THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON,

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES,

PAR M. J. MORIÈRE,

Directeur des Cours spéciaux du Lycée de Caen,
Professeur d'Agriculture des départements du Calvados et de la Seine-Inférieure,
Secrétaire général de l'Association Normande,
Secrétaire adjoint de la Société Linnéenne de Normandie, etc.

Soutenues le vendredi 15 avril 1859.

Commission d'examen :

MM. TABAREAU,
JOURDAN,
FAIVRE.

PARIS
TYPOGRAPHIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES, FILS ET Cie,
IMPRIMEURS DE L'INSTITUT IMPÉRIAL, RUE JACOB, 56.
1859

ACADÉMIE DE LYON.

FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON.

MM.	TABAREAU,	professeur de	physique, *doyen*.
	JOURDAN,	—	zoologie.
	FOURNET,	—	géologie et minéralogie
	FAIVRE,	—	botanique.
	BINEAU,	—	chimie.
	FRENET,	—	mathématiques appliquées à l'astronomie.
	DIEU,	—	mathématiques pures.

THESE DE BOTANIQUE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ESPÈCE.
INFLUENCES DU CLIMAT, DU SOL, DE LA CULTURE ET DE L'HYBRIDITÉ SUR LES PLANTES.
ÉTUDE SPÉCIALE DU SOL VÉGÉTAL.

Lorsque l'homme observe ce qui se passe autour de lui, il voit, dans les plantes comme dans les animaux, des générations nouvelles succéder aux générations éteintes; l'individu périr, mais l'*espèce* se perpétuer.

Lorsque, pour faciliter l'étude des êtres qui constituent l'univers, on emploie le procédé connu sous le nom de *classification*, quel que soit d'ailleurs le système ou la méthode que l'on adopte, il faut d'abord choisir une unité, un terme de comparaison pour tous les groupes que l'on veut établir; cette unité c'est l'*espèce*.

A chaque instant, dans l'étude des sciences naturelles, on voit revenir le mot *espèce*, et si l'on n'est pas d'abord bien fixé sur la signification de ce terme, si l'on n'a pas une idée claire et nette sur l'espèce, on ne peut acquérir que des notions fort inexactes sur la botanique descriptive, sur l'origine et la répartition des plantes à la surface du globe.

A quelque point de vue que se place le naturaliste, il reconnaîtra qu'il est indispensable de bien définir et de bien limiter l'espèce.

Nous nous proposons dans ce travail d'étudier l'*espèce* dans le règne végétal, sans nous dissimuler toutefois que nous entreprenons là une tâche très-délicate et très-difficile, qui faisait dire encore dernièrement à l'un des plus illustres botanistes de notre époque : « Énoncer clairement « ses opinions sur la nature de l'espèce est, pour un naturaliste, l'épreuve

« la plus redoutable de toutes (1). » Aussi éprouvons-nous le besoin d'éclairer d'abord la route que nous allons suivre par les opinions des hommes que l'on appelle à juste titre les maîtres de la science, et d'examiner quelles idées ont été émises sur l'espèce à diverses époques. Nous consulterons ensuite ce livre admirable que le Créateur expose sans cesse à nos regards, et nous y étudierons successivement l'influence du *climat*, du *sol*, de la *culture* et de l'*hybridité* sur les caractères des végétaux, en accordant une plus large place aux influences du sol qui ont été plus spécialement l'objet de nos observations; nous discuterons ces influences au point de vue de déterminer si elles affectent les caractères de l'espèce, ou bien si elles se bornent seulement à créer des variations dans les types. Enfin, nous essayerons de donner une idée exacte de l'espèce.

(1) Alph. de Candolle, *Géographie botanique raisonnée.*

CHAPITRE PREMIER.

DÉFINITIONS ET OPINIONS DES PRINCIPAUX NATURALISTES.

Un groupe d'individus offrant les mêmes caractères, et pouvant se perpétuer par la génération, voilà ce qu'on a l'habitude de considérer comme une *espèce*. Ces groupes sont-ils réellement bien distincts? Des formes intermédiaires qui les réuniraient les uns aux autres et les confondraient ne peuvent-elles point se produire? L'espèce existe-t-elle réellement, ou bien n'est-elle qu'une simple abstraction de notre esprit? Si l'espèce existe, les individus qui la constituent se sont-ils perpétués depuis l'origine des choses, ou bien ces types considérés comme originels ont-ils été modifiés par l'action des milieux ambiants, de manière à constituer en quelque sorte de nouveaux types, de nouvelles espèces? On voit quels difficiles et importants problèmes soulèvent ces diverses questions.

