

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ BOTANIQUE

DE LYON

QUATRIÈME ANNÉE. — 1875-1876



LYON

ASSOCIATION TYPOGRAPHIQUE

C. RIORD, rue de la Barre, 12.

1877

Deux propositions, l'une proposant de porter la cotisation à 10 fr., l'autre à 8 fr., sont en présence.

La Société décide, par 19 voix contre 15, que le montant de la cotisation, pour l'année 1876, sera fixé à dix francs.

Renouvellement du Bureau.

M. SAINT-LAGER, président sortant, donne lecture des articles du règlement concernant les élections du Bureau.

Il est procédé ensuite aux élections qui donnent le résultat suivant :

M. SARGNON, vice-président, est élu Président de la Société, pour l'année 1876 ;

M. le D^r PERROUD est élu vice-président ;

M. ANT. MAGNIN est maintenu secrétaire général ; M. G. ROUX, secrétaire des séances, et M. MERMOD, trésorier.

La séance est levée.

SÉANCE DU 13 JANVIER 1876

PRÉSIDENTE DE M. SARGNON

M. SARGNON remercie la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en le nommant Président pour l'année 1876.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu par M. Roux, secrétaire, et sa rédaction adoptée.

Admissions :

MM. Gacogne et Guillaume, présentés à la dernière séance, sont admis comme membres titulaires.

Correspondance :

Sont déposés sur le bureau :

- 1^o *Revue bryologique* de M. Husnot, 1876, n^o 1 ;
- 2^o *Bulletin du Cercle pratique d'Horticulture et de Botanique* du Havre, n^{os} 3, 4 et 5 ;
- 3^o *Revue savoisienne*.

M. SAINT-LAGER donne lecture d'une lettre qui lui a été adressée par M. Magnin, et dont voici des extraits :

Les Lichens qui m'ont été envoyés par M. Boudeille et qui proviennent de la vallée de l'Ubaye (Basses-Alpes) paraissent, d'après l'étude encore imparfaite que j'en ai faite, devoir fournir quelques espèces intéressantes : je citerai de suite les *Solorinella asteriscus* et *Gyalolechia Schistidii*, récoltés par M. Boudeille dans les environs de La Condamine (Basses-Alpes), et qui n'ont pas encore été signalés en France.

Je compare, en ce moment, les espèces douteuses avec les types contenus dans l'herbier du Muséum d'histoire naturelle, gracieusement mis à ma disposition par M. Bureau ; à la séance prochaine, je pourrai probablement vous donner des renseignements plus précis sur l'importante collection de notre zélé confrère.

A la dernière séance de la Société botanique de France, M. Daveau, chef de la section des graines au Muséum d'histoire naturelle, a donné d'intéressants détails sur le voyage botanique qu'il vient de faire dans la Cyrénaïque. M. Daveau a étudié sur place le fameux *Thapsia Silphium* de Viviani, auquel quelques personnes ont voulu, dans ces dernières années, rapporter le *Silphion* des anciens ; le *Silphium* de la Cyrénaïque ne serait rien moins qu'un spécifique contre la phthisie ! M. Daveau a pu se convaincre que le *Thapsia* de la Cyrénaïque ne diffère en rien du *Thapsia garganica*, qu'on trouve dans une grande partie de la région méditerranéenne, dans l'Algérie en particulier ; la comparaison des échantillons rapportés par M. Daveau et déposés par lui dans les collections du Muséum, avec le *Thapsia garganica* de l'Algérie, des îles Baléares, ne laisse aucun doute sur l'identification de ces deux espèces.

Une particularité intéressante de la végétation de la Cyrénaïque, c'est l'existence de grandes surfaces de terrains, quelquefois plusieurs lieues carrées, habitées par la même espèce de plante ; c'est ainsi qu'en allant de Benghazi à Dernah on rencontre successivement des zones couvertes exclusivement de *Kentrophyllum lanatum*, puis de *Phlomis Samia*, *Seseli tortuosum*, *Passerina hirsuta*, *Artemisia Herba-alba*, *Juniperus lycia*, *Pistacia Lentiscus*, etc. (1).

(1) Voy. : *Bull. Soc. bot. de France*, 1876, p. 23 ; *La Vérité sur le Sylphion*, par M. Hérincq ; analysé par nous dans *Lyon-Médical*, 1876, t. XXI, p. 408.

Nécrologie :

M. SAINT-LAGER annonce la mort de M. Emile Burle, de Gap, et prononce à ce sujet les paroles qui ont été reproduites à la page 142 du tome III de nos Annales.

Communications :

1° M. VIVIAN-MOREL donne lecture de la note suivante :

OBSERVATIONS SUR QUELQUES PLANTES CROISSANT SPONTANÉMENT
SUR LES PLÂTRAS DE L'USINE COIGNET

La géographie botanique est une science de création naissante, qui étudie les faits de dispersion et les met en rapport avec leurs causes probables. Elle met à profit et coordonne toutes les données fournies par la botanique descriptive, la géologie, la météorologie, la physique et la chimie.

Pénétré de cette idée que l'étude d'un fait même peu important peut servir, sinon à résoudre une question, du moins à l'éclairer, je vous apporte aujourd'hui le résultat de quelques observations que j'ai faites sur les plantes qui, depuis longtemps, se sont établies sur les plâtras de la fabrique Coignet.

La présence de quelques espèces considérées habituellement comme silicicoles par ceux qui admettent que l'influence chimique du terrain est le facteur principal des faits de dispersion observés, me confirma dans cette idée, déjà soutenue par plusieurs botanistes éminents, que cette influence, sans être complètement nulle, est évidemment subordonnée à l'influence physique ou mécanique du sol.

Je comprends très-bien que l'influence chimique des terrains a dû séduire les botanistes géologues et que, le plus souvent, les faits étudiés dans de petites circoncriptions semblaient leur donner raison. Pourtant, je demeure convaincu que la plupart des végétaux peuvent croître sans le secours des forces chimiques du sol, lequel peut, à la rigueur, être remplacé par un support inerte, et que l'eau, l'air, la chaleur et la lumière sont les agents essentiels de toute végétation.

Depuis quelques années j'herborise fréquemment sur les plâtras de la fabrique Coignet. Dans le courant de l'été dernier, j'ai catalogué les noms des espèces qui ont envahi ce sol factice ; beaucoup d'entre elles sont très-communes et se trouvent surtout sur les bords des chemins. En les éliminant ainsi que

celles qui sont réputées calcaréophiles, il reste quelques espèces qui sont généralement citées comme préférant les terrains où dominent la silice et l'alumine.

Avant de vous donner leurs noms, il est utile que je vous indique le résultat de l'analyse chimique du sol où elles croissent. Vous savez que cet énorme dépôt de matière blanchâtre, qui avoisine l'usine Coignet, est un des résidus de la fabrication du phosphore. On calcine d'abord les os pour en détruire la matière animale; puis les os calcinés et pulvérisés sont traités par l'acide sulfurique; le mélange est ensuite délayé dans l'eau et filtré; les matières solubles passent et il reste sur le filtre du sulfate de chaux, mêlé de 2 à 3 0/0 de phosphate retenu pendant l'opération.

Au bout de quelques années, la poussière du chemin en modifie légèrement la surface, et, en admettant qu'un peu de silice et d'alumine vienne s'y joindre, on peut certainement assurer que le sulfate de chaux est l'élément dominant et que ce terrain est éminemment gypseux.

Voici maintenant la liste de quelques plantes que je signale à votre attention : *Epilobium collinum*, *Spergularia rubra*, *Rumex acetosella*, *Polycnemum majus*, *Herniaria hirsuta*, *Vulpia pseudo-myuros*, *Gnaphalium luteo-album*, *Thrinicia hirta*, *Chondrilla juncea*, *Dianthus prolifer*.

Même en ne considérant que la Flore lyonnaise, il est certain que quelques-unes de ces plantes (1) doivent être rangées parmi les ubiquistes; mais comme elles sont données par les botanistes comme caractéristiques des terrains primitifs dans des contrées plus éloignées au Nord, j'en conclus déjà que les observations des auteurs qui se sont occupés de ce sujet manquent de cette précision qu'on est en droit de demander dans une question aussi importante.

L'*Epilobium collinum* habite spécialement les granites dans nos environs. M. Godron, dans sa Flore de Lorraine, signale comme croissant sur les grès : *Vulpia pseudo-myuros*, *Herniaria hirsuta*, *Spergularia rubra*, *Thrinicia hirta*.

Ces plantes, que nous trouvons dans nos terrains argilo-si-

(1) Les *Chondrilla juncea*, *Dianthus prolifer*, *Gnaphalium luteo album*, *Polycnemum majus*, sont très-communs sur les alluvions caillouteuses qui s'étendent de Lyon à Villeurbanne et aux Charpennes.

liceux, sont pour la plupart nulles sur les calcaires du Jura et de la Lorraine. Le même auteur, dans son mémoire sur l'espèce, reconnaît que la grande majorité des plantes sont assez indifférentes relativement à la nature du sol. Parmi les exemples qu'il donne de celles qui, au contraire, paraissent préférer les sols siliceux, je trouve, comme exemple de silicicoles : *Digitalis purpurea*, *Arnica montana*, etc., qui, en effet, sont caractéristiques des terrains siliceux au Mont-Pilat et ailleurs ; mais j'y vois aussi le *Vulpia* déjà cité, ce qui n'est point conforme à ce que nous voyons sur les plâtras de l'usine Coignet.

De Mohl, dans ses considérations géographiques sur la flore du Wurtemberg, signale comme espèce des grès keupériens les *Vulpia*, *Polycnemum*, *Genista pilosa* et *sagittalis*, etc.

Les deux premiers abondent sur le sulfate de chaux, et les deux genêts sont assez communs sur les calcaires jurassiques.

Lachmann signale également le *Vulpia* sur les grès liassiques. Je pourrais aisément multiplier les citations d'auteurs, et montrer, comme Schultz l'a déjà fait, que la présence de certaines espèces, considérées comme liées à la présence de certains terrains géologiques dans de petites circonscriptions, ne se vérifie pas toujours dans des limites plus étendues. Telles plantes réputées calcaréophiles dans un pays sont souvent regardées comme silicicoles dans un autre, et il arrive parfois que les unes et les autres vivent ensemble dans un terrain de même nature. Ainsi, ceux qui ont herborisé dans les collines formées de grès et de sables quartzeux de Fontainebleau savent très-bien qu'un bon nombre de plantes de nos calcaires y croissent avec les plantes dites granitiques. Ainsi, avec la *Digitalis purpurea*, on trouve : *Trinia vulgaris*, *Hutchinsia petræa*, *Orobus vernus*, *Teucrium montanum*, *Globularia vulgaris*, *Carex humilis*, *Stipa pennata*, *Sesleria cærulea*, etc.

De ce qui précède, il résulte clairement qu'en examinant l'ensemble des faits de dispersion, on arrive à classer parmi les ubiquistes la plupart des plantes que je vous ai signalées.

Si on établissait des expériences sérieuses sur une grande échelle, il est plus que probable que beaucoup de plantes devraient rentrer dans la même catégorie ; alors l'hypothèse de l'influence chimique du sol ne reposerait plus que sur des faits isolés, absolument insuffisants au point de vue scientifique. En fin de compte, il me semble que si on connaissait mieux

les relations des végétaux avec le sol et les influences multiples qui agissent sur la végétation, on verrait que chaque plante obéit à un ensemble de conditions physiques et que le rôle chimique des roches est fort restreint.

Un exemple assez frappant prouve bien que si le sol joue un rôle chimique dans les faits de dispersion, ce rôle est complètement subordonné à l'influence physique.

