

plus spécialement à chaque espèce microbienne, on obtiendrait d'emblée des cultures en faisant passer un courant d'air sur une série de milieux. Il faudrait rechercher ces milieux spéciaux. Quelques exemples sont encourageants. G. Roux, voulant isoler le *Champignon du muguet* dans l'air des hôpitaux, réussit à obtenir des cultures pures en faisant passer de grandes quantités d'air soit dans la solution acide de touraillon, soit sur de la carotte, du citron¹. CHATIN² a isolé directement le *Streptocoque pyogène* en faisant barboter de l'air dans une décoction acide de touraillon à 5 p. 100, milieu proposé par G. Roux, en 1889.

A la campagne, malgré la présence sur le sol de microbes pathogènes très dangereux (*B. tétanique*, *V. Septique*, etc.), on n'obtient, même avec 100 mètres cubes d'air, que des poussières non pathogènes. Les poussières des villes sont plus dangereuses.

¹ VELLAT, Thèse Lyon 1892.

² CHATIN. *Recherches des Streptocoques dans l'air atmosphérique*. Th. Lyon 1893. On y trouve toute la bibliographie de la recherche des microbes de l'air.

CHAPITRE XVI

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DE LA TERRE

L'analyse bactériologique de la terre n'a pas une grande importance pratique, au moins pour le pathologiste; aussi serons-nous bref à son sujet.

§ I. — GÉNÉRALITÉS

L'intérêt de la question réside dans la connaissance de la distribution des microbes dans le sol et de leur rôle au point de vue agricole.

1° Nombre et distribution des microbes du sol. — La surface du sol est souillée d'un nombre considérable de microbes provenant des poussières, des matières fécales, des organismes en décomposition, etc. Ces microbes se développent, en outre, sur place trouvant là un excellent terrain de culture. Leur abondance est donc toute naturelle surtout dans l'*humus*. Citons quelques chiffres se rapportant à la couche superficielle.

Colline sablonneuse, aride, près de Turin (MAGGIORA)	1 600
Sol voisin d'un égout à Paris (DUCLAUX)	64 000
<i>Humus</i> à Postdam (C. FRÉCKEL).	100 000
Jardin de l'Institut agronomique de Leipzig, argile (ADAMETZ)	500 000
Terre irriguée à l'eau d'égout (MIQUEL).	870 000
Boue des rues de Turin (MAGGIORA)	78 000 000

Le nombre des bactéries diminue très rapidement à mesure qu'on s'enfonce dans le sol, ainsi que Koch l'avait soutenu dès 1881 ; à une certaine profondeur, les microbes font totalement défaut. Nous savons déjà (p. 375) que la nappe d'eau souterraine est privée de germes. Il va sans dire que les microbes aérobies disparaissent les premiers tandis que les anaérobies peuvent se rencontrer à d'assez grandes profondeurs. L'épaisseur du sol nécessaire à la filtration parfaite est naturellement très variable suivant la nature du terrain, les fissures, etc. C. FRÄNKEL¹, dans ses magistrales recherches sur les microbes du sol, a remarqué que cette diminution ne se faisait pas progressivement, mais brusquement vers 1^m,50 environ ; à 3 ou 4 mètres de profondeur les aérobies ont disparu. C. FRÄNKEL a vu que le *B. anthracis* ne se développe plus à 3 mètres de profondeur, tandis que le *Vibrion cholérique* vit à cette profondeur. GRANCHER et DESCHAMPS ont constaté que le *B. d'Eberth* ne dépasse pas 40 à 50 centimètres. Voici une expérience de REIMERS (1889) :

Terre de la surface d'un champ . . .	2 564 800	par cent. cube.
— à 2 mètres de profondeur (argile)	23 100	—
— à 3 mètres et demi (gravier) . . .	6 170	—
— à 4 mètres et demi (sable)	1 580	—
— à 6 mètres (grès)	0	—

2° Espèces microbiennes trouvées dans la terre. — PASTEUR, le premier, a isolé du sol des espèces définies : le *Vibrion septique* et le *B. anthracis*. NICOLAÏER y a trouvé le *Bacille du tétanos*. MACÉ et bien d'autres ont rencontré le *Colibacille* et le *B. d'Eberth*. YERSIN a isolé du sol le *Bacille de la peste*. Nous dirons un mot dans un instant des microbes de la fermentation et nitrificateurs. Le *Vibrion butyrique* (MAYENNE), le *Bacillus microïdes*, un grand nombre de moisissures ont été isolés. D'ailleurs on peut trouver dans le sol tous les microbes de l'air ou de l'eau.

¹ C. FRÄNKEL, *Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten*, Zeitsch. für Hygiene, 1887.

3° Rôle des microbes du sol. — Les microbes pathogènes du sol sont les propagateurs d'un grand nombre de maladies infectieuses. Il suffit de rappeler l'existence des *champs maudits* de la Beauce où le *charbon* faisait, avant la vaccination, de si grands ravages dans les troupeaux qui y paissaient, grâce aux vers de terre qui apportaient à la surface les bacilles des cadavres charbonneux enfouis (PASTEUR). On sait que presque tous les cas de *tétanos* humain compliquent des plaies souillées de terre. L'impaludisme, la dysenterie, la fièvre jaune déciment les armées qui sont obligées de faire des tranchées, des mouvements de terrain (expédition de Madagascar). Le dessèchement des marais fait disparaître la malaria d'un pays¹. Pour PETTENKOFER les oscillations de la nappe souterraine ont une grande influence sur les épidémies : spécialement de choléra. La récente épidémie espagnole suivit des mouvements de terrain, etc., etc.

