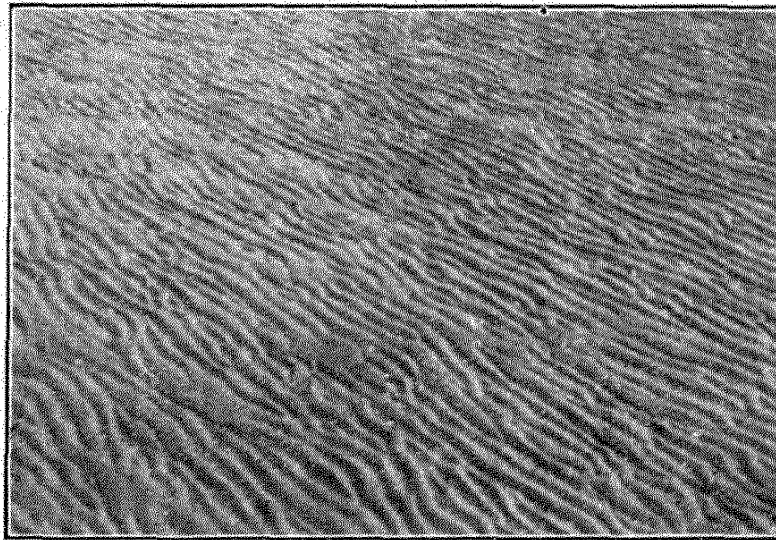


Fig. 24. — Petites rides formées par le vent sous les eaux des mares de la plage.

rapides des ondulations créées par le vent à la surface des eaux stagnantes.

A chaque passage d'une ondulation (en moyenne 2 à 3 par seconde), on constate immédiatement sous celle-ci, un va et vient des particules sableuses déposées au fond de la mare, mais seulement sur le bord opposé à la direction du vent. Les forces du va et vient s'égalisant presque toujours, il se produit alors des rides symétriques, c'est-à-dire à pentes égales de chaque côté de la crête.

Nous n'avons jamais constaté le déplacement de ces minuscules rides.

Si le vent est assez fort et que l'on efface une partie de ces petites rides, elles se reforment assez rapidement, se reliant nettement les

