

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ BOTANIQUE
DE LYON

Paraissant tous les trois mois

TOME XXXIII (1908)

NOTES ET MÉMOIRES

COMPTES RENDUS DES SÉANCES

1908



SIEGE DE LA SOCIÉTÉ

1, PLACE D'ALBON, 1

GEORG, Libraire, passage de l'Hôtel-Dieu, 36-38.

1908

LES PHYTOPATHIES ÉDAPHIQUES

OU

MALADIES DES PLANTES

attribuables aux substances minérales du Sol

(avec un Appendice bibliographique)

PAR

Cl. ROUX

Docteur ès-Sciences,

Membre de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts,

Président de la Société Linnéenne et Ancien Président de la Société Botanique de Lyon,

Membre ou Lauréat de plusieurs Sociétés savantes de la France et de l'Étranger

Introduction.

Dans le tome I de l'ouvrage posthume du savant et regretté D^r Georges DELACROIX, *Maladies des Plantes cultivées*, on trouve (p. 184) émise cette opinion : Les faits relatifs à l'action du sol sur les plantes n'intéressent guère la pathologie végétale; bien que plusieurs auteurs aient attribué à l'influence du sol un certain nombre de maladies des plantes, cette influence peut être regardée comme assez peu considérable pour que ce chapitre ait été définitivement supprimé de l'ouvrage. C'est tout au plus si, dans le cours d'autres chapitres, l'auteur a consacré une demi-page à l'action du sel marin, quatre pages à l'action du calcaire, tandis que onze pages sont employées à décrire longuement l'action nocive de l'acide sulfureux répandu par quelques cheminées d'usines !

D'autre part, dans un travail ne concernant qu'accessoirement l'action nocive des substances minérales sur les végétaux, LE PLAY (1) émet une opinion toute différente : « A côté des phénomènes d'assimilation et de désassimilation, produits chez les végétaux par les substances minérales en solution, et favorisant leur développement, il faut également tenir compte des faits de pathologie végétale liés soit aux actions de neutralisation ou de précipitation produites par certains sels, soit à l'action nocive consécutive à leur propre solubilité. » (p. 51).

Nous sommes entièrement de l'avis de ce dernier auteur. En effet, l'absorption, par les plantes, de certaines substances minérales provoque, à certaines doses, sous certaines formes et pour certaines espèces, des phénomènes d'intoxication ou tout au moins de dystrophie (nutrition troublée) ; le simple contact des plantes avec quelques acides ou sels spéciaux détermine des corrosions et des lésions superficielles.

Or, puisque les phénomènes analogues, et bien connus, qu'on observe chez l'homme et chez les animaux, sont considérés par l'unanimité des médecins et des vétérinaires comme des faits relevant de la pathologie interne ou externe, pourquoi n'en serait-il pas de même en ce qui concerne les végétaux ?

C'est précisément dans le but d'attirer l'attention des physiologistes et des chimistes sur cette question importante de biologie appliquée, que nous avons eu l'idée de publier ce modeste travail, dans lequel nous essaierons de classer et de résumer les diverses phytopathies édaphiques, c'est-à-dire les maladies et dystrophies végétales imputables à l'absorption ou même à la simple présence de certaines substances minérales dans le sol. Mais auparavant nous croyons utile de rappeler brièvement les notions physiologiques relatives à l'action des sels minéraux sur l'organisme végétal.

(1) Les indications bibliographiques relatives aux noms d'auteurs cités, sont groupées en appendice à la fin de ce travail. Les numéros accompagnant parfois dans le texte les noms d'auteurs, renvoient précisément aux numéros correspondants de cet appendice.

I.

Absorption des sels minéraux par les plantes.

Parmi les substances minérales contenues dans le sol, les unes sont utiles, d'autres sont nuisibles, d'autres enfin paraissent indifférentes.

Les matières véritablement utiles se ramènent à une douzaine de corps simples, existant, dans le sol, sauf l'oxygène, à l'état de composés variés (eau, anhydride carbonique, ammoniaque, certains carbonates, azotates, phosphates, sulfates, silicates, chlorures, etc.). Il convient d'y ajouter quelques matières organiques (humus, avec humates, sels organiques divers, etc.).

Les substances du sol n'agissent favorablement sur le développement de la plante qu'à condition d'être solubles, ou susceptibles de le devenir après attaque ou digestion préalable au moyen des sucs (acides, et probablement aussi ferments ?) émis par la région pilifère ou absorbante des racines. Les plantes puisent donc les éléments de leur nutrition dans les solutions aqueuses, diversement concentrées et composées, qui circulent au sein de la terre. Dans un récent et très original mémoire (1) sur cette question, le D^r G. GOLA (93) précise ainsi ses idées : « C'est la concentration des solutions circulant dans le sol et les limites entre lesquelles elle peut varier qui détermine en grande partie les rapports entre les plantes et le sol. » (p. 470). Mais, énoncée ainsi, et malgré le restrictif « en grande partie », cette proposition ne présente-t-elle pas un caractère peut-être trop absolu ?

L'absorption des matières minérales par les racines, dit en effet DETMER (71, p. 180) « ne dépend pas seulement du degré de concentration de la solution, de la nature des substances nutritives en présence, de leur emploi par l'organisme, etc., mais encore de la nature de la plante, des conditions extérieures du milieu, et encore d'autres circonstances. »

(1) Nous espérons publier prochainement, avec l'autorisation que nous ont déjà donnée l'auteur et M. le Prof. PIROTTA, une traduction de ce très important travail ; si la publication *in extenso* n'était pas possible, nous en donnerons tout au moins les chapitres principaux.

L'état d'ionisation et de dissociation moléculaire des sels, leur coefficient isotonique, la température et la pression ambiantes, etc., exercent aussi une influence sur la constitution et l'absorption des liquides du sol, indépendamment de l'intégrité de l'appareil absorbant et des fonctions foliaires (transpiration et chlorovaporisation). De plus, il n'y a pas toujours un rapport simple entre la composition chimique du sol et celle des cendres de la plante, soit parce que les racines possèdent spécifiquement un pouvoir électif pour certaines substances utiles (1), soit parce qu'elles absorbent au contraire malgré elles d'autres substances inutiles ou nuisibles.

Un fait indéniable et connu depuis longtemps, est l'existence d'espèces halophiles ou halicoles, calciphiles ou calcicoles, nitrophiles, humicoles, etc.

De nombreux auteurs ont étudié le pouvoir électif des racines et les appétences spéciales des plantes : nous citerons, parmi ces auteurs, DE SAUSSURE, PELLET, DEHÉRAIN, CONTEJEAN, PELIGOT, BERTHELOT et ANDRÉ, VESQUE, SAINT-LAGER, MAGNIN, etc.

Mais le pouvoir électif des racines ne se borne pas à leur permettre de trier, en quelque sorte, ce qui leur convient dans le sol ; par leurs excréctions et sécrétions acides particulières, les racines peuvent attaquer, solubiliser, digérer certaines substances, en sorte que les sels minéraux sont absorbés non seulement à l'état de simples dissolutions aqueuses (nitrates, bicarbonates, etc.) préexistantes, mais aussi à l'état de combinaisons extemporanées avec les acides excrétés par les racines (phosphate de calcium, etc.). Ce sont bien, en effet, les sucs

(1) Exemple frappant cité par CHODAT (*Principes de Botanique*, p. 22) : cultivés ensemble dans la même eau, les quatre végétaux ci-après absorbent les quantités de substances indiquées, avec, pour chacun d'eux, choix manifeste d'une de ces substances :

	<i>Stratiotes aloides</i>	<i>Nymphaea alba</i>	<i>Chara sp.</i>	<i>Phragmites communis</i>
K ² O ..	30,82	14,4	0,2	8,6
Na ² O .	2,7	29,66	0,1	0,4
CaO ..	10,7	18,9	54,8	5,9
SiO ² ..	1,8	0,5	0,3	71,5

Le Dr SAINT-LAGER, dans un de ses mémoires (191) a donné un tableau et des exemples analogues.

acides des racines qui opèrent directement la solubilisation et l'absorption de certains éléments insolubles du sol.

Les racines des plantules germées dans l'atmosphère et mises au contact d'un papier bleu de tournesol, y tracent en rouge l'empreinte de leur région pilifère. Facile à répéter et à varier est l'expérience (1) des sillons tracés par les racines sur des plaques polies de marbre, de dolomie, d'apatite, etc.

SACHS, CAUVET, MOLISCH, GRANDEAU, BARTHÉLEMY, PATUREL, DYER, DETMER, etc., ont prouvé que des racines élaborent des acides (acides carbonique, chlorhydrique (2), citrique, malique, etc.) et même des sels acides de potassium (oxalate acide chez la Jacinthe d'Orient; phosphate acide), de calcium (formiate et autres, notamment chez le Lupin), de magnésium, etc., ces derniers plus rares, d'ailleurs, que les sels de potassium.

Donc, « les racines ne sont pas seulement en état de pourvoir les plantes d'aliments en absorbant des solutions nutritives toutes préparées, mais elles peuvent encore soustraire aux éléments compacts du sol des substances absorbées (3) ou combinées. » (DETMER, 71, p. 182).

Ainsi, conclut BELZUNG à ce propos, la kaolinisation des roches feldspathiques et la solubilisation des sels calcaires insolubles dans l'eau peuvent être réalisées aussi bien par les excréctions (4) des racines que par l'anhydride carbonique des eaux terrestres.

Une fois absorbés, les sels minéraux montent, avec la sève brute, dans le corps ligneux qui les conduit aux régions

(1) Dite expérience de SACHS, du nom du célèbre botaniste allemand qui, le premier, la rendit classique.

(2) DETMER, 71, p. 183 et 184.

(3) « Un fait très important, c'est que le sol est en état de retenir très énergiquement (d'absorber) une série de corps qui viennent en contact avec lui. Le potassium, l'ammoniaque et l'acide phosphorique sont les substances les plus énergiquement absorbées, ce qui les empêche de s'enfoncer profondément » (DETMER, *loc. cit.*, p. 186).

(4) De nombreux auteurs ont admis que non seulement les racines sécrètent des acides, etc., mais qu'elles excrètent des substances variées, résiduelles ou autres, et que l'accumulation de ces excréctions radiculaires dans le sol peut avoir des effets nocifs sur les plantes. C'est ce que l'on a appelé l'empoisonnement du sol par les racines. MACAIRE-PRINCEPS et DE CANDOLLE fondaient même la théorie des assolements sur l'excrétion végétale.

d'élaboration (feuilles) où ils sont employés à la formation des matières organiques ; ceux qui ne sont pas susceptibles d'être employés en combinaison, ou qui ne sont pas employés de suite, peuvent se déposer en nature, soit dans la membrane, soit dans le suc cellulaire, ou bien rester en dissolution dans le suc cellulaire ; quelques sels, normalement insolubles, sont maintenus néanmoins en dissolution à la faveur des acides organiques libres (exemple, le bicarbonate de chaux des feuilles de *Mesembryanthemum*) ; dans les tissus jeunes (méristèmes), dans les laticifères et dans la sève élaborée des faisceaux libériens, les sels minéraux sont en majeure partie combinés à des acides organiques.

En résumé, on voit que la question de l'absorption des sels minéraux par les plantes est complexe : les lois de la dialyse, de la solubilité dans l'eau, de la dissociation et de l'ionisation ne suffisent pas à nous en expliquer complètement le processus.

C'est ainsi, en particulier, que le carbonate de calcium (calcaire) n'est dissous dans l'eau, en solution saturée à 15° qu'à la dose maximum de 1 gramme par litre ; dans un sol contenant 90 % de CO^3Ca (craie, par exemple) l'eau ne dissoudra donc pas plus de calcaire que dans un autre sol qui n'en contiendra que quelques centièmes ; or, et cela va nous conduire à l'examen de l'action nocive des substances minérales, il y a des plantes calcifuges, qui sont très sensibles à 2 % de CO^3Ca dans le sol ! De même, on constate, sans pouvoir l'expliquer, que certains individus, ou races spéciales, d'une espèce considérée, s'adaptent fort bien à des substances qui sont nuisibles à d'autres individus ou races de la même espèce ! Y aurait-il donc chez les plantes des idiosyncrasies ?

II.

Influence nocive de certaines substances du sol sur les plantes.

Ainsi que le fait remarquer LE RENARD, ce n'est guère qu'au cours du XVIII^e siècle qu'on commença à s'apercevoir de l'influence nocive de certaines substances du sol sur les plantes ; les premières recherches sérieuses sur ce sujet furent effectuées par DE SAUSSURE et publiées en 1804. Mais, depuis, un nombre

immense de travaux sur la même question ont vu le jour ; il faudrait un volume pour les énumérer !

