dans une solution d'acide sulfurique ; on obtient du sulfate d'ammoniaque. Une autre preuve encore que l'air tellurique renferme de l'ammoniaque : si l'on met ce corps avec le réactif de Nessler (voy. p. 84), il se produit une coloration jaune ou un précipité brun, suivant la quantité d'ammoniaque. Si l'on sature le sol avec des substances azotées, par exemple si l'on verse 20 litres d'urine, cette urine, après avoir été absorbée par le sol, se décompose et se transforme en carbonate d'ammoniaque.

L'urine peut donner naissance à d'autres produits d'oxydation, former de l'acide nitrique par exemple.

On peut donc conclure que, partout où le sol renferme des matières azotées on peut trouver ammoniaque ou acide nitrique.

Quand les matières organiques, qui pénètrent dans le sol, contiennent du soufre, on trouve alors de l'acide sulfhydrique.

Si l'on fait passer l'air de ce terrain à travers un tube en verre dans lequel on a mis un papier filtré imprégné d'acétate de plomb, on voit le papier se colorer en brun, indice de la présence d'acide sulfhydrique.

4° Hydrogène carboné. — Dans les terrains vaseux, les tourbières, la décomposition des matières organiques donne souvent naissance à des carbures d'hydrogène, et surtout au gaz des marais.

5° Vapeur d'eau. — L'air tellurique renferme une certaine quantité de vapeur d'eau correspondant presque toujours au degré de saturation.

6° Mouvements de l'air tellurique. — Les échanges incessants qui ont lieu entre l'air tellurique et l'atmosphère sont soumis à différents facteurs.

La structure du terrain joue évidemment un rôle important, plus que la nature proprement dite. Ce que nous avons dit de la perméabilité du terrain par rapport à l'eau, s'applique également aux mouvements de l'air. Un sol est d'autant mieux perméable à l'air que ses grains sont plus volumineux.

Ce sont les différences de température entre le sol et l'atmosphère qui exercent le plus d'influence sur les mouvements de l'air tellurique. Il ne paraît pas en effet que les oscillations normales de la pression barométrique jouent un grand rôle (Fodor) ou tout au moins déterminent un courant appréciable en un temps limité, car il est fort probable que des mouvements lents se produisent néanmoins (Soyka). Le sol s'échauffant et se refroidissant par couches successives, il se produit des courants telluriques plus ou moins forts qui déterminent un véritable brassage de l'air du sol.

Le vent agit également sur les courants telluriques, et contribue à la ventilation du sol, en déterminant soit une aspiration, soit, au contraire, une pression à la surface, suivant la direction.

§ 5. — Thermalité du sol

1° Sources de chaleur. — Les sources de chaleur du sol sont au nombre de trois :

1° La chaleur centrale de la terre. On sait, en effet, que la terre, à une profondeur en réalité assez faible étant donné son diamètre, est à une température fort élevée. Les recherches faites dans les mines et les puits artésiens montrent que, par suite de l'effet du feu central, la température s'élève de 1° par 30 mètres de profondeur, le puits artésien de Sperenberg à Berlin, creusé à 1.313 mètres de profondeur donne de l'eau à 48°1 ;

2° Les processus chimiques, qui se produisent incessamment dans le sol, dégagent nécessairement une certaine quantité de calorique. Mais, en règle générale, les combustions sont trop lentes, trop disséminées pour influencer sérieusement la thermalité du sol ; sauf toutefois dans certaines tourbières, où les oxydations sont si énergiques qu'elles déterminent parfois des combustions spontanées, telle la *prairie qui fume* du Forez ;

3° Enfin, comme cause intéressante au point de vue de l'hygiène, vient la chaleur solaire.

Le sol possède généralement un pouvoir absorbant et un pouvoir émissif également lents, avec une conductibilité faible. On conçoit ainsi qu'il s'échauffe lentement et se refroidit de même ;

les oscillations de la température du sol suivent donc, mais avec un certain retard, les oscillations de la radiation solaire. Le sol absorbant la chaleur solaire a souvent une température beaucoup plus élevée que l'air ambiant (70° dans les sables du désert). Par suite de cette accumulation de calorique d'une part et d'autre part de l'intensité du pouvoir émissif, joint à la déperdition de calorique produite par l'évaporation de l'eau, la surface du sol passe souvent, par des températures extrêmes considérables, et dont l'écart est bien supérieur à celui indiqué par les thermomètres ordinaires placés à l'abri des radiations.