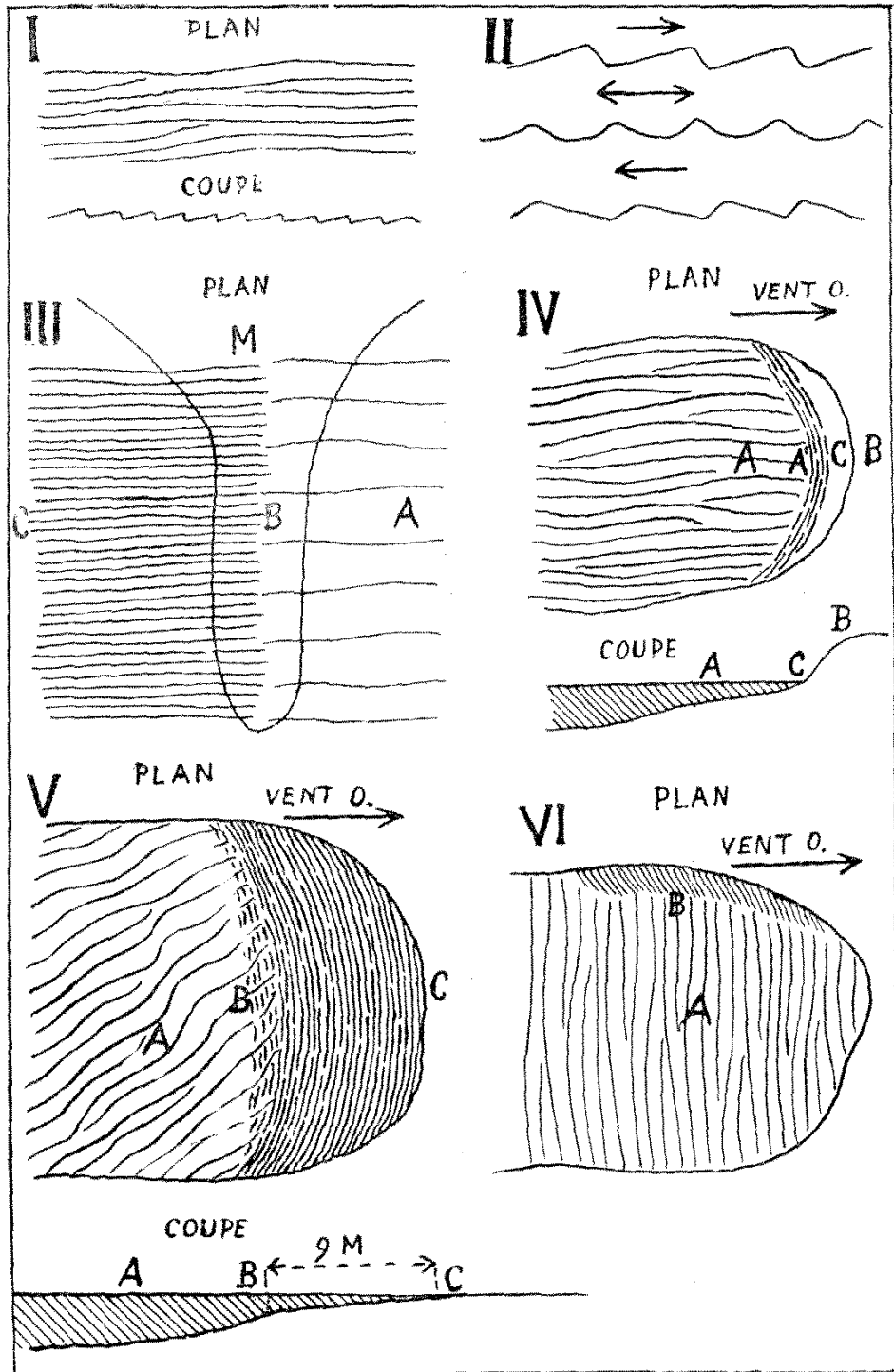


Fig. 25. — Divers types de rides formées par la mer et par le vent sous les eaux des mares de la plage.

unes aux autres, sans laisser de traces de cette altération passagère. Deux à cinq minutes suffisent parfois pour cette réparation.

Ce genre de rides commence à se former, mais très faiblement, par des vents de 5 à 7 kilomètres à l'heure. Plus la vitesse du vent augmente, plus la surface de ces petites rides s'étend en profondeur sous la surface des eaux.

La figure 25 montre, en IV, l'extrémité d'une mare par vent d'ouest faible avec ride de mer A et une petite bordure de minuscules rides formées par le vent en A' à une profondeur de 2 à 5 centimètres. En B (voir coupe) une surélévation assez forte du sol force les ondulations créées par le vent à la surface des eaux, à venir buter contre cet obstacle et à être par conséquent rejetées en arrière. Ce mouvement alternatif assez rapide empêche la formation de rides sur une bordure de 20 centimètres.

Dans la figure 25 on remarquera, en V, entre B et C, une surface de rides de vent plus étendue qu'en IV, parce que le vent soufflait alors avec une vitesse de 39 kilomètres à l'heure. Dans ces conditions les ondulations de la surface des eaux exerçaient leurs actions jusqu'à la profondeur de 20 centimètres.

En A, là où la profondeur était de 20 à 30 centimètres, les rides de mer ont persisté, tandis qu'elles ont été effacées entre B et C. En B, on remarque le début de la création de petites rides entre les grandes. Par une forte tempête, une mare tout entière peut être occupée par des rides de vent, si la profondeur des eaux ne dépasse pas 30 centimètres.

La figure 25 montre, en VI, par vent d'ouest de 30 kilomètres à l'heure, une bordure de petites rides obliques formées sur le côté de la mare et non exactement à l'extrémité opposée à la direction du vent (ce qui est cependant très général).

