

# LES AEROSOLS MARINS.

---

Par le Dr **Hugo BIANCANI.**

---

## I

### ORIGINE ET CONSTITUTION

En tous lieux, des particules de matières infiniment ténues sont dispersées dans l'atmosphère.

On appelle aujourd'hui aérosols les systèmes colloïdaux où la phase dispersante est gazeuse, et la phase dispersée liquide ou solide.

Les aérosols atmosphériques ont une structure physico-chimique très complexe et variable d'un lieu à un autre. Cette diversité de structures est liée aux conditions géographiques, aux facteurs météorologiques, aux activités humaines.

L'air peut être plus ou moins chargé d'autres gaz, de substances volatiles, de particules solides ou liquides, de nature organique ou minérale. Tous ces éléments se groupent de manière déterminée, dans les phases dispersante et dispersée, pour former un aérosol.

Au bord de la mer, nous nous trouvons dans des conditions toutes spéciales et les éléments constitutifs des aérosols ont des structures particulières qui interviennent dans la définition des climats marins.

Nous y découvrons un élément primordial formé par les particules d'eau pulvérisée : les embruns, et des éléments de moindre importance, mais dont le rôle physiologique n'est pas négligeable : les émanations marines et les quelques poussières qui viennent du littoral ou de l'intérieur des terres.

Sous l'action du vent, les couches superficielles de la haute mer sont animées de mouvements ondulatoires : c'est la houle du large. Suivant la vitesse du vent, l'amplitude des vagues varie de quelques mètres à une quinzaine de mètres, et elles deviennent des vagues forcées et même déferlantes. Ces vagues pulvérisent leurs crêtes avec formation d'écume. Elles sont de puissants générateurs d'embruns. Elles viennent aussi se briser à quelque distance du rivage et le ressac participe également



au phénomène de dispersion de l'eau de mer dans l'atmosphère, phénomène qui se produit aussi par brisure des vagues sur les côtes abruptes, les murs des quais.

Expérimentalement Kohler a pu reproduire ce phénomène de pulvérisation par action d'un courant d'air sur l'eau de mer.

Les gouttes ainsi formées sont entraînées par le vent qui les élève, en les évaporant plus ou moins. Un certain nombre d'entre elles vont peut-être subir un processus de dessiccation jusqu'à devenir des cristaux ultra-microscopiques qui atteignent la haute atmosphère.

Bernard et Dejardin, Cabanes, Dufay et Gauzit, Bricard et Kastler, ont signalé l'existence d'atomes de sodium à une hauteur de soixante à quatre-vingt kilomètres en identifiant la raie D dans le spectre du ciel nocturne et crépusculaire.

Ces poussières hygroscopiques de l'atmosphère quoique relativement peu nombreuses, constituent toutefois le groupe le plus important des noyaux de condensation dont Aitken avait soupçonné l'existence et qui ont été étudiés par Simpson, Melander, Ludeling, Hilding Köller, Salles, Dessens, Wright, etc.

Mais, d'autres particules pulvérisées ne vont pas subir un tel processus de déshydratation et viendront, sous forme d'embruns, participer, au-dessus des rivages, à la formation des aérosols marins que nous respirons.

Enfin, les noyaux hygroscopiques dont nous venons de signaler l'existence ne vont-ils pas à leur tour par condensation de l'air non saturé, intervenir dans la formation des micro-brouillards marins ?

Abordons maintenant l'étude chimique de ces vésicules d'eau dispersée. Elles doivent contenir toutes les substances dissoutes dans l'eau de mer. Leur nature varie suivant leurs sources d'origine.

Une vague qui se brise est une masse d'eau dont la structure reflète les caractères des dépôts littoraux et océaniques des sédiments à phase active et à phase neutre, des vases d'estuaire et des vases multicolores, des boues à ptéropodes, à globigérines, à diatomées, à radiolaires.

Une vague qui se brise disperse une eau qui a subi l'influence des courants marins de surface et de profondeur, et



l'influence aussi des rivières et des fleuves qui débouchent dans la mer.

Quoiqu'il en soit de ces influences diverses et variables suivant les lieux, nous pouvons dire qu'un échantillon d'eau de mer contient 35 % de sel, chiffre moyen.

Voici un premier tableau qui donne la répartition des sels dans l'eau de mer.