L'espèce est-elle fixe ou variable? A-t-elle toujours existé depuis l'origine du monde, et existera-t-elle perpétuellement avec les caractères qu'elle nous offre maintenant, ou bien a-t-elle été modifiée par les milieux dans lesquels elle s'est trouvée, et ces modifications peuvent-elles continuer indéfiniment?

Déjà les philosophes de l'antiquité s'étaient posé ce grave problème, et chaque doctrine avait ses écoles. A plusieurs époques du moyen âge on retrouve la question de la variabilité ou de l'immutabilité de l'espèce, traitée dans plusieurs livres hermétiques, et personne ne sera surpris d'apprendre que les hommes qui recherchaient avec une si rare persévérance la transmutation des métaux croyaient aussi à la variabilité des espèces. Cette même doctrine se retrouve, en 1635, chez Bacon, qui ne

se borne pas à professer cette opinion, « que les plantes dégénèrent quel-« quefois jusqu'au point de se convertir en plantes d'une autre espèce, » mais qui pousse la hardiesse jusqu'à donner des règles pour opérer cette transformation (1).

Ne nous arrêtons pas sur les aperçus plus ou moins ingénieux des philosophes sur l'espèce, aperçus qui témoignent seulement de la hardiesse ou de la témérité des esprits dans lesquels ils sont éclos, et qui n'ont pu exercer aucune influence sur la marche de la science. Arrivons immédiatement aux hommes qui ont étudié la nature, et dont les idées sont étayées par l'observation.

La question de l'espèce divise les naturalistes en deux grandes écoles qui renferment l'une et l'autre des noms justement célèbres : l'une admet la réalité des espèces et les considère comme types immuables et limités par des caractères rigoureux, types qui ont traversé les siècles sans s'altérer, de telle sorte que les végétaux que nous observons aujourd'hui offriraient les mêmes formes et la même organisation que leurs ascendants, et cela en remontant jusqu'à l'origine des êtres; l'autre soutient que les êtres varient sans cesse, même dans leurs caractères les plus importants, par suite des circonstances où ils sont placés et aussi par le croisement des espèces anciennes; elle nie la fixité de l'espèce.

Linné, A.-L. de Jussieu, Cuvier, Milne Edwards, de Candolle, Blainville, Flourens, Godron, peuvent être cités comme les partisans de la fixité de l'espèce; Buffon, Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire père et fils, Lecoq, sont les représentants de la variabilité. — Ces deux écoles ayant eu un grand retentissement en 1830, au moment des débats qui s'élevèrent alors à l'Académie entre Cuvier et E. Geoffroy Saint-Hilaire, on dit aussi quelquefois l'*école de Cuvier* pour désigner les naturalistes qui professent la fixité de l'espèce, et l'*école de Geoffroy Saint-Hilaire* pour indiquer ceux qui admettent sa variabilité; la première, se posant comme la seule vraie, la seule sage, a aussi quelquefois désigné la seconde sous le nom d'école *téméraire* ou *poétique* en prenant ce dernier mot dans une acception peu favorable.

Dans ses premiers écrits, Linné, qui avait hérité des opinions professées

(1) *Plantas ex una specie in aliam transmutamus.* (Édition des *OEuvres philosophiques de Bacon*, par Bouillet. Paris, 1834, t. III, p. 197.)

par le moyen âge, émit, quoique avec doute, cette idée, que toutes les espèces de chaque genre avaient bien pu dans l'origine former une seule espèce, mais que les types primitifs, par des croisements hybrides (1), avaient peut-être successivement donné naissance aux différentes espèces que nous voyons aujourd'hui. Cette opinion se trouve exposée par Linné dans un ouvrage intitulé : *Oratio de Telluris incremento,* publié à Upsal en 1743, et dans sa dissertation sur les Pélories (2).