J'ai, pendant une sixaine d'années, relevé les desiderata des plantes absentes au Jardin botanique de Lyon, et j'ai observé que c'étaient toujours les mêmes plantes qui manquaient chaque année. En éliminant celles qui croissent à une altitude élevée et que l'on ne peut cultiver qu'avec des soins particuliers, en éliminant encore celles des contrées méridionales, et enfin en mettant aussi à part celles qui croissent dans des terrains différents de celui du jardin, je trouve que deux catégories de plantes ne peuvent pas y vivre longtemps sans être renouvelées. La première comprend les espèces des coteaux secs, ce qui s'explique aisément par cette considération que le sol du jardin n'offre pas un égouttement suffisant; la deuxième, celles des endroits frais, par la raison que le sol n'y est pas assez humide. On a obvié en partie à ces deux difficultés en cultivant les plantes des coteaux secs dans des pots bien drainés, et celles des endroits frais dans des terrines tenant un peu d'eau.

Ainsi, dans la catégorie des plantes des coteaux secs, j'ai vu souvent disparaître *Brassicella cheiranthos*, *Nasturtium pyrenaicum*, *Biscutella lavigata*, *Polygala vulgaris* et *comosa*, *Linum tenuifolium*, *Genista sagittalis*, *Cytisus argenteus*, *Coronilla minima*, *Trinia vulgaris*, *Tordylium maximum*, *Scabiosa suaveolens*, *Leontodon crispus*, *Hypochaeris maculata*, *Lactuca perennis*, *Echium vulgare*, *Onosma tinctoria* et *arenarium*, *Anarrhinum bellidifolium*, *Calamintha officinalis*, *Nepeta cataria*, *Orchis militaris*, *Simia, fusca, variegata*, *Anacamptis pyramidalis*, *Ophrys muscifera* et *arachnites*, *Andropogon gryllus*, *Stipa pennata*, *Diplachne*, etc. Je pourrais allonger cette liste, mais les exemples cités me semblent suffire à prouver que certaines plantes ne peuvent pas prospérer dans les sols qui ne présentent pas la structure physique qui leur convient.

Je pourrais vous présenter une longue liste des espèces des terrains frais qui ne peuvent pas non plus être cultivées facile-

ment dans le jardin botanique ; je me bornerai à vous en citer quelques-unes :

Cardamine pratensis, *Lychnis flos cuculi*, *Spergula nodosa*, *Hypericum humifusum*, *tetrapterum*, *Lythrum salicaria*, *Hyssoipifolia*, *Silauus pratensis*, etc., etc.

Il résulte donc de tous les faits ci-dessus signalés que ce sont précisément les plantes les plus xérophiles et les plus manifestement hygrophiles qu'on ne parvient pas ou difficilement à conserver dans les jardins botaniques, ce qui prouve bien la prépondérance de l'action physique du sol.

J'ai cultivé dans le sol d'un jardin contenant du carbonate de chaux la Digitale pourprée qu'on regarde comme silicicole, et elle y fleurissait très-bien ; mais je n'ai jamais pu cultiver l'*Arnica montana*, même dans un terrain granitique, peut-être parce que l'altitude ne lui convenait pas. Je cultive depuis longtemps dans une terre de bruyère provenant des terrains granitiques de Vaugneray (Rhône) : *Daphne mezereum*, *Cytisus argenteus*, *Orobus vernus*, *Orchis fusca*, *Simia, rubra, variegata*, etc., toutes plantes parfaitement calcaréophiles dans nos environs, et nul doute que l'on ne puisse également y cultiver toutes nos plantes calcaires. Il me semble que vous allez me faire une objection en me disant que ma terre de bruyère peut contenir du carbonate de chaux, et si je cultive une plante silicicole dans du calcaire, vous direz aussi que ce calcaire doit contenir de la silice, ce qui peut arriver dans les deux cas. A cela, je répondrai simplement que si dans un terrain on ne peut pas prendre l'élément dominant comme base d'une appréciation, il faut renoncer à toute interprétation des faits de dispersion, en ce qui concerne l'influence chimique du sol, puisque alors chaque espèce pouvant vivre dans toute sorte de terrains, on est réduit à dire qu'elle est douée de la faculté de choisir les éléments chimiques qui lui conviennent.

On peut encore, par le moyen de la greffe, démontrer que telle plante silicicole greffée sur un sujet calcicole y vit parfaitement bien. Le *Sarothamnus purgans*, par exemple, vivra, fleurira et grainera sur le *Genista tinctoria* planté dans le calcaire.

Si je demande aux partisans de l'influence chimique comment est fourni le chlorure de sodium aux plantes des terrains salés que l'on cultive dans les jardins telles que *Crambe mari-*

tima, *Obione portulacoides*, *Atriplex halimus*, *Salsola soda*, *Kali*, *Suaeda fruticosa*, etc., ils me diront sans doute qu'il provient des fumiers. Pourtant une plante de *Salsola soda* est devenu superbe sur un tas de sable vierge tiré des carrières de Montchat, et qui certainement ne contenait point de sel. Je connais des plantations d'*Atriplex halimus* dans des endroits où on ne met jamais de fumiers, et ces plantes sont assez belles. Si, comme il est très-probable, le sel leur est utile, il ne leur est pas absolument indispensable pour vivre, comme on le démontre expérimentalement. Je sais que quelques plantes n'ont été rencontrées que sur des terrains à composition déterminée, auxquels elles restent fidèles dans leurs migrations. Ainsi, parmi les Lichens, le *Lecidea geographica*, à lui seul, suffit pour faire reconnaître une roche siliceuse. Cependant on constate que cette espèce a une variété qui peut vivre sur les calcaires.

Il serait utile de faire des expériences sur cette espèce, afin de bien établir que la forme des granites se refuse absolument à croître sur les blocs calcaires, surtout lorsque leur texture ne diffère pas essentiellement de celle des granites.

Il y a quelque chose de vraiment extraordinaire dans ce fait d'un Lichen, végétal considéré comme n'ayant pas de racines, vivant d'une roche à peu près insoluble.

L'analyse chimique des cendres d'une plante y révèle la présence, en quantités tellement faibles, des éléments dont on voudrait faire la cause des faits de dispersion, que si on ne savait pas que souvent les grands effets sont produits par des causes minimales en apparence, on rejetterait d'emblée l'hypothèse de l'influence chimique, et cela d'autant mieux que les éléments en question n'entrent pas directement en combinaison avec les végétaux, mais y restent toujours libres.

Je conclus donc, jusqu'à ce qu'on m'ait prouvé le contraire :

1° Que les plantes dites silicicoles, qui croissent sur les plâtras de la fabrique Coignet, devront être considérées donéavant comme ubiquistes au point de vue géologique et chimique ;

2° Que certaines plantes, parfaitement indigènes chez nous, ne peuvent pas se maintenir dans un terrain qui ne présente pas les conditions de siccité ou d'humidité qu'elles trouvent dans leurs stations naturelles ;

3° Que les plantes réputées calcaréophiles peuvent très-bien être cultivées dans des sols siliceux et *vice versâ* ;

4° Que certaines plantes des terrains salés peuvent vivre sans chlorure de sodium ;

4° De l'ensemble des faits, il résulte clairement que le sol agit sur les plantes beaucoup plus par ses qualités physiques que par sa composition chimique.

M. SAINT-LAGER présente ensuite les considérations contenues dans le mémoire suivant :

ÉTUDE DE L'INFLUENCE CHIMIQUE EXERCÉE PAR LE SOL SUR
LES PLANTES, par M. le D^r Saint-Lager.

L'importante question de phytostatique soulevée par notre honorable collègue, M. Morel, a été de ma part l'objet d'une étude toute particulière. Depuis plusieurs années je m'occupe d'une statistique comprenant, d'une part, la constatation de la dispersion géographique des plantes phanérogames, des mousses et des lichens de l'Europe, et, d'autre part, l'examen des conditions géologiques, minéralogiques et chimiques au milieu desquelles chaque espèce se trouve placée.

Cette vaste enquête m'a conduit à reconnaître, comme d'autres botanistes l'avaient fait avant moi par l'étude de quelques Flores locales, qu'il existe entre la végétation naturelle et la nature minéralogique des terrains, une relation manifeste et indéniable.

L'exposé de ces faits comporte tant de détails qu'il n'est pas de nature à être soumis à l'auditoire, même le plus patient et le plus bienveillant ; ce n'est que dans un livre qu'il peut être présenté.

Aussi je supposerai que vous admettez, avec tous les botanistes qui ne se sont pas bornés à étudier la géographie botanique dans un jardin, mais qui comme moi ont beaucoup voyagé, beaucoup observé et beaucoup lu, que dans tous les pays la Flore varie avec la nature des terrains.

Tenant donc le fait pour certain, je me bornerai à discuter la question de savoir s'il faut l'attribuer aux propriétés physiques du sol, suivant l'opinion professée par Aug. et Alph. de Candolle, Thurmann, Contejean, Watson, Delbos, opinion dont M. Morel s'est fait ici le champion, ou bien si, comme l'ont soutenu avant moi beaucoup de bons observateurs, la corrélation si évidente des plantes avec la nature des terrains dépend

à la fois des propriétés physiques dont personne ne conteste la réalité, et aussi de la composition chimique du sol.

Le désaccord qui règne entre les botanistes sur l'interprétation du fait de la diversité parallèle des Flores et des terrains me semble résulter, non d'une difficulté intrinsèque du problème, mais bien plutôt du choix des moyens employés pour le résoudre, et volontiers je dirais, comme au palais, la procédure a été mal dirigée.

En effet, jusqu'ici les partisans de la doctrine physico-chimique s'évertuaient à présenter à leurs adversaires le tableau du contraste frappant qu'offre la végétation de telle région granitique, par exemple, avec celle de telle région jurassique située dans le voisinage de la première. Ils avaient beau accumuler les exemples de cette sorte, on leur répondait invariablement : à quoi bon vouloir nous prouver ce que nous savons aussi bien que vous ; nous n'ignorons pas que le sol, comme le climat, est un des facteurs importants de la végétation, mais nous persistons à croire que, sauf dans le cas où il est imprégné de sels solubles, tels que le sel marin, son rôle chimique est fort contestable, et que la plupart des faits de dispersion peuvent parfaitement s'expliquer par la seule considération des propriétés physiques des roches et des terrains.

J'ai donc pensé que puisque les coïncidences géologiques ne conduisaient pas à des résultats décisifs, il fallait, sans toutefois les négliger, à titre de confirmation, s'adresser à un autre ordre de preuves et faire intervenir des considérations tirées de la chimie physiologique.

Ou je m'abuse étrangement, ou la question envisagée de cette manière est une des plus claires de la botanique.

Toute mon argumentation peut se résumer dans les deux propositions suivantes :

1° L'analyse chimique et l'expérience agricole prouvent que certaines substances minérales sont, pour les plantes, de véritables aliments ;

2° Si l'on considère la nature et la quantité des substances minérales absorbées, on peut répartir les espèces végétales en quatre groupes, ainsi appelés : calciphiles, kaliphiles, nitrophiles et halophiles.

Au préalable, entendons-nous sur le sens qu'il faut attacher au mot aliment. Suivant tous les physiologistes, l'aliment est

une matière qui, introduite dans un être vivant, y éprouve une série d'élaborations et de transformations chimiques à la suite desquelles ses molécules deviennent partie intégrante de l'organisme qui les a reçues.

Ainsi le phosphate de chaux est un aliment pour les animaux vertébrés, car il est indispensable à l'accroissement de leur squelette ainsi qu'à la nutrition du cerveau, de la moelle épinière et des nerfs, auxquels il fournit le phosphore nécessaire à la formation des graisses phosphorées que ces organes doivent contenir pour l'accomplissement de leurs importantes fonctions.