Mais ces différences ne sont réellement sensibles qu'à la surface même. Aussitôt que l'on s'enfonce dans le sol, les écarts sont moins marqués et surtout plus lents à se produire. Suivant la nature du sol, la végétation qui le recouvre, son exposition, ces écarts varient d'un endroit à l'autre. C'est ainsi qu'il faut plusieurs semaines pour qu'une couche de 2 mètres de sable laisse passer le calorique disposé à sa surface.

En ce qui concerne la gelée, il est fort rare que la gelée descende à une profondeur de 20 centimètres, et tous les agriculteurs savent quel rôle protecteur joue contre le froid un faible manteau de neige. A une certaine profondeur, les influences atmosphériques ne se font plus sentir ; c'est ainsi qu'à Paris, les caves de l'Observatoire placées à 29 mètres de profondeur, ont une température rigoureusement constante de 11°7. On peut admettre que c'est après 20 mètres que l'on atteint la limite des températures invariables.

2° Méthode de mesure. — Pour mesurer la température du sol on peut procéder, comme le fit Lamont à Berlin, en plaçant des thermomètres à gros réservoirs dans des boîtes à parois métalliques, les réservoirs étant en contact avec les parois. On descend ces boîtes dans des trous creusés à des profondeurs variables et, après le temps suffisant, on les remonte. La grosseur même des réservoirs assure leur lenteur, et on peut ainsi lire facilement et sans erreur. Le procédé indiqué par le professeur Rosenthal est plus élégant. Il utilise les tubes de forages employés pour l'étude des gaz du sol. Près de la pointe en fer du

foret, dans l'intérieur du tube, on soude un fil conducteur de cuivre isolé. Ce fil passant par un galvanomètre, un second tube est soudé en un point avec un fil de fer qui ferme le circuit avec le tube de fer perforateur. L'aiguille du galvanomètre indique une dérivation correspondant à la différence de température entre les deux points de soudure. Un procédé des plus simples permet de ne faire aucun calcul (le réglage des appareils thermo-électriques étant toujours délicat) ; il suffit de plonger la soudure extérieure dans un vase d'eau dont on fait varier la température : quand l'aiguille du galvanomètre est au 0, c'est que les températures des deux soudures sont égales et il suffit de mesurer celle du vase d'eau.

3° Rapport avec les maladies. — On a voulu établir un rapport étroit et précis entre l'éclosion des épidémies, notamment du choléra, et l'élévation de la température du sol. Pfeifer, qui a surtout défendu cette théorie, a cru démontrer, d'après ses observations en Allemagne et en Angleterre, que l'épidémie disparaissait, quand la température du sol, à une faible profondeur, tombait au-dessous de 5°. Les études bactériologiques récentes confirmeraient jusqu'à un certain point cette manière de voir, s'il est démontré que le bacille virgule ne peut se propager au-dessous de 16° et que les dernières épidémies ont eu leur acmé, au moment où le sol présentait précisément une température de plus de 16° : juillet, août, septembre. Les partisans de la *grundwasser theorie* font remarquer que le maximum de la température du sol correspond précisément à l'état le plus bas du niveau de la nappe d'eau souterraine, et admettent nécessairement que c'est ce facteur qui en est cause.

§ 6. — Matières organiques du sol

Le sol, outre les principes minéraux qui forment son substratum, renferme des matières organiques, dont l'étude est fort importante, tant au point de vue de l'hygiène, qu'au point de vue du rendement agricole. Ces matières ayant pour caractéristique d'être presque toujours azotées, c'est en dosant l'azote d'un

échantillon et en défalquant du chiffre trouvé, l'azote combiné sous forme de sels que l'on peut déterminer la richesse en matières organiques d'un sol.

Ces matières organiques proviennent de causes multiples ; les unes sont dues aux conditions biologiques : plantes ou animaux qui vivent dans le sol. D'autres proviennent d'une action volontaire de l'homme, la fumure des terres ; enfin, il faut ajouter d'autres causes inhérentes à l'existence de la vie sur terre, c'est la dispersion, à la surface du sol, de tout ce que nous appellerons du mot anglais facile à préciser : les *nuisances* : immondices de la rue, ordures ménagères, excrétions des animaux et des hommes, etc. Dans le même ordre d'idées, il faut ajouter les infiltrations des fosses d'aisances, les puisards industriels plus ou moins étanches qui souillent le sol à une certaine profondeur.