Un même sel peut être nuisible à telle espèce végétale, et favorable à telle autre espèce.

Certains sels minéraux, normalement utiles ou indifférents à telles doses, sous tel état, et pour telle plante, peuvent, à d'autres doses, sous d'autres formes, devenir nocifs pour la même plante. Ce fait, bien connu en ce qui concerne l'homme et les animaux, est facilement constatable aussi chez les végétaux.

On sait, en effet, que l'arsenic, le sublimé corrosif, l'éther, la morphine, la strychnine même, sont utiles à telles doses très faibles ou infinitésimales, tandis qu'ils deviennent nuisibles et mortels dès qu'on dépasse une certaine limite.

De même, dans les plantes, de petites quantités déterminées d'iode, de lithium, de cuivre, etc., agissent comme excitants, alors que la présence de ces mêmes corps, à dose plus élevée, entrave au contraire le développement du végétal (MAZÉ, PORCHET, etc.)

RICHARDS, expérimentant l'action du fer, du nickel, du cobalt, sur les champignons, a montré qu'il y a une dose optimum, avec développement maximum du champignon, tandis qu'à des doses plus faibles ou plus fortes le champignon croît moins bien ou s'intoxique.

Des traces infinitésimales de certains sels métalliques (de plomb, d'argent, de mercure, etc.), sont toxiques pour les plantes, même à un état de dilution extraordinaire (un dix-millionième, par exemple!), d'après les recherches de DEVAUX, DEHÉRAIN et DEMOUSSY, RAULIN, MILLARDET, NÉGELI et CRAMES, etc. « Il est intéressant de remarquer que, pour de telles dilutions, la dissociation des sels en leurs ions doit être complète ou presque complète. » (DEVAUX).

Tous les acides libres, les corps réducteurs (KNOP), les bromures, chlorures et iodures alcalins (COUPIN), et un très grand nombre de sels métalliques dont nous donnerons la liste plus loin, sont plus ou moins nocifs et même toxiques pour les plantes ; enfin des substances très répandues, comme le sel marin et surtout le calcaire, sont nuisibles à une bonne partie des végétaux qui, pour ce motif, sont dits halofuges et calci-fuges. Or, il est évident que cette influence nocive ne se traduit

pas seulement par la rareté ou l'absence des plantes en question sur les terrains renfermant les sels nocifs, mais que ces sels, en excès ou non dans le sol, absorbés en excès ou en quantité minime selon les cas, peuvent amener, dans les organes et fonctions végétatifs, des troubles, des maladies et des lésions.

La question de l'accoutumance ou de l'adaptation progressive de certaines plantes à des sels qui leur étaient primitivement toxiques ne doit pas être oubliée non plus.

C'est probablement par l'accoutumance ou l'adaptation que les plantes halicoles, calcaricoles, humicoles, calaminicoles, etc., sont parvenues à supporter des doses énormes de chlorure de sodium, de calcaire, d'acides et sels humiques, de sels de zinc, etc. Certaines plantes ubiquistes ou omnicoles sont accoutumées à toutes sortes de substrata (sauf, bien entendu, aux sols stériles!), de même que les plantes cosmopolites, répandues depuis les régions polaires jusqu'à l'équateur, se sont accoutumées à tous les climats; certains champignons peuvent vivre dans des solutions cupriques, mercuriques, etc. ou tout autre organisme serait immédiatement tué!

Depuis quelques années on attribue à l'ionisation une grande influence sur l'action nocive des sels minéraux: « L'influence de l'ionisation sur la toxicité des sels, disent GASSER et MAIRE, a été mise en lumière depuis quelques années par KAHLENBERG et TRUE, HEALD, PAUL et KRONIG, LOEB, STEVENS, CLARKE, et surtout par MAILLARD... L'ionisation est l'état particulier que prend un corps en dissolution. Soit une solution de chlorure de sodium (Na Cl): le chlorure sera partiellement à l'état de Na Cl et partiellement à l'état de Na^+ Cl^- errant séparément en ions (iôn). Si l'on fait passer un courant électrique dans la solution, Na^+ se rend à la cathode: c'est le *cation*, et Cl^- va à l'anode: c'est l'*anion*. Les corps non ionisés sont dits masqués, par exemple le chlore dans le chloroforme n'est pas directement décelable, parce qu'il n'est pas ionisé. L'ionisation d'une solution augmente avec sa dilution. La théorie de l'ionisation est due à SVANTES ARRHENIUS. »

Tout cela est très intéressant, mais aussi très complexe! On constate bien les faits, mais, de la constatation à l'explication

d'un fait, il y a loin ! La plupart des biologistes (1) déplorent l'insuffisance des données actuelles de la physique et de la chimie pour la compréhension des réactions normales ou pathologiques dont les êtres vivants sont le siège : « La chimie biologique est encore pleine de mystères. » (GILLOT et CHATEAU).

Quoi qu'il en soit de ces réserves, nous allons définir brièvement la nocivité (2) des principaux sels qui se trouvent soit fréquemment, soit exceptionnellement, dans le sol. Nous les étudierons dans l'ordre de leurs bases métalliques :

Sels des métaux alcalins (K, Na, Li, Am).

Sels des métaux alcalino-terreux (Ca, Sr, Ba).

Sels des métaux terreux (Al, aluns).

Sels des métaux du groupe du magnésium (Mg, Zn, Cd).

Sels des métaux du groupe du fer (Cr, Mn, Fe, Ni, Co).

Sels des métaux du groupe du cuivre (Pb, Cu, Hg).

Sels des métaux précieux (Ag, Au, Pt).

III.

Action nocive des sels des métaux alcalins.

(K, Na, Li, Am).

1° *Action nocive des sels de potassium.* — Parmi les sels de potassium contenus dans le sol, la plupart (carbonates, phosphates, sulfate, chlorure, nitrate) sont utiles aux plantes, à moins que leur présence soit exclusive ou excessive ; d'autres sont toxiques (oxalate acide, chlorate, cyanure, iode, fluorure, etc.) (3).

(1) Cf. notamment Cl. ROUX (*Traité des Rapports des Plantes avec le Sol, passim*, et entre autres p. 186, 440), A. MAGNIN (*L'Edaphisme*, p. 13), GILLOT et CHATEAU (*L'appétence*, p. 236).

(2) Nous disons *nocivité* plutôt que *toxicité*, parce que des sels peuvent avoir une influence simplement nuisible ou nocive, sans pour cela se comporter comme de vrais poisons, c'est-à-dire sans amener des phénomènes d'intoxication véritable.

(3) Dans ses intéressantes études sur la toxicité comparée des composés métalliques, COUPIN a créé un terme conventionnel de comparaison, l'*équi-*

BOUCHARDAT, COUPIN, etc., ont étudié la toxicité des sels de potassium. BERTHELOT admet que les sels organiques insolubles de potassium constitués par les acides humiques et composés analogues, peuvent jouer un rôle dans la décomposition des sels calcaires des acides forts au sein du sol et des végétaux.

D'après COUPIN, l'oxalate acide de potassium est éminemment toxique; les chlorate, bichromate, iodure, cyanure, chromate, fluorure de potassium sont très fortement toxiques: les bromure et perchlorate de potassium sont fortement toxiques; les oxalate neutre, ferrocyanure et ferricyanure de potassium sont encore très toxiques; le sulfocyanure est moyennement toxique; les permanganate, carbonate et chlorure de potassium sont faiblement toxiques; enfin les sulfate, azotate et phosphate de potassium ne sont que très faiblement toxiques, le dernier sel ne l'est même pas du tout.

2° *Action nocive des sels de sodium.* — La question de la nocivité des sels de sodium a donné lieu à d'interminables controverses entre les agronomes, les physiologistes et les chimistes.

Depuis fort longtemps, les agriculteurs on remarqué que la soude ne peut remplacer la potasse dans les engrais chimiques ou dans le sol, et que toute culture est impossible dans tout terrain renfermant plus de 2% de sel marin. En Camargue, le sel du sous-sol nuit à la végétation; on est obligé de le dissoudre par des lavages et des drainages de profondeur.

BOUCHARDAT, en 1843, admettait que le sulfate de soude exerce sur les plantes une faible nocivité, due seulement à son accumulation dans l'organisme végétal.

A. YOUNG, SINCLAIR, H. DAVY, THAER, SCHWETZ, LIEBIG, SOYER-WILLET, LECOQ, GIRARDIN, KUELMANN, etc., ont admis que le sel marin, à faible dose, favorise la végétation. Par

valent toxique. L'équivalent toxique d'une substance est la quantité minimum de cette substance qui, dissoute dans 100 parties d'eau distillée, tue la plante, ou plutôt la plantule, c'est-à-dire empêche la germination. Dans ses 10.000 cultures (de blé notamment) en solutions titrées, COUPIN a établi l'échelle suivante: Equivalent toxique inférieur à 0,01, substance éminemment toxique; de 0,01 à 0,10, très fortement toxique; de 0,10 à 0,25, fortement toxique; de 0,25 à 0,40, très toxique; de 0,40 à 1, moyennement toxique; de 1 à 2, faiblement toxique; supérieur à 2, très faiblement toxique.

contre, MATH. DE DOMBASLE, BRACONNOT (1) DAURIER, HEUZEY, PELIGOT, ISIDORE PIERRE, etc. le tiennent pour inefficace et même nuisible.

Il est certain que la plupart des plantes terrestres ne peuvent pas vivre dans les terrains salés des bords de la mer. LESAGE, entre autres, a étudié les variations de structure des plantes terrestres sous l'influence du sel marin. Il a observé des *chloroses* dues à ce sel, mais toutefois ces chloroses par action du chlorure de sodium sont faibles et n'ont rien de comparable, comme gravité et importance, aux chloroses par action du calcaire (v. plus loin).

Pour GOLA (93), l'action toxique du sel marin sur les plantes non halophiles s'explique d'une façon très analogue à celle du calcaire sur les plantes non calcicoles, c'est-à-dire par un refus ou un défaut d'accoutumance et d'adaptation de ces plantes. Voici, d'après COUPIN, l'échelle de nocivité des sels de sodium : chlorate, bichromate, cyanure, arsénite et iodure de sodium, éminemment ou très fortement toxiques ; chromate, oxalate neutre, fluorure et arséniate de sodium, fortement toxiques ; acétate de sodium, très toxique ; sulfite, bicarbonate, hyposulfite et sulfate de soude, moyennement toxiques ; carbonate, borate, bromure, phosphate, azotate et chlorure de sodium sont faiblement toxiques.

3° *Action nocive des sels de lithium.* — Les sels de lithium sont beaucoup plus rares que les sels de potassium et de sodium ; cependant le lithium existe à l'état de silicate dans plusieurs minéraux ; il existe aussi dans l'eau de mer et dans plusieurs eaux minérales. Les composés du lithium sont connus depuis longtemps comme toxiques pour les plantes.

A très petites doses cependant, le lithium agit sur les plantes comme excitant de la végétation (MAZÉ, *Ann. Inst. Pasteur*, 1901) ; mais, dès qu'une certaine dose est dépassée, il devient franchement nuisible. COUPIN classe ainsi les sels de lithium : iodure, chlorure et sulfate, très fortement toxiques ; bromure, carbonate et azotate, fortement toxiques.

4° *Action nocive des sels d'ammonium.* — La nocivité de quelques sels d'ammonium (carbonate, bicarbonate, sulfate et

(1) Expériences relatées par le Dr BRANCHE dans son ouvrage sur le chlorure de sodium.

nitrate) avait été constatée et expérimentée déjà par Bouchardat en 1843. COUPIN a classé les sels d'ammonium, selon leur toxicité, dans l'ordre ci-après : bichromate, fluorure et chromate, très fortement toxiques ; oxalate neutre, fortement toxique ; carbonate, iodure et sulfocyanure, très toxiques ; phosphate, moyennement toxique ; bromure et chlorure, faiblement toxiques ; sulfate et azotate, très faiblement toxiques.

Quant aux aluns de potasse, de soude et d'ammoniaque, il sont très faiblement toxiques.

IV.

Action nocive des sels des métaux alcalino-terreux.

(Ca, Sr, Ba).