Plus tard on voit que Linné, qui avait reçu de son époque cette opinion de la transmutation des espèces, l'a complétement abandonnée lorsqu'il a pu étudier lui-même la nature; on lit en effet dans sa Philosophie botanique : *Species tot sunt, quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens; quæ formæ secundùm generationis inditas leges, produxere plures, at sibi semper similes. Ergo species tot sunt, quot diversæ formæ seu structuræ hodienum occurrunt.* On lit encore : *Species constantissimæ sunt cùm earum generatio est vera continuatio.* Ainsi, pour le grand législateur de la botanique arrivé à la maturité de son génie : *il y a autant d'espèces qu'il a plu au Créateur d'en répandre sur le globe dès le commencement du monde; — l'espèce est constituée par la fixité des formes, lorsque cette fixité est transmissible par voie de génération.*

Pour Linné, les déviations dans le type, les variétés, n'étaient qu'un effet de la culture : *Varietates culturæ opus esse, docet Horticultura quæ easdem sæpius produxit et reduxit.*

En appliquant à chaque espèce un nom séparé accompagné d'une description renfermant un petit nombre de caractères tranchés exprimés par une phrase courte, Linné a contribué plus qu'aucun de ses devanciers à donner une idée exacte des espèces et de l'importance de leur étude. Il a combattu avec vigueur la tendance qui se manifestait déjà de son temps, parmi les botanistes, d'élever les variétés au rang d'espèces et de transformer celles-ci en genres : Il faut, disait-il dans sa *Philosophie botanique,* se garder d'élever au rang d'espèces les variations que peuvent offrir certains individus qui s'éloignent du type, si l'on ne veut faire de la science un chaos (3).

(1) On verra plus loin que Linné se faisait une idée assez fausse de l'hybridité.

(2) *Amænit. Acad.*, t. I, p. 71.

(3) Huic Hæresi sese opposuit primus Vaillantius, dein Ego, mox Jussieus, Hallerus, Royenus, Gronovius, aliique non pauci, *ne rueret scientia.* (*Ph. bot.*, p. 317.)

Voyons maintenant ce que dit l'illustre auteur de la méthode naturelle : *In unam speciem colligenda sunt vegetantia seu individua omnibus suis partis simillima et continuata generationum serie semper conformia, ita ut quodlibet individuum sit vera totius speciei præteritæ, et præsentis et futuræ effigies* (1).

Antoine-Laurent de Jussieu avait donc sur l'espèce la même manière de voir que Linné; ils croyaient l'un et l'autre à l'immutabilité de l'espèce.

A l'origine de sa vie scientifique, Cuvier fut très-porté, comme le prouve une lettre écrite à Pfaff en 1790, à ne voir dans ce qu'on nomme les diverses espèces d'un genre que de *simples variétés* (2). Cinq ans plus tard il se demande encore si les espèces ne seraient point des dégénérations d'un même type, et, de plus, si beaucoup d'entre elles ne seraient pas nées de l'accouplement d'espèces voisines; en 1798, Cuvier pose la fécondité des produits comme le caractère essentiel de l'espèce. En 1817, il admet certaines formes qui se sont perpétuées depuis l'origine des choses, et il conclut ainsi : tous les êtres appartenant à l'une de ces formes constituent ce que l'on appelle une espèce (3).

Dans le règne animal, Cuvier définit l'espèce : *La réunion des individus descendus l'un de l'autre ou de parents communs et de ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux.* Cuvier reconnaît lui-même que cette définition est d'une application fort difficile : en effet, si l'homme peut suivre la filiation pendant un certain nombre de générations; si les documents historiques lui permettent de remonter encore un peu plus haut, l'observation seule ne peut pas le conduire jusqu'au type originel du groupe constituant l'espèce.

Aug. de Candolle appelle *espèce : la collection de tous les individus qui se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent à d'autres; qui peuvent par une fécondation réciproque produire des individus fertiles et qui se reproduisent par la génération de telle sorte qu'on peut, par analogie, les supposer tous sortis originairement d'un seul individu* (4).

(1) *Genera plantarum*, Introd.
(2) *Correspondance de Cuvier et de Pfaff.* Traduction de M. Marchant. Paris, 1858.
(3) Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Hist. nat. des règnes organiques.* Paris, 1859.
(4) De Candolle, *Théorie élémentaire.*

Ainsi, pour de Candolle comme pour Cuvier, le caractère de l'espèce se trouverait principalement dans la succession par voie de génération.