Le sel marin et le fer sont aussi des aliments pour les animaux, car tous deux entrent dans la constitution du sang et jouent un rôle dans les phénomènes chimiques qui ont lieu dans ce liquide nourricier.

Les animaux inférieurs n'échappent pas à la loi générale en vertu de laquelle les matières minérales concourent avec les substances organiques à l'accomplissement des actes de la nutrition. La plupart des mollusques, les polypiers, les madrépores et les infusoires se recouvrent d'une carapace composée de carbonate de chaux représentant un squelette extérieur.

D'autres, les polycystinées et les spongiaires ont un test entièrement siliceux. L'appétit si clairement manifesté par ces êtres placés au bas de l'échelle animale pour telle ou telle particule minérale, est d'autant plus remarquable que les silicivores et les calcivores vivent dans les mêmes eaux et que chacun d'eux sait y trouver les aliments qui lui conviennent, si minime que soit la quantité dissoute dans l'eau.

Les particules minérales ne forment qu'une faible partie de l'alimentation des animaux, laquelle se compose pour une part plus considérable des matières organiques fabriquées par les plantes à l'aide des substances minérales que celles-ci puisent dans le sol.

Au surplus, il importe de remarquer que les aliments minéraux ne sont pas tirés directement du sol par les animaux; les carnivores les reçoivent des herbivores, ceux-ci des plantes qui leur servent de pâture; seul, le végétal, premier anneau de la chaîne des êtres vivants, est en communication immédiate avec la terre, réservoir commun des matières minérales.

L'alimentation des plantes est exclusivement minérale, ainsi

qu'on va le voir par l'examen successif des composés qui servent à la nutrition végétale et qui sont :

1° *La Potasse.* — Les roches feldspathiques qui forment la majeure partie de l'écorce terrestre, contiennent cette base combinée à l'acide silicique et associée au silicate d'alumine ; j'appelle *kaliphiles* les plantes dans lesquelles la potasse existe en quantité prépondérante ; on les appelle quelquefois aussi *silicicoles*, parce qu'elles vivent de préférence sur les terrains dans lesquels dominent les silicates alcalins et terreux. Il importe de bien comprendre que cette expression *silicicoles* désigne un habitat et ne signifie pas que les plantes ainsi nommées se nourrissent particulièrement de silice. Les végétaux exclusivement silicivores sont peu nombreux et appartiennent surtout aux familles des Équisétacées et des Diatomées, comme nous le verrons plus loin.

Parmi les plantes kaliphiles, je citerai particulièrement le Genêt à balai, les Bruyères, la petite Oseille (*Rumex acetosella*), la Digitale pourprée, la grande Fougère (*Pteris aquilina*), et la plupart des espèces qui vivent sur les granits, les gneiss, les micaschistes, les porphyres, les grès et autres roches composées de silicates alcalino-terreux ; comme ces mêmes silicates entrent pour les deux tiers ou au moins pour la moitié dans la composition des marnes qui sont, au point de vue agricole, la partie la plus importante des formations calcaires jurassiques, crétacées ou tertiaires, on ne sera pas surpris de constater la présence de quelques plantes *kaliphiles* ou *silicicoles* sur les marnes riches en silicates. Souvent aussi ces marnes contiennent des rognons siliceux qui, après la désagrégation des marnes, forment à la surface du sol une couche toute remplie de silex, ainsi que je l'ai déjà expliqué dans un article précédent (1).

Parmi les plantes cultivées qui enlèvent le plus de potasse au sol, je citerai : la Vigne, la Betterave, les Navets, l'Absinthe et les Tubercules de la Pomme de terre (dans les tiges et les feuilles c'est, au contraire, la chaux qui prédomine).

Suivant Nobbe, qui a fait de nombreuses expériences sur le rôle physiologique des composés potassiques, l'intervention de ces derniers serait indispensable pour que la chlorophylle puisse

(1) *Ann. de la Soc. botan. de Lyon*, 3^e année, n^o 2, p. 83.

produire l'amidon, principe immédiat si répandu dans l'organisme végétal.

2° *La Soude*. — Cette base, le plus souvent à l'état de chlorure, remplace la potasse dans l'alimentation des plantes qui vivent dans les eaux marines, comme les Fucoidées, les Zostéracées, ou de celles qui habitent les rivages maritimes, comme la plupart des *Atriplex*, les *Suaeda*, *Salsola*, *Beta* et plusieurs *Chenopodium*, etc.

On donne le nom de *halophiles* (1) aux plantes qui aiment les eaux plus ou moins riches en chlorure de sodium.

Ce n'est pas seulement dans les eaux et sur les rivages de la mer qu'on observe les plantes *halophiles*, on les trouve encore dans l'intérieur des continents, partout où existent des sources salées, notamment dans le Puy-de-Dôme et aussi près des salines du Jura, de la Meurthe, Palatinat rhénan, Hesse, Nassau, Westphalie, Hanovre, Brunswick, Thuringe, Mansfeld, Gallicie, Hongrie, Espagne, ainsi que dans les steppes salées de la Sibérie et de l'Afrique.

Voici la liste des principales espèces halophiles signalées dans les stations que je viens d'énumérer. J'ai exclu de cette énumération les espèces asiatiques qui ne se retrouvent pas en Europe.

<i>Ranunculus Baudoti.</i>	<i>Atriplex hastata</i> var. <i>salina</i> .
<i>Spergularia media.</i>	— <i>laciniata</i> .
<i>Lepidium latifolium.</i>	— <i>crassifolia</i> .
<i>Frankenia pulverenta.</i>	— <i>littoralis</i> .
— <i>hispidia</i> .	— <i>rosea</i> .
<i>Trifolium maritimum.</i>	<i>Salsola kali</i> .
<i>Aster tripolium.</i>	— <i>soda</i> .
<i>Artemisia maritima.</i>	<i>Suaeda maritima</i> .
<i>Sonchus maritimus.</i>	— <i>fruticosa</i> .
<i>Bupleurum tenuissimum.</i>	<i>Rumex maritimus</i> .
<i>Apium graveolens.</i>	<i>Ruppia maritima</i> .
<i>Glaux maritima.</i>	<i>Kochia prostrata</i> .
<i>Samolus Valerandi.</i>	— <i>scoparia</i> .
<i>Erythræa linarifolia.</i>	<i>Obione portulacoides</i> .
<i>Plantago maritima.</i>	<i>Chenopodium maritimum</i> .
<i>Juncus Gerardi.</i>	— <i>rubrum</i> var. <i>crassifolium</i> .
<i>Statice limonium.</i>	<i>Hordeum maritimum</i> .
— <i>echioides</i> .	<i>Glyceria distans</i> .
— <i>Gmelini</i> .	<i>Polypogon maritimum</i> .
— <i>reticulata</i> .	<i>Æluropus littoralis</i> .
<i>Triglochin maritimum.</i>	<i>Glyceria festucæformis</i> .

(1) αλς, sel ; φιλος, ami.

L'existence d'espèces halophiles dans les terrains de l'intérieur du continent qui sont arrosés par des sources salées, est un fait capital dans la question qui nous occupe. Thurmann, qui a soutenu avec un remarquable talent la doctrine de l'influence physique des terrains, ne peut s'empêcher de reconnaître que « l'influence chimique du sel marin est de la plus complète évidence. »

M. Alph. de Candolle admet aussi de la manière la plus formelle l'influence chimique du sel marin et des autres sels très-solubles.

Tous deux refusent aux sels insolubles ou peu solubles une action chimique capable d'influer sur la distribution géographique des plantes.

C'est vraiment une chose singulière de voir des savants aussi distingués que ceux que je viens de citer, prendre la solubilité des corps comme mesure de leur énergie chimique. Certes, les poisons agissent bien incontestablement par les réactions chimiques qu'ils exercent sur les organes des êtres vivants, et cependant on en connaît plusieurs qui sont classés parmi les sels insolubles, tels sont le protochlorure de mercure, les iodures de mercure et d'argent, l'arséniate de cuivre, le réalgar, l'orpiment, le cinabre, la céruse, et plusieurs autres qu'il serait trop long d'énumérer et qui possèdent, même à la faible dose de quelques centigrammes, une action toxique des plus dangereuses.

Les personnes qui n'ont pas fait des études chimiques pratiques et approfondies se font généralement une fausse idée de la prétendue insolubilité des corps, laquelle, en réalité, n'est qu'une solubilité relative. Si, par exemple, le phosphate de chaux est un corps insoluble, comme le croient beaucoup de gens, comment pourrait-il pénétrer à travers le filtre à mailles très-serrées des radicules végétales et ensuite arriver aux animaux pour former leur squelette, dont il compose 64 parties sur 100.

En tenant compte des enfants, on peut admettre que le poids moyen du squelette humain est de 4 kilog., représentant environ 2 kilog. 560 de phosphate de chaux ; il résulte de là que les trente millions de citoyens français possèdent une quantité de ce sel dit insoluble, exprimée en poids par les chiffres suivants : 76,800,000 kilog.

Voulez-vous savoir quelle est la quantité des matières minérales enlevées au sol par les plantes cultivées? Consultez le tableau suivant, emprunté aux ouvrages de M. Boussingault, dans lequel sont indiqués, d'un côté, le genre de récolte, de l'autre, le poids des cendres obtenues après incinération :

1.000 KILOGR. DE	SUBSTANCES MINÉRALES ENLEVÉES A CHAQUE HECTARE DE TERRE.
Pommes de terre.	40 kilogr.
Betteraves	63 —
Navets	76 —
Topinambours.	60 —
Froment { paille	70 —
{ grain	24 —
Avoine { paille	51 —
{ grain	40 —

Il faut remarquer que ces matières minérales étaient contenues dans le sol à cet état qu'on appelle insoluble. On comprend aisément que si les roches étaient aussi facilement solubles dans l'eau que le sont les engrais chimiques de M. G. Ville, il y a longtemps que l'écorce terrestre des continents aurait été dissoute par les eaux pluviales et entraînée à la mer. Toutefois, cette insolubilité n'est point absolue, et je crois que les chimistes feraient bien d'insister, plus qu'ils ne font dans leurs livres et dans leurs cours, sur le sens précis qu'il faut attacher au mot insoluble, et de prévenir leurs lecteurs et auditeurs que l'insolubilité dont ils parlent est relative à l'eau pure, et non à l'eau plus ou moins chargée d'acide carbonique et de sels ammoniacaux, laquelle, dans la terre arable mélangée de détritux végétaux et de fumier, jouit du pouvoir de dissoudre les corps insolubles dans l'eau distillée.

Si les chimistes avaient été plus clairs et plus explicites sur cette question, nous n'aurions probablement pas entendu soutenir que les sels solubles, comme le chlorure de sodium et les sels ammoniacaux, exercent, sur la dispersion naturelle des plantes, une action chimique des plus évidentes, mais que les matières insolubles du sol, étant dépourvues d'une activité chimique suffisante, ne peuvent agir que par leurs propriétés physiques.

Avant de quitter la question du sel marin, je veux combattre l'erreur dans laquelle sont tombés un grand nombre d'agronomes et de chimistes distingués, relativement au rôle

des sels de soude dans les phénomènes chimiques de la végétation.