La pénétration des souillures dans le sol se fait avec une très grande lenteur. La rapidité de pénétration varie évidemment avec le degré de saturation du terrain ; mais le facteur est en réalité faible, et c'est plutôt la texture même du terrain qui établit une différence. Le sol à grands pores se laisse pénétrer plus rapidement que le sol à pores fins. On peut conclure des expériences faites par Hofmann avec des terrains sableux, et en utilisant des solutions très diffusibles, comme le sel marin, que dans les conditions ordinaires les terrains à grands pores exigent trente-huit jours pour se laisser pénétrer par les souillures du sol à un mètre de profondeur, et dans les terrains compacts, à pores fins, le calcul montre qu'il faut cent quatorze jours. On voit combien est garantie dans la majeure partie des cas la nappe d'eau souterraine. Ajoutons cependant que la sécurité n'est jamais absolue, puisque dans les terrains naturels, il peut se trouver des fissures, qui permettent une pénétration plus directe.

1° Assainissement spontané du sol. — Si le sol se contentait de présenter une résistance passive aux souillures, de ralentir leur marche dans la profondeur, il est évident que son rôle protecteur serait illusoire et qu'il serait toujours saturé, mais

non seulement les substances nuisibles sont arrêtées, fixées dans le sol, mais encore décomposées, transformées en substances actives, utilisables pour les plantes.

Grâce à l'activité vitale des microorganismes du sol, il se produit constamment une série d'oxydations qui ont pour effet d'amener l'azote organique et l'ammoniaque à l'état de nitrites et de nitrates, le carbone à l'état d'acide carbonique et l'hydrogène en s'oxydant forme de l'eau.

La transformation de l'ammoniaque en nitrate dans le sol est un fait désormais hors de conteste et qui est vérifié de nouveau chaque jour.

Les chiffres suivants empruntés à Frankland sont démonstratifs. C'est une étude faite sur les eaux d'égouts avant et après filtration dans le sol. Pour 100 litres d'eau soit 100.000 grammes on trouve :

	AVANT FILTRATION	APRÈS FILTRATION
	grammes.	grammes.
Azote organique	2.50	0,1 — 0,33
Ammoniaque.	5,58	0,01 — 0,62
Azote nitrique	0,50	3,00 — 4,88

Les analyses de Miquel, au champ d'épandage de Gennevilliers, de Sulkowsky, à Berlin, donnent des résultats analogues que l'on peut résumer ainsi. En passant dans un sol suffisamment aéré, les liquides d'irrigation perdent les deux tiers de leurs matières organiques, la presque totalité de l'ammoniaque, de l'acide phosphorique et de la potasse, et s'enrichissent en acide nitrique et en chaux.

Mais si le fait est indiscutable, l'interprétation est plus difficile et deux théories ont été émises.

La *théorie biologique de la nitrification* entrevue par Pasteur, a surtout été étudiée par Schloesing et Muntz.

Si l'on fait passer, très lentement, une solution ammoniacale faible dans un tube renfermant de la craie et du sable calcinés, on ne constate aucune disparition d'ammoniaque, mais il suffit d'ajouter à ce mélange un peu de terreau pour observer la transformation partielle en nitrate. Il en est de même si, au lieu d'une solution ammoniacale stérile, on verse sur le sable calciné

de l'eau d'égout. En mettant un temps suffisamment lent, tout l'ammoniaque est oxydé, nitrifié.

Or, cette nitrification est arrêtée, si l'on fait passer dans le tube, en même temps, des vapeurs de chloroforme. Sachant que les vapeurs de chloroforme, si elles ne détruisent pas les microorganismes, tout au moins les anesthésient, paralysent leurs fonctions chimiques, il était tout naturel de conclure que les phénomènes observés étaient d'ordre vital.

Un grand nombre de microorganismes et même d'êtres plus élevés dans l'échelle : algues, etc., possèdent cette propriété. Et c'est à tort que Schloesing et Muntz et plus tard Fodor ont voulu faire admettre un bacille spécifique, le bacterium lineola de Fodor, comme agent exclusif ou même essentiel de la nitrification. A cette époque, il faut le reconnaître, on cherchait volontiers, entraîné par un amour trop grand de la spécificité, à attribuer un microbe spécial pour chaque phénomène d'ordre biologique.

Tous les antiseptiques, tous les antizymatiques excercent la même action que le chloroforme, tel le sulfure de carbone (Warington). La nitrification atteint son maximum quand la température atteint 37° pour s'arrêter à 55° et à 5°, nouvelles preuves en faveur de la théorie biologique.