M. Flourens, ayant constaté la production de certains hybrides doués d'une fécondité bornée, ajoute au caractère de la succession celui de la *fécondité continue*. « La ressemblance, dit M. Flourens (1), n'est qu'une « condition secondaire ; la condition essentielle est la *descendance ;* ce « n'est pas la ressemblance, c'est la *succession* des individus qui fait « l'espèce. » Il dit encore : « Le caractère profond, celui qui fait la réa- « lité et l'unité de l'espèce, c'est la *fécondité continue.* »

En résumé, les partisans de la première opinion font reposer leur définition de l'espèce sur deux éléments : un élément physiologique et un élément morphologique, la *filiation* et la *similitude*. La filiation peut être démontrée, mais nous verrons que le caractère de la similitude appliqué à l'espèce a besoin d'être modifié. — Il n'est pas toujours exact de dire que l'espèce est composée d'individus parfaitement semblables entre eux, comme Bonnet, Haller, Linné l'ont prétendu dans le siècle dernier, comme Cuvier et Meckel l'ont soutenu dans celui-ci.

Buffon peut être revendiqué à bien plus juste titre par les partisans de la variabilité de l'espèce que par ceux de la fixité, malgré ce qu'on a trouvé de contradictoire en apparence dans ses écrits.

La variabilité de l'espèce n'est-elle pas, en effet, nettement exprimée dans les passages suivants :

« Combien d'espèces s'étant dénaturées, c'est-à-dire perfectionnées « ou dégradées par les grandes vicissitudes de la terre et des eaux, par « l'abandon ou la culture de la nature, par la longue influence d'un cli- « mat devenu contraire ou favorable, *ne sont plus les mêmes qu'elles* « *étaient autrefois* (2) !

« On sera surpris de la promptitude avec laquelle les espèces varient et « de la facilité qu'elles ont à *se dénaturer en prenant de nouvelles formes* (3). »

L'article ayant pour titre *Dégénération des animaux* est un exposé général de la variété de l'espèce sous l'influence de la nourriture et du climat.

(1) *Analyse raisonnée des travaux de G. Cuvier*, 1854.
(2) *Hist. nat.*, t. IX, p. 126, 1761.
(3) *Hist. nat.*, t. IX, p. 127, 1761.

L'opinion à laquelle Buffon paraît s'être définitivement arrêté est exprimée ainsi : « L'empreinte de chaque espèce est un type dont les prin-« cipaux traits sont gravés en caractères *ineffaçables et permanents à ja-« mais*, mais toutes les touches accessoires varient (1). »

Si Buffon a d'abord professé l'immutabilité au début de son œuvre, c'est-à-dire en 1753, 1755 et 1756, les volumes dans lesquels on trouve l'opinion de la *variabilité* sont de 1761 à 1766; enfin ceux où Buffon limite la variabilité ont paru de 1765 à 1778.

Ainsi, comme le fait remarquer M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, « Buffon ne se contredit pas; il se corrige et surtout il ne flotte pas : il « va une fois pour toutes de l'une à l'autre opinion; de ce qu'il avait « admis au point de départ sur la foi d'autrui, à ce qu'il reconnaît après « vingt ans d'études pour le progrès et la vérité. Et si, dans son effort « pour réagir contre les doctrines régnantes, il a été d'abord comme « tout novateur entraîné au delà du but, il essaye aussitôt d'y reve-« nir et de s'y fixer (2). »

De même que Cuvier est le continuateur de Linné dans la question de l'espèce, Lamarck est celui de Buffon; mais Cuvier reste en deçà de Linné et Lamarck s'avance bien au delà de Buffon et par des voies qui lui sont propres.

Lamarck définit l'espèce : « une collection d'individus semblables, que « la génération perpétue dans le même état tant que les circonstances de « leur situation ne changent pas assez pour faire varier leurs habitudes, « leur caractère et leur forme (3). »

Pour Lamarck, les êtres organisés les plus parfaits seraient les descendants d'êtres simples dans le principe et qui ont peu à peu, dans la suite des siècles, produit des êtres de plus en plus complexes. Sa définition de l'espèce peut être facilement ramenée à celle de la race.