1° *Action nocive des sels de calcium.* — De même que pour les sels de soude, les opinions ont été très divergentes et les discussions très passionnées en ce qui concerne l'action nocive des sels de chaux, et notamment du calcaire, sur la végétation (1). Le calcium, sous forme de certains sels (phosphate, carbonate, sulfate, etc.) est un aliment qui paraît nécessaire à presque toutes les plantes. Ce carbonate de chaux, ou calcaire, est absorbé sous forme de bicarbonate soluble ; il est bien supporté par toutes les plantes lorsque sa proportion dans le sol est très faible (jusqu'à 2 ou 3 %); mais si cette proportion devient plus considérable, le calcaire se montre alors nocif pour certains végétaux dits précisément *calcifuges* ou *calcarifuges*.

La croissance défectueuse et l'état maladif et chlorotique des Châtaigniers, des Pins silvestres et maritimes, de la plupart des vignes américaines, et de beaucoup d'autres plantes calcifuges cultivées en sols calcaires soit en pleins champs, soit dans les jardins botaniques (observations du D^r MAGNIN à Besançon, etc.) ont fait depuis longtemps l'objet d'observations répétées et contrôlées. L'analyse calcimétrique du sol, au moyen

(1) On trouvera cette question résumée, aux points de vue historique et critique, dans notre ouvrage : *Traité des Rapports des plantes avec le sol et de la chlorose végétale*, Montpellier, 1900.

d'un des calcimètres devenus d'un usage facile et courant depuis quelques années, a donné une certitude complète à ces observations. De même que dans les sols siliceux les racines des calcicoles semblent rechercher avidement les parcelles ou les filons de calcaire (GAGNAIRE, in AUDIN, 2), de même les racines des calcifuges se multiplient comme pour chercher les endroits du sol les moins calcaires et parfois s'allongent comme pour essayer de placer leur région pilifère hors de ce milieu nocif (Cl. ROUX, *Traité...* p. 172-173) (1). On sait aussi que la culture de certaines plantes calcifuges, notamment celles des tourbières (*Sphagnum*, *Drosera*, etc.) est impossible dans les eaux très calcaires (observations de VIVIAND-MOREL à Lyon, et nombreuses observations analogues de CHRIST, SENDTNER, KERNER, FORSCHER, ŒHLMANN, Ant. MAGNIN, etc).

Enfin nos expériences personnelles (relatées en détail dans notre *Traité des Rapports des plantes avec le sol*) de culture de diverses espèces calcifuges en sols calcaires dosés et gradués, ont mis en relief les divers degrés de nocivité du carbonate calcique. Ces expériences ont consisté en semis de *Teesdalia nudicaulis*, *Hypericum humifusum* et *Hyp. pulchrum*, *Orobis tuberosus*, *Trifolium arvense*, *Lupinus polyphyllus*, *Ornithopus perpusillus* et *Ornith. sativus*, *Scleranthus perennis*, *Jasione montana* et *Jas. perennis*, *Galeopsis ochroleuca*, *Digitalis purpurea*, et en transplantations de la plupart des espèces ci-dessus, avec *Roripa pyrenaica*, *Scleranthus annuus*, *Sempervivum tectorum*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Filago arvensis* et *Fil. minima*, dans des terres contenant de 0 à 50 % de carbonate de chaux.

Rappelons que la nocivité du calcaire a été constatée non seulement chez les Phanérogames, mais encore chez les Cryptogames vasculaires, chez les Muscinées (MILDE, 1861; abbé BOULAY, LANGERON), chez les Lichens (WELDELL, A. MAGNIN), chez les champignons (QUÉLET, BOUDIER) et les Algues, c'est-à-dire dans tous les embranchements du règne végétal.

(1) « On a remarqué depuis longtemps que les racines semblent attirées vers la bonne terre. » (CAUVET, 31). CORENWINDER, qui a fait d'intéressantes expériences à ce sujet, va jusqu'à dire que les racines ont une sorte d'instinct!

Même avant son absorption, le calcaire agit déjà nocivement sur les plantes calcifuges (Cl. Roux, *Traité...* p. 190 et suiv.); cette action à l'extérieur est due à ce que ce sel neutralise les acides carbonique, chlorhydrique, citrique, etc. excrétés par les racines et annihile ainsi l'action utile que ces sucs radiculaires exerce dans la préparation et la solubilisation des substances minérales du sol.

Les poils absorbants, plongés ainsi en milieu hypercalcin, épuiseront leurs sucs acides à essayer, sans y parvenir, de neutraliser et de solubiliser le carbonate de calcium qui les entoure; au lieu d'endosmoser de l'eau du sol, il pourra même y avoir, en terrain très sec, tendance à l'exagération de l'exosmose des sucs cellulaires acides de l'assise pilifère et du parenchyme cortical. Cet excès de travail fourni par les tissus radiculaires aboutit rapidement à leur épuisement et à leur mort.

Le calcaire est absorbé d'abord à l'état de solution aqueuse; en effet, de tous les sels de chaux qui se trouvent dans la terre, le carbonate est sans cesse transformé par l'anhydride carbonique de l'eau et de l'air, et par les acides radiculaires, en bicarbonate soluble; la solution aqueuse peut contenir jusqu'à près d'un gramme de calcaire par litre. Or, fait remarquer GOLA (*Studi...* p. 474) le carbonate de chaux a un coefficient isotonique de 4, tandis que le sulfate de chaux (plâtre) qui peut se dissoudre jusqu'à 2 grammes par litre, a un coefficient isotonique de 2 seulement: le plus grand coefficient isotonique du calcaire peut presque expliquer la plus grande toxicité de ce sel, respectivement à celle du plâtre, sur les plantes.

Mais le calcaire n'est peut-être pas absorbé uniquement à l'état de solutions aqueuses simples: au contact intime des poils absorbants avec les particules de carbonate de chaux, il se forme sans doute des sursaturations, suivies d'absorption immédiate, et par conséquent difficilement observables ou décelables; et ces contacts des racines avec le calcaire sont d'autant plus étendus et parfaits que ce dernier est lui-même, dans le sol, à un état plus grand de ténuité. Ainsi la concentration des solutions calciques varie donc, dans le sol, selon la quantité d'humidité et d'acides qui y existe, selon la proportion centésimale du calcaire et son état de division ou de ténuité, ainsi que selon sa vitesse d'attaque spécifique (à pour-

centage égal, on observe en effet des variations d'attaque entre les divers calcaires jurassiques, crétacés, tertiaires, etc.), et selon d'autres circonstances encore; d'où, des variations assez grandes dans la quantité de calcaire rendue soluble et absorbable.

L'absorption du calcaire est néanmoins toujours lente, mais elle est continue; elle peut d'ailleurs se produire encore même après la mort des poils absorbants; en tout cas, tant que la plante végète, l'introduction du carbonate calcique dans son organisme se poursuit implacablement, et à des doses qui, bien que toujours minimales et indifférentes pour les espèces calcicoles et ubiquistes, sont nocives pour les espèces calcifuges. Les troubles dans l'absorption des matières minérales, du calcaire notamment, sont donc bien le point de départ et la cause même des phénomènes toxiques et dystrophiques (chlorose, etc.) des plantes calcifuges; et ce sont vraiment les appareils d'absorption qui forment le trait d'union entre la cause de la chlorose qui est le calcaire du sol, et l'effet principal qui est la *décoloration* ou la flavescence des parties vertes (Cl. Roux, *Traité...* p. 335, 338, etc.).

Une fois absorbé et conduit jusqu'aux feuilles, le carbonate de chaux va produire ses effets nocifs; il modifie la constitution des sucs cellulaires, l'élaboration des sèves, la formation des aliments et des réserves (amidon, etc.), il tend à se déposer partout et sous divers états dans les tissus, il précipite et accapare intempestivement des acides organiques qui seraient plus utilement employés, il neutralise le contenu des vacuoles cellulaires, il altère le protoplasma en exagérant son alcalinité, il tend à priver la plante de potasse, de fer et de magnésie en prenant la place de ces corps dans les opérations physiologiques, il arrête le développement et les fonctions des chloro-*leucites*, et par voie de conséquence prive la plante du carbone nécessaire à l'élaboration des matières organiques, d'autant plus qu'il fixe l'acide carbonique de l'air et empêche ainsi la dissociation de cet acide (DEHÉRAIN), etc.

Bien entendu, l'intoxication des plantes calcifuges par l'ingestion du calcaire peut être aggravée ou atténuée de plusieurs façons; dans notre *Traité*, nous avons énuméré et exposé plus de 40 causes adjuvantes, dont l'action sur le processus chloro-

tique est parfois assez prononcée pour qu'on en ait considéré quelques-unes comme étant de première importance.

Quelques auteurs ont cependant nié l'absorption exagérée du calcaire par les plantes calcifuges devenues malades en sol calcaire. Mais B. PONS, A. BERNARD et d'autres chimistes ont prouvé que le suc cellulaire des plantes rendues chlorotiques par le calcaire diminue d'acidité jusqu'à devenir très nettement alcalin. D'après les analyses de Vignes qui ont été pratiquées par SCHULZE (cité par FRANK : *Die Krankheiten der Pflanzen*, t. III), par HRUSCHAUER à Grätz en Styrie, par VIALA, RAVAZ CHAUZIT, etc., en France, les tissus végétaux chlorosés et intoxiqués par le calcaire contiennent proportionnellement plus de chaux et de magnésie, tandis que, non chlorosés, sur sol siliceux, ils sont riches au contraire en potasse et en silice. Dès 1858, MALAGUTI et DUROCHER ont démontré que la sève qui circule dans une plante est beaucoup plus chargée en carbonate de calcium lorsqu'elle a été fournie par un sol calcaire. De très nombreux chimistes, notamment LANGLOIS pour la vigne, BOUSSINGAULT pour le noyer, le hêtre, le charme, l'orme, le bananier, le bambou, etc., AVEQUIN pour la canne à sucre, LIEBIG et WILL pour l'érable et le bouleau, ont étudié aussi les sèves et les cendres au point de vue de la corrélation de leur composition chimique avec celle du sol qui les a formées (1).

En définitive, l'étude de l'influence nocive du carbonate de chaux sur les plantes calcifuges n'est pas seulement une question de géographie botanique, elle est aussi du ressort de la pathologie végétale.

Le sulfate de chaux ne paraît pas exercer une action nocive bien nette sur les végétaux ; et il n'y a pas de plantes nettement gypsophiles. D'après COUPIN, les phosphate, bromure et azotate de calcium sont très faiblement toxiques ; les acétate et chlorure sont faiblement toxiques ; l'iodure de calcium seul est notablement toxique.

2° *Action nocive des sels de strontium.* — COUPIN a comparé a toxicité de quelques sels solubles de strontium : l'iodure est

(1) Ainsi Th. SCHLÆSSING a montré que les cendres du tabac sont plus ou moins riches en potasse suivant les terrains, et qu'il brûle plus ou moins bien suivant la proportion de cette base ; de sorte qu'on pourrait, en fumant une pipe, reconnaître le sol qui a produit le tabac ! (Cité par GILLOT et CHATEAU, 91, p. 232).

éminemment toxique; le chlorure et le bromure sont faiblement toxiques; l'azotate est très faiblement toxique.

3° *Action toxique des sels de baryum.* — Nous avons eu l'occasion, aux environs de Lyon, de remarquer la pauvreté et la chétivité de la végétation sur les affleurements de fluorine et de barytine. COUPIN nous apprend d'ailleurs que tous les sels de baryum sont nocifs pour les plantes: le chlorate est éminemment toxique; l'iodure est fortement toxique; les acétate, azotate et chlorure de baryum sont fortement toxiques; le bromure est moyennement toxique.

V.

Action nocive des sels des métaux terreux.

(Al, Aluns).

Les sels d'aluminium (particulièrement les silicates) sont très répandus dans le sol, mais ils ne paraissent jamais exercer sur les plantes une action nocive appréciable.

D'après COUPIN, le chlorure et le sulfate d'aluminium sont cependant faiblement toxiques, et le nitrate est très faiblement toxique. Les aluns à base d'alumine (alun de potasse, alun de soude, alun d'ammoniaque) ne sont, de même, que très faiblement toxiques.

VI.

Action nocive des sels des métaux du groupe magnésien.

(Mg, Zn, Cd).

1° *Action nocive des sels de magnésium.* — D'après les observations anciennes de BOUCHARDAT, le sulfate de magnésium a une faible toxicité, due seulement, d'après cet auteur, à son accumulation trop forte dans la plante. Pour COUPIN, le sulfate

de magnésie est moyennement toxique. Le carbonate de magnésie (dolomie) n'est pas toxique, sans doute à cause de sa trop faible solubilité. L'acétate et le chlorure de magnésium sont moyennement toxiques; le sulfite et l'iodure sont très toxiques. Les silicates de magnésie, plus ou moins hydratés à l'état naturel dans le sol (serpentine notamment), peuvent exercer une influence nocive, quoi qu'il y ait des plantes serpenticoles en apparence (MILDE, SADEBECK, LURSSSEN) (1).