SELS	Dans 1 kilo d'eau	P 100 de la salinité totale
1. Chlorure de sodium . . . .	27 gr 213	77.750
2. Chlorure de magnésium . . . .	3 gr 807	10.878
3. Sulfate de magnésium . . . .	1 gr 658	4.737
4. Sulfate de calcium . . . . .	1 gr 260	3.600
5. Sulfate de potassium . . . . .	0 gr 863	2.465
6. Carbonate de calcium . . . . .	0 gr 123	0.345
7. Bromure de magnésium . . . .	0 gr 076	0.217
	35 gr 000	100.000

Si d'autre part nous nous rapportons aux analyses de Dettmar, la composition saline exprimée en grammes d'ions est la suivante :

Cl . . . . .	19,93
Br . . . . .	0,07
CO <sub>3</sub> . . . . .	0,075
SO <sub>4</sub> . . . . .	2,777
Ca . . . . .	0,432
Mg . . . . .	1,353
K . . . . .	0,399
Na . . . . .	11,055
	<hr/> 36.091

Cette salinité varie en un lieu déterminé avec l'époque de l'année, la profondeur marine, l'éloignement des côtes. Mais le rapport entre les diverses quantités de sels reste toujours le même.

Nous devrions donc rencontrer dans les embruns les mêmes



proportions. Et nous devrions également rencontrer des traces des corps suivants :

Pour 100 grs d'eau de mer (recherches de Vernadsky)

Rubidium . . .	0,0015	Cuivre . . .	0,0002
Silice . . .	0,0003	Lithium . . .	0,0000068
Fer . . .	0,00015	Or . . .	0,0000012
Fluor . . .	0,00003	Arsenic . . .	0,000001
Iode . . .	0,00003	Thorium . . .	0,000001
Bore . . .	0,00002	Zinc . . .	0,0000001

Quant au pH il varie de 7,8 à 8,4, plus élevé en surface qu'en profondeur, en été qu'en hiver ; il est de 8,3 sur fond rocheux, de 7,4 sur rochers couverts d'algues, de 7,1 sur les vases, enfin dans les estuaires il varie avec la marée pouvant passer en Bretagne sur le Penzé de 6,8 à basse mer à 8,2 à haute mer.

Ce rappel de la constitution de l'eau de mer nous paraît nécessaire pour la connaissance des aérosols marins. Mais il faut d'autre part entreprendre des recherches directes sur les substances contenues dans les particules dispersées.

Les analyses fournissent des résultats intéressants. En 1899 Armand Gautier avait analysé, au phare du Roche-Doumes, construit à l'entrée de la Manche, au nord-est de Brest, à soixante kilomètres des côtes, la teneur de l'air en chlore.

Il trouva « par forte brise ouest-nord-ouest, soufflant depuis quelques jours 22 milligrammes de chlore par mètre cube d'air » et il considérait cette quantité comme un maximum, car il ajoutait : « quoique aspiré à 9 mètres au-dessus du niveau de la mer, l'air pourrait contenir encore les poussières d'eau les plus ténues, cette petite quantité de sel marin 0,02 millièmes de milligramme par litre d'air est donc bien un maximum ».

D'autres recherches sur le même sujet furent entreprises par Duptil qui démontra l'origine mécanique de la présence du chlore atmosphérique, soit au bord de la mer, soit à une certaine distance et signale le rôle prépondérant des vents.

Voici un tableau tiré de son travail (expériences faites en 1900 à ARCACHON — plage — forêt) :



Dates	Vents	Etat du temps	Na Cl par m <sup>3</sup> d'air	
10-2-1900	O-N-O	Tempête et pluie	0 mg 015	0 mg 006
16-3	E-N-E	Temps beau et sec	0 mg 0025	0 mg 000
20 au 23-3	O-S-O	Temps humide et chaud	0 mg 0045	0 mg 0040
23 au 24-5	S-O-S	Bourrasque et pluie	0 mg 003	0 mg 0025

Mais, dans les analyses de précipitation, malgré tous les soins pour éviter la pollution, le rapport entre la concentration saline observée et la concentration saline dans le noyau reste hypothétique.

D'autres techniques, telle la capture mécanique par une couche d'huile ou la précipitation électrique, peuvent être envisagées. Mais le procédé de choix est celui utilisé par Henri Dessens. Des fils très fins d'araignée se sont révélés d'excellents pièges pour fixer les gouttelettes, ne pas les altérer, et permettre de les maintenir et de les examiner tout à loisir au microscope.