Le célèbre chimiste Liebig avait soutenu que si une base manquait dans le sol, elle pouvait être remplacée par une autre. Partant de cette idée erronée, beaucoup d'agriculteurs ont cru qu'on pourrait introduire dans la terre du sel marin pour suppléer à l'insuffisance des sels de potasse. Il est certain que si, sous le rapport physiologique, il y avait équivalence entre la potasse et la soude, on trouverait de grands avantages, au point de vue de l'économie, à employer le sel marin. Malheureusement ces espérances ont été bien vite renversées par l'expérimentation, et on a reconnu que, sauf pour la culture du Colza, de la Betterave, de la Bette commune, du Céleri, du Passerage (*Lepidium sativum*), le sel marin était d'une inutilité complète, lorsqu'il n'était pas pernicieux. Les expériences suivantes viennent d'ailleurs justifier cette inefficacité. M. Péligot n'a pas trouvé de soude dans les cendres de Blé, d'Avoine, de Pomme de terre, de Tabac, de Pivoine, Ricin, Haricot, Souci, Pariétaire, bois de Chêne et de Charme, feuilles de Mûrier, quoique les plantes susdites fussent cultivées dans un sol contenant de la soude, où croissaient aussi des Arroches, Anserines, Mercuriales, Betteraves, dans les cendres desquelles l'analyse a constaté la présence de la soude.

M. Déhéraïn, après avoir ajouté des dissolutions de divers sels de soude dans une terre, n'a point trouvé de soude dans les cendres des plantes récoltées sur ce champ.

La plupart des plantes continentales ont donc pour le chlorure de sodium une véritable antipathie. Ce fait est d'autant plus remarquable qu'il est en opposition flagrante avec la tolérance et l'appétence bien connue d'un grand nombre d'animaux pour ce sel ; tandis que pour eux le chlorure de potassium et tous les autres sels potassiques sont des poisons, même à des doses peu élevées.

3^o *L'Ammoniaque et les Nitrates.* — Les composés azotés du sol sont surtout à l'état de carbonate d'ammoniaque et de nitrates alcalins. Les espèces qui vivent autour des habitations, dans les décombres, et plusieurs de celles qu'on remarque le long des chemins, sont très-sensibles à leur action. Au nombre de ces espèces, on peut citer les Orties, les Mauves, la Pariétaire, *Stellaria media*, *Lepidium rudicale*, *Senebiera*

coronopus, *Blitum bonus Henricus* et la plupart des Chenopodiacées.

Le *Rumex alpinus* encombre les abords des chalets des Alpes et indique d'une manière certaine les places où ont parqué les bestiaux. Un grand nombre de Champignons et, parmi les Mousses, les *Funaria hygrometrica* et *Bryum pyriforme*, ont une prédilection très-marquée pour les lieux riches en matières azotées.

Enfin, à l'exception des Légumineuses, la plupart des plantes cultivées reçoivent un surcroît d'activité par l'emploi des sels ammoniacaux, des nitrates et des fumiers qui contiennent ces sels.

L'efficacité du fumier de ferme pouvant se passer de démonstration, je me bornerai à rappeler les expériences concluantes et toutes concordantes de Kuhlmann, Huzard, Schattenmann, Isid. Pierre et d'un grand nombre d'autres savants agronomes sur les effets des sels ammoniacaux et des nitrates. Voici l'une de ces expériences :

Une prairie a été partagée en deux parties ; la première portion a été arrosée avec 50 hectolitres par hectare d'une dissolution contenant 2 0/0 de sulfate d'ammoniaque ; l'autre partie n'a pas reçu cette addition.

La partie arrosée a produit en foin	4,500 kilog.
La partie non arrosée	2,200 —

Les effets de ce traitement sur l'avoine et autres céréales sont aussi remarquables.

En présence de pareils faits, les savants qui professent que les substances minérales n'agissent, le plus souvent, que par leurs propriétés physiques, sont bien forcés de convenir que l'arrosage d'un champ au moyen d'un liquide contenant la minime proportion de 2 kilog. de sel ammoniacal, noyés dans 100 litres d'eau, ne saurait, en aucune manière, modifier la structure physique d'un terrain, et que les effets produits sur la végétation par ce liquide ne peuvent être attribués qu'à l'influence chimique.

Puisque nos adversaires avouent leur défaite sur ce point, je n'insisterai pas plus longtemps et je me bornerai à dire que tout ce qu'on sait du pouvoir fertilisant du purin d'écurie, de l'urine putréfiée, de la vidange et de tous les liquides ammoniacaux vient encore à l'appui de ma démonstration.

4° *Chaux et Magnésie.* — Ces deux bases combinées à l'acide carbonique constituent les sols appelés calcaires. Toutefois, il importe de remarquer que les carbonates de chaux et de magnésie ne composent jamais la totalité d'un terrain agricole, et qu'ils sont toujours associés à des proportions plus ou moins considérables de silicates alcalins et terreux, circonstance qu'il ne faut pas perdre de vue dans l'appréciation des faits de dispersion des espèces végétales.

L'analyse des cendres montre la prédominance de la chaux et de la magnésie dans les Légumineuses, le Tabac, les tiges et feuilles de Pomme de terre (non dans les tubercules), le Chêne, le Sapin, l'Orme et la plupart des arbres.

Les Charas, qui vivent dans les eaux stagnantes, absorbent de si grandes quantités de carbonate de chaux que leur tissu se brise lorsqu'on veut le toucher.

Les Nitella, qui appartiennent à la famille des Characées, ne se recouvrent pas d'incrustations calcaires et même refusent de vivre dans les eaux qui contiennent une trop forte proportion de carbonate de chaux; elles préfèrent les eaux pures des pays granitiques.

Certains Lichens sont aussi très-avides de chaux et en laissent exsuder une partie à l'état d'oxalate.

Un grand nombre d'Algues marines se comportent à l'égard du carbonate de chaux comme les *Charas* de nos eaux douces; il me suffira de citer les *Acetabularia*, *Corallina*, *Melobesia*, et la plupart des Desmidiacées, principalement les *Desmidium*, *Phycastrum*, *Cosmarium*, *Euastrum*, *Xanthidium*, *Closterium* et *Pediastrum*.

Parmi les Algues d'eau douce, plusieurs ont reçu les noms très-significatifs de *Ainactis calcarea*, *Euaetis calcivora*.

Dans la famille des conferves, les *Psichohormium* sont presque toujours incrustés de carbonate de chaux.

A côté des Desmidiées calcivores, nous trouvons dans la famille voisine, celle des Diatomées, des Algues silicivores qui se recouvrent d'un test entièrement siliceux. Les Diatomées ne sont pas seulement des êtres curieux à étudier, mais ils ont encore une importance géologique considérable, car, malgré leur exiguïté microscopique, ils ont formé dans les anciens temps et forment encore dans les mers actuelles des couches épaisses, toutes remplies de leurs carapaces siliceuses. Quel

spectacle singulier et fécond en enseignements que de voir les Desmidiées et les Diatomées qui, vivant dans les mêmes eaux, choisissent exclusivement et sans jamais se tromper, les unes le carbonate de chaux, les autres la silice ! Qui pourrait se refuser à voir là un appétit tout à fait semblable à celui des animaux ?

La pratique du chaulage va me fournir un nouvel argument en faveur de la thèse que je défends. Grâce au chaulage, on a pu augmenter considérablement la superficie des terres fromentales, et créer même des prairies artificielles là où on pouvait à peine cultiver du Seigle et du Sarrasin. D'immenses étendues de terrains incultes, abandonnés aux Ajoncs, aux Genêts et aux Bruyères sauvages, sont venus augmenter à tel point la richesse agricole, qu'on a pu dire, sans exagération, que l'introduction du chaulage dans ces sortes de contrées est une véritable révolution agricole et économique. La dose de chaux employée en France varie de 25 à 60 hectolitres par hectare pour une durée de six ans, ce qui fait une moyenne de 5 à 10 hectolitres par année et par hectare.

Qui osera soutenir que ces quelques hectolitres de chaux aient une influence notable sur la structure physique du terrain qui les a reçus ? Au surplus, si on n'avait en vue que ce résultat, au lieu de dépenser tant d'argent à acheter de la chaux, les agriculteurs feraient bien mieux, lorsqu'il s'agit d'amender les terres argileuses, d'aller chercher de grandes quantités de sables et de graviers qui atteindraient bien plus sûrement le but. Et si on avait la prétention de modifier les propriétés physiques d'une de ces terres sablonneuses formées par la désagrégation des granites ou des grès, la chaux ne ferait qu'aggraver le mal, et, à sa place, il vaudrait mieux apporter de l'argile. Comment se fait-il donc que la chaux soit également employée pour améliorer les terres fortes de nature argileuse et les terres légères sablonneuses ? C'est que, évidemment, le résultat utile de la chaux est l'introduction dans le sol d'un élément chimique qui ne s'y trouve qu'en trop petite quantité. Je conviens pourtant que lorsqu'on veut corriger les terres sablonneuses, la marne, qui contient une assez forte proportion de carbonate de chaux, présente le double avantage de fournir l'élément calcaire et de modifier la structure physique du terrain, pourvu toutefois qu'on apporte des quantités

de marne beaucoup plus considérables que celles de chaux habituellement employées.

Non-seulement le chaulage a pour résultat d'introduire de la chaux dans les terrains dépourvus de l'élément calcaire, mais encore il favorise la décomposition des silicates, de l'humus et des divers résidus végétaux.

L'expérience suivante montre combien la chaux a d'influence sur la présence ou l'absence de certaines plantes sauvages :

Partagez un champ à sous-sol granitique en deux parties ; chaulez l'une de ces parties et laissez l'autre intacte ; vous observerez que certaines espèces qui couvrent encore le sol de la partie non chaulée ont cessé de paraître sur le terrain qui a reçu la chaux. C'est ainsi que vous constaterez la présence d'une part, et la disparition, d'autre part, des plantes suivantes :

Holcus mollis.

Anthoxanthum odoratum.

Agrostis vulgaris.

Rumex acetosella.

Jasione montana.

Calluna vulgaris.

Anarrhinum bellidifolium.

Scleranthus perennis.

Galcopsis ochroleuca.

Nardurus Lachenalii.

Spergula pentandra.

5° *L'Oxyde de fer.* — Cet oxyde métallique n'est pas moins indispensable à la constitution de la chlorophylle qu'à celle des globules du sang des animaux ; car, ainsi que le dit Sachs, les grains du protoplasma colorés par la chlorophylle sont seuls capables de former des substances organiques aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau.

L'oxyde de fer, par son oxygène, favorise aussi la production de l'acide carbonique à l'aide des résidus ligneux enfouis dans le sol.

L'*Alumine* combinée à l'acide silicique et aux silicates alcalins constitue l'argile ; c'est assez dire qu'elle est, au point de vue des propriétés physiques, l'élément le plus important, parce que c'est elle qui détermine surtout le degré de consistance du sol, ainsi que sa manière de se comporter par rapport à l'eau. De plus, l'argile possède la propriété d'absorber les gaz.

Autant les propriétés physiques de l'alumine sont importantes, autant sont faibles ses aptitudes chimiques. N'étant pas absorbée par les plantes, son rôle en ce qui concerne la nutrition végétale est nul.

6° *Eau et Acide carbonique.* — La décomposition de l'eau et de l'acide carbonique sous l'influence de la lumière solaire est le fait fondamental de la vie des plantes.

Ces deux composés appartenant au règne minéral, il suffirait déjà de rappeler la place considérable qu'ils tiennent dans la physiologie végétale pour démontrer l'importance des actions chimiques du sol sur la végétation, car c'est bien le sol qui est le réservoir de l'eau et aussi, comme on va le voir, de la majeure partie de l'acide carbonique absorbé par les plantes. Il ne sera pas superflu de donner quelque développement à cette dernière proposition, attendu que les physiologistes, lorsqu'ils traitent de la nutrition végétale, s'occupent beaucoup de l'acide carbonique mêlé à l'air, et négligent presque complètement celui que dégage la terre.

Les expériences de MM. Boussingault et Corenwinder nous apprennent qu'un hectare de terre arable, n'ayant pas reçu de fumier depuis plus d'un an, contient 90 litres d'acide carbonique à l'état libre et gazeux, c'est-à-dire autant que 18,000 mètres cubes d'air atmosphérique, soit près de 23 fois plus que l'air, lequel ne contient que 2 à 4 litres d'acide carbonique sur 10,000 litres d'air.