2° *Action nocive des sels de zinc.* — Divers auteurs, entre autres SADEBECK, HOFFMANN (2), BAUMANN, ont signalé et étudié les effets des sels de zinc, et notamment du carbonate de zinc ou calamine, sur les plantes. Il y aurait quelques plantes calaminophiles (*Viola calaminaria*): mais ne seraient-ce pas des espèces qui ont pu s'accoutumer ou s'adapter à ces terrains spéciaux? BAUMANN a trouvé que les sels de zinc (surtout le sulfate) sont toxiques pour les plantes, dès que leur solution aqueuse atteint ou dépasse cinq milligrammes par litre. Nous avons nous-même remarqué l'apparence souffreteuse et même chlorotique de certaines plantes (*Robinia*, etc.) sur les affleurements de blende, à la Poype, près Vienne (Isère). RAULIN considérait le sulfate de zinc comme un aliment nécessaire à certains végétaux (*Aspergillus*); mais cette action utile du sel soigneusement dosé est en réalité une action purement excitante, qui deviendrait aussitôt nocive si la dose optimum était dépassée. L'échelle de toxicité des sels de zinc établie par COUPIN est la suivante: l'iodure de zinc est très fortement toxique; le sulfate est fortement toxique; le chlorure (très antiseptique), le nitrate et le bromure sont très toxiques.

3° *Action nocive des sels de cadmium.* — En cultures de laboratoire, COUPIN a reconnu les degrés suivants de toxicité aux sels de cadmium: l'azotate est éminemment toxique: l'iodure (très antiseptique), l'acétate et le sulfate sont très fortement toxiques; le chlorure et le bromure sont faiblement toxiques.

(1) MILDE (*Bot. Zeit.*, 1868); SADEBECK, (*Ber. f. Bot. in Hamburg*, 1887); LURSSSEN (Leipzig, 1889). Travaux concernant l'influence de la serpentine sur la végétation.

(2) HOFFMANN (*Bot. Zeit.*, 1877); SADEBECK (1872). Travaux concernant l'influence de la calamine sur les plantes.

VII.

Action nocive des sels des métaux du groupe du fer.

(Cr, Mn, Fe, Ni, Co).

1° *Action nocive des sels de chrome.* — Les sels de chrome sont rares dans le sol. COUPIN a néanmoins déterminé expérimentalement leur toxicité respective ; le sulfate de chrome est moyennement toxique ; l'alun de chrome est faiblement toxique. Les divers chromates et bichromates sont tous très fortement toxiques.

2° *Action nocive des sels de manganèse.* — Les sels de manganèse exercent, selon les cas, une influence favorable ou défavorable. Leur action sur les plantes cultivées a été très étudiée en France et en Italie depuis quelques années. En Beaujolais, on prétend que les meilleurs crûs correspondent aux affleurements des filons de manganèse des environs de Romanèche-Thorins (SAINT-LAGER, 193). Le carbonate et le bioxyde (?) ne sont pas toxiques, à cause sans doute de leur très faible solubilité ; le nitrate et le sulfate de manganèse (ainsi que le permanganate de potasse) sont faiblement toxiques ; le chlorure et l'acétate sont moyennement toxiques (COUPIN).

3° *Action nocive des sels de fer.* — Depuis de longues années, on essaie les composés ferriques contre les chloroses humaines et végétales. Beaucoup d'arboriculteurs prétendent que le sulfate de fer, répandu en solution dans le sol, ou bien injecté de force dans le tronc de l'arbre, guérit la plupart des maladies non parasitaires des arbres fruitiers, et notamment la chlorose des vignes et des pêchers. Mais, dans le dernier procédé tout au moins, ne s'agit-il pas d'une action excitante ou chimique momentanée, qui, si elle se prolongeait ou se renouvelait, deviendrait une intoxication ?

Certains auteurs admettent des plantes sidérophiles (quelques *Rosa*, d'après l'abbé BOULLU ; quelques algues des eaux ferrugineuses, etc.). GOLA, citant (93, p. 476) et précisant nos remarques sur la pauvreté et la chétivité de la végétation sur les

affleurements de pyrites de fer et de cuivre, dit que l'action nocive de ces pyrites doit être attribuée non au fer ou au cuivre, mais à l'acide sulfurique libre toujours présent parmi les produits de décomposition des pyrites, et aux sels facilement solubles qui se produisent dans les réactions du soufre et du sulfate de fer avec les éléments pierreux auxquels ils sont entremêlés. Selon COUPIN, le sulfate et le perchlorure de fer sont fortement toxiques; l'alun de fer est faiblement toxique.

4° *Action nocive des sels de nickel.* — Ce n'est que dans certaines régions très localisées du globe que les sels de nickel peuvent se trouver répandus dans le sol. Le chlorure et le sulfate de nickel sont très fortement toxiques; le nitrate est fortement toxique (COUPIN).

5° *Action nocive des sels de cobalt.* — Même remarque qu'à propos du nickel. DE SAUSSURE avait déjà constaté l'action nocive et corrosive des sels de cobalt qui sont tous, en effet, très fortement toxiques.

VIII.

Action nocive des sels des métaux du groupe du cuivre.

(Pb, Cu, Hg).

1° *Action nocive des sels de plomb.* — Nous avons remarqué sur les affleurements de galène (argentifère ou non), l'aspect maladif de la végétation, notamment à l'Argentière (Rhône), etc. « Des traces de certains métaux tels que le plomb, le cuivre, l'argent, le mercure, sont toxiques pour les plantes, même à un état de dilution absolument extraordinaire. » (DEVAUX).

Cet auteur est arrivé, au moyen de l'acide sulfhydrique, à révéler le plomb dans les cellules des plantes intoxiquées, et à voir que les cellules qui noircissent le plus sont les cellules âgées, qui condensent le plomb dans leur protoplasma mort; d'autres, noircissant peu, étaient des cellules jeunes, en particulier celles des points végétatifs, qui résistaient mieux au poison. D'ailleurs, le plomb et les autres métaux nocifs peuvent également se fixer sur le noyau et la membrane cellulaires.

Cependant, d'après COUPIN, le nitrate et l'acétate de plomb ne seraient que moyennement toxiques.

2° *Action nocive des sels de cuivre.* — La question de la toxicité des sels de cuivre et de l'utilité de leur emploi pour traiter certaines maladies cryptogamiques de la vigne et autres plantes cultivées, a été l'objet de recherches extrêmement nombreuses qui ont abouti aux résultats les plus contradictoires. DE SAUSSURE, JOHN, WIEGMANN, BISCOFF, PFEFFER, NOBBE, GORUP-BESANEZ, PHILLIPS, HATTENSAUR, FREYTAG, VICKE, DESCHAMPS, GARLIPPE, BOULIGNY, PAPASOGLI, SESTINI, TSCHIRCH, PICHI, HASELHOFF, PROSPER DE LAFITTE, ALESSANDRI, CUBONI, OTTO, VIALA, MILLARDET, GAYON, RUMM, FRANK, KRUGEL, VERMOREL, MANGIN, BERLESE et SOSTEGNI, PORCHET, LE RENARD et une foule d'autres savants ou praticiens ont étudié l'absorption des sels de cuivre et leur présence dans les plantes les plus diverses. On trouvera des renseignements bibliographiques plus détaillés dans les mémoires de BERLESE-SOSTEGNI, de PORCHET et de LE RENARD.

Pour les phanérogames, le cuivre paraît jouer à faibles doses, d'après la majorité des auteurs, un rôle fongicide et antiseptique en même temps qu'il favorise le développement et les fonctions de la chlorophylle (1) ; il semble d'ailleurs partager cette influence avec les sels de fer (le sulfate principalement). BAIN, notamment, a constaté sur le pêcher, le pommier et la vigne, l'action *toxico-excitatrice* du cuivre ; si l'on dépasse la dose optimum, variable d'ailleurs pour chaque espèce expérimentée, le cuivre devient aussitôt et très énergiquement toxique.

Les cryptogames, algues et champignons, paraissent excessivement sensibles (sauf exceptions) aux sels de cuivre. En plaçant des filaments de diverses espèces de spirogyres dans une solution de sels de cuivre diluée à deux dix-millionièmes, DEVAUX a constaté qu'après une heure de séjour dans cette solution, le cuivre peut

(1) Ainsi GRIFFON, dans son excellent travail sur l'*Assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes* (Ann. Sc. nat. Bot., 1899) a constaté que « le cuivre, à doses très faibles, 1 pour 10.000 par exemple, absorbé par les racines que d'ailleurs il attaque, augmente la quantité de chlorophylle dans les cellules de la feuille et fait croître, par là même, et l'intensité de la coloration verte et l'énergie assimilatrice. »

se déceler dans certaines régions des parois cellulaires, dans le noyau et les nucléoles, et dans le protoplasma, lequel perd sa turgescence, devient sombre et granuleux, moniliforme, etc.

L'action nuisible des pyrites de cuivre sur la végétation est très analogue à celle du fer; les deux sulfures sont d'ailleurs fréquemment mélangés; cette influence nocive s'explique de la même façon dans les deux cas (v. *ante*). Au surplus, et corroborant toutes les observations précédentes, COUPIN dit avoir constaté que les sels cuivriques (bromure, chlorure, sulfate, acétate, nitrate) sont tous éminemment toxiques.

3° *Action nocive des sels de mercure.* — Nous avons relaté plus haut, à propos du plomb, l'action toxique du mercure.

Le bichlorure (sublimé corrosif) et le cyanure de mercure, notamment, sont très fortement toxiques (COUPIN).

IX.

Action nocive des sels des métaux précieux.

(Ag, Au, Pt).

Dès 1843, BOUCHARDAT avait constaté que le nitrate d'argent, le chlorure d'or et le chlorure de platine, ont sur les plantes une influence extrêmement toxique. Les nitrate, sulfate et acétate d'argent, le chlorure d'or, le chlorure de platine, le chlorure de palladium, expérimentés récemment par COUPIN, sont tous éminemment ou très fortement toxiques (1)

(1) Il pourrait être utile maintenant de comparer la nocivité des sels d'après leurs acides : sulfures, sulfites et sulfates ; fluorures, chlorures et chlorates, bromures et bromates, iodures ; nitrates, phosphates, arséniate ; carbonates, silicates, borates ; oxalates, acétates, tartrates, citrates, salicylates, etc. Mais, d'une part, l'espace dont nous disposons ne nous permet pas de le faire ; d'autre part, on trouvera les éléments de cette comparaison dans les paragraphes précédents, en se rappelant toutefois que es équivalences toxiques indiquées d'après COUPIN sont surtout valables pour le Blé, plante sur laquelle cette auteur a expérimenté. N'oublions pas d'ajouter que certains métalloïdes (arsenic, soufre, bore, etc.), et leurs composés non métalliques (acides, etc.), sont également très nocifs pour beaucoup de plantes. Ainsi les préparations arsénicales tuent les plantes à la dose de un millionième ! (BOUCHARDAT, etc.)

X.

Action nuisible de quelques autres substances en excès dans le sol : Eau, Acides, Matières organiques, etc.

1° *Action nocive de l'eau.* — L'eau distillée est impropre à la végétation. L'eau ordinaire peut, lorsqu'elle est en excès, provoquer dans beaucoup de plantes des phénomènes morbides (réplétion, hyperhydratations, etc.). VESQUE, entre autres, a fait des expériences sur l'influence pathogène de l'excès d'eau sur les végétaux. Les racines se pourrissent, la croissance s'exagère, la digestion et l'élaboration des aliments se font mal, le protoplasme et le suc cellulaire s'altèrent, tels sont les principaux effets de l'absorption exagérée de l'eau.

2° *Action nocive des acides minéraux et organiques.* — La plupart des acides, lorsque leur proportion dans le sol dépasse une certaine dose, corrodent les racines, tuent les poils absorbants et suppriment l'absorption. Ces effets sont produits par les acides organiques (acétique, tartrique, citrique, oxalique, salicylique, etc.), à une dose bien inférieure à 1/1000, et par les acides minéraux (chlorhydrique, sulfurique, nitrique, etc.), dès que cette dose atteint et dépasse 1/1000 (BOUCHARDAT, etc.).