A côté du rôle pathogène des microbes du sol, nous devons signaler en quelques mots leur rôle botanique. Certains microbes saprophytes du sol offrent le plus haut intérêt, ce sont les *agents nitrificateurs*.

Le sol métamorphose les substances organiques : l'eau qui a filtré à travers leur couche de terre, a perdu la majeure partie de son azote organique, de son ammoniacque pour se charger de nitrites et de nitrates. Ces nitrates fournissent l'azote à la plupart des végétaux qui l'assimilent ainsi. Dès 1887, SCHLOESING et MÜNTZ, s'appuyant surtout sur le fait que cette transformation ne se produit pas si la terre du filtre a été stérilisée, supposèrent l'existence d'un *ferment nitrificateur* vivant, oxydant l'ammoniacque dans le sol. WINOGRADSKY² a isolé et cultivé ces ferments. Le processus est double. Un petit coccus transforme d'abord l'ammoniacque en acide nitreux. Celui-ci est, à son tour, transformé en acide nitrique par une petite bactérie. On voit

¹ On sait actuellement que le *paludisme* et la *fièvre jaune* se propagent par les moustiques et que le sol ne joue qu'un rôle indirect dans leur épidémiologie.

² WINOGRADSKY, *Recherches sur les organismes de la nitrification*, Ann. Pasteur, 1890, etc.

le rôle immense joué par les microbes nitrificateurs dans la préparation du sol à la végétation des plantes. C'est déjà un microbe du sol, le *Microoccus ureæ* de PASTEUR, qui avait, au préalable, transformé l'urée en carbonate d'ammoniaque. DuCLAUX estime, en outre, que les microbes de la terre sont précieux à la germination des graines par les diastases qu'ils fabriquent.

Quelques plantes (petits pois, luzerne), au lieu d'emprunter l'azote aux nitrates, le prennent directement à l'atmosphère, mais grâce à des nodosités des racines (HELLRIEGEL et WILFARTH) dues à certains microbes (LAURENT et SCHLOESING fils, WINOGRADSKY).

Certains microbes peuvent nuire au contraire à l'agriculture. Le fumier laissé à l'air s'échauffe à + 80°, et se couvre de vapeurs d'eau et d'ammoniaque que le vent emporte. Cet échauffement est dû au *Bacillus subtilis*. On augmenterait beaucoup la richesse des fumiers en azote en les stérilisant, par exemple en les arrosant avec un acide minéral.

La houille est le résultat de la transformation de forêts entières à l'aide de microbes.

§ 2. — ANALYSE QUANTITATIVE

Elle se fera d'après tous les procédés que nous avons étudiés à propos de l'analyse de l'eau ou de l'air. Une masse donnée de terre sera distribuée dans du bouillon (fragmenté ensuite en petits ballons) ou dans de la gélatine liquide (étalée ensuite); on comptera les colonies qu'on reportera au volume de terre employé. Il va sans dire qu'il faudra opérer une dilution considérable et bien mélanger le tout pour pouvoir compter les germes de la couche superficielle du sol. La terre sera recueillie avec un instrument aseptique et débarrassée des pierres et autres corps étrangers. Pour avoir des échantillons de terre à différentes profondeurs, on fera creuser des tranchées ou on fera des forages. C. FRÄNKEL recommande une sorte de sonde creusée à emporte-pièces. Cette sonde, en acier, porte à sa partie terminale un pas de vis qui aide à l'enfoncer; elle est fixée à un long manche. Au moment voulu on peut faire ouvrir une

ouverture latérale de la sonde dans laquelle une ailette latérale amène un peu de terre. Le mouvement inverse referme la cavité et l'appareil est retiré. La sonde a été stérilisée au préalable.

Il faut avoir soin de mettre la terre puisée immédiatement en culture, ou de la conserver à 0°, absolument comme l'eau.

§ 3. — ANALYSE QUALITATIVE

Outre les procédés habituels de diagnose de toutes les espèces isolées du sol, et sur lesquels nous n'avons pas à revenir puisqu'ils n'ont rien de particulier, signalons le moyen de mettre en relief certaines espèces spéciales. PASTEUR a isolé le *V. septique* et le *B. anthracis*, et NICOLAÏER le *B. tétanique* du sol, par l'inoculation au cobaye. PASTEUR l'évigeait la terre pour enlever les particules grossières; l'eau de lavage était décantée et laissée au repos. Le dépôt était chauffé quelques minutes à + 90°, pour tuer les espèces non sporifères, et inoculé sous la peau de cobayes qui mouraient de charbon ou de gangrène gazeuse. C'est également par l'inoculation au cobaye qu'on isole le *Bacille de Nicolaïer*; certains *humus* sont à tout coup tétanigènes.

WINOGRADSKY a suivi une technique tout à fait spéciale pour isoler ses ferments nitrificateurs. Ceux-ci ne poussent pas sur gélatine, mais croissent abondamment et exercent leur action nitrifiante dans des milieux absolument privés de matières organiques où les autres microbes végètent difficilement. L'isolement s'obtient donc au moyen de liquides dépourvus de substances organiques tels que le suivant :

Sulfate d'ammoniaque	0,4
Sulfate de magnésie	0,05
Sulfate de potasse	0,1
Chlorure de calcium	traces.
Carbonate de sodium	0,6 à 0,9
Eau distillée	100,0

On se reportera au travail de WINOGRADSKY (*loc. cit.*, p. 437) pour les détails de fabrication de ce liquide qui se gélatinise en cinq ou six minutes, et s'emploie comme la gélatine ordinaire.