Les proportions de ce gaz sont bien autrement considérables dans une terre fumée. Ainsi un hectare de terre fumé avec du fumier de ferme additionné de tourteau peut fournir en vingt-quatre heures 15,700 litres d'acide carbonique.

Dans une autre expérience un hectare de terre, qui avait reçu une forte fumure composée de crottin de cheval, dégagea en vingt-quatre heures 88,000 litres d'acide carbonique.

Ces chiffres ne justifient-ils pas, au-delà de tout ce qu'on pouvait concevoir, la justesse de l'assertion que j'émettais précédemment au sujet de l'importance du sol considéré comme source d'acide carbonique? La proportion de 2 à 4 dix-millième d'acide carbonique contenu dans l'air paraît vraiment mesquine à côté de celle qu'on a trouvée dans le sol. Il résulte de là que c'est une erreur profonde de croire, avec plusieurs agronomes, que la valeur d'un fumier peut être estimée par la quantité d'azote qui y est contenue. En effet, dans le poids total des tissus végétaux, l'azote n'entre que pour un centième, tandis que le carbone en forme la moitié. Donc puisque le carbone constitue la masse dominante de l'organisme végétal, ce serait

moins s'éloigner de la vérité que de mesurer la valeur d'un engrais d'après la quantité d'acide carbonique qu'il peut exhaler. D'où vient donc cette erreur d'appréciation ? Est-ce à dire qu'on se trompe en accordant une grande importance à la présence des matières azotées dans les fumiers ? Je vais essayer de rétablir la question sur ses véritables bases par quelques considérations sur les engrais.

L'engrais par excellence serait celui qui contiendrait tous les principes qui, par défaut originel ou par suite du prélèvement opéré par les récoltes successives, manquent à la terre. Il est évident que si les carbonates, phosphates et sulfates nécessaires à la végétation ne se trouvent pas en quantité suffisante dans le sol, il faut les y introduire dans la mesure indiquée par leur insuffisance initiale et par la nature des récoltes qu'on veut obtenir ; mais supposons, de peur de trop élargir la question, qu'on ait à cultiver un terrain qui les a reçus ou qui les contient naturellement, la tâche se réduira à provoquer le maximum de rendement agricole en fournissant aux plantes les matières propres à la production de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, lesquels, avec l'eau, sont les aliments par excellence de toute végétation. Tel est le but qu'on veut atteindre par l'emploi du fumier de ferme, au sujet duquel il ne sera pas inutile de donner quelques éclaircissements.

Enfouissez dans un champ de la sciure de bois, de l'amidon, du sucre ou, d'une manière plus pratique, des matières ligneuses comme des feuilles et des branches sèches, et vous constaterez qu'il n'y a aucun accroissement dans la fertilité de ce champ, bien que toutes les matières introduites puissent fournir aux plantes de l'acide carbonique. Ajoutez, au contraire, à ces débris ligneux une matière azotée en voie de décomposition, vous observerez alors que celle-ci, agissant à la manière d'un ferment, communiquera de proche en proche le mouvement de dissociation moléculaire qui s'est produit en elle. Ce mélange introduit dans le champ où avait été faite la précédente expérience, se résoudra peu à peu en éléments simples : eau, acide carbonique et sels ammoniacaux, pour disparaître à la longue en ne laissant dans le sol qui l'aura reçu que les substances minérales fixes qu'il contenait. Vous avez déjà compris que l'expérience que je viens de citer se réalise par la fabrication du fumier. En effet, que fait-on ? On place dans les écuries de la

paille et divers débris végétaux qu'on laisse imprégner par les déjections animales contenant précisément, outre le phosphate de chaux, ces matières azotées nécessaires à la rapide décomposition des débris ligneux. La masse fermente, s'échauffe et bientôt toutes ses molécules arrivent à cet état d'ébranlement favorable à leur prompt conversion en eau, acide carbonique et ammoniaque.

Ainsi s'explique l'utilité double des matières azotées dont on ne comprendrait pas toute l'importance si l'on se bornait à admettre qu'elles sont destinées uniquement à fournir la petite quantité d'azote qui entre dans les combinaisons organiques de nature végétale.

J'avais donc raison de dire que, sous le rapport de l'alimentation, l'acide carbonique et l'eau tiennent le premier rang et en second lieu que, si l'atmosphère est une source inépuisable d'acide carbonique, les quantités de ce gaz qu'elle fournit sont de beaucoup inférieures, à cause de leur extrême dilution, à celles que la terre arable peut dégager, surtout à l'aide de l'addition du fumier ou des engrais verts.

Il est un cas cependant dans lequel la terre peut dégager d'abondantes quantités d'acide carbonique sans l'intervention des résidus organiques capables d'en produire. Tous les voyageurs qui ont visité les territoires volcaniques des environs du Vésuve, de l'Etna, de Ténériffe et, en Amérique, de San-Salvador, Nicaragua et Costa-Rica, ont été émerveillés de leur fertilité extraordinaire, malgré le manque de matières organiques dans le sol.

Ceux d'entre eux qui ont fait l'ascension de d'Etna parlent avec enthousiasme des dimensions extraordinaires des arbres qu'ils ont vus sur les flancs de cette montagne; ils ne manquent pas de mentionner, en particulier, le fameux Châtaignier appelé la *Castagna di centi cavalli* qui ne mesure pas moins de 50 mètres de circonférence. Il me semble que la fertilité prodigieuse des territoires volcaniques s'explique très-bien par le dégagement abondant et incessant d'acide carbonique qui se fait par toutes les fissures du sol et que, sans aller bien loin, on peut observer dans les massifs volcaniques qui bordent à l'ouest notre Limagne d'Auvergne, ainsi qu'à l'Eifel dans la Prusse rhénane. En outre, les roches volcaniques, par leur facile désagrégation, sont très-aptés à produire un sol excellent au point

de vue des qualités physiques et pourvu d'ailleurs de silicates alcalins plus basiques, et partant plus solubles, que les silicates des roches granitiques.

L'importance du sol considéré comme source d'acide carbonique a été méconnue par les physiologistes qui, dans leurs livres, ne parlent que de celui que contient l'air ; aussi faut-il voir leur ébahissement lorsque, sachant à quel degré ce gaz est dilué dans la masse immense de l'atmosphère, ils essaient de calculer la quantité nécessaire à la production de la somme énorme de carbone accumulée dans les végétaux actuels et celle, bien autrement considérable, qu'il a fallu, pendant l'ancienne époque carbonifère, pour produire la végétation luxuriante dont les couches de houille sont les témoins irrécusables.

Les physiologistes ne sont pas seuls à méconnaître l'importance de l'acide carbonique que peut dégager la terre, les agronomes ne paraissent pas s'en préoccuper davantage, car lorsque M. G. Ville est venu proposer de remplacer le suranné fumier de ferme par un engrais chimique, il ne s'est trouvé personne pour dire à M. G. Ville qu'il avait tout simplement oublié dans ses formules l'aliment le plus important de la végétation, c'est-à-dire une substance propre à la production de l'acide carbonique. Et pourtant M. G. Ville n'est pas avare, car il n'hésite pas à recommander l'emploi de produits assez coûteux comme le nitrate de potasse et le bi-phosphate de chaux, dont la cherté est encore accrue par leur peu de durée, puisque, étant très-solubles, ils doivent être promptement lavés par les eaux fluviales et emportés à la rivière.

Décidément le fumier de ferme n'est pas une mauvaise invention.

Je termine ce chapitre par une dernière remarque. L'eau et l'acide carbonique, dont l'importance est si grande au point de vue de la nutrition végétale, n'en ont aucune en ce qui concerne la distribution géographique des plantes sauvages, car celles-ci ont toutes un égal besoin d'eau et d'acide carbonique.

La même remarque est applicable, quoique à un moindre degré, à l'acide phosphorique dont je vais parler dans le paragraphe suivant.

7° *Acide phosphorique.* — Cet acide est contenu dans le sol à l'état de phosphate de chaux et de magnésie. Son utilité rela-

tivement à la nutrition végétale, n'a été appréciée que depuis les progrès de la chimie moderne, tandis que celle de la chaux et des cendres de bois était connue déjà dans l'antiquité (1).

A la suite des nombreuses analyses de cendres qui ont été faites on a reconnu que les phosphates de chaux et de magnésie existent en quantité plus ou moins grandes dans toutes les plantes et surtout dans les semences. L'expérience agricole est venue ensuite confirmer les données de l'analyse chimique et actuellement on fait un large emploi en agriculture des os, du guano, des phosphates fossiles recueillis dans les couches du grès vert, du noir des raffineries de sucre, lequel contient de 45 à 65 pour cent de phosphate de chaux.

On savait depuis longtemps que les cendres de bois jetées à la volée sur les prairies et sur quelques autres récoltes produisent d'excellents effets qu'on attribuait à la potasse; mais après qu'on eût remarqué que les cendres lessivées et épuisées par l'eau de leur potasse soluble n'avaient rien perdu de leur action fertilisante, on s'adressa aux chimistes pour avoir l'explication d'un fait inconcevable si l'on tient compte des opinions généralement admises relativement à l'inactivité chimique des sels insolubles.

Les chimistes découvrirent alors que les cendres de bois lessivées contiennent 10 à 25 pour cent de phosphate de chaux et de magnésie et en outre des silicates alcalins et terreux insolubles dans l'eau distillée.

Les quantités d'acide phosphorique contenues dans le grain sont considérables. En effet, on trouve dans 1,000 parties de cendres de :

	GRAINES DE FROMENT.	PAILLES DE FROMENT.
Acide phosphorique	470	31
Acide silicique.....	13	680

(1) Pline nous apprend (lib. XVIII, cap. 6 et 8) que les Eduens et les Poitevins fertilisaient leurs champs en y mettant de la chaux; les Gaulois et les Bretons employaient aussi la marné dans le même but.

En ce qui concerne les cendres, Pline conseille leur usage et notamment celui des cendres de sarments dans les vignes; il nous apprend aussi que les habitants de la région transpadane (Lombardie) font un si grand cas des cendres qu'ils les préférèrent même au fumier des chevaux (lib. XVIII, cap. 9).

Virgile, dans les Géorgiques (lib. I, vers 81), recommande l'emploi simultané du fumier et des cendres :

*arida tantum
Ne saturare fimo pingui pudeat sola, neve
Effectos cinerem immundum jactare per agros.*

Les analyses faites sur le Seigle, l'Orge, l'Avoine, le Riz, le Maïs, le Sarrazin, les Haricots, les Pois, donnent les mêmes résultats en ce qui concerne la prédominance de l'acide phosphorique dans le grain. Constamment aussi dans les céréales la silice se concentre dans la tige.

On a constaté, en outre, que le phosphate de magnésie existe dans le grain en quantité plus considérable que le phosphate de chaux. Le rapport entre la chaux et la magnésie est de 1 à 3 ou même quelquefois de 1 à 3,5.

Après la constatation de ce résultat inattendu, M. Boussingault a voulu savoir par l'expérimentation si le phosphate de magnésie était propre à augmenter le rendement du grain. Il a eu l'heureuse idée d'employer à ses expériences le phosphate ammoniaco-magnésien, sel insoluble dans l'eau pure, qui offre la réunion de trois des aliments minéraux utiles à la végétation. Il a vu la récolte des grains de Maïs être doublée par l'emploi de ce sel.

M. Isidore Pierre a constaté en outre que le phosphate ammoniaco-magnésien sextuple la récolte des grains de Sarrasin et que, d'une manière générale, le poids spécifique des grains est accru de 5 pour cent. Malheureusement ce produit jusqu'à présent est trop cher à préparer pour entrer dans le domaine de la pratique agricole.