Quant à l'acide humique des sols tourbeux, RAMAN (in GRAEBNER et BENTHEIM : *Handbuch der Heidekultur*, Leipzig, 1904, p. 228), GRAEBNER et SCHIMPER, admettent qu'il exerce une action nocive spéciale; pour SCHIMPER, les plantes humicoles et torficoles (*Calluna*, *Vaccinium*, *Betula*, etc.) seraient adaptées, accoutumées à supporter l'influence nuisible de l'acide humique, des humates, etc.

Enfin, ajoutons que W. WOLF (*Tagebl. Naturf. Vers.*, Leipzig, 1872) a démontré que la trop grande richesse en acide carbonique de l'eau qui baigne les racines est nocive aux plantes. Rappelons que, dans cette note, nous ne nous occupons pas de l'influence nocive exercée par les gaz, vapeurs, etc. de l'atmosphère (v. à ce sujet l'ouvrage cité de DELACROIX), mais seulement des substances existant normalement ou accidentellement dans le sol.

D'après BOUCHARDAT et d'autres, il n'est pas jusqu'à des substances apparemment inoffensives, telles que les matières sucrées (saccharose, glucose, mannite, etc.), qui, utiles, en effet, jusqu'à la dose de 1/1000 environ, ne deviennent nuisibles lorsqu'elles sont plus concentrées dans le sol. Les tannins, les alcools, les phénols, les alcaloïdes, etc., s'ils sont accidentellement contenus dans le sol, exercent également des influences morbides sur les plantes.

XI.

Importance et classification des Phytopathies édaphiques ou Edaphoses.

Les faits que nous avons résumés dans les pages précédentes montrent jusqu'à l'évidence que, loin d'être hypothétiques et négligeables, les maladies causées directement ou indirectement dans l'organisme végétal par l'ingestion de certaines substances du sol sont, au contraire, réelles et importantes, principalement en ce qui concerne les plantes cultivées. Nous avons rappelé à ce propos la fréquence et la gravité des chloroses de la vigne et des arbres fruitiers.

Il importe donc de créer pour ces maladies dues au sol un chapitre spécial de pathologie végétale, avec les néologismes indispensables. Le D^r SAINT-LAGER, philologue distingué autant que botaniste, a bien voulu nous proposer, pour désigner ce groupe de maladies, le mot *édapho-toxicoses*. Mais cette expression ne peut s'appliquer qu'aux cas, nombreux il est vrai, où les substances nocives du sol absorbées par la plante amènent dans l'organisme de cette dernière des phénomènes d'*intoxication* véritables. Or, dans des cas assez fréquents, l'influence nocive ne va pas jusqu'à produire un empoisonnement, une intoxication, au sens habituel de ce terme; l'action nocive d'un sel, en effet, peut être indirecte, ou amener de simples phénomènes *dystrophiques* (troubles de la nutrition). Nous désignerons donc par l'expression *phytopathies édaphiques*, ou plus simplement (par convention et contraction) *édaphoses*, les maladies végétales attribuables aux substances nocives du sol.

Nous pourrions employer aussi le terme *dystrophoses* (1), faisant allusion aux troubles de nutrition qui, même dans les cas d'intoxication, sont la conséquence de l'absorption de ces substances nocives.

Nous pourrions ensuite appeler [respectivement *kalioses*, *sodioses* ou *natroses*, *lithioses*, *ammonioses*, *calcioses*, *baryoses*, *aluminioses*, *magnésioses*, *zincoses*, etc., les affections morbides causées par les sels de potassium (kalium), sodium (natrium), lithium, ammonium, calcium, baryum, aluminium, magnésium, zinc, etc.

Si, dans certains cas, il est utile de préciser l'action de tel ou tel sel, on pourra dire, par exemple : *sulfatocuprose* pour l'action du sulfate de cuivre, *chloronatrose* pour l'action du chlorure de sodium, *carbonatocalciose* ou *calcarose* pour l'action du carbonate de chaux ou calcaire, *sulfocuprose* et *sulfoferrose* (ou *pyritose*) pour l'action des sulfures de cuivre et de fer (pyrites), *sulfoplombose* ou *galénose* pour l'action du sulfure de plomb ou galène, *sulfozincose* ou *blendose* pour l'action de la blende, *carbonatozincose* ou *calaminose* pour l'action du carbonate de zinc, etc., etc. De même on pourra dire *arséniose* pour l'action de l'arsenic, *liquoses* ou *fluidoses* pour l'action des liquides aqueux, *acidoses* pour l'action des acides, *humicoses* ou *torficoses* pour l'action des substances humiques, enfin *pumiloses* ou *nanoses*, pour l'atrophie ou maladie résultant du défaut d'aliments solides ou liquides (2).

(1) Nous avons adopté la terminologie *ose*, qui cadre avec le vocabulaire usité déjà en médecine et même en pathologie végétale, ainsi l'on dit chlorose, exostose, anthracose, anthracnose, gommose, mycose, sclérose, bilharziose, tuberculose, bacillose, psychose, névrose, ankylose, dermatose, etc., etc. La terminologie *isme* est plutôt usitée pour désigner simplement un rapport avec le milieu, une manière d'être, comme dans paludisme, parasitisme, mutualisme, autophagisme, chimisme, géotropisme, héliotropisme, atavisme, traumatisme, édaphisme, etc. La terminologie *ite* éveille en pathologie l'idée d'inflammation : péritonite, péricardite, méningite, etc. ; de plus, elle aurait occasionné des confusions regrettables avec des termes chimiques ou minéralogiques : sulfite, cuprite, chlorite, magnétite, par exemple.

(2) « *Plantæ omnes in terra sterili, exsucca arida minores* », disait déjà LINNÉ (*Crit. bot.*, p. 156)

Le tableau synoptique ci-après présente, dans son ensemble, et sans qu'il soit besoin de plus amples explications, notre *essai de classification* des phytopathies édaphiques.

<p><i>Phytopathies édaphiques</i> <i>Edaphoses ou Dystrophoses</i>: Maladies des plantes attribuables aux substances minérales ou organiques, solubles ou insolubles, solides ou liquides, en excès ou en défaut dans le <i>sol</i>.</p>	<p><i>Edaphoses par</i> <i>excès de subs-</i> <i>tances solides</i> <i>ou liquides.</i> (La plupart sont en réalité des <i>Edapho-toxico-</i> <i>ses</i>).</p>	<p>Arsénioses, etc. Kalioses. Sodioses ou Natroses. Lithioses. Ammonioses. Calcioses (Calcaroses, etc.). Strontioses. Baryoses. Aluminioses. Magnésioses. Zincoses (Blendoses, Calaminoses, etc.) Cadmioses. Chromoses. Manganoses. Ferroses. Nickeloses. Cobaltoses. Plomboses (Galénoses, etc.). Cuivroses ou Cuproses. Mercuroses ou Hydrargyroses. Argentoses. Auroses, Platinoses, etc. Humicoses ou Torficoses, etc. Liquoses ou fluidoses (Acidoses, etc.).</p>
		<p><i>Edaphoses par</i> <i>défaut de subs-</i> <i>tances nutri-</i> <i>tives.</i></p>

C'est d'ailleurs toute la grande question de la nomenclature phytopathologique que nous soulevons ici. Il serait utile d'adopter une terminologie uniforme et facilement compréhensible en toutes les langues. Et, puisque les maladies des plantes reconnaissent pour causes extrinsèques, sauf exceptions (1), les troubles et les anomalies du milieu ambiant, pourquoi n'adopterait-on pas, pour correspondre aux trois groupes de facteurs écologiques (agents climatiques, agents édaphiques et

(1) Comme les mutilations et blessures dues à des traumatismes purement mécaniques.

agents biotiques), trois grandes catégories parallèles de phytopathies : 1° *phytopathies climatiques* (ou, par convention, *climatoses*); 2° *phytopathies édaphiques* (*édaphoses*); 3° *phytopathies biotiques* (ou, par convention, *biotoses* ou *biontoses*).

On aurait ainsi, à peu près, le tableau suivant :

Phytopathies dues à des causes extrinsèques ou extérieures à la plante (Traumatismes exceptés)	I	} <i>Thermoses</i> (températures). <i>Udoses</i> (pluies). <i>Photoses</i> (lumière). <i>Aéroses</i> (atmosphère, vents, etc.)
	Phytopathies climatiques ou <i>Climatoses</i> ou <i>Météoroses</i> .	
	II	
}	Phytopathies édaphiques ou <i>Edaphoses</i> ou <i>Dystrophoses</i> .	} (Voy. pour les subdivisions le tableau de la page précédente.
	III	
}	Phytopathies biotiques ou <i>Biontoses</i> ou <i>Parasitoses</i> .	} <i>Phytoses</i> (Parasites végétaux). <i>Zooses</i> (Parasites animaux).

Il serait aussi très logique, en pathologie végétale, de bien distinguer les maladies et lésions externes (blessures, corrosions, brûlures, etc.) qui sont du ressort de la *pathologie externe*, et les maladies et lésions internes (*dystrophoses*, *toxicoses*, *microbioses*, etc.) qui sont du ressort de la *pathologie interne*.

De plus, dans chaque maladie végétale, comme dans toute maladie animale ou humaine, il conviendra de distinguer, lorsque des études plus complètes auront été faites, les divers points de vue classiques : *étiologie* de la maladie, *symptomatologie* et *diagnostic différentiel*, *anatomie* et *physiologie pathologiques*, *pronostic*, *traitement* ou *thérapeutique*.

N'oublions pas que, parmi les édaphoses par exemple, plusieurs d'entre elles peuvent se manifester dans la plante par des symptômes apparemment identiques (le symptôme *chlorose* ou *flavescence*, par exemple); de même que, chez l'homme et chez les animaux, plusieurs maladies différentes peuvent avoir des symptômes communs : fièvre, frissons, dyspnée, diarrhée, par exemple.

Les effets des substances pathogènes du sol sur les plantes peuvent être physiques, chimiques, ou oligodynamiques

(NÆGELI); directs ou indirects; immédiats ou éloignés; temporaires ou chroniques; bénins ou mortels, etc.

Mais on ne peut songer à entrer dès aujourd'hui dans tous ces détails. La phytopathologie est encore à sa phase embryonnaire, à sa période d'incubation, pourrions-nous dire! Cette science est comme un monument dont on entrevoit le plan et les grandes lignes, et dont on commence à rassembler les matériaux et à creuser les fondations. Nous avons voulu apporter notre petite pierre sur le chantier de cet édifice futur; si cette pierre est trop défectueuse ou trop informe pour être utilisée, les ouvriers qui viendront bientôt se mettre à l'œuvre de synthèse n'hésiteront pas à la rejeter et n'auront que l'embaras du choix pour la remplacer par une meilleure!

Aussi bien nous n'avons pas eu la prétention, dans cette modeste notice, de traiter à fond, ni même de « mettre au point » une aussi vaste question. Notre but a été simplement de montrer, ou plutôt de rappeler qu'il existe, chez les végétaux, des maladies ou états morbides (dystrophoses et édapho-toxicoses) attribuables aux substances du sol; qu'il importe de ne pas méconnaître ou dédaigner ce chapitre important de pathologie végétale; et qu'au surplus, puisque ces maladies dues au sol, ou édaphoses, sont très mal connues jusqu'ici, il est nécessaire de les étudier. Ayant ainsi énoncé, en quelque sorte, le problème, nous souhaitons que de patients chercheurs puissent en découvrir et en exposer la solution complète. Mais il est probable que les deux vers attribués à Sorbières (1) seront, hélas! longtemps encore d'actualité :

Malgré tous les travaux de la plus longue étude,
Il n'est rien de certain que notre incertitude.

(1) Samuel SORBIÈRES, médecin, lettré et érudit, protestant converti ensuite au catholicisme, né dans le Languedoc (Gard) en 1615, mort à Nantes en 1670, après avoir séjourné à Paris, à Lyon et à l'étranger.

XII.

Appendice Bibliographique.