En recherchant, par ces procédés, les noyaux de condensation hygroscopiques dans l'atmosphère, différents auteurs ont pu déceler la présence de chlorure de sodium, de magnésium et de calcium. H. Dessens a mis en évidence dans une atmosphère dont l'humidité est de l'ordre de 80 % des gouttes de diamètre variant de  $0,4 \mu$  à  $0,8 \mu$  et dont le nombre est de 100 à 200 par centimètre cube. Lorsqu'on atteint la saturation, ces gouttes fixent de l'eau et cette brume salée se transforme en un nuage. Les gouttes nuageuses sont en moyenne au nombre de quelques centaines par centimètre cube (observations faites par Bricard au Puy-de-Dôme). Dessens n'a identifié le chlorure de sodium que dans les grosses gouttes. Pour les petites les dimensions du résidu d'évaporation sont trop réduites pour qu'une observation certaine soit possible.

Il est intéressant de rapprocher ces recherches de celles de Kohler sur l'eau de mer pulvérisée par un courant d'air. Cet auteur avait décelé des gouttelettes dont les diamètres étaient de  $0,3 \mu$  limite inférieure, et une majorité entre  $0,3$  et  $0,7 \mu$ .

Les nouvelles recherches entreprises dans cette voie permettraient sans doute de découvrir les autres corps chimiques dont nous avons signalé l'existence dans l'eau de mer.



plankton de la mer. Il serait intéressant de rechercher la présence de telles substances organiques dans l'air.

Ces analyses qualitatives et quantitatives précisent la nature chimique de l'air que nous respirons au bord de la mer, en un lieu déterminé. Mais cet état de la matière dispersée n'est pas stable, il varie dans le temps. Ainsi du nombre des particules.

Grâce à la méthode décrite par Dessens nous pouvons nous livrer sur des échantillons d'air marin pris à des moments différents à toute une série de numérations vésiculaires qui nous font penser aux numérations globulaires sanguines. Nous pouvons tracer une courbe, noter ses oscillations et établir des correspondances entre leurs fréquences et leurs amplitudes et les rythmes des marées et des vents (de la brise en particulier).

## II

### LES AEROSOLS MARINS ET L'IONISATION ATMOSPHERIQUE

Les aérosols ont des caractères chimiques bien définis. D'autre part l'état hygroscopique des particules dispersées leur confère des propriétés physiques particulières. Enfin ces fines vésicules fixent des charges électriques et interviennent ainsi dans l'ionisation de l'air.

Sur toute la surface du globe, mais plus particulièrement en certaines régions, l'atmosphère est constamment soumise à l'action de radiations diverses ( rayons cosmiques, radioactivité du sol) qui ionisent l'air en arrachant un électron aux molécules que ces rayonnements rencontrent. Ces molécules deviennent alors positives.

L'électron libéré vient s'associer à une autre molécule et l'ionise négativement. Les molécules ionisées se combinent avec quelques atomes (généralement d'oxygène) pour former ce que l'on désigne par : petits ions. On peut admettre qu'il se forme de 6 à 9 petits ions positifs ou négatifs par seconde et par centimètre cube. Ces petits ions sont soumis au champ électrique terrestre, et peuvent se déplacer. Ils interviennent directement dans la valeur de la conductibilité électrique de l'air.

Les petits ions viennent se fixer sur ces infimes particules neutres qui se trouvent disséminées dans l'atmosphère et dont Aitken avait signalé l'existence. Les particules neutres devien-



nent ainsi des particules chargées et l'ensemble des une et des autres constitue les noyaux de condensation.

Parmi ces noyaux de condensation, les uns, que j'appellerai les petits noyaux, deviennent de gros ions dont le rayon est de quelques  $10^{-6}$  cm. Les travaux théoriques de Bricard vérifiés expérimentalement par Nolan et ses collaborateurs ont montré que ces petits noyaux peuvent porter une ou plusieurs charges élémentaires.