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, s'appuyant non-seulement sur la gradation que l'on observe dans la série des êtres organisés, mais encore sur la grande loi d'*unité de composition organique* formulée par lui dès 1818 (4),

(1) *Hist. nat.*, t. XIII, p. 9, 1765.
(2) *Hist. nat. des règnes organiques.* Paris, 1859.
(3) *Discours de l'an XI*, p. 45.
(4) Et. Geoffroy Saint-Hilaire, *Phil. anatom.*, t. I.

reconnaît un seul système de créations incessamment et successivement progressives, remaniées sous toutes les formes par l'action toute-puissante des milieux ambiants (1).

La doctrine de Geoffroy Saint-Hilaire a été résumée dans les cinq propositions suivantes :

1° L'espèce est fixe sous la raison du maintien de l'état conditionnel de son milieu ambiant.

2° Elle se modifie, elle change si le milieu ambiant varie et selon la portée de ses variations.

3° Parmi les êtres récents et actuels, on ne doit pas voir et on ne voit pas se produire « de différence essentielle » pour eux, « c'est le même cours d'événements » comme la même marche d'excitation.

4° Au contraire, le monde ambiant ayant subi, d'une époque géologique à l'autre, des changements plus ou moins considérables; l'atmosphère ayant même varié dans sa composition chimique et les conditions de la respiration ayant été ainsi modifiées, les êtres actuels doivent différer, par leur organisation, de leurs ancêtres des temps anciens et en différer selon le degré de la puissance modificatrice.

5° La cinquième proposition, que l'auteur n'énonce toutefois qu'avec réserve, est celle-ci : les animaux vivants aujourd'hui proviennent, par suite de générations et sans interruption, des animaux perdus du monde antédiluvien (2).

Pour Cuvier, l'espèce est immuable; les différences, même simplement de valeur spécifique, que nous remarquons entre les êtres actuels et les êtres anciens sont nécessairement primitives; les êtres actuels ne descendent pas des êtres plus ou moins différents que l'on trouve aujourd'hui à l'état fossile.

Pour Geoffroy Saint-Hilaire, l'espèce est variable sous l'influence des variations du milieu ambiant; donc, des différences plus ou moins considérables, selon la puissance des causes modificatrices *ont pu* se produire dans la suite des temps, et les êtres actuels *peuvent être* les descendants des êtres anciens (3).

(1) Et. Geoffroy Saint-Hilaire, *Études progressives d'un naturaliste.*
(2) Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *Hist. nat. générale des règnes organiques.*
(3) Is. Geoffroy Saint-Hilaire, *id.*

M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire qui, dans ses cours comme dans ses ouvrages, développe avec un rare talent les doctrines de son illustre père, définit ainsi l'espèce : *une collection ou une suite d'individus caractérisés par un ensemble de traits distinctifs dont la transmission est naturelle, régulière et indéfinie dans l'ordre de choses actuel* (1).

Cette définition est tout à fait d'accord avec la théorie de la variabilité limitée de l'espèce, et elle ne préjuge rien quant à la question de savoir si les espèces actuelles descendent ou non des espèces antédiluviennes.

En retranchant les cinq derniers mots, la définition s'applique à toutes les époques et devient générale.

Les découvertes sur la polymorphie de l'espèce, et sur les alternances qui ont lieu dans plusieurs insectes et dans quelques radiés, ont porté certains naturalistes, comme M. de Quatrefages, à retrancher de la définitionde l'espèce l'élément morphologique, et à n'y plus faire entrer que la filiation.

Après avoir rappelé les définitions de l'espèce et les opinions des principaux naturalistes appartenant soit à l'école de Cuvier, soit à celle de Geoffroy Saint-Hilaire, citons encore quelques définitions qui ont été proposées par plusieurs botanistes et qui sont restreintes, bien entendu, à l'espèce végétale.

Dans son bel ouvrage de *Géographie botanique raisonnée*, M. Alph. de Candolle, voulant obvier aux inconvénients qui ont été signalés dans les diverses définitions de l'espèce, propose la définition suivante : *l'espèce est une collection de tous les individus ou associations d'objets qui se ressemblent*, et il ajoute à sa définition l'explication suivante : les espèces sont des collections d'individus qui se ressemblent assez pour 1° avoir en commun des caractères nombreux et importants qui se continuent pendant plusieurs générations, sous l'empire de circonstances variées; 2° s'ils ont des fleurs, se féconder avec facilité les uns les autres et donner des graines presque toujours fertiles; 3° se comporter à l'égard de la température et des autres agents extérieurs d'une manière semblable ou presque semblable; 4° en un mot, se ressembler comme les plantes analogues de

(1) Is. Geoffroy Saint-Hilaire, extrait de l'*Hist. nat. générale des règnes organiques*, 1859.

structure, que nous savons être sorties primitivement d'une souche commune depuis un nombre considérable de générations (1).