**Principaux Mémoires consultés ou à consulter à propos
de la présente étude.**

1. ANDRÉ (C.). — Chimie végétale, Paris, 1908.
- 1 bis. ANDRÉE (Adolf). — [Salzabscheidungen durch die Blätter. (*Ber. d. deutsch. botan. Gesells.*, t. III, 1885.)
2. AUDIN (Marius). — Plantes calcicoles du Haut-Beaujolais. (*Ann. Soc. Bot. de Lyon*, t. XXIII, 1898.)
3. AUDIN (Marius). — La chlorose de la vigne dans le Beaujolais. (*Ann. Soc. Bot. de Lyon*, t. XXV, 1900.)
4. BAIN (H.). — Action du cuivre sur les plantes. (*Bull. University of Tennessee*, 1902.)
5. BARTHÉLEMY (A.). — Absorption des bicarbonates par les plantes. (*Revue des Sc. Natur.*, Montpellier, 1876.)
6. BAUMANN. — Action des sels de zinc sur les plantes et sur le sol. (Thèse de Berlin, 1884, et *Landw. Versuchs.*, t. 31, 1885.)
7. BEAUVERIE (Jean). — Études sur le polymorphisme des champignons ; influence du milieu. (*Ann. de l'Univers. de Lyon*, 1900.)
- 7 bis. BEAUVERIE (J.). — Hygrocrosis et *Penicillium glaucum* (*Ann. de la Soc. botan. de Lyon*, 1898.)
8. BELZUNG (Ern.). — Anatomie et physiologie végétales. (Paris, 1900.)
9. BENECKE (W.). — Beitrag z. mineralischen Nahrung der Pflanzen. (*Ber. d. d. Bot. Ges.*, XII, 1894.)
10. BENECKE (W.). — Ueber mineralische Nahrung der Pflanzen, etc. (*Bot. Centralbl.*, 1894.)
11. BENECKE (W.). — Autres mémoires du même genre dans : *Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.*, 1895 ; *Bot. Zeit.*, 1897, etc.)
12. BERLESE et SOSTEGNI. — Recherches sur l'action des sels de cuivre sur la végétation de la vigne et sur la fertilité du sol. (*Revue internat. de Viticult. et d'Oenol.* de V. Vermorel, t. I, Villefranche, 1894-95.)
13. BERNARD (Adrien). — Le Calcaire. (Mâcon, 1892.)
14. BERNARD (A.). — Divers mémoires sur le rôle du fer en sols calcaires dans : *La Vigne américaine*, 1892 ; *Le Progrès agricole*, 1892 ; *Le Champ, d'expériences*, 1892, etc.

15. BERTHELOT. — Recherches sur les composés alcalins insolubles, formés par les substances humiques d'origine organique et leur rôle en physiologie végétale et en agriculture. (*C. R. de l'Acad. des Sc.*, 4 sept. 1905.)
- 15 bis. BERTHELOT. — Chimie végétale et agricole, 4 vol., Paris, 1899.
16. BERTHIER. — Sur la soude et la potasse dans les plantes, etc. (*Mém. de la Soc. centrale d'Agricult.*, 1854.)
17. BOEHM (J.). — De l'influence des sels de chaux sur le développement des végétaux. (*Sitzb. d. K. Akad. d. Wiss.*, t. LXXI, 1875.)
18. BOKORNY (Th.). — Toxicol. Notizen üb. ein. Verbind. des Tellur, Wolfram, Cerium, Thorium. (*Chem. Zeit.*, 1894.)
19. BONNIER (Gaston). — Le monde végétal, 1907; et divers mémoires relatifs aux rapports des plantes avec le sol.
20. BONNIER (Gaston). — Mémoires de divers auteurs dans la *Revue générale de Botanique*, dirigée par le Prof. G. Bonnier.
21. BOUCHARDAT (A.). — De l'action qu'exercent sur les plantes les substances organiques et inorganiques toxiques pour les animaux. (*C. R. de l'Acad. des Sc.*, 1843.)
- 21 bis. BOUCHARDAT (A.). — Recherches sur les fonctions des racines. Les plantes, placées dans une dissolution contenant plusieurs substances, absorbent-elles préférentiellement certaines substances à d'autres? Expériences sur cette question. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1846.)
- 21 ter. BOUCHARDAT (A.). — Recherches sur la végétation appliquées à l'agriculture, Paris, 1846.
22. BOUDIER (E.). — Influence chimique du sol sur les Champignons. (*Congrès internat. de Botanique*, Paris, 1900.)
23. BOUSSINGAULT. — De l'action du salpêtre dans la végétation. (*C. R. Acad. Sc.*, 1855, et *Ann. des Sc. natur., Bot.*, 4^e série, t. IV, 1855.)
24. BRACONNOT. — Recherches sur l'influence des plantes sur le sol. (*Ann. de chimie et de phys.*, t. 72, 1839.)
25. BRANCHE (D^r L.). — Le chlorure de sodium et les eaux chlorurées sodiques. (Paris, Baillière, 1885.)
26. BRAUNGART (R.). — Gibt es bodenbestimmende Pflanzen? (*Journ. für Landwirtschaftl.*, 1879.)
27. BROWNRIGG. — Essay on Salt, 1748.
28. BÜHRER. — Recherches sur l'action nuisible du sel marin sur les plantes supérieures et inférieures. (Thèse de Zurich, 1884.)
29. CASU (A.). — Contribuzione allo studio della flora delle saline di Cagliari. (*Ann. di Bot.*, vol. II, 1904.)
30. CAUVET (Prof.). — Études sur le rôle des racines dans l'absorption et l'excrétion. (Thèse de doctorat, Strasbourg, 1861; reproduite dans les *Ann. des Sc. natur. Botan.* 4^e sér., t. XV, 1861.)

- 30 bis. CAUVET (D.). — De l'excrétion des matières non assimilables par les végétaux. (*Bull. Soc. bot de Fr.*, t. XI, 1864.)
31. CAUVET (D.). — Observations sur les propriétés physiologiques des racines. (*Bull. Soc. Bot. de France*, t. 27, 1880.)
32. CAUVET (D.). — Deux notes sur le dégagement de l'acide carbonique par les racines des plantes. (*Bull. Soc. Bot. de France*, 1880.)
33. CAVARA (F.). — Ricerche crioscopiche sui vegetali. (*Rendic. Congr. naz. Bot. di Palermo*, 1902.)
34. CHAREYRE (J.). — Nouvelles recherches sur les cystolithes. (*Revue des Sc. natur.*, 3^e série, t. III, Montpellier, 1884.)
35. CHARRIN (Dr A.). — Pathologie végétale et pathologie animale. (*Revue de Viticult.*, t. IX, 1895.)
- 35 bis. CHATIN. — Études de physiologie végétale faites au moyen de l'acide arsénieux (*C. R. Acad. Sc.*, 1845; et *Ann. de Chimie et de Physique*, 3^e sér., t. XXIII, 1848.)
36. CHODAT (Robert). — Principes de botanique, 1907.
37. CONSTANTIN. — La flore du littoral. (*Journal de Bot.*, t. I, 1887.)
38. CONTEJEAN (Ch.). — La soude dans le sol et dans les végétaux. (*Revue des Sc. natur.*, 2^e série, t. I, Montpellier.)
39. CONTEJEAN (Ch.). — Influence du calcaire sur la dispersion des plantes dites calcifuges. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1875.)
40. CONTEJEAN (Ch.). — De l'influence du terrain sur la végétation. (*Ann. des Sc. natur.*, *Bot.*, 5^e série, t. XX, 1874, et 6^e série, t. II, 1875.)
41. CONTEJEAN (Ch.). — Sur une revendication de priorité relative à un fait de géographie botanique. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1875.)
42. CONTEJEAN (Ch.). — La soude dans le sol et les végétaux. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1878.)
43. CONTEJEAN (Ch.). — Géographie botanique; influence du terrain sur la végétation. (Paris, 1881.)
44. COPELAND UND KAHLBERG. — The influence of pure metals upon plants. (*Trans. Wisconsin Acad.*, 1900.)
45. CORENVINDER. — Études sur les fonctions des racines végétales. (*Mém. Soc. impér. des Sc. de Lille*, 3^e série, t. IV, 1867.)
46. COUPIN (H.). — Sur la toxicité des sels de cuivre à l'égard des végétaux supérieurs. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1898.)
47. COUPIN (H.). — Sur la toxicité des chlorures, bromures et iodures alcalins à l'égard des plantes. (*Assoc. française avancement des Sc.*, Nantes, 1898.)
48. COUPIN (H.). — Sur la toxicité des sels de chrome et de cuivre. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1898.)
49. COUPIN (H.). — Sur la toxicité du chlorure de sodium et de l'eau de mer à l'égard des végétaux. (*Revue génér. de Bot.*, t. XII, 1900.)

50. COUPIN (H.). — Sur la toxicité des composés du sodium, du potassium et de l'ammonium sur les végétaux supérieurs. (*Revue gén. de Bot.*, t. XII, 1900.)
51. COUPIN (H.). — Sur la toxicité des sels de calcium, strontium et baryum à l'égard des végétaux. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1900.)
52. COUPIN (H.). — Sur la toxicité comparée des divers composés métalliques à l'égard des végétaux supérieurs. (*Assoc. française avancement des Sc.*, Paris, 1900.)
53. COUPIN (H.). — Sensibilité des végétaux à des doses très faibles de substances toxiques. (*C. R. Acad. des Sc.*, mars 1901.)
54. COUPIN (H.). — Comparaison entre le pouvoir toxique de quelques composés minéraux à l'égard des végétaux supérieurs et leur puissance antiseptique. (*C. R. Soc. de Biol.*, 1901.)
55. COUPIN (H.). — Contribution à l'étude des substances toxiques pour les plantes. (*Assoc. française avancement des Sc.*, Ajaccio, 1901.)
56. COUPIN (H.). — Sensibilité de la vigne vis-à-vis des agents toxiques. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1901.)
57. CURTEL (G.). — Recherches expérimentales sur les phénomènes physiologiques accompagnant la chlorose chez la vigne. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1900.)
58. CUTHBERT-WILLIAM (Johnson). — An Essay on the uses of Salt in agriculture.
59. CUTHBERT-WILLIAM (Johnson). — Observations sur l'emploi du sel en agriculture et en horticulture. (Trad. de l'angl. par Aug. DEMESMAY, 2^e édit. française, 1846.)
60. CZAPEK (P.). — Biochemie der Pflanzen, 1905.
61. DASSONVILLE (Ch.). — Influence des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux (Thèse, 1898; *Revue gén. de Bot.*, 1896 et 1898), et autres travaux du même auteur.
62. DEHÉRAIN (P.-P.). — Mémoires sur l'absorption et l'assimilation des substances minérales par les plantes. (*Ann. des Sc. natur., Bot.*, 4^e série, t. XX, 1863; 5^e série, t. VIII, 1867; 6^e série, t. VI, 1878.)
63. DEHÉRAIN (P.-P.). — Chimie agricole.
64. DELACROIX (D^r Georges). — Maladies des plantes cultivées. (T. I, Maladies non parasitaires, Paris, 1908.)
65. DELESSE. — De l'influence du sol sur la composition des cendres des végétaux. (*Bull. Soc. nat. d'Agricult. de France*, 1881.)
66. DEMESMAY (Aug.). — Opinion des hommes politiques, des savants, des agronomes et des agriculteurs sur l'utilité du sel pour les plantes et pour les animaux. (Paris, 1846.)
67. DEMOUSSY (E.). — Diverses notes sur l'absorption des sels minéraux par les plantes. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1894, 1898; *Progrès agricole*, 1894, 1899; etc.)
68. DETMER (D^r W.). — Lehrbuch der Bodenkunde, 1876.