Un dispositif curieux nous est offert à la figure 26, en II, par vent du S.-O. de 18 kilomètres à l'heure. Une petite ride C. C. borde la rive D de la mare, mais à 20 centimètres en arrière, pour la raison indiquée précédemment. Contre celle-ci viennent s'appuyer des groupes de petites rides disposées en éventail. Le restant de la mare, en A, est occupé par des rides formées par la mer.

Le I de la figure 26 fait voir, par tempête de 70 kilomètres à l'heure, venant de l'O.-S.-O., un très intéressant dispositif de rides. En A (voir coupe) la mare étant plus profonde et de plus abritée par l'élévation D, les rides de mer occupent leur direction normale.

En B, le courant dû à la violence du vent a déterminé le changement dans la direction des rides de mer. Enfin vers C s'offrent les petites rides créées par le vent.

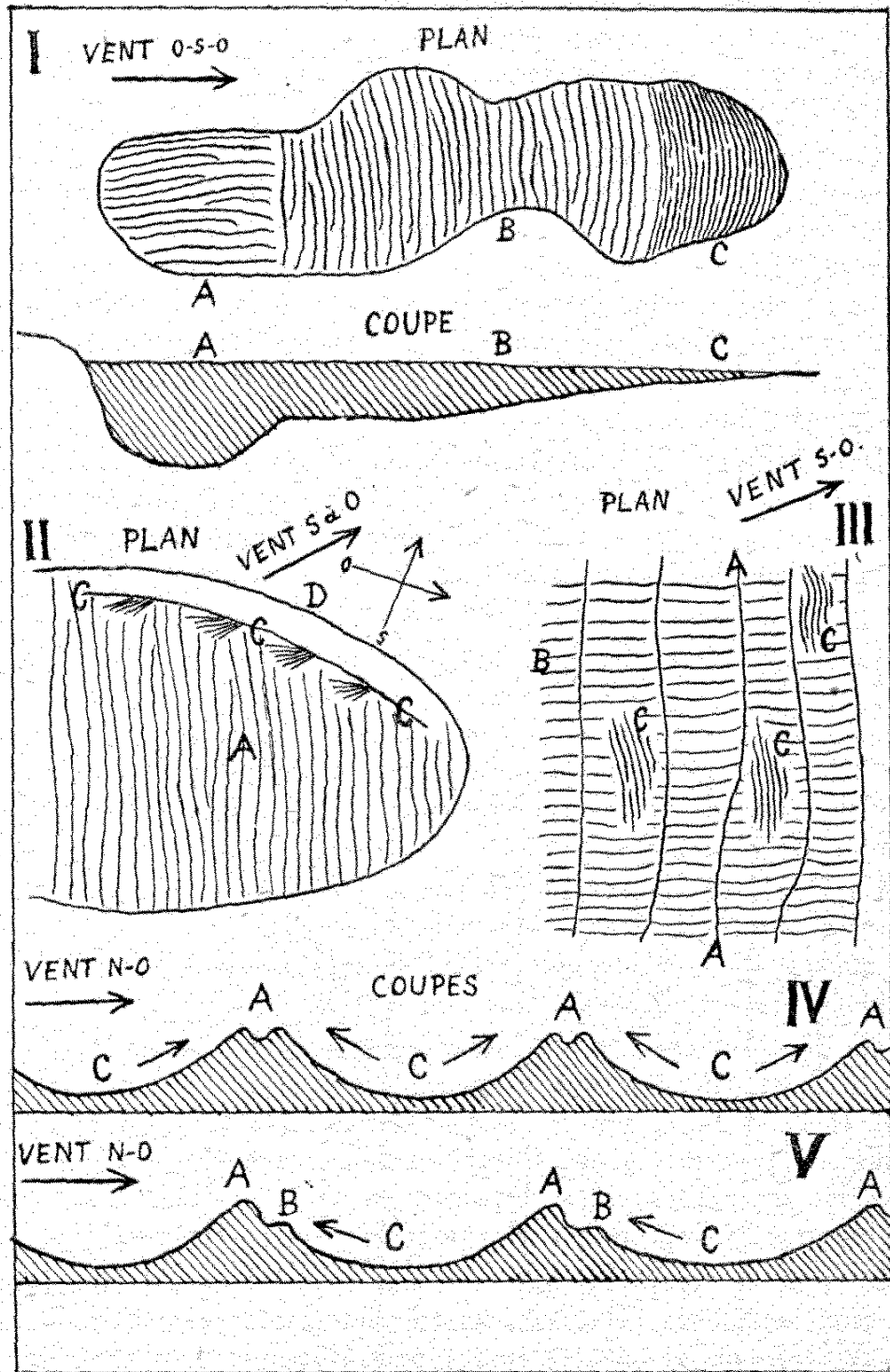


Fig. 26. — Dispositifs de rides formées par la mer et par le vent sous les eaux des mares de la plage.

La figure 26 donne, en III, un exemple par vent du S.-O. (16 à 50 kilomètres à l'heure) de grandes rides de mer A. A., à crête de 40 à 50 centimètres d'écartement, qui sont coupées transversalement par de plus petites rides de mer B, et rayées par groupes (en C), de minuscules rides de vent de 5 centimètres d'écartement.