Soyka a montré que les alcaloïdes étaient également transformés ; les uns subissent la nitrification comme la strychnine, les autres sont simplement décomposés comme la quinine, la chinchonine.

La théorie physico-chimique de la nitrification (Hoppe-Seyler) refuse aux microorganismes le rôle oxydant. Les affinités chimiques, l'influence des forces physiques encore mal connues : porosité, action catalytique, etc., suffiraient, d'après les défenseurs de cette théorie, à expliquer les transformations en acide azotique et en acide carbonique.

La théorie biologique paraît réunir aujourd'hui le plus grand nombre de preuves pour elle, mais les bactéries ont besoin, pour exercer leur action, d'un substratum physique spécial, qui agit, tout au moins, comme cause adjuvante. C'est dans les sols poreux, à grains fins, que la nitrification atteint son maximum ;

on trouve, en effet, dans ce cas les meilleures conditions physiques réunies : une porosité forte et une perméabilité qui permet libre accès à l'oxygène nécessaire.

Winogradsky (1890-1891) admettant l'intermédiaire de deux ferments figurés : le ferment nitreux qui transforme l'ammoniaque en acide nitreux et le ferment nitrique, sans action sur l'ammoniaque, mais qui transforme l'acide nitreux en acide nitrique, a bien démontré la nécessité d'un apport considérable d'oxygène, ces deux ferments étant essentiellement aérobies. D'où cette conclusion, vérifiée par l'expérience, que les oxydations, et par suite l'assainissement du sol, ne peut se faire qu'avec une irrigation intermittente. L'eau en se retirant entraîne de l'air après elle, alors que si le terrain est continuellement inondé, l'apport de l'oxygène est impossible et les ferments ne peuvent végéter.

En étudiant la purification des eaux vannes (chap. VII) on verra quelles applications nouvelles les hygiénistes ont trouvées de la nitrification.

L'alcalinité des terres est un facteur important, et des sables purement siliceux, bien qu'étant à la fois poreux et perméables, forment un terrain défavorable, alors qu'une addition de carbonate de potasse, modifie très avantageusement le sol.

2° Action réductrice. — Les nitrates, nitrites et carbonates ainsi formés sont en partie entraînés par les eaux, mais, en partie aussi, subissent des réductions nouvelles par les plantes et les bactéries.

A côté de l'action puissante de la végétation, il faut noter l'action réductrice attribuée à certaines bactéries dénitrifiantes, qui détruiraient en partie les effets des bactéries nitrifiantes (Deherain et Maquenne) par suite de processus anaérobie. C'est, en effet, quand l'oxygène fait défaut que ces microorganismes, parmi lesquels on peut citer le *bacillus amylobacter*, entrent en jeu.

3° Microorganismes du sol. — A la surface même du sol, les microorganismes sont très nombreux et jusqu'à une certaine

profondeur, variable suivant la nature du terrain, on en rencontre un certain nombre ; Koch a montré que, dans un terrain non remué, les microbes disparaissent presque complètement à une profondeur d'un mètre.

Les chiffres absolus sur le nombre des bactéries trouvées en tel ou tel point sont sujets à caution. Trop souvent les expérimentateurs ont laissé un certain temps s'écouler entre la prise d'échantillon et le dosage, et dans ce cas les changements d'aération et de température modifient la vitalité des microorganismes et par suite leur nombre.

Le procédé le plus pratique pour cette étude est celui imaginé par Fraenkel de Berlin. L'échantillon est pris à la profondeur déterminée par une sorte de tarière, qui permet d'éviter les contaminations pendant la prise et une parcelle de terre d'un volume connu, est mélangée avec une culture de gélatine liquide, qui est ensuite étendue sur la paroi interne du vase où elle se solidifie, et où les colonies peuvent se développer.

D'après Robertson, le maximum des germes ne se trouverait pas à la surface du sol, mais à une profondeur de 30 à 60 centimètres. Dans les terrains non cultivés, les germes disparaissent presque complètement à un mètre, sauf dans les sols très poreux où on en peut rencontrer encore à plus de 150 mètres.

Au point de vue des espèces de bactéries, il y a lieu d'étudier en employant une classification des plus élémentaires : les microorganismes utiles et les microorganismes pathogènes.

Le rôle utile joué par les microorganismes dans le sol est considérable, tant au point de vue de la destruction des matières organiques qui sont déposées à sa surface ou dans sa profondeur, qu'au point de vue de la nutrition des plantes. En réalité, ces deux fonctions se complètent, et mieux, se confondent.