Une seconde catégorie de noyaux de condensation est constitué par les noyaux salins hygroscopiques ou gros noyaux de rayon  $10^{-4}$  à  $10^{-5}$  cm. Ces gros noyaux fixent également des charges et jouent un rôle important dans l'équilibre ionique de la basse atmosphère. Cet équilibre ne peut pas être en effet uniquement établi avec les petits ions et les gros ions, il faut également introduire, comme l'a démontré Bricard, les gros noyaux.

Remarquons enfin que dans la formation des brumes et des brouillards marins, ce ne sont pas les petits noyaux qui interviennent, mais les gros noyaux hygroscopiques, éléments essentiels des embruns.

Donc on peut se représenter les aérosols marins comme des systèmes colloïdaux dont la phase dispersante gazeuse est constituée de molécules d'air, des autres gaz atmosphériques, de vapeurs, de molécules ionisées et de petits ions. La phase dispersée est formée de poussières, de particules liquides, de petits et de gros noyaux.

Dans l'atmosphère la somme algébrique des charges des deux signes constitue ce que l'on appelle la charge spatiale globale. Or il y a un nombre presque égal de charges des deux signes d'où une charge spatiale presque nulle. Et pourtant il y a dans l'atmosphère suffisamment de charges pour créer, si on pouvait les séparer, l'équivalent d'un nuage orageux.

Parmi les différentes méthodes de mesure de cette charge spatiale, nous signalerons celle que nous avons utilisée avec Godefroy. Elle consiste à filtrer l'air dans un tampon métallique parfaitement isolé. Les charges s'accumulent pendant la durée de passage de l'air et font varier le potentiel de l'armature-tampon. La mesure de ce potentiel permet de déterminer, par un calcul simple, la valeur de la charge spatiale ramenée au volume d'air étudié.

Ces mesures doivent pouvoir s'inscrire dans un enregistrement continu, sinon il est impossible d'avoir le véritable profil



Mais dans cet exposé il y a un corps que nous avons à peine mentionné, c'est l'iode. Or n'est-ce pas avec le chlorure de sodium l'un des éléments caractéristiques de l'air marin ?

On doit à Armand Gautier les premières études systématiques sur ce métalloïde.

« L'air de la mer contient douze fois plus d'iode dans ses matières en suspension que celui de la ville. Il semble donc qu'on doive en déduire que la mer est l'origine principale de l'iode atmosphérique. Mais d'autre part l'air de la mer ne contient, quand il souffle du plein océan Atlantique, surtout depuis plusieurs jours, aucune poussière minérale, et les seuls corps en suspension dans cet air sont, d'une part, les particules salines originaires de l'eau pulvérisée, de l'autre les matériaux qui lui viennent du plankton, c'est-à-dire de cet immense réseau d'infusoires, d'algues, zooglées, qui vit à la surface des eaux marines et jusqu'à une certaine profondeur et qui laisse arriver dans l'air de la mer ses débris, ses spores et autres organismes microscopiques, généralement iodés qu'on recueille en filtrant l'air de la mer sur la bourre de verre. Lorsque depuis plusieurs jours l'air souffle de la pleine mer, il ne contient aucune poussière terrestre. L'iode qu'on y décèle ne saurait être d'origine minérale et, étant d'ailleurs douze fois plus abondant à la mer que dans l'air des terres, il semble donc bien être d'origine marine. »

Armand Gautier d'autre part montrait à la même époque la présence dans l'eau de la pleine mer de composés organiques iodés. Des travaux ultérieurs révélaient la richesse en ce métalloïde des algues, la « *Laminaria digitata* » en particulier. Freundler signalait l'existence d'un iode dissimulé, isomère de l'iode métalloïdique et un isotope supérieur de l'étain, sorte d'élément de transition métastable entre l'iode et l'étain. Dispersée dans l'atmosphère, il serait fixé par les plantes terrestres. On pourrait ainsi décrire un cycle pelago-tellurique.

Mais comment expliquer cette dispersion ? Les boues riches en iode vont subir près des côtes océaniques un brassage superficiel intense dû aux flux et reflux des marées, à la puissante action des vagues de translation.

Non seulement l'iode sera libéré soit directement par le vent entraînant les particules organiques iodées, soit par la brisure des vagues côtières, mais peut-être aussi d'autres corps, comme les cholestérols contenus dans les algues du littoral, dans le



bio-électro-climatique d'une station. Combien d'accidents météorologiques ne surviennent-ils pas le long d'une journée, d'une semaine ou d'un mois, capables de modifier l'allure générale des courbes d'ionisation par exemple.