Par vent faible et lorsque les mares sont peu profondes, permettant aux crêtes des rides de mer d'affleurer presque le niveau des eaux, ils se créent parfois au sommet de la crête de ces rides, de petites rainures dues au vent (fig. 26, coupe IV). Un va et vient des eaux amène le sable de C vers A, laissant un vide au sommet A.

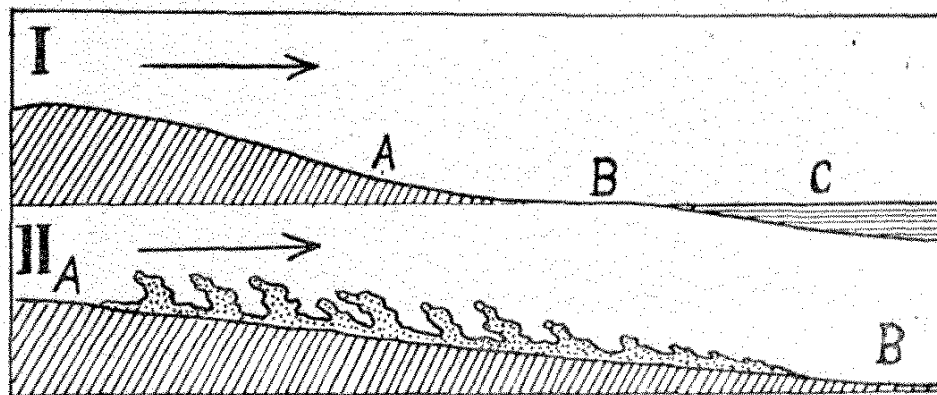


Fig. 27. — Rides formées par le sable sec chassé par fort vent sur le sable humide de la plage.

Par vent S.-O. de 32 à 37 kilomètres à l'heure (fig. 26, coupe V), la rainure n'occupe plus le sommet de la ride de mer A mais un point plus bas, B. Ici le sable est amené presque complètement de C vers B.

#### **Rides minuscules formées par le sable sec chassé violemment par le fort vent sur le sable humide.**

Lorsque le sable sec est entraîné rapidement par le vent à la surface d'une plage humide, et lorsqu'il arrive à une déclivité à l'abri du fort vent (fig. 27, en I), il se dépose et se fixe sur ce sol humide. Il crée, en A, de curieuses concrétions irrégulières et à structure tourmentée dont les pointes sont inclinées vers le vent (II, de A à B). En B, où, près de la mare C, le sable humide à l'excès, naissent de minuscules rides très régulièrement alignées et dont l'écartement des crêtes n'atteint pas un centimètre (fig. 28) et dont la hauteur est inférieure à 2 millimètres. La photographie (fig. 28)8 a été prise par

vent S.-O. de 40 kilomètres à l'heure. Presque toujours ces rides sont symétriques, rarement asymétriques. Jusqu'à présent nous n'avons pas vu de ces rides dont la crête était orientée dans la direction