Nous avons parlé plus haut du rôle attribué aux microbes dans le phénomène de la nitrification et de l'oxydation des éléments carbonés ; nous n'y reviendrons pas.

Mais ces ferments nitrificateurs paraissent jouer encore un autre rôle, un rôle bactéricide. L'eau, sortant des drains des terrains d'irrigation, ne renferme plus que 4 à 10 bactéries par centimètre cube. Les ferments nitreux et nitriques s'emparent

du terrain, ou chassent par des phénomènes de concurrence vitale, ou détruisent par les produits auxquels ils donnent naissance, les autres bactéries qu'ils remplacent sans doute, mais comme ils ne sont pas cultivables dans les milieux ordinaires, ils passent inaperçus (Duclaux).

Il est fort probable que les différentes espèces existantes dans le sol, les unes oxydantes, les autres réductrices ont toutes des fonctions déterminées, amenant chacune des transformations spéciales. Cette question est encore loin d'être bien connue. C'est en s'appuyant sur ces faits, que Dibdin a imaginé son système de purification biologique des eaux-vannes (p. 383).

Les recherches récentes ont montré l'importance extrême de certaines bactéries dans la vie des plantes. La symbiose qui avait jusqu'ici comme type le lichen pourrait, sous des formes différentes, il est vrai, être un phénomène général.

La fixation de l'azote atmosphérique par les plantes, entrevue par Georges Ville, est aujourd'hui confirmée expérimentalement ; mais cette fixation se fait par l'intermédiaire de bactéries, qui déterminent dans les racines des plantes des nodosités, où elles sont enfermées puis absorbées, fournissant ainsi à la plante, l'azote nécessaire (Schlœsing, Breal, Prazmowski).

A côté de ces êtres utiles, le sol renferme un certain nombre de bactéries pathogènes qui intéressent spécialement l'hygiène. Pour Arnould, ces bactéries ne sont devenues pathogènes qu'incidemment, pour ainsi dire, par transformisme. Le sol, d'après lui, serait un milieu de conservation de ces agents pathogènes où ils pourraient persister longtemps à l'état latent.

Quelles que soient les évolutions subies dans les temps par les microorganismes dans le sol, on peut ici encore faire une division. Les microorganismes du sol proprement dit, qui paraissent y exister normalement, y proliférer, tel le vibrion septique de Pasteur dont les germes à l'état virulent existent dans presque toutes les terres ; le bacille du tétanos de Nicolaïer, qui persiste indéfiniment dans les terres infectées : terres tétanifères.

La bactéridie charbonneuse trouve également dans la terre un excellent habitat, où elle peut parcourir toutes les phases de

son existence et proliférer. L'origine tellurique du charbon a été démontrée bien nettement dans les belles recherches de PASTEUR sur le rôle des *Champs maudits* en Beauce. Inutile de rappeler le rôle attribué par notre grand savant aux vers de terre comme agents de transport de la bactérie, de la profondeur à la surface.

Dans le second groupe on peut ranger le bacille typhique, le bacille de la tuberculose, le bacille du choléra. Pour le premier, GRANCHER et DESCHAMPS ont montré qu'enterré à 50 centimètres il conservait sa virulence pendant des mois, plus longtemps en fait, que dans un tube de gélatine peptonisé laissé à l'air libre.

Le bacille de la peste reste vivant plusieurs mois dans le sol (YERSIN).

La résistance de la bactérie cholérique dans le sol est douteuse. Alors que GIAXA ne la retrouve plus au bout de quatre jours, HUEPPE admet qu'elle peut vivre dans le sol à l'état de saprophyte aérobie.

4° Paludisme. — Dans un certain nombre de maladies, l'eau de boisson est incriminée comme agent de contage ; l'influence exercée par le sol lui-même, admise en partie par l'école de Munich, est très contestée, sauf cependant dans l'étiologie des affections paludiques.

Sous le nom de Paludisme, avec LAVERAN, nous rangerons toutes les affections connues sous le nom de fièvres palustres, fièvres maremmatiques, telluriques, intermittentes, rémittentes, malaria. Il n'est pas de maladies, après la tuberculose, plus répandues et dont les effets soient plus désastreux. On posait il y a quelques années encore en principe que le germe palustre exigeait ponr se développer, trois facteurs : 1° de la *terre*, jamais les fièvres palustres ne prennent naissance sur des navires en pleine mer ; 2° de la *chaleur*, il n'y a pas de fièvres dans les régions polaires, et dans les régions tempérées la malaria est rare pendant la saison froide : 3° de l'*humidité*, lorsque le sol est desséché, l'influence palustre disparaît.