Aussi Godefroy s'est-il appliqué avec raison à monter un appareillage permettant de tels enregistrements continus, et nous vous présentons aujourd'hui les organes essentiels des appareils de mesure de la charge spatiale globale et de la conductibilité électrique.

Les électromètres sont conçus spécialement pour ce genre de travail, mais les types électrostatiques classiques sont fort mal commodes. Nous leur préférons un dispositif électronique, plus complexe et plus onéreux, mais beaucoup plus robuste, plus sûr et susceptible de fonctionner à peu près sans surveillance.

La grosse difficulté rencontrée dans l'étude de cet équipement était d'obtenir une bonne stabilité de fonctionnement en fonction des fluctuations inévitables du réseau d'alimentation.

Godefroy a résolu ce problème en employant des systèmes d'alimentation utilisant des ponts à organes non linéaires et des régulateurs statiques. Ces différents stabilisateurs sont des caractéristiques en cloche contrées sur la valeur moyenne du réseau.

L'enregistrement se fait sur un appareil du type industriel à papier diagramme et inscription à encre. L'énergie nécessaire pour actionner cet enregistreur est fournie par un amplificateur de courant continu utilisant un dispositif à modulation de phase qui permet une très grande stabilité de zéro.

L'équipement complet, conçu pour fonctionner entièrement sur réseau sans interruption, a une consommation de 750 w.

Nous avons entrepris avec Godefroy une série de recherches sur l'ionisation atmosphérique, avec l'appareil de mesure que nous vous présentons.

Nous rapportons ici des observations prises au Cap de Carteret, dans la Manche, du 28 juillet au 31 août 1950. L'appareil de mesure a été installé dans le bâtiment du phare, à quatre-vingt mètres d'altitude.

L'étude des enregistrements permanents obtenus fait ressortir une charge spatiale positive, en moyenne trois fois plus importante que celle qui fut enregistrée au mois de juin à l'observatoire de Chambon-la-Forêt.

Pendant la durée totale des mesures, la charge s'est main-



tenue positive, variant peu (dans le rapport de 1 à 3) quelle que soit la force du vent du large.

Un accident intéressant a été noté le 5 août à 17 h. 50 : la charge s'est brusquement inversée, et est demeurée constamment négative jusqu'à 2 h. 30 le lendemain 6 août, correspondant à un vent d'est faible. Le même jour, jusqu'à 7 h. 30, de fréquentes inversions se sont terminées par un rétablissement de la charge positive. A nouveau, à 20 h. 15 le même jour, une charge négative est réapparue jusqu'à minuit quarante-cinq, pour s'annuler et s'inverser en moins de deux minutes.

Le passage de quelques grains orageux a provoqué les inversions habituelles correspondant aux grandes variations de valeur et de signe du champ électrique.

A titre d'exemple, voici quelques parties du diagramme d'enregistrement de la charge spatiale.

Il semble que l'on puisse dégager de ces observations l'impression générale suivante : au lieu étudié, la charge globale est surtout positive et importante pendant les vents du large : aux vents continentaux correspond une charge négative. La valeur instantanée de la charge est indépendante de la force du vent.

Ces recherches sont à rapprocher de celles effectuées par M<sup>me</sup> Blanquet à Clermont-Ferrand avec le même appareil. Des observations faites en avril et mai 1950 dans une période de beau temps très stable ont montré une variation nette de la valeur de la charge spatiale entre le jour et la nuit. Celle-ci positive pendant le jour (125 charges élémentaires par cm<sup>3</sup>) décroissait lentement après le coucher du soleil, se réduisant d'un tiers au milieu de la nuit, et remontait très vite dès l'apparition du jour. M<sup>me</sup> Blanquet a observé d'autre part, comme nous-même, des inversions au cours des orages et pendant les heures suivantes.

La recherche du déterminisme des variations ioniques de l'atmosphère nous conduit à présenter les intéressants travaux de M<sup>me</sup> O. Thellier sur les relations entre la valeur du champ électrique et le nombre des ions. Lorsque le champ augmente le nombre des petits ions diminue, et celui des grands ions croît. Or, la valeur de ce champ varie à son tour dans de très larges proportions lors du passage de nuages et il peut atteindre plusieurs milliers de volts par mètre au moment des décharges atmosphériques. Le sens du champ électrique change



aussi sous l'influence des charges fortement négatives de la base des cumulus orageux.