69. DETMER (D^r W.). — Lehrbuch der Pflanzenphysiologie.
70. DETMER (D^r W.). — Action des poisons (acide salicylique, chloroforme, etc.) sur les plantes. (*Landw. Jahrb.*, t. X; *Bot. Zeit.*, 1886, etc.)
71. DETMER (D^r W.). — Manuel technique de physiologie végétale. (Trad. par H. MICHEELS, Paris, 1890.)
72. DEVAUX (H.). — Mémoire sur l'empoisonnement des plantes aquatiques par des doses très minimes de plomb. (*Soc. des Sc. natur. de Bordeaux*, 5^e série, t. I, 1896.)
73. DEVAUX (H.). — De l'absorption des poisons métalliques très dilués par les cellules végétales. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1901.)
74. DROPP. — Action du sulfate de fer sur les plantes. (*Zeit. f. Pflanzenkrankh.*, 1900.)
75. DUNAL (F.). — De l'influence minéralogique du sol sur la végétation. (*Mém. de l'Acad. de Montpellier*, t. I, 1847-50.)
76. DYER (Bernard). — De l'acidité du suc des racines des végétaux. (*Journal d'Agricult. pratique*, 1895.)
77. EMERY. — La vie végétative, 1865.
78. ESCHENHAGEN. — Ueber den Einfluss von Lösungen verschiedener Konzentration auf Schimmelpilze. (Inaug. dissert., Stolp, 1889.)
- 78 bis. FILHOL. — Influence des substances toxiques sur les plantes (*Journal de Pharmacie*, 3^e sér., t. XIV, 1848.)
79. FLICHE (P.) et GRANDEAU (L.). — De l'influence de la composition chimique du sol sur la végétation du Pin maritime et du Châtaignier. (*Ann. de Chimie et de Phys.*, 4^e série, t. XXIX, 1873, et 5^e série, t. II, 1874.)
80. FLICHE (P.) et GRANDEAU (L.). — Recherches chimiques sur les papilionacées ligneuses. (*Ann. de Chimie et de Phys.*, 4^e série, t. XVIII, 1869.)
81. FLICHE (P.) et GRANDEAU (L.). — Recherches chimiques et physiologiques sur la Bruyère commune (*Ann. de la Sc. agronom.*, t. I), sur les Lichons. (*Id.* t. IV, etc.)
82. FLICHE (P.) et GRANDEAU (L.). — Recherches chimiques sur la végétation forestière. (*Ann. de la Stat. agronom. de l'Est*, 1878.)
83. FRANK (B.). — Ueber den direkten Einfluss der Kupfervitriol Kalkbrühe auf die Kartoffelpflanzen. (*Arbeit. d. d. landw. Ges.*, 1894.)
84. FRANK (D^r A.-B.). — Die Krankheiten der Pflanzen, 2^e édit., Breslau, 1896.
85. GAIN (Edmond). — Recherches sur le rôle physiologique de l'eau dans la végétation. (*Ann. des Sc. natur., Bot.*, 7^e série, t. XX, 1895.)
86. GARREAU. — Nouvelles recherches sur la distribution des matières minérales fixées dans les divers organes des plantes. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1860, et *Ann. des Sc. natur. Botan.*, 4^e sér., t. XIII, 1860.)

87. GASSER (A.) et MAIRE (R.). — De l'influence du calcaire sur la végétation. (*Bull. Soc. des Sc. de Nancy et Soc. Grayloise d'Émulation*, 1899.)
88. GAUCHERY (Paul). — Recherches sur le nanisme végétal. (*Ann. des Sc. natur. Bot.*, 1899.)
89. GILLOT (D^r X.). — Influence de la composition minéralogique des roches sur la végétation; Colonies végétales hétérotopiques. (*Bull. Soc. Bot. de France*, sess. extraord. en Suisse, 1894; et *Feuille des Jeunes Naturalistes*, 1895.)
90. GILLOT (D^r X.) et DURAFOUR. — Répartition géographique de *Pteris aquilina* dans la vallée de la Valserine. (*Bull. Soc. des Natural. de l'Ain*, 1904.)
91. GILLOT (D^r X.) et CHATEAU (E.). — L'appétence chimique des plantes et leur répartition topographique. (*Bull. Soc. Bot. de France*, 1906.)
92. GMELIN. — Recherches sur l'action de la baryte, de la strontiane, etc sur l'organisme animal. (Tubingen, 1824.)
93. GOLA (Dott. Giuseppe). — Studi sui rapporti tra la distribuzione delle piante e la costituzione fisico-chimica del suolo. (*Annali di Botanica del Prof. R. PIROTTA*, vol. III, 1905.)
94. GOLA (Dott. Giuseppe). — Ricerche sui rapporti i tegumenti seminali e le soluzioni saline. (*Ann. di Bot.*, 1905.)
95. GRANDEAU (L.). — Recherches du rubidium, du cæsium dans les eaux minérales, les végétaux et les animaux. (*Ann. de Chimie et de Phys.* t. LXVII, 1863.)
96. GRANDEAU (L.). — Cours d'agriculture de l'école forestière. (T. I, Nutrition de la Plante, 1886.)
97. GRIFFON (Ed.). — L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes. (*Ann. des Sc. natur., Bot.*, 8^e série, t. X, 1899.)
98. GROEBNER et BENTHEIM. — Handbuch der Heidekultur. (Leipzig, 1904.)
99. HABERLANDT. — Einfluss des Kupfervitriols auf die Keimfähigkeit des Weizens. (*Arch. Müller's landw. Centralbl.*, t. XXII, 1874.)
100. HARTIG. — Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, 1900.
101. HASELHOF (E.). — Recherches sur l'action des sels de cuivre, de fer de strontium sur les plantes et le sol. (*Landw. Jahrbücher*, 1891-92.)
102. HASELHOF (E.). — Ueber d. schädliche Wirkung des Kupfersulfat und Kupfernitrathaltigen Wassers auf Boden und Pflanzen. (*Landw. Jahrb.*, XXI, 1893.)
103. HATTENSAUR. — Absorption des sels de cuivre, plomb, zinc, par le *Molinia cærulea*. (*Sitzunber. d. Wien. Akad.*, 1835.)
104. HATTORI (H.). — Stüdie über die Einwirkungen des Kupfersulfats auf einige Pflanzen. (*Journ. Coll. Sc. Univ. Tokyo*, t. XV, 1901.)
105. HEALD (F.-D.). — On the toxic effect of dilute solutions of acids and salts upon plants. (*Bot. Gaz.*, t. XXII, 1896.)

106. HEINSIUS VON MAYENBURG (O.). — Lösungsconcentration und Turgorregulation bei den Schimmelpilzen. (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. XXXVI, 1901.)
107. HENRI et MAYER. — Nos connaissances sur les colloïdes. (*Revue gén. des Sc.*, 1904, t. XV.)
108. HENRY (E.). — Traduction de l'ouvrage : » La Nutrition minérale des forêts », 1896.
- 108 bis. HENRY (E.). — Les Sols forestiers, Paris et Nancy, 1908.
109. HOFFMANN (H.). — Untersuch. z. Klima und Bodenkunde mit Rücksicht auf die Vegetation. (*Bot. Zeit.*, 1865.)
110. HOFFMANN (H.). — Ueber Kalk und Salzpflanzen. (*Landw. Vers. — Stat. du Prof. NOBBE*, t. XIII, 1870.)
111. HOLLRUNG (Dr M.). — Handbuch der chemischen Mittel gegen Pflanzenkrankheiten, Berlin, 1898.
112. HOLLRUNG (Dr M.). — Untersuchungen über die Ursache der im Staatlichen Versuchsweinberg Zscheplit auftretenden Chlorose. (*Landw. Jahrb.*, 1908.)
113. HOPPE-SEYLER. — Ueber die Processe der Gührungen und ihrer Beziehungen zum Leben der Organismen. (*Pflüger's Arch.*, t. XII, 1875.)
114. JOHNSON (S.) et SENDTNER (O.). — Chemische untersuchungen verschiedener Pflanzenaschen Bodenarten und Gewässer, etc. (*Wöhler's Liebig's und Kopp's Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. XCV.)
115. KAHLBERG (L.) et TRUE (H.-R.). — On the toxic action of dissolved salts and their electrolytic dissociation. (*Bot. Gaz.*, vol. XXII, 1896.)
116. KIMPFILIN (G.). — Essai sur l'assimilation protochlorophyllienne du carbone. (Thèse de doct., Lyon, 1908.)
117. KIRCHNER (Dr Oscar). — Die Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 2^e édition. Stuttgart, 1906.
118. KNOPP. — Recherches sur les sels minéraux des plantes. (*Journal f. praktische Chemie*, t. XXXVIII, 1847.)
119. KNOPP. — Absorption par les plantes de substances qui ne sont pas des aliments. (*Bot. Centralb.*, t. XXII.)
120. KOHL (G.). — Anatom. physiol. untersuch. der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze, Marburg, 1889.
- 120 bis. LA PERRAUDIÈRE (R. de). — L'analyse de la terre par les plantes spontanées. (*Bull. Soc. agric. Sc. et Arts d'Angers*, 5^e série, t. VII, 1906.)
121. LAURENT (Émile). — Recherches expérimentales sur les maladies des plantes. (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1898-99.)
122. LECOQ (Henri). — Recherches sur l'emploi des engrais salins. (*Ann. scientif. de l'Auvergne*, 1832.)

123. LECOQ (H.). — De la nécessité d'avoir du sel à bon marché pour les besoins de l'agriculture (action du sel sur les végétaux et les animaux, 1846). — *N. B.* Ce mémoire est inséré dans la brochure de DEMESMAY sur le même sujet.
124. LEHMANN. — Der Kupfergehalt von Pflanzen und Thieren in kupferreichen Gegenden. (*Arch. f. Hyg.*, XXVII, 1896.)
125. LE JOLIS (Aug.). — De l'influence chimique des terrains sur la dispersion des plantes. (*Mém. Soc. Sc. natur. de Cherbourg*, t. VIII, 1864.)
126. LE PLAY (Albert). — Recherches chimiques sur l'une des sources de chaux que s'assimilent les produits agricoles des terrains primitifs du Limousin, 1882.
127. LE PLAY (Dr A.). — Du rôle des substances minérales en biologie. (Thèse Paris, 1906.)
128. LE RENARD (Alf.). — Essai sur la valeur antitoxique de l'aliment complet et incomplet. (*Journal de Bot.*, 1906-1908.)
129. LESAGE (Pierre). — Influence du bord de la mer sur la structure des feuilles. (Thèse de doct. Paris, 1890.)
130. LESAGE (P.). — Contributions à la physiologie de la racine. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1891.)
131. MACCHIATI. — Esperienze sulla emissione dell' acido carbonico dalle radici. (*N. Giorn. Bot. ital.*, 1879.)
132. MACCHIATI (L.). — Contribuzione alla flora del gesso. (*N. Giorn. Bot. ital.*, t. XX, 1888.)
133. MACCHIATI (L.). — Seconda contribuz. alla flora del gesso. (*N. Giorn. Bot. ital.*, 1891.)
134. MACDOUGAL. — Le cuivre dans les plantes. (*Revue scientif.*, 1899.)
135. MAGNIN (Dr Ant.). — Nombreux travaux sur l'influence chimique du sel, sur les contrastes en petit, etc., dans les *Ann. de la Soc. Bot. de Lyon*, *Ann. de la Soc. d'Émulation du Doubs*, *Archives de la Flore jurassienne*, etc.
136. MAGNIN (Dr A.). — Influence de la composition chimique de l'eau des lacs sur leur flore. (*Revue génér. de Bot.*, t. V, 1893.)
137. MAGNIN (Dr A.). — Expériences sur l'action du NaCl sur la végétation, faites avec M. THOUVENIN (non publiées).
138. MAGNIN (Dr A.). — L'Édaphisme chimique, rapports du sol avec la flore. (*Mém. Soc. d'Hist. natur. du Doubs*, 1903.)
139. MAILLARD (L.). — Rôle de l'ionisation des sels de cuivre, sulfate de cuivre et *Penicillium glaucum*. (*Bull. de la Soc. Chim. de Paris*, 1899.)
140. MALAGUTI et DUROCHER. — Recherches sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal. (*Ann de Chimie et de Phys.*, 3^e série, t. LIV, 1858 ; et *Ann. des Sc. natur.*, *Bot.*, 4^e série, t. IX.)