Les belles recherches de LAVERAN nous ont fait connaître les hématozoaires, agents des fièvres palustres. Cette découverte

longtemps contestée à l'étranger et même en France est désormais admise. Malheureusement les efforts de ROUX, de LAVERAN ont été stériles pour cultiver ces parasites.

On verra plus loin, page 147, le rôle joué par les insectes comme agents de contage de la malaria.

Mais les données acquises sur le rôle des moustisques n'entraînent pas la suppression des mesures anciennes et qui avaient été reconnues efficaces ; l'assèchement du sol dans toutes les régions infectées. Au lieu de lutter empiriquement contre un miasme énigmatique nous pouvons aujourd'hui chercher à supprimer les milieux favorables à la multiplication des agents recteurs des hématozoaires, un sol sec, sans marais, sans flaques d'eau ne permet plus aux larves des moustiques de se développer et voilà pourquoi par l'assèchement, les Dombes ont été assainies en France, la Mitidja en Algérie et partiellement au moins l'Agro romano en Italie.

5° Drainage. — Le drainage a pour but d'établir dans la profondeur du sol une couche perméable à la place d'un sol compact ; il abaisse par suite le niveau de la nappe d'eau souterraine. Les idées nouvelles sur le processus de nitrification, exposées plus haut, expliquent facilement les heureux résultats obtenus par l'établissement des drains ; en même temps, en effet, que le drainage supprime l'eau stagnante, il détermine la pénétration de l'oxygène dans les couches profondes.

Les systèmes de drainage sont multiples, mais presque partout on substitue aux drains primitifs formés de tranchées recouvertes de pierres et de fascines, des tubes en terre poreuse ajustés bout à bout, d'un diamètre variable suivant la quantité d'eau qu'ils doivent recevoir, quantité qui varie avec la nature du terrain et la place respective des drains ; les drains collecteurs doivent nécessairement être plus volumineux. Un drainage bien fait doit répondre aux conditions suivantes : enlever du sol les eaux nuisibles le plus rapidement et le plus complètement possible, au prix de revient minimum.

Hervé-Mangon posait, en principe, qu'il fallait diriger les petits drains suivant les lignes de plus grande pente du terrain, les collecteurs par suite étant dirigés suivant une pente plus faible. Cette théorie longtemps officielle, est aujourd'hui très attaquée, on objecte le ralentissement des eaux et par suite l'obstruction des collecteurs et une action limitée des drains secondaires. Aussi préconise-t-on de placer les collecteurs suivant la ligne de plus grande pente et les drains secondaires en diagonale (Risler et Wery).

Quoi qu'il en soit, l'influence du drainage sur la santé publique est manifeste.

En Angleterre, en Amérique, les drainages multipliés ont fait baisser la mortalité. En France, il y a encore beaucoup à faire, malgré le crédit de 100 millions voté en 1858 et non dépensé.

6° Aseptisation des terres contaminées. — Les travaux de curage des étangs, des canaux ou de simples voieries entraînent souvent avec eux l'éclosion d'accidents paludéens non seulement parmi les ouvriers employés directement à ses travaux, mais encore dans les populations voisines, soit du chantier, soit du dépôt où sont conduites les terres ou les boues du curage. Il suffit de rappeler l'épidémie d'accès pernicieux qui, à Bordeaux, entraîna 3 000 décès et 12 000 cas de fièvre, après le desséchement fait en été d'un grand marais en 1805.

Le danger de certains travaux de terrassements, dans des contrées jusqu'ici indemnes peut s'expliquer facilement depuis les recherches de Frænkel et Fodor. Dans les terres profondes, mises subitement en contact avec l'air, les microbes pullulent avec une rapidité prodigieuse. Alors qu'un ensemencement fait avec un échantillon de terre prélevée immédiatement à $1^m,50$ de profondeur, ne donnait que 70 colonies, la même terre conservée à l'air pendant deux jours, fournissait 3 700 colonies et pendant onze jours 14 000.

Les instructions rédigées par M. Colin dans le rapport de l'Académie de médecine en 1881, sur les mesures hygiéniques à conseiller au sujet de l'exécution du canal de Tancarville

peuvent être citées comme un modèle en ajoutant toutefois quelques additions nouvelles.

Opérer de préférence pendant les saisons froides, et suspendre tout travail de juillet à septembre.