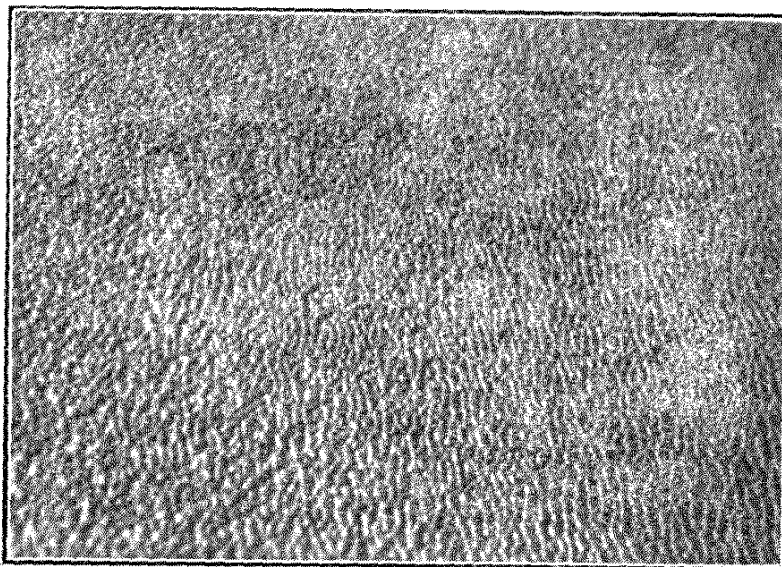


Fig. 28. — Rides formées par le sable sec chassé par fort vent sur le sable humide de la plage.

opposée à celle du vent. Ce que nous n'expliquons pas, pas plus que les concrétions mentionnées précédemment et à pointes inclinées vers le vent, ce qui paraît anormal.

#### **Bourrelets formés sur la plage.**

Ces bourrelets sont fixes ou mobiles.

**Les bourrelets fixes**, qui sont toujours formés par la mer (fig. 22, en VII), sont symétriques et de faible relief; ils ondulent fortement sur le sable humide, à des distances de 40 à 60 centimètres et dans une direction parallèle à la ligne des vagues. On ne les rencontre que sur les montées et les descentes de la plage et pas sur les surfaces planes entre les deux pentes. Le 10 octobre 1930, ils étaient extrêmement nombreux par vent du N.-O. marchant à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure. Alors le vent agissait dans le même sens que les vagues.

Ces curieux bourrelets, dont nous ne connaissons pas encore la formation, ne dépassent pas une hauteur de un centimètre et une largeur moyenne de 20 centimètres. L'apparence de fort relief qu'ils

offrent est dû à ce fait que la montée vers la mer est constituée de sable plus fin et plus foncé, tandis que l'autre pente est composée de sable plus clair mélangé de fin débris de coquillages. Il n'y a pas de doute que ces bourrelets ont été créés par les vagues et non par le vent. Le 10 octobre, le vent a peut-être facilité le travail de la mer, ce qui expliquerait le grand nombre de bourrelets remarqués ce jour.

**Bourrelets mobiles.** Ces bourrelets, qui sont en sable sec, ne se créent que sur les plages unies en sable humide et dur. Les plus remarquables ont été observés et dessinés le 15 juillet 1930 par vent d'ouest marchant à la vitesse de 36 kilomètres à l'heure. Ce jour, nous n'avons pu assister au début de la formation, les bourrelets, toujours très fortement ondulés et à courbes régulières (fig. 29, A), avaient déjà un centimètre de hauteur.

Le dispositif est constitué d'un bourrelet de sable sec (A. A.) faisant face au vent, qui est suivi (du côté opposé à la direction du vent) par une traînée de sable également sec (C.) de plus grande épaisseur vers le bourrelet. Au début de la formation, la traînée est dépourvue de toute trace de rides.