Ainsi pouvons-nous établir une relation entre la valeur de la charge spatiale et la présence des nuages.

Enfin une série de recherches que nous venons d'entreprendre avec A. Godefroy sur les aérosols artificiels et l'ionisation nous ont montré le rôle important joué par certains corps chimiques (les essences volatiles en particulier), par la grosseur des particules et leur nombre.

Les mêmes variations, liées aux mêmes causes, ne doivent-elles pas également s'observer au bord de la mer avec les aérosols marins ?

### III

#### AEROSOLS ET REACTIONS ORGANIQUES LES MICRO-CLIMATS MARINS

Nous abordons la troisième partie de notre exposé, celle de l'étude des réactions organiques sous l'influence des aérosols marins et du rôle joué par ces aérosols dans les caractéristiques des micro-climats marins.

Nous serons très brefs car presque toutes les recherches nécessaires pour élucider cet important problème de climatologie sont encore à faire.

Et pourtant, il n'y a pas de doute possible sur l'influence biologique des aérosols marins. Un organisme soumis nuit et jour à une atmosphère où se trouve dispersées des particules ionisées de sels, d'iode, et d'autres substances minérales et organiques qui agissent souvent à doses infinitésimales, ne peut rester indifférent. Car, d'une part, l'action est continue et, d'autre part, elle revêt un caractère particulier.

Les innombrables petits projectiles, porteurs de charges électriques, qui atteignent notre corps, impressionnent non seulement la surface cutanée, mais aussi et surtout la surface des voies respiratoires. Or, il existe à ce niveau une sensibilité organique toute spéciale aux actions physico-chimiques. Elle a été mise en évidence, pour certaines substances, par la recherche des seuils (déterminés en grammes par m<sup>3</sup> pour une inhalation de 30 secondes).

0,001 avec l'acroléine

0,005 avec la chloropicrine



0,100 avec le brome  
0,250 avec le chlore  
0,500 avec le carbonate de méthyl.

A côté de cette excitation endopulmonaire permanente, nous devons penser aussi à la fixation possible des aérosols marins et en particulier de certains corps comme l'iode, par les cellules alvéolaires. Enfin, de manière constante, les particules dispersées dans l'air marin que nous respirons franchissent les parois alvéolaires et passent dans le sang.

Donc théoriquement les aérosols marins doivent influencer notre organisme. Mais il faut prouver cette action. Il faut établir pour cela des protocoles d'expériences bio-climatologiques précis.

A. — Observations météorologiques.

- 1) Analyse dans un lieu déterminé (stations climatiques) des particules dispersées dans l'air marin, soit par le procédé photographique de Findeisen, soit par celui des fils l'araignée de Dessens :
  - a) Etude du diamètre des particules, de leur nombre, de leur nature ;
  - b) Etude des variations dans le temps et établissement des courbes 1.
- 2) Mesures de la charge spatiale et étude de ses variations dans le temps avec l'appareil Godefroy permettant des enregistrements continus. Etablissement des diagrammes 2.
- 3) Confrontation des courbes 1 et des diagrammes 2 avec les courbes météorologiques de température, de pression, d'état hygrométrique, d'insolation, etc...

B. — Observations physiologiques.

- 1) Observations individuelles. Analyses minutieuses entreprises sur le comportement de certains individus choisis avec soin et reconnus capables de bien s'observer eux-mêmes.
- 2) Observations collectives sur l'ensemble d'une population habitant un lieu déterminé. Etablissement de statistiques.
- 3) Analyses des perturbations physiologiques survenant en un lieu et à un moment déterminé. Etude des chocs climatiques, des réactions cénesthésiques, neuropathiques, endocrino-humorales.



- C. — Confrontations des courbes 1, des diagrammes 2 et des autres données météorologiques avec les réactions physiopathologique observées en un lieu et à un moment déterminé.

Des recherches systématiques entreprises par des expérimentateurs qualifiés, avec un équipement approprié et dans les régions les plus variées, permettront d'établir, pour les divers micro-climats marins, le rôle joué par les aérosols.

Nous croyons que ce rôle n'est pas négligeable, et que des études entreprises sur de tels sujets seront utiles aux médecins dans le choix des stations de cure.