Ne prendre que des ouvriers robustes, indemnes de toute tare paludéenne, et éliminer immédiatement et définitivement tout employé ayant eu une première attaque.

Transport direct et rapide, en substituant autant que possible les machines au travail à la main, des matériaux enlevés. Allumage de grands feux au voisinage des chantiers. Ensemencement et culture intensive sur les dépôts de matériaux.

Pour protéger les populations, M. Gibert, du Havre, avait demandé « s'il existait une substance chimique bon marché, capable d'être répandue à profusion sur les remblais et pouvant détruire les causes de la fièvre ». A cette demande, M. Colin répondait : « Oui, il est des substances bon marché, capables non seulement de détruire la fièvre, mais encore susceptibles de transformer les miasmes en richesses agricoles. Ces substances sont les semences végétales à culture intensive. »

Quels que soient les mérites de la culture intensive, elle présente ce grave inconvénient de n'agir qu'après un certain temps, et simplement sur les lieux de déversement, laissant pendant toute la durée des travaux, ouvriers et riverains exposés aux émanations mallariques.

L'aseptisation chimique peut heureusement être obtenue facilement et à peu de frais, dès le début des travaux, il suffit de traiter les terres à enlever par une solution de sulfate de fer, puis secondairement par un lait de chaux. En utilisant 500 grammes de sulfate de fer et 1 kilogramme de chaux vive par mètre cube de vase à extraire, on obtient une aseptisation suffisante (Rabot).

La vase ainsi traitée ne donne plus aucune odeur, et les recherches de Grancher et Thoinot sont décisives au point de vue bactériologique : quatre cobayes inoculés avec les boues non désinfectées prises dans le canal de Versailles, succombèrent à la septicémie de Pasteur, quatre autres cobayes inoculés avec les boues traitées ne présentèrent aucun symptôme. Le sulfate de fer

revient à 9 francs les 100 kilogrammes et la chaux vive à 7 francs le mètre cube. La dépense n'est donc pas très considérable.

Ajoutons à ces moyens le dragage sous l'eau par des dragues suceuses, quand cet emploi est possible, et l'administration quotidienne aux ouvriers de 10 centigrammes de sulfate de quinine. Les résultats obtenus à Saint-Mandé à Versailles, sont des plus concluants (Deverneresse).

RÉSUMÉ DU CHAPITRE PREMIER

La nature d'un terrain est moins importante au point de vue de l'hygiène que sa structure. La porosité et la perméabilité par rapport à l'air et à l'eau sont les deux facteurs les plus intéressants.

Rapports du terrain avec l'eau. — La teneur en eau d'un terrain est fonction de cinq facteurs : 1° les précipitations aqueuses; 2° l'évaporation, ces deux facteurs étant liés essentiellement aux conditions atmosphériques ; 3° la capacité hygrométrique dépendant de la structure du terrain, et essentiellement de sa plus ou moins grande porosité; 4° la circulation capillaire qui se confond en partie avec 5° la perméabilité.

La nappe d'eau souterraine, à laquelle l'école de Munich a fait jouer un rôle si important dans l'étologie des maladies épidémiques est constituée par la couche aqueuse formée au-dessus de la première zone de terrain imperméable. Son influence ne peut s'exercer que si le terrain imperméable n'est pas à une trop grande profondeur. C'est dans la nappe d'eau souterraine que viennent aboutir les puits ordinaires, on peut l'utiliser également par un drainage convenable pour l'alimentation en eau. Mais elle est toujours, sauf contrôle, suspecte de contamination.

La nappe d'eau souterraine est sujette à des oscillations dépendant : 1° des conditions atmosphériques ; 2° des mouvements de niveau des cours d'eau qu'elle alimente. Même quand l'analyse chimique (le degré hydrotimétrique) indique une indépendance immédiate entre les eaux de la nappe et celle du cours d'eau, on constate dans les vallées à faible déclivité un rapport entre les hausses et les baisses du fleuve et les oscillations de la nappe. Pettenkofer a voulu établir une relation entre la marche des épidémies et les oscillations de la nappe souterraine « la fièvre typhoïde et le choléra montent, quand la nappe souterraine descend ». Mais il faut qu'il y ait au préalable une élévation de cette eau. Cette théorie fort attaquée aujourd'hui par les partisans de la contagion par l'eau de boisson. ne peut en tout cas être appliquée qu'à des localités déterminées.