Ce curieux bourrelet roule en entraînant avec lui la mince surface sableuse qui lui fait suite, le tout glissant à la surface du sable humide de la plage avec une vitesse qui ce jour dépassait 5 centimètres à la minute.

Le mécanisme du roulement de ces bourrelets est indiqué à la coupe II de la figure 29. Ce dessin est suffisamment démonstratif, pour nous dispenser d'en dire davantage.

Les bourrelets qui, au début de nos observations, n'avaient qu'à peine un centimètre de hauteur, se sont nourris, de plus en plus, par l'apport de sable sec amené par le fort vent et finalement leur hauteur a atteint 5 centimètres. En même temps les traînées de sable glissant en arrière du bourrelet s'épaississent et s'allongent. Enfin et surtout lorsque le vent diminue d'intensité, il se forme, sur les traînées, de petites rides alignées D, disposées par groupes isolés. Lorsque le vent diminue encore d'intensité, le bourrelet cesse de rouler sur la plage et la surface toute entière de la traînée est occupée par des rides. En même temps, la face du bourrelet tournée vers le vent est parfois rayée de petites rides obliques, comme le montre la coupe III de la figure 29. Le système tout entier est alors complètement fixé au sol.

Suivant les circonstances atmosphériques, le bourrelet avec sa traî-

née peut laisser pendant plusieurs jours des traces de sa formation. Il arrive aussi que le vent emporte tout le sable sec et fin du dispositif