141. MANABU-MIHYOSI. — Ueber Chemotropismus der Pilze. (*Bot. Zeit.*, LII, 1894.)
- 141 bis. MARCHAND (L.). — Botanique cryptogamique, 1883.
142. MARESCHAL (Jules). — Mémoire sur l'emploi du sel en agriculture, etc. Paris, 1848.
143. MARGUERITE-DELACHARLONNY. — Essai de classification des chloroses et leurs remèdes. (*Ass. française avancement des Sc.*, Limoges, 1890.)
144. MARSHALL WARD (H.). — Disease in plants, Londres, 1901
145. MARTINS (Charles). — Action de l'eau de mer sur les graines. (*Bull. Soc. Bot. de France*, t. IV. 1857.)
146. MASSEE (G.). — A Text-Book of Plant-diseases, 2^e édition, Londres, 1903.
147. MAZÉ. — Action de l'iode et du lithium sur les plantes. (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1901.)
148. MAZET. — Chlorose végétale et sels de fer du sol. (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, t. XVIII, 1904.)
149. MERCADANTE et COLOSI. — Sulla supposta emissione dell' acido carbonico per mezzo delle radici. (*Gazzetta Chimica ital.*, 1875.)
150. MIGULA. — Ueber den Einfluss stark verdünnter Säuren. (Inaug. dissert., 1888.)
151. MOLISCH. — Ueber Wurzelausscheidungen. (*Zool. Bot. Gesellsch. in Wien.*, 1887.)
- 151 bis. MOLISCH. — Les plantes dans leurs rapports avec le fer, 1892.
152. MOLISCH. — Die Mineralische Nahrung der niederen Pilze. (*Bot. Centralb.*, XLV, 1894.)
153. MOULIN (du). — Toxicité des sels de cuivre. (*Acad. roy. de Méd. de Belgique*, nov. 1885.)
154. MULLER. — Action des sels de cuivre sur les arbres fruitiers. (*Zeit. f. Pflanz. Krankh.*, 1894, 1901.)
155. MÜNTZ (A.) et GIRARD (A.-Ch.). — Les Engrais, 3^e édition, Paris, 1893.
156. NICOTRA (L.). — Influenza del calcare sulla vegetazione (*Malpighia*, IX, 1895.)
157. NOBBE. — Rôle du potassium dans les plantes (Chemnitz, 1871; *Ann. agronom.*, t. I, etc., 1875.)
158. OEHLMANN (V.). — Vegetative Fortpflanzung der Sphagnaceen nebst ihrem Verhalten gegen Kalk (Thèse de doct., Fribourg-Suisse, 1899.)
159. ONO (N.). — Ueber die Wachstumsbeschleunigung einiger Algen und Pilze durch chemische Reize (*Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokio*, 1900.)
160. OPPENHEIMER (C.). — Toxine und Schutzstoffe (*Biol. Centralbl.*, XIX, 1899.)
161. OTTO (R.). — Untersuch. über das Verhalten der Pflanzenwurzeln gegen Kupfersalzlösungen (*Zeit. f. Pflanzenkrankh.*, t. III, 1893.)

162. OTTO (R.). — Ueber Aufnahme und Speicherung von Kupfer durch die Pflanzenwurzeln (*Naturw.*, t. VIII, 1893.)
163. PALISSY (Bernard). — *Traité des sels et de l'agriculture*, 1563.
164. PAYEN. — 5^e Mémoire sur les développements des végétaux : Concrétions et incrustations minérales (*Acad. des Sc., Mémoires des savants étrangers*, t. IX, 1846.)
165. PAYEN. — De la potasse et de la soude dans les plantes et dans les terres en culture (*C. R. Acad. Sc.*, 1869.)
166. PELIGOT (Eug.). — Mémoires sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux (*C. R. Acad. Sc.*, 1868, 1869, 1871.)
167. PELLET. — Etudes nouvelles sur la composition des végétaux (*Annales agronomiques*, 1879.)
- 167 bis. PETERMANN (Dr.). — L'exploration chimique de la terre arable (*Bull. Soc. belge géol. paléont. et hydrol.*, 2^e série, t. IV, 1900.)
168. PFEFFER (W.). — Die Reizbarkeit der Pflanzen (*Ges. deuts. Nat. u. A.* 1893.)
169. PFEFFER (W.). — Ueber Election organischer Nährstoffe (*Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.*, XXVIII, 1895.)
170. PFEFFER (W.). — Pflanzenphysiologie, 1901, et traduct. française par J. FRIEDEL, 1906-1909.
171. PHILLIPS (Fr.). — The absorption of metallic oxyds by plants (*Chem. News*, t. XLVI, 1882.)
172. PIERRE (Isidore). — Etudes d'agronomie et de physiologie végétale, 2 vol., 1868-69.
173. PIERRE (Is.). — Etudes sur les époques d'assimilation des principaux éléments dont les plantes se composent (*C. R. Acad. Sc.*, 1869, et *Journal d'Agricult. prat.*, 1869.)
174. PLANCHON. — Sur la végétation spéciale des dolomies, etc. (*Bull. Soc. bot. de Fr.*, 1854.)
175. PORCHET (Ferdinand). — Action des sels de cuivre sur les végétaux (*Bull. Soc. vaudoise des Sc. natur.*, 4^e série, t. XXXIX, 1903.)
176. PULST (G.). — Die Widerstandfähigkeit einiger Schimmelpilze gegen Metallgifte (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. LXXIII, 1902.)
177. PUVIS. — Des différents moyens d'amender le sol (action du sel marin sur la végétation, etc.)
178. RANGOD-PECHINEY (A.). — De l'importance du sel marin comme engrais (*Ann. Soc. des Sc. industr. de Lyon*, 2^e série, t. I, 1868.)
179. RAULIN (Jules). — Etudes chimiques sur la végétation (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 5^e série, t. XI, 1869.)
- 179 bis. RAY (Julien). — Variations des Champignons inférieurs sous l'influence du milieu (Thèse, et *Revue génér. de Botan.*, 1897.)
180. RÉVEIL (P.-O.). — Recherches de physiologie végétale : De l'action des Poisons sur les plantes, 1 vol., Paris, 1865.

- 180 bis. RICHARDS (H.-M.). — Die Beeinflussung des Wachstums einiger Pilze durch chemische Reize (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. XXX, 1897).
181. ROCHÉ. — De l'action de quelques composés du règne minéral sur les végétaux, Thèse de pharmacie, Paris, 1862.
182. RÖTBE (Carl). — Analysen der Asche der Früchte von *Alnus incana* von verschiedenen Boden, etc. (*Bericht der Naturhist. Ver. in Augsburg*, t. IX, 1856, et t. X, 1857.)
183. ROGERS (W.-B. et R.-E.). — Ueber Zersetzung und Auflösung von Mineralien und Felsarten durch reines und kohlen-saures Wasser (*Simill. Journ.*, 1848.)
184. ROSTRUP (E.). — Plantepatologi, Copenhague, 1902.
185. ROUX (Cl.). — Etudes géologiques, botaniques, zoologiques et agronomiques sur les Monts Lyonnais (*Ann. Soc. Linnéenne de Lyon*, 1895-1901; passim.)
186. ROUX (Cl.). — Végétation défectueuse et chlorose des plantes silicicoles en sols calcaires (*Ann. Soc. Linn. de Lyon*, t. XLVI, 1899.)
187. ROUX (Cl.). — La chlorose ou flavescence des végétaux fruitiers dans la partie moyenne du bassin du Rhône (*Ann. Soc. botan. de Lyon*, t. XXV, 1900.)
188. ROUX (Cl.). — Traité historique, critique et expérimental des Rapports des plantes avec le sol et de la Chlorose végétale, Montpellier-Paris, 1900.
189. ROUX (Cl.). — Monographie du Vignoble de Côte-Rôtie à Ampuis (Rhône) (*Ann. de la Soc. d'Agricult. de Lyon*, 1907.)
190. SACHS. — Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen, 1865.
191. SAINT-LAGER (Dr J.). — Étude de l'influence chimique exercée par le sol sur les plantes. (*Bull. Soc. Bot. de Lyon*, 1876-77.)
192. SAINT-LAGER (Dr J.). — L'appétence chimique des plantes et la concurrence vitale. (*Bull. Soc. Bot. de Lyon*, 1895.)
193. SAINT-LAGER (Dr J.) et AUDIN (M.). — Influence des oxydes de manganèse du sol sur la production des éthers dans le vin. (*Bull. Soc. des Sc. et Arts du Beaujolais*, 1906.)
194. SAUSSURE (Th. de). — Recherches chimiques sur la végétation, Paris, 1804.
195. SCHLÖESING (Th.). — Sur la dissolution du carbonate de chaux par l'acide carbonique; applications aux dissolutions du sol. (*C. R. Acad. des Sc.*, 1872.)
196. SCHLÖESING. — Travaux divers de chimie agricole.
197. SCHIMPER. — Zur Frage der Assimilation von Metallsalzen durch die grünen Pflanzen. (*Flora*, t. LXXIII, 1890.)
198. SINCLAIR (Georges). — Prize essay on sal manure.
199. SORAUER (Paul). — Influence de l'abondance ou du manque d'eau. (*Bot. Zeit.*, 1878.)

200. SORAUER (D^r Paul). — Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Berlin, 3^e édit., 1905-1909.)
201. STANGE. — Beziehungen zwischen substracioncentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen. (*Bot. Zeit.*, 1892.)
202. STEGLICH. — Action nuisible des sels de cuivre, etc. (*Nachrichten a. d. kluk der Landw.*, Berlin, 1893.)
203. STEVENS (F.-L.). — The affect of aqueous solutions upon the germination of Fungus spores. (*Bot. Gaz.*, vol. XXVI, 1898.)
204. SULLIVAN (W.-K.). — Sur la présence de l'ammoniaque et de l'acide azotique dans la sève des végétaux. (*Ann. Sc. natur. Bot.*, 4^e série, t. IX, 1858.)
205. TAKABAYASHI (S.). — Ueber das Giftwirkung von Ammoniaksalze auf Pflanzen. (*Bull. Coll. of Agrik.*, t. III, Tokio, 1897.)
206. THAER. — Agriculture raisonnée (traduct. franç., 4 vol., 1834.)
207. TENORE. — De l'action de l'eau salée sur les plantes, 1855. (Résumé dans les *Arch. des Sc. phys. et natur.* de Genève, 31^e vol.)
208. THURET (Gustave). — Expériences sur des graines de diverses espèces plongées dans de l'eau de mer, avec observations par M. DE CANDOLLE (*Arch. des Sc. de la Biblioth. univers.*, Genève, 1873.)
209. TIEGHEM (Ph. Van). — Traité et Précis de Botanique.
210. UNGER (F.). und HRUSCHAUER. — Beiträge zur Lehre von der Bodenstetigkeit gewisser Pflanzen. (*Sitz. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien.*, 1850.)
211. VALLOT (J.). — Recherches physico-chimiques sur la terre végétale et ses rapports avec la distribution géographique des plantes, Paris, 1883.
212. VEDRÖDI (V.). — Das Kupfer als Bestandtheile der Sandböden und unserer Kulturgewächse. (*Chem. Centralb.*, I, 1894.)
213. VESQUE (Julien). — De l'influence des matières salines et de la température du sol sur l'absorption de l'eau par les racines. (*Ann. Sc. natur.*, *Bot.*, 6^e série, t. IX, 1876.)
214. VIALA (Pierre). — Les Maladies de la Vigne, 3^e éd., Montpellier, 1893.
215. VIALA (P.). — De l'action de certaines substances toxiques sur la vigne, 1895.
216. VILLE (Georges). — L'analyse de la terre par les plantes (*Revue scientifique*, 1890, et volume du *Centenaire du Muséum*, 1894.)
217. VIOLETTE (J.-Henry) et ARCHAMBAULT (P.-J.). — Dictionnaire des analyses chimiques.
218. VIVIAND-MOREL. — Observations sur quelques plantes croissant spontanément sur les plâtras de l'usine Coignet (*Ann. Soc. botan. Lyon*, t. IV, 1876.)

219. VIVIAND-MOREL. — Divers articles sur les rapports des plantes avec le sol (chlorose, etc.) dans *Lyon-Horticole*, années 1880, 1895, 1896-1898, etc.
220. VOITH (Dr C.). — Zur Bodenfrage der Pflanzen dienende chemische Analysen ausgeführt (Erländert von O. Sendtner) (*Flora*, 1855.)
221. VUILLEMIN (Dr Paul). — Considérations générales sur les maladies des végétaux (In. T. I, p. 136... du *Traité de pathologie générale* de Ch. Bouchard, 1895.)
222. WARMING (E.). — *Lerbuch der Oekologischen Pflanzengeographie*, 1896.
223. WINTERBERG (H.). — Sur la théorie de l'intoxication par les acides (*Zeitsch. f. phys. chem.*, XXV, 1899.)
224. WOLLNY. — La décomposition de la matière organique et les formes d'humus, Paris, 1902.
225. YASUDA (A.). — On the influence of inorganic salts upon the conidia-formation of *Aspergillus* (*Bot. Magaz.*, t. XIII, Tokio, 1899.)
226. *Traité de Physiologie et de Pathologie végétales français et étrangers.*
227. *Traité de Chimie agricole et de Botanique appliquée.*
228. Nombreux périodiques renfermant [des] mémoires sur l'influence des sels minéraux et sur la pathologie des plantes.

N. B. — La Bibliographie que nous venons de présenter est en partie originale, c'est-à-dire qu'à côté de travaux déjà signalés dans d'autres Index bibliographiques, elle contient de nombreuses indications qui nous sont personnelles.

On trouvera des bibliographies assez complètes, et concernant plus spécialement l'influence de chaque substance du sol, dans les ouvrages indiqués de FRANK, SORAUER, LE RENARD, etc. L'ouvrage de DELACROIX donne l'énumération de 50 périodiques français ou étrangers relatifs à la pathologie végétale.