Dans cette définition, la ressemblance prédomine sur les caractères de succession.

Adrien de Jussieu emploie à la fois, dans la définition qu'il donne de l'espèce, la ressemblance et la filiation. Pour lui, *l'espèce est la collection de tous les individus qui se ressemblent entre eux plus qu'ils ne ressemblent à d'autres, et qui par la génération en reproduisent de semblables, de telle sorte qu'on peut, par analogie, les supposer tous issus originairement d'un même individu* (2).

Les botanistes se rangent pour la plupart autour de définitions semblables qui sont loin, il nous semble, de donner une idée parfaitement exacte de l'espèce.

Endlicher et Unger disent : *Les individus qui concordent dans tous les caractères invariables appartiennent à la même espèce.* Et ils entendent par caractères invariables ceux qui ne changent pas pendant une succession indéfinie de générations.

Schleiden commence par établir que l'espèce est essentiellement *subjective*, et il arrive ensuite à la définition suivante : *Tous les individus qui, indépendamment du temps et du lieu, présentent des caractères identiques dans des circonstances identiques appartiennent à une espèce.*

La définition donnée par M. Jordan rentre également dans la catégorie de ces définitions plutôt métaphysiques que basées sur la logique des sciences d'observation. Pour M. Jordan, toute forme est représentée et reproduite numériquement dans le monde à l'état d'individu et avec une certaine figure; le monde n'offre à nos yeux que des individus chez lesquels la forme spécifique se trouve unie à la forme individuelle ou principe d'individualité qui les distingue entre eux et qui fait que l'un n'est pas l'autre ; *le fonds commun identique chez tous ceux qui représentent une même forme spécifique c'est l'espèce* (3).

En partant d'une telle définition il n'est pas étonnant que M. Jordan soit parvenu à rendre certains genres tellement riches en espèces qu'ils sont aujourd'hui l'effroi des botanistes.

(1) *Géographie botanique raisonnée.* Paris, 1855.
(2) *Cours élémentaire de botanique.*
(3) *De l'origine des diverses variétés ou espèces d'arbres fruitiers.* Paris, 1853.

La tendance des zoologistes purs, comme Buffon, Geoffroy Saint-Hilaire, Cuvier, d'attacher une plus grande importance à la reproduction ; celle de Lamarck, zoologiste et botaniste à la fois, de mettre sur la même ligne les caractères de ressemblance et de reproduction ; celle des botanistes purs, de placer la ressemblance au-dessus des caractères de reproduction et surtout de fécondi té, s'expliquent aisément par la nature de chaque règne.

Nous terminerons cette longue énumération de la définition de l'espèce en faisant connaître celle qui a été proposée par M. Lecoq de Clermont-Ferrand. Ce savant professeur considère l'espèce comme un centre rayonnant dans tous les sens, comme *un groupe immense à rayons divergents et ramifiés sur lesquels viennent se placer dans un ordre défini tous les êtres qui lui appartiennent.* Nous croyons que cette manière de représenter l'espèce est celle qui s'accorde le mieux avec les faits; nous essayerons de le démontrer plus loin.

Quoi qu'il en soit, avant d'étudier quelle peut être l'influence exercée par le milieu ambiant sur le caractère des plantes, nous voyons déjà, par ce qui précède, quelles divergences nombreuses existent parmi les naturalistes et combien il est difficile de donner une définition rigoureuse de l'espèce. Ne serait-on pas tenté de dire, avec M. le comte Jaubert (1) : « Au « milieu d'une telle confusion (la création désordonnée d'espèces), j'essaye « de me rattacher à une bonne définition du mot *espèce;* je la demande « à tous les patriarches de la botanique comme aux plus savants parmi « les modernes. Je vois qu'on paraît généralement d'accord pour admettre « la formule générale posée par A.-L. de Jussieu : *individuorum similium* « *successio continuata generatione renascentium;* mais, outre que le fait de « la génération successive n'a été constaté que pour un petit nombre « d'êtres et ne le sera peut-être jamais pour la plupart des autres, faute de « temps ou de moyens d'observation, on dispute encore avec tant de « vivacité sur les applications ou les restrictions dont le principe est sus- « ceptible, et ces divergences se compliquent tellement par les découvertes « récentes, en zoologie comme en botanique, sur la multiplicité des or- « ganes de reproduction et sur les métamorphoses, que tout *criterium* finit « par nous échapper. »

(1) Discours adressé à la Société botanique de France. Janvier 1858.