8° *Acide silicique.* — Cet acide est combiné dans les roches feldspathiques à l'alumine et à la potasse, quelquefois à l'alumine et à la soude, enfin dans les roches feldspathiques qui ont pour base le labrador à l'alumine et à la chaux. Il est digne de remarque que les roches volcaniques contiennent, outre le pyroxène, un feldspath labradorique assez facilement décomposable par l'acide carbonique; ce qui explique comment on trouve fréquemment d'assez notables proportions de carbonate de chaux dans les terres des pays volcaniques.

Il n'est donc point surprenant que la Flore de ces derniers présente alors un certain nombre de plantes qui habituellement vivent sur les terrains calcaires; d'où il résulte que la végétation des régions volcaniques offre un caractère mixte bien fait pour exciter un vif étonnement chez les botanistes qui ne connaissent pas la particularité minéralogique et chimique que je viens d'expliquer.

Le tableau présenté dans le chapitre précédent a montré que,

Les sols tourbeux, malgré leur richesse en matières organiques, ne peuvent être cultivés si préalablement on ne brûle pas une couche assez épaisse de la tourbe superficielle, dans le double but de rendre le sol moins compacte et plus perméable, et, en second lieu, de mettre en disponibilité, comme par l'éco-buage, les substances minérales associées à des matières végétales sans emploi.

Je ne veux pas quitter ce sujet sans dire quelques mots d'une pratique horticole qui montre bien que les jardiniers ont aussi constaté que les qualités physico-chimiques du sol ne sont pas sans influence sur les plantes cultivées. Ils ont, en effet, remarqué qu'un grand nombre d'espèces, appartenant aux Crassulacées, Saxifragées, Lobéliacées, Gesnériacées, Vacciniées, Ericinées, Fougères et Lycopodiées, ne prospèrent pas si on les cultive dans une terre franche, comme celle de la plupart des jardins ; aussi, pour la culture de ces espèces, se servent-ils de terre de Bruyère pure ou mélangée de proportions variables de sable. L'opinion généralement admise au sujet de l'utilité de cette terre est la suivante : La plupart des terres de jardin ont trop de consistance, et, comme on dit vulgairement, sont trop fortes ; les plantes qui aiment un sol léger, perméable à l'eau, n'y trouvent pas les conditions mécaniques et physiques qui leur conviennent. Je suis loin de contester que cette interprétation ne soit applicable à beaucoup de cas ; mais elle est inexacte ou plutôt incomplète en un grand nombre d'autres circonstances, comme je vais le prouver.

Si la terre de Bruyère n'agit que par ses propriétés physiques, elle pourrait être remplacée par un mélange de sable, de gravier et de débris végétaux quelconques. On a vu des horticulteurs mélanger des sables et quelques menus graviers du Rhône avec des débris de feuilles, puis planter dans cette terre qui, sous le rapport physique, ne diffère pas de la terre de Bruyère, des *Rhododendron*, des *Azalea*, des *Hortensia*, des *Erica* ; à leur grand étonnement, ils ont vu ces plantes dépérir. D'après le conseil qui leur fut donné, ils ont remplacé les sables et graviers trop calcaires du Rhône par des sables grossiers, sans aucun mélange de débris de Bruyères, qui résultent de la désagrégation des roches granitiques du Lyonnais ; puis, ils ont ajouté à ce gravier de la sciure de bois. Les

plantes ont paru se comporter aussi bien dans le sol ainsi composé que dans la terre de Bruyère.

La conclusion à tirer de cette expérience est que la présence d'une trop forte proportion de carbonate de chaux est préjudiciable à certaines espèces exclusives, qui ne se trouvent si bien dans la terre de Bruyère que parce que celle-ci contient presque exclusivement des silicates alumino-alcalins plus ou moins mélangés à des débris organiques.

En effet, d'après Payen, la terre de Bruyère a la composition suivante :

Sable siliceux.....	62
— humus.....	16
Débris végétaux.....	20
Carbonate de chaux.....	0,10
Matière soluble dans l'eau.....	1,90
Total	100 >

C'est donc, à mon avis, une exagération que de vouloir expliquer les bons effets de la terre de Bruyère par la seule considération de ses propriétés physiques, dont assurément l'importance n'est contestée par personne. Mais il ne faut pas perdre de vue que la structure physique du sol est la conséquence de sa composition minéralogique, et que celle-ci exerce, en outre, sur certaines espèces silicicoles exclusives une influence chimique des plus évidentes. En définitive, comme la Bruyère commune ne vient que dans les terrains formés par la désagrégation des roches silicatées, il en résulte que placer des *Rhododendron*, des *Erica*, des *Vaccinium*, des *Azalea* dans la terre de Bruyère, c'est fournir à ces plantes les mêmes aliments minéraux qu'elles aiment à trouver dans leurs stations naturelles.

9° *Acide sulfurique*. — Cet acide combiné à la chaux forme le plâtre, dont les agriculteurs connaissent tous l'énergie fertilisante dans les champs de Trèfle, de Luzerne, de Sainfoin et autres légumineuses. On jette habituellement le plâtre à la surface des feuilles à la dose de 200 à 400 kilog. par hectare, quantité insignifiante au point de vue des modifications physiques que le sol peut en éprouver.

D'autres fois, au lieu de semer le plâtre à la surface du champ, on en saupoudre les fumiers, afin d'éviter la déperdi-

tion du carbonate d'ammoniaque volatil, et d'obtenir sa conversion en sulfate d'ammoniaque fixe.

Le plâtre n'agit pas seulement en fournissant de la chaux aux plantes, car il est utile même dans les sols abondamment pourvus de carbonate calcaire. Il est probable qu'une fois absorbé, il est décomposé et cède du soufre pour former les combinaisons organiques dans lesquelles entre cet élément.

De même que l'oxyde de fer, et mieux encore que lui, il fournit de l'oxygène aux détritrus ligneux.

Enfin, certaines expériences de M. Déhérain donneraient aussi lieu de croire que le sulfate de chaux peut décomposer les silicates insolubles du sol et produire des sulfates alcalins solubles et du silicate de chaux, conformément aux lois bien connues de Berthollet.

Contrairement à ce qu'on sait de l'action des sels ammoniacaux, le plâtre est sans effet sur les céréales et les graminées des prairies. Il agit peu sur les Betteraves, les Pommes de terre et les Navets, toutes plantes très-sensibles à l'action de la chaux, ce qui prouve évidemment que les sols gypseux ne doivent pas être assimilés aux terrains calcaires.

J'ai maintes fois observé la Flore des collines gypseuses qui, dans le Valais et la Savoie, occupent une grande étendue de territoire, et je puis assurer qu'elle n'offre pas une ressemblance complète avec celle des terrains véritablement calcaires; elle me paraît se rapprocher davantage de la Flore des terrains graveleux à composition chimique mixte.

Je crois donc qu'on a fait fausse route lorsqu'on est venu soutenir devant vous que si la théorie qui met l'influence chimique des terrains au nombre des facteurs importants de la végétation est vraie, on devrait trouver sur les terrains gypseux, et entre autres sur les plâtras qui entourent la fabrique de phosphate à la Villette, un grand nombre d'espèces dites calcicoles; à plus forte raison ne devrait-on pas y rencontrer des plantes silicicoles comme l'*Epilobium collinum*, *Spergularia rubra*, *Rumex acetosella*, et d'autres comme *Vulpia pseudo myuros*, *Thrinicia hirta*, qui, bien que n'étant pas exclusivement silicicoles, semblent préférer les terrains où dominent les silicates terreux et alcalins.

Le fait assez mesquin en lui-même de l'existence de trois plantes silicicoles exclusives et de deux silicicoles préférées

sur un monticule gypseux serait, en effet, une exception à tous les faits observés, s'il était vrai, comme on l'a dit, que le susdit amas gypseux ne contient que du sulfate de chaux mêlé à 5 pour cent de bi-phosphate de chaux accompagné de la très-minime quantité de silice qui est contenue dans les os.

Mais la question est encore plus grave que ne le croit M. Morel, car les plâtras sont recouverts, sur presque toute leur étendue, de diverses sortes de graminées ; or il résulterait de là que, contrairement à ce que j'ai dit dans le chapitre précédent, les graminées pourraient vivre sans silice.

Je n'avais donc rien de plus pressé à faire que de brûler quelques chaumes des graminées qui croissent sur les plâtras, afin de voir si leur cendre contient de la silice. L'analyse chimique m'a montré que cette cendre est en effet siliceuse, ce qui prouve manifestement que les plâtras le sont aussi, quoique à des doses très-faibles.

Je présume que le sulfate de chaux aura été mélangé avec des cendres ou peut-être avec le culot qu'on extrait des cornues, culot dans lequel existent les silicates contenus dans le sable gréseux de Fontainebleau qu'on ajoute au bi-phosphate de chaux et au charbon, pour la préparation du phosphore. Au surplus, l'acide silicique libre du grès de Fontainebleau doit former du silicate de chaux avec une partie du bi-phosphate de chaux.

Le directeur de l'usine Coignet m'a appris que les anciens amas de sulfate de chaux contiennent, par suite d'un lavage insuffisant, d'assez fortes proportions de bi-phosphate de chaux. Cette circonstance est très-favorable à la décomposition des silicates des cendres et du culot que je suppose avoir été mélangés au sulfate de chaux ; elle explique très-bien comment l'activité chimique de petites quantités de silicates peut être surexcitée par la présence d'un sel acide comme le bi-phosphate de chaux, tout comme ce même sel acide en contact avec le carbonate de chaux du sol favoriserait la production de l'acide carbonique, résultat qu'on obtiendrait aussi par l'addition aux débris ligneux enfouis dans la terre de matières oxydantes telles que les nitrates, l'oxyde de fer et le sulfate de chaux.

Le sulfate de chaux lui-même, bien que n'agissant pas, à cause de sa neutralité, avec autant d'énergie que le bi-phosphate de chaux sur les silicates de potasse insolubles qui sont

contenus dans les détritits des roches feldspathiques si abondants dans presque tous les terrains, les décompose pourtant en partie en formant du silicate de chaux et du sulfate de potasse. Dans les mêmes circonstances le bi-phosphate de chaux détermine la formation de phosphate de potasse, de silicate de chaux avec mise en liberté d'une portion d'acide silicique.

Au surplus, il est bon qu'on sache que la composition chimique des cendres des plantes n'est pas toujours en rapport avec celle du sol ; nous venons de voir que, sur des plâtras pauvres en silice, ont vécu quelques plantes qui absorbent des quantités considérables de cet élément.

Je vais citer maintenant des plantes qui, dans un sol pauvre en chaux et en potasse, ont pris surtout ces deux alcalis. Voici l'analyse des cendres de *Matricaria chamomilla* et d'*Anthemis arvensis*. Je place en regard la composition chimique du terrain en omettant, comme inutiles à ma démonstration, les éléments chimiques des cendres autres que la silice, la chaux et la potasse.

TERRAIN.	CENDRES DE	
	<i>Matricaria chamomilla.</i>	CENDRES d' <i>Anthemis arvensis.</i>
Silice.....	68,060	1,529
Chaux.....	0,563	21,208
Magnésie...	2,952	32,386
Potasse.....		30,577
Chlore,		
Oxyde de fer,		
Alumine,	28,425	
et autres		
éléments.		
	<hr/>	
	100,000	

Donnez à un chimiste 40 litres d'eau de mer et dites-lui d'y chercher de l'iode, il aura de la peine à en trouver des traces ; donnez-lui, au contraire, une pincée de cendres de plantes marines, telles que les Fucus, les Varechs, et immédiatement il vous montrera la réaction caractéristique des iodures.