Air tellurique. — Le sol au-dessus de la nappe d'eau souterraine renferme toujours une certaine quantité d'air, plus ou moins riche en acide carbonique (8 à 12 p. 100) et par suite plus pauvre en oxygène que l'air atmosphérique. Ce corps, ainsi que les autres gaz trouvés : ammoniaque, hydrogène sulfuré, hydrogène carburé est le résultat des réactions chimiques qui se produisent dans le sol imprégné de matières organiques.

La *thermalité du sol* est due à des causes multiples : la chaleur centrale de la terre, les processus chimiques dans le sol et la chaleur solaire. Pour un terrain donné, les variations thermiques dépendent uniquement de la chaleur solaire, mais ces oscillations sont toujours très lentes et à une certaine profondeur, elles deviennent nulles. C'est ainsi qu'à Paris, les caves de l'Observatoire placées à 29 mètres de profondeur sont constamment à 11°7. La température du sol à 6 mètres indique généralement la moyenne thermique annuelle de l'endroit.

Dans les grandes profondeurs il faut tenir compte de la chaleur centrale. La chaleur s'élève de 1° par 30 mètres.

Matières organiques du sol. — Les terrains superficiels renferment toujours des matières organiques, variables suivant l'endroit, provenant soit des plantes qui y croissent et y meurent, soit des déjections animales, de cadavres. etc.. qui sont laissés à la surface ou enfouies. Mais ces substances y sont continuellement décomposées et ne peuvent arriver à une certaine profondeur sans être réduites en nitrite, en acide carbonique, etc.

Le mécanisme nitrificateur est dû à des nitro-bactéries, qui transforment l'ammoniaque en acide nitreux (ferment nitreux) et ce dernier en acide nitrique (ferment nitrique). Toutefois ces oxydations ne peuvent se faire que dans un milieu approprié, aéré, ces deux ferments étant aérobies. Ajoutons qu'une autre théorie admet ces transformations successives par les actions physico-chimiques : théorie physico-chimique de la nitrification, opposée à la théorie biologique.

Microorganisme du sol. — A côté des microorganismes utiles : nitrobactéries, agents fixateurs de l'azote sur les plantes, il existe dans le sol des bactéries, les unes au rôle mal défini, sans doute inoffensives, les autres pathogènes : vibrion septique, bactéridie charbonneuse, bacille du tétanos. Les microorganismes du choléra, de la fièvre typhoïde, de la tuberculose paraissent pouvoir résister quelque temps dans le sol.

Le paludisme se rattache à la nature du sol, il est endémique dans certaines contrées marécageuses. Les hématozoaires de Laveran n'ont pu encore être cultivées dans les milieux de culture : leur biologie est encore mal connue.

Les travaux d'assainissement : dessèchement, drainage, colmatage, végétation intensive suffisent pour diminuer l'intensité du paludisme et même le faire disparaitre par suite de l'impossibilité pour les larves de moustiques de se multiplier.

Les travaux en terrain suspect, vaseux, marécageux, exigent des dispositions hygiéniques spéciales : travail pendant la saison tempérée, sulfate de quinine à dose quotidienne, dragage sous l'eau si possible, désinfection au sulfate de fer.

CHAPITRE II

DE L'EAU

Il n'est pas en hygiène de question plus importante que celle de l'eau. Outre son rôle comme aliment, l'eau en effet est encore indispensable pour assurer la propreté individuelle ou collective des individus comme des agglomérations. Et nous pouvons ajouter que ses utilisations si nombreuses dans l'agriculture et dans l'industrie intéressent encore l'hygiéniste. Enfin l'eau exerce sur le climat, sur les variations atmosphériques une importance extrême que nous étudierons plus loin.

On divise souvent les eaux en *superficielles* ou *terrestres*, *souterraines* ou *telluriques*, *météoriques* ou *atmosphériques*. Nous avons déjà parlé des eaux telluriques à propos du sol et nous y reviendrons en traitant des provenances de l'eau. L'influence des eaux météoriques sera signalée à propos de l'atmosphère, dont elles sont un puissant modificateur. Quant aux eaux superficielles, il nous suffira de dire quelques mots particuliers de la mer, et nous pourrons aborder immédiatement la question de l'eau potable.

§ 1. — La mer

L'eau de mer par suite de sa salure ne saurait être utilisée directement comme boisson, mais elle peut être soumise à la distillation et sur les navires à vapeur on a supprimé en partie la provision d'eau douce pour utiliser les eaux de condensation des chaudières. Certaines villes de la côte du Pérou, qui sont complètement privées d'eau douce par suite de l'absence de source et même de pluie s'alimentent ainsi.