En examinant dans les chapitres suivants les influences du climat, du sol, de la culture et de l'hybridité sur les végétaux, nous tâcherons de distinguer quels sont les caractères variables et les caractères permanents chez les plantes; de voir si ces caractères permanents suffisent pour distinguer les espèces les unes des autres; et enfin si ces espèces, par des croisements, peuvent ou non se mêler et se confondre, ce qui détruirait la fixité des espèces originairement bien distinctes, ou bien, au contraire, confirmerait cette fixité.

CHAPITRE II.

INFLUENCE DU CLIMAT.

La distribution relative des mers et des continents, l'altitude ou l'élévation du sol au-dessus du niveau de la mer, la direction des chaînes de montagnes, la fréquence ou la constance des courants d'air, la pente du sol ou son exposition, la nature même de ce sol et des végétaux dont il est couvert, les écarts thermométriques entre l'été et l'hiver, l'obliquité ou la perpendicularité des rayons solaires, la capacité des plantes elles-mêmes pour la chaleur : voilà autant d'éléments qui influent d'une manière notable sur le climat d'une localité, et souvent avec plus d'énergie que la latitude elle-même.

Les circonstances favorables pour la réussite de chaque végétal sont circonscrites dans certaines limites de température ; le cercle de ces limites est plus étendu pour les uns, plus étroit pour les autres, et lorsqu'on dit qu'une plante s'habitue plus ou moins facilement à des températures différentes, on n'entend pas par là qu'elle contracte réellement aucune habitude, mais seulement que sa constitution physique lui permet de supporter des degrés de température variés.

Le climat est-il susceptible de modifier les caractères essentiels des végétaux? Pour répondre à cette question, il suffit de citer quelques exemples. L'*Epilobium hirsutum* se rencontre à la fois en Suède, en France, en Italie, en Grèce, en Algérie, etc. ; le *Phalangium bicolor* a été signalé le long des côtes de France, depuis Bayonne jusqu'en Bretagne, puis en Espagne, au Maroc, à Alger ; l'*Astragalus Bayonensis* se voit dans les sables du département du Calvados avec des caractères identiques à ceux

qu'il présente aux environs de Bayonne; le *Polypodium vulgare* a été signalé dans presque toutes les latitudes; plusieurs plantes de l'Amérique du Nord transportées sur le sol de l'ancien continent s'y sont naturalisées, et y vivent maintenant à l'état spontané, comme l'*Erigeron canadense* et l'*OEnothera biennis;* le *Centaurea cyanus*, L., et l'*Agrostemma githago*, L., n'accompagnent-elles pas les céréales dans tous les pays où elles sont cultivées? D'autres plantes, telles que l'*Urtica dioica*, L., le *Portulaca oleracea*, L., le *Poa annua*, L., les *Chenopodium*, etc., n'ont-elles pas pénétré avec l'homme, et même malgré l'homme, dans toutes les parties du globe, où elles végètent avec la même vigueur que dans leur pays natal?

Eh bien, malgré toutes ces différences de latitude, on n'a pas observé que les plantes dont nous venons de parler eussent rien perdu de leurs caractères essentiels, qu'elles eussent varié d'une manière notable; le botaniste n'éprouve pas le moindre embarras pour rapprocher les plantes de la même espèce qui se sont développées dans des climats différents.