Il ne faut donc point être étonné que les plantes, après avoir, à chaque seconde de leur existence, accumulé dans leurs tissus les particules minérales qu'elles préfèrent, finissent ainsi par en contenir une quantité qui est loin, dans certains cas, d'être en rapport avec les proportions contenues dans le sol. C'est

ainsi que s'expliquent les faits exceptionnels du genre de ceux que M. Morel a si bien observés sur les plâtras de la fabrique de phosphore, mais qu'il n'a pas su interpréter.

Il n'est pas moins vrai que, en dehors de ces exceptions, une plante qui est calciphile préférera toujours s'établir sur un terrain abondamment pourvu de l'élément calcaire où elle trouvera d'emblée les aliments dont elle a besoin. L'étude de la Géographie botanique nous montre qu'il en est ainsi dans l'immense majorité des cas.

J'ai dit précédemment que l'observation de la végétation des terrains gypseux ne m'avait pas conduit à établir une catégorie de plantes *gypsophiles*. Il n'y a pas lieu non plus de créer des sections d'espèces *sidérophiles* et *phosphatophiles*; le fer et les phosphates de chaux et de magnésie sont, comme l'eau et l'acide carbonique, des aliments nécessaires à toutes les plantes.

Ainsi, au point de vue de l'appétence chimique, les divisions de *calciphiles*, *kaliphiles*, *siliciphiles*, *halophiles* et *nitrophiles* me paraissent constituer une classification comprenant l'ensemble des faits.

Sous le rapport géologique, j'établis les divisions suivantes : *calcicoles*, *silicicoles*, *halophiles* et *ubiquistes*.

Les matières ammoniacales et nitratées ne formant pas des terrains dans le sens géologique de ce mot, il n'y a pas lieu d'en tenir compte dans une classification qui repose, non sur les données chimiques, mais bien sur la répartition géographique des espèces. Il importe de remarquer que le groupe des *silicicoles* comprend les *kaliphiles* et *siliciphiles* de la classification chimique.

Les *calcicoles* et *silicicoles* se divisent elles-mêmes chacune en deux sous-sections, les *exclusives* et les *préférantes*.

Du mélange en proportions variables des détritits des roches calcaires et silicatées résultent des terrains mixtes qui, lorsqu'ils sont suffisamment arrosés et pourvus de débris organiques, soit naturellement soit artificiellement, sont les plus fertiles et aussi les plus répandus de tous. C'est sur ces sols mixtes, appartenant surtout à la catégorie des terrains de transport, que nous observons la classe nombreuse des espèces *ubiquistes*, auxquelles parfois viennent s'ajouter quelques espèces *silicicoles préférantes* ou *calcicoles préférantes*, sui-

vant la prédominance des silicates alcalins ou des carbonates calcaires et magnésiens.

Mais qu'on ne s'y trompe pas, le mot *ubiquiste* est une expression géographique qui indique que beaucoup de plantes vivent très-bien dans les sols mixtes et complets; mais il ne signifie pas que les plantes auxquelles on donne ce nom sont *indifférentes* au point de vue chimique. Bien loin de là, chacune des *ubiquistes* ne prend au sol que les aliments qui lui conviennent, de telle manière que dix plantes récoltées dans l'espace d'un mètre carré donneront dix cendres de composition chimique différente.

Je donne ci-après, d'après Schultz, le tableau de la teneur en potasse et soude, en chaux et magnésie et enfin en acide silicique, de 13 plantes qui vivaient ensemble dans une mare.

	<i>Chara fetida.</i>	<i>Chara hispida.</i>	<i>Hottonia palustris.</i>	<i>Nuphar luteum.</i>	<i>Nymphaea alba.</i>	<i>Stratiotes aloides.</i>	<i>Typha angustifolia.</i>	<i>Ranunculus aquatilis.</i>	<i>Potamogeton lucens.</i>	<i>Hypanthifolium.</i>	<i>Scirpus lacustris.</i>	<i>Phragmites communis.</i>	<i>Equisetum limosum.</i>
Potasse ..	0,67	1,41	11,80	22,92	18,89	32,03	14,81	7,61	13,77	3,93	14,68	8,63	7,93
Soude....													
Chaux ...	65,30	61,55	41,98	30,33	21,56	25,08	23,56	45,09	42,01	41,35	9,36	7,09	6,64
Magnésie.													
Silice....	0,60	2,00	1,64	0,87	0,49	1,81	0,62	2,00	1,60	7,00	46,56	71,51	80,73

Ce tableau, dans lequel je n'ai fait figurer à dessein que les bases et l'acide silicique, donne une démonstration péremptoire de la proposition ci-dessus énoncée. On voit, par cet exemple, que des plantes vivant les unes à côté des autres dans le même terrain et *dans la même eau*, circonstance la plus favorable qu'il soit possible de réaliser sous le rapport de l'uniformité des conditions physiques et chimiques, absorbent cependant des quantités très-variables de bases et de silice. Les Charas qui prennent le plus de chaux et de magnésie, n'absorbent qu'une proportion insignifiante de silice. Au contraire, les Équisétacées et les Graminées donnent une cendre riche en silice, mais pauvre en chaux; du reste, ces résultats sont en concordance parfaite avec les nombreuses analyses exécutées par d'autres chimistes.

Les analyses des cendres nous ont fait connaître la nature et la quantité des substances minérales que les végétaux empruntent à la terre. Les expériences nombreuses faites par les Bous-

singault, Liebig, Fresenius, Magnus, Kuhlmann, Lawes, Wiegmann et Polstorff, de Salm-Hortsmar, Is. Pierre, G. Ville et plusieurs autres chimistes et agronomes distingués, nous ont fourni la démonstration directe et irrécusable de la nécessité indispensable des matières minérales pour l'acte de la nutrition des plantes.

J'emprunte à M. G. Ville, qui a vulgarisé ce genre de démonstration, le tableau suivant, dans lequel sont indiqués les résultats de huit expériences de culture dans un sol artificiellement composé de diverses manières.

Un même poids de grains de froment a été semé en même temps dans huit pots contenant chacun une terre de composition parfaitement connue. Le poids de la récolte a été calculé pour un gramme de grains de froment.

NATURE DU TERRAIN.	POIDS DE LA RÉCOLTE.
1° Sable quartzeux calciné.	6 gr.
2° Même sable additionné de charbon.	6
3° Même sable additionné d'amidon et de glucose	6
4° Même sable additionné de carbonate de chaux, de phosphate de chaux et de magnésie, de sulfate de potasse et d'ammoniaque	25
5° Même mélange que le précédent moins le carbonate de chaux.	18
6° Même mélange moins les sels ammoniacaux et le carbonate de chaux	9
7° Sable quartzeux additionné seulement de phosphate de chaux et de magnésie.	8

Dans les trois premières expériences, les plantes sont restées chétives et ont péri avant d'avoir produit ni fleurs ni fruits; dans la quatrième, la végétation a parcouru toutes ses phases et s'est montrée aussi belle que dans une bonne terre additionnée de fumier de ferme; dans les cinquième, sixième et septième, on a observé la décroissance successive des produits à mesure qu'on supprimait un ou plusieurs des sels minéraux.

Ces expériences de laboratoire ont été confirmées par les résultats obtenus à la suite d'essais faits en grand sur des champs naturellement peu fertiles. Je ne veux pas entrer ici dans le détail de ces expériences, bien connues de toutes les personnes qui se tiennent au courant du mouvement de la science agronomique, ni discuter l'application que M. G. Ville a voulu faire à la pratique agricole de ces données de physiolo-

gie expérimentale. J'ai déjà expliqué, à propos de l'acide carbonique, que M. G. Ville ne s'était pas rendu un compte exact des effets du fumier.

J'ai reproché aussi aux formules d'engrais chimiques préconisés par M. G. Ville, de s'éloigner des conditions naturelles et économiques par le choix de sels très-solubles et coûteux. Enfin j'ajoute ici que si tous les agriculteurs voulaient mettre en pratique les conseils du célèbre professeur, les phosphates, les sels de potasse et d'ammoniaque, dont la production est naturellement très-restreinte, atteindraient, en raison de l'abondance de la demande, des prix exorbitants qui obligeraient bientôt les agriculteurs à renoncer à leur emploi pour revenir à l'antique fumier, lequel est et demeurera probablement longtemps encore la base principale de toute exploitation agricole. Il est bien entendu, d'ailleurs, que l'action du fumier devra être aidée par les engrais minéraux qu'on peut se procurer à bas prix, comme la chaux, la marne, le plâtre, les cendres, les faluns, les résidus de fabrique, le noir animal et même les os et les phosphates fossiles, lorsqu'on peut s'en procurer à des conditions avantageuses. N'oublions pas que l'agriculture n'est pas seulement une science, mais encore un commerce, et que, par conséquent, dans la pratique, on ne doit jamais perdre de vue la balance à établir entre le prix de vente et le prix de revient.

Il résulte donc de tout ce qui précède, que les plantes se nourrissent exclusivement de substances minérales. D'ailleurs, il est aisé de comprendre que, puisque leur rôle dans la nature est de fabriquer la matière organique, ce serait un singulier cercle vicieux s'il fallait pour cela qu'elles trouvent dans l'air et dans le sol des composés organiques tout préparés. Bien loin qu'il en soit ainsi, nous savons, au contraire, d'une manière certaine, que, par l'absorption et la décomposition de l'eau, de l'acide carbonique et de quelques sels en petit nombre dont vous avez entendu la nomenclature, les plantes, avec l'aide de l'ami soleil, savent fabriquer toute une longue série de produits organiques, depuis la cellulose, l'amidon, les sucres, les essences odorantes, jusqu'aux huiles grasses, au gluten, à l'albumine et à la caséine végétale qui servent à l'alimentation de l'homme et des animaux, et enfin jusqu'aux alcaloïdes, dont plusieurs, comme la strychnine, la solanine, la vératrine, sont d'horribles poisons.

Vous avez entendu parler de ces alchimistes qui passaient leur vie à essayer de transformer les métaux vils en or et en argent. Ils n'ont jamais atteint leur but; mais qu'est-ce en comparaison de cette prodigieuse transmutation opérée tous les jours sous nos yeux par l'organisme végétal qui, au moyen d'un peu d'eau, d'acide carbonique et de quelques sels, sait fabriquer cette innombrable quantité de composés organiques dont la variété excite toujours un vif étonnement chez le naturaliste philosophe qui compare la simplicité des moyens avec la grandeur des résultats.

Plus j'y réfléchis et moins je parviens à comprendre comment des hommes, très-savants d'ailleurs, ont pu mettre en doute l'influence chimique du sol sur la végétation, ou du moins la subordonner aux actions physiques. Parmi les auteurs qui ont soutenu cette opinion, Thurmann est, sans contredit, celui qui a mis au service d'une mauvaise cause le talent le plus réel et le plus incontestable (1).

Pourtant, à la fin de son livre, il semble s'être aperçu qu'il a fait fausse route; car, au moment de passer en revue les faits de dispersion signalés par les divers observateurs qui se sont occupés de la corrélation des espèces végétales avec le sol, il fait l'aveu suivant, qu'il a soin de souligner: « *Nous ne prétendons pas que l'action chimique des roches sous-jacentes soit nulle sur l'acte de la végétation; mais nous croyons avoir établi que, dans notre champ d'étude, les grands faits de dispersion ne sont pas l'effet de l'influence chimique du sol, mais celui de l'état mécanique des détritits des roches sous-jacentes.* »

Thurmann ajoute: « Il peut se faire que la silice, l'alumine, la magnésie, le carbonate de chaux, etc., exercent, soit généralement, soit dans certains cas, une action particulière sur la végétation et ses produits, ou favorisent même le développement et la présence de certaines plantes, mais si cela a lieu, les preuves doivent en être recherchées ailleurs que dans les grands faits de dispersion, qui ne montrent aucun rapport avec la qualité chimique des roches sous-jacentes. »

L'exposé des faits que j'ai eu l'honneur de vous présenter correspond exactement au desideratum exprimé par Thurmann.