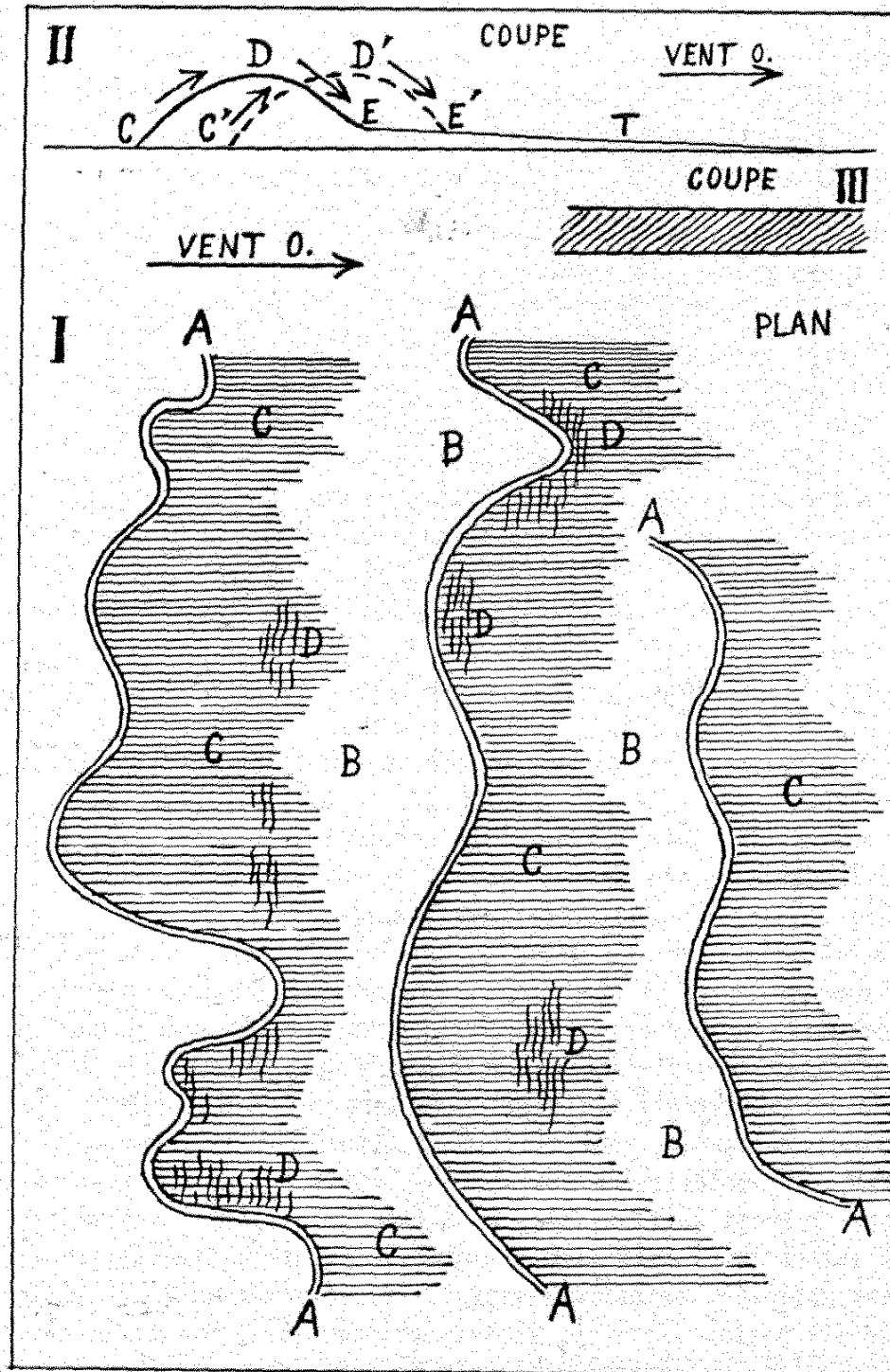


Fig. 29. — Bourrelets et traînées mobiles de sable, formés par le vent sur la plage.

en laissant sur place le squelette du système sous forme de traînées ondulées et de rides très irrégulières composées uniquement de matériaux lourds (fins débris de coquillages).