(1) *Essai de phytostatique appliqué à la chaîne du Jura et aux contrées voisines.* Berne, 1849, ch. XVIII, p. 350.

En effet, laissant de côté les faits de dispersion et leur interprétation, j'ai cherché *ailleurs*, c'est-à-dire dans les données fournies par la physiologie végétale et par l'expérience agricole les preuves de l'action chimique de la potasse, de la soude, de la chaux et de la magnésie, de l'oxyde de fer, et aussi des acides carbonique, chlorhydrique, silicique, phosphorique et sulfurique qui forment, avec les bases susdites, les combinaisons salines nécessaires à l'alimentation des plantes.

On sait maintenant ce qu'il faut penser de l'assertion étrange émise par l'illustre Aug. Pyr. de Candolle dans son article sur la théorie des assolements, assertion reproduite avec complaisance par Thurmann : « La supposition que les plantes d'une famille se nourrissent de certains suc qui leur sont plus favorables et laissent intacts ceux qui seraient nutritifs pour les espèces d'une autre famille est purement gratuite : toutes les plantes tirent du sol l'eau avec les matières dont elle est chargée, *sans aucun choix*. »

On a vu précédemment que, contrairement à l'opinion de de Candolle, il est parfaitement démontré que chaque espèce choisit dans le sol les aliments chimiques qui lui conviennent et refuse même souvent d'absorber la moindre parcelle de certains composés dont le sol est abondamment pourvu, le sel marin, par exemple.

Je ne quitterai pas ce sujet sans parler de certains faits, bien connus en agriculture, qui donnent une nouvelle démonstration de l'influence chimique du sol. Je veux parler de la *jachère* et des *assolements*

La décomposition, qui rend les particules minérales du sol solubles dans l'eau et absorbables par les racines des plantes, se produisant avec lenteur, il arrive nécessairement que, sauf dans le cas de certaines terres exceptionnellement fertiles, on est obligé de laisser la terre épuisée par une ou plusieurs récoltes successives se reposer pendant quelques années, jusqu'à ce que les éléments minéraux du sol aient eu le temps de subir la décomposition qui les amènera à l'état dans lequel ils peuvent être absorbés par les racines des plantes. Ce repos accordé à la terre est ce qu'on appelle la *jachère*.

Si l'on veut supprimer la jachère, on est obligé de restituer à la terre, sous forme d'engrais, tout ce que les récoltes antérieures lui ont enlevé. Mais cette culture continue et intensive

exige l'emploi de capitaux assez considérables et une connaissance approfondie de la composition du sol, ainsi que de la nature et quantité des déperditions qu'il a éprouvées.

Il existe encore un troisième système qui, tout en supprimant la jachère ou en diminuant sa durée, exige moins d'engrais et de dépenses que le précédent : c'est le système des *assolements*, qu'on appelle encore rotation des cultures (1).

Après le Froment, par exemple, ou après toute autre plante qui absorbe beaucoup de composés azotés, siliceux et phosphatés, on peut, sans addition d'engrais, obtenir une récolte de Trèfle, lequel emprunte au sol surtout de la chaux et de la potasse. L'art des assolements est fondé entièrement sur la connaissance des matières minérales que chaque plante prend à la terre. Il est vrai qu'il était connu depuis longtemps des agriculteurs et que la chimie est venue seulement en donner la théorie.

Je défie mes adversaires de donner de l'utilité de la jachère et des assolements une explication qui ne soit pas fondée exclusivement sur les considérations chimiques que j'ai exposées.

Aug. de Candolle, qui n'aimait pas les interprétations chimiques, a bien essayé d'expliquer la nécessité de la jachère et des assolements, en disant que chaque plante excrète par ses racines des sucs nuisibles aux individus de même espèce, qui peuvent être inoffensifs pour des plantes d'espèce différente; cette opinion est actuellement unanimement rejetée et n'appartient plus qu'à l'histoire des erreurs scientifiques.

Nous avons vu, plus haut, que Thurmann, malgré sa réputation manifestée par les réticences et les réserves de son langage, admet que l'action chimique des roches sous-jacentes sur la végétation *n'est pas nulle*. Si Thurmann avait eu des connaissances chimiques précises et complètes, ce qui, soit dit

(1) Les anciens connaissaient bien la nécessité de la jachère et l'utilité des assolements. Virgile (Géorg. lib. I, vers 71) fait la recommandation suivante : « Après la coupe du blé, laisse ton champ épuisé se reposer et durcir, sinon, l'année suivante, sème les Vesces et les Lupins là où tu auras récolté le Froment. C'est ainsi que la terre se repose par le changement des récoltes. »

Xénophon, dans ses Économiques, Varron et Columelle, dans leurs écrits relatifs à l'agriculture, ont aussi parlé de la jachère et des assolements.

Pline (lib. XVII, cap. 9) savait très-bien que les Lupins, les Fèves et les Vesces, loin d'épuiser la terre fatiguée par la récolte du blé, l'engraissent lorsqu'on les enfouit avant qu'ils n'aient grainé.

en passant, est la condition essentielle pour parler avec autorité d'un sujet dans lequel la chimie tient une grande place, il aurait été mieux préparé à faire la part équitable des actions du sol, et il n'aurait certainement pas soutenu que les grands faits de dispersion doivent être exclusivement attribués à l'état mécanique des détritiques des roches, à l'exclusion de leur composition chimique. Comment, en effet, pourrait-on nier que celle-ci n'exerce une influence considérable sur la distribution naturelle des plantes ? Supposons que dans un vaste territoire granitique dont le sol formé surtout de silicates terreux et alcalins, et ne contenant que de petites quantités de phosphates, de sels ammoniacaux et d'éléments calcaires, on sème les graines de toutes les plantes phanérogames qui composent la Flore d'une contrée, en ayant soin de placer chacune dans un milieu qui, sous le rapport physique, puisse lui convenir, les hygrophiles dans les lieux mouillés et arrosés, les xérophiles sur les coteaux secs, les unes sur les rochers, les autres dans les parties où la terre est profonde, et ainsi de suite. Qu'arrivera-t-il en supposant que, l'altitude, le climat et les diverses conditions physiques étant convenables, toutes les graines aient germé ? Les nombreuses espèces qui ont besoin de recevoir de fortes proportions de chaux et de magnésie pour leur alimentation, après avoir consommé la provision de nourriture renfermée dans la graine, ne trouvant dans le sol que des quantités insuffisantes de l'élément dont elles ont le plus grand besoin après l'eau et l'acide carbonique, resteront chétives ; plusieurs d'entre elles ne fleuriront pas ; un grand nombre ne graineront pas et disparaîtront par conséquent du pays dès la première ou la seconde année.

Pendant ce temps, les espèces silicicoles, placées dans le terrain qui leur convient, auront prospéré, et peu à peu se seront emparé de tout l'espace. De cette lutte pour l'existence, de cette concurrence sans pitié, résultera nécessairement, au bout de quelques années, la disparition presque complète de toutes les plantes calcicoles.

Sous ce rapport, les plantes ne diffèrent pas des animaux ; la victoire reste toujours aux êtres les plus favorisés par les conditions naturelles.

Faisons le même raisonnement pour chaque catégorie de plantes, et nous arriverons à conclure que la Flore d'un pays est

forcément la résultante des actions climatériques et telluriques. De même que les Bananiers et les Citronniers ne peuvent pas vivre chez nous en pleine terre, de même on ne voit pas les plantes calcicoles se propager sur les terrains siliceux, les silicicoles sur les terrains calcaires, les halophiles ailleurs que sur les sols plus ou moins imprégnés de sel marin et enfin les nitrophiles restent toujours fidèles aux lieux riches en sels ammoniacaux ou en nitrates.

J'ai entendu souvent opposer à la doctrine physico-chimique que je soutiens l'exemple des jardins botaniques et horticoles dans lesquels on parvient, dit-on, à cultiver toutes les plantes dans le même sol. J'ai déjà expliqué plus haut, à propos de la terre de Bruyère, que les horticulteurs ont, depuis longtemps, constaté que cette prétention est inadmissible, et j'ajoute que si les directeurs de jardins botaniques et horticoles connaissaient mieux l'importance des conditions telluriques, on ne verrait pas chaque année un grand nombre des malheureuses victimes qu'ils couchent, malgré Cérès et malgré Flore, sur le lit de Procuste de leurs plates-bandes, refuser de fleurir, de fructifier, et même périr d'inanition dans un terrain fertile et bien fumé.

Au surplus, la plupart de celles qui survivent à ce traitement uniforme seraient incapables de se propager sur le sol des jardins botaniques, lors même qu'on leur laisserait toute liberté à cet égard.

J'estime donc qu'il serait déraisonnable de vouloir étudier dans un jardin les lois de la Géographie botanique, et je prends la liberté de rappeler à mes contradicteurs, qui se plaisent à tirer leurs armes de cet arsenal, que jamais on n'a vu aucun naturaliste aller étudier les mœurs des animaux sauvages dans les ménageries où certains dompteurs tiennent enfermés dans des cages les lions, les tigres, les panthères, les jaguars, les ours bruns et blancs et autres bêtes féroces qu'ils montrent au public pour gagner leur vie.

Il est temps de clore cette longue discussion. Il me resterait encore à vous montrer comment les données chimiques sont confirmées et corroborées par l'examen des conditions minéralogiques qui président à la distribution naturelle des plantes ; mais j'ai déjà mis votre patience à une trop rude épreuve, et je ne me sens pas le courage de vous demander d'entendre le

développement de la volumineuse statistique que j'ai dressée. Toutefois, j'espère que ma démonstration, bien qu'incomplète, aura suffi à vous prouver que la terre n'est pas, pour les plantes, un simple support destiné à leur donner de l'eau et un point d'appui, mais qu'elle est encore une véritable nourrice, dans le sens le plus étendu de ce mot, puisque non-seulement elle cède à ses nombreux enfants une partie de sa propre substance, mais encore puisqu'elle permet à chacun d'eux de choisir, par un instinct irrésistible, les matières nutritives nécessaires à son alimentation.

C'est donc avec raison que Lucrèce, dans son poème de la Nature des choses, après avoir énuméré les bienfaits de la Terre, s'écriait :

*Quare etiam atque etiam maternum nomen adepta
Terra tenet merito.*

SÉANCE DU 27 JANVIER 1876

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Correspondance :

M. SAINT-LAGER donne lecture des passages suivants d'une lettre que lui a adressé M. Ant. Magnin :

LICHENS DE LA VALLÉE DE L'UBAYE

A la dernière séance, j'ai informé la Société du résultat de mes études sur les Lichens récoltés par M. Boudeille ; je complète aujourd'hui ces renseignements en donnant des détails plus explicites sur les espèces rares que M. Boudeille a découvertes dans les environs de la Condamine (Basses-Alpes).

Le *Solorinella asteriscus* est une espèce créée par le lichénologue Anzi (1), pour un joli cryptogame blanc-cendré, à thalle découpé en forme d'étoile, supportant une apothécie centrale, immergée, noire, ressemblant assez à celle des *Solorina* ; la dénomination spécifique d'*asteriscus* rappelle la forme étoilée du thalle. Anzi l'a trouvé sur le sol des terrains calcaires, près

(1) *Catalogus lichenum quos in provincia sondriensi et circa Novum-Comum collegit Martinus Anzi, in 8o, Novi-Comi, 1860, p. 37.*