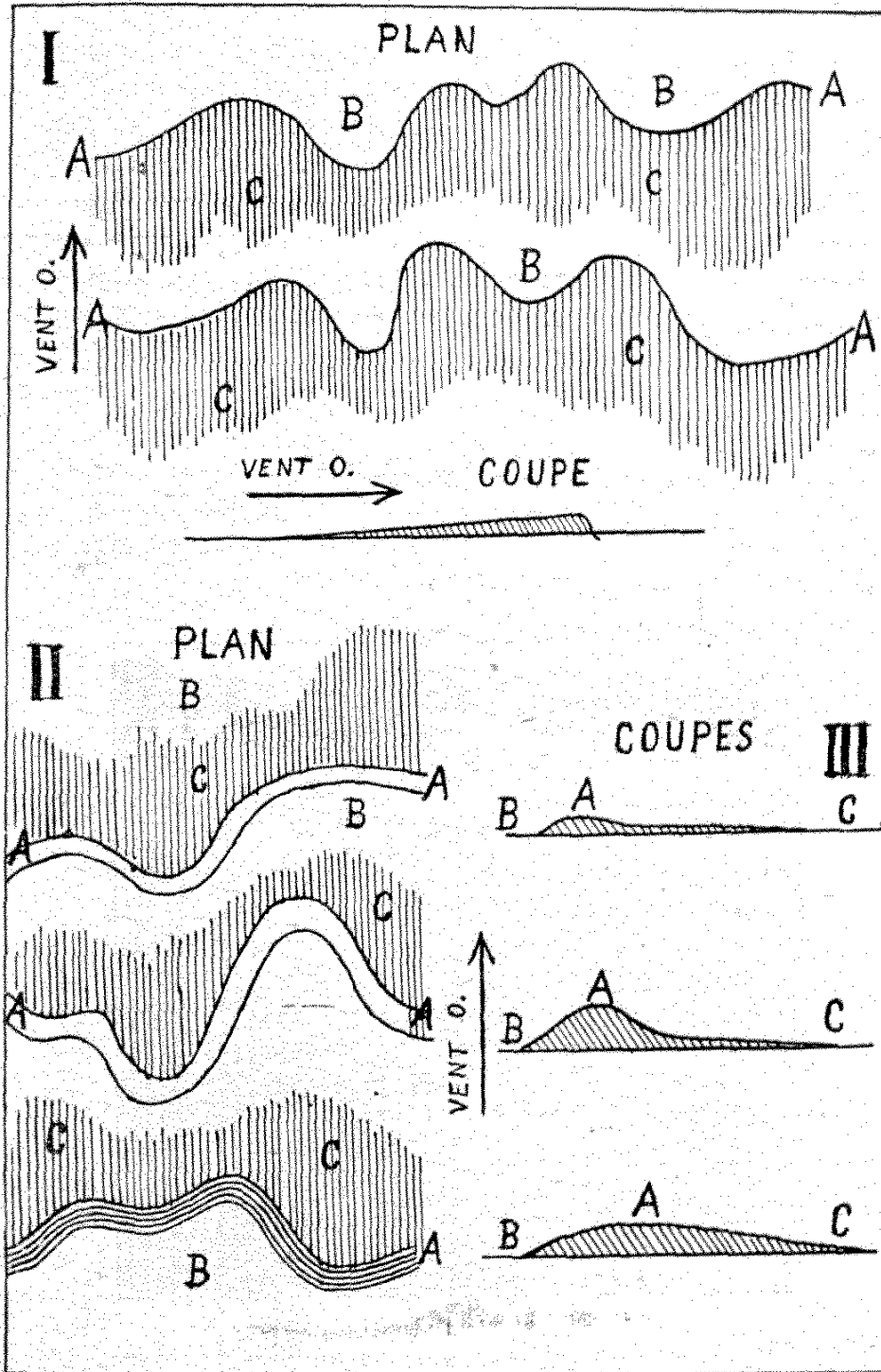


Fig. 30. — Bourrelets et traînées mobiles de sable, formés par le vent.

Le 4 octobre 1930, par vent du S.-O. marchant à la vitesse de 32 à 38 kilomètres à l'heure, il nous a été donné de pouvoir observer la naissance de ces bourrelets (fig. 30, en I).

Nous avons remarqué alors que de très légères traînées de sable sec soulevé par le vent, se fixaient peu à peu sur le sol humide de la plage, et, tandis que du côté du vent le sable adhérait au sol en très minces traînées aux bords irréguliers, du côté opposé au vent, les traînées se terminaient en une ligne ondulée régulière de faible épaisseur (origine du bourrelet, fig. 30, A). Peu à peu cette ligne ondulée fixée au sol laisse passer au dessus d'elle la mince traînée apportée par le vent en avant de ce faible obstacle. Pourquoi ce sable sec s'est-il arrêté pour former cette ligne ondulée à contours réguliers? Nous ne saurions encore le dire. Il faudrait pouvoir faire de nombreuses observations à ce sujet pour découvrir l'origine de ce mystérieux phénomène.

Lorsque la traînée a entièrement dépassé ce mince bourrelet ondulé, l'on observe le dispositif remarqué le 15 juillet (fig. 30, en II) qui roule et glisse alors sur la plage. Le bourrelet est quelquefois stratifié.



Fig. 31. — Bourrelets et traînées mobiles de sable, formés par le vent sur la plage.

Les trois coupes de la figure 30 montrent : le début du bourrelet mouvant et de la traînée, le bourrelet qui s'élève et grossit, et comment il se termine lorsqu'il est immobilisé par suite d'une diminution de la vitesse du vent.

La figure 31 nous montre l'aspect d'un bourrelet sur la plage, au moment où il est presque immobilisé et lorsque les rides commencent à se former à la surface de la traînée sableuse.

\*\*\*

Les nombreuses observations que nous exposons sommairement donnent une idée de la complexité et la grande variété des phénomènes mécaniques dus aux actions isolées ou combinées de ces deux forces de la nature : la mer et le vent, travaillant avec un art délicat ou avec une violence inouïe à construire puis à détruire leurs propres œuvres. Dans cet ordre d'idées bien des problèmes sont encore à étudier et bien des énigmes sont à déchiffrer.

E. RAHIR,

Secrétaire de la Section de Géographie physique  
de la Société Royale Belge de Géographie.

---