Mais s'il existe quelques plantes vraiment cosmopolites, et pouvant s'accommoder en quelque sorte à tous les climats sans éprouver de modifications importantes dans leurs caractères, un grand nombre d'espèces végétales ne peuvent exister que dans telle ou telle région du globe, et souvent à des hauteurs déterminées pour chaque latitude; elles ne se propagent pas au delà des limites que le Créateur leur a assignées. Tout le monde sait que les plantes tropicales ne peuvent guère avancer vers les pôles, et il suffit d'avoir herborisé dans les montagnes pour savoir qu'il y a des espèces spéciales pour chaque altitude, et souvent dans des limites très-restreintes; il serait aussi absurde de chercher à faire vivre le *Ranunculus glacialis* et le *Saxifraga groenlandica* dans la plaine, que de placer des bananiers sur le sommet des Alpes ou des Pyrénées.

Qu'est-il resté des tentatives faites par divers botanistes pour naturaliser autour d'eux certaines plantes qu'ils désiraient multiplier? Rien, ou presque rien : beaucoup de plantes françaises, dont Thuillier avait répandu les graines aux environs de Paris, ont disparu depuis longtemps; on n'observe plus à Montpellier les espèces que Gouan y avait semées; les essais de même genre qui furent tentés dans le Calvados par Lair n'ont pas obtenu plus de succès.

Ne sait-on pas d'ailleurs que, pour l'acte de la germination, il faut une certaine température en deçà comme au delà de laquelle le phénomène

n'a pas lieu : si la quantité de chaleur est trop faible, la graine ne germe pas, mais elle conserve sa faculté germinative; si elle est trop considérable, toute faculté germinative est détruite, et comme la température la plus convenable pour la germination varie avec chaque espèce de graines, on voit que, dès l'origine de la vie végétale, le climat peut tuer l'embryon ou favoriser son développement.

Dans la plupart des ouvrages de botanique, on cite comme exemple de modifications apportées par le climat le *réséda* et le *ricin* qui, ligneux en Algérie, restent herbacés dans une grande partie de la France ; mais il est facile de remarquer que ces plantes sont réellement vivaces en France comme en Algérie ; elles ne meurent pas nécessairement après avoir donné leurs graines, mais au contraire continuent de végéter jusqu'à ce que le froid les fasse périr, et si nous les abritons convenablement dans nos serres nous pouvons facilement les faire fleurir et fructifier pendant plusieurs années. Le changement de climat peut donc tuer ces deux plantes, mais sans modifier leurs caractères.

Certaines plantes qui peuvent d'ailleurs supporter des froids assez rigoureux ont besoin, pour la maturation de leurs fruits, d'être soumises à une température élevée pendant un certain temps : ainsi le raisin mûrit à Dantzick et ne peut pas mûrir à Londres, malgré la différence de latitude et de température moyenne en faveur de cette dernière ville. Pour d'autres plantes il ne faut ni trop de chaleur, ni des froids trop rigoureux, mais plutôt une température moyenne et humide : ainsi les myrtes fleurissent très-bien et passent l'hiver en Angleterre, tandis qu'en France le froid de nos hivers les tue. On pourrait multiplier ces exemples qui prouvent que pour chaque espèce de plantes il faut en quelque sorte des conditions climatériques spéciales en dehors desquelles la vie n'est plus possible.

Linné, Adanson et plusieurs autres naturalistes ont observé déjà depuis longtemps que pour parvenir à leur floraison et à leur entière fructification les végétaux ont besoin d'éprouver, chacun selon sa nature, une somme de degrés de chaleur plus ou moins considérable; ce fait paraît démontré; mais il ne semble pas l'être également que la somme totale de ces degrés, acquise pendant un laps de temps plus ou moins long, produira toujours les mêmes effets. Nous voyons les résultats désastreux des chaleurs sèches ou des pluies continuelles des climats équatoriaux sur les

plantes annuelles de nos régions, et nous devons en conclure que la quantité d'humidité doit être prise en considération autant que celle de la chaleur. En Russie, les jours d'été sont plus longs et plus chauds que dans le nord de la France, mais l'atmosphère n'est pas desséchée comme sous l'équateur; des pluies momentanées alimentent la végétation sans l'étioler; aussi la récolte de l'orge se fait-elle dans ce pays quelquefois en moins de 40 jours, tandis qu'en France elle en demande 150, et cependant, chez nous comme en Russie, la maturité des céréales est complète.

Dans certaines circonstances, le climat pourra exalter les propriétés que l'on a développées dans certaines plantes par la culture, dans d'autres il les fera rentrer à l'état sauvage : ainsi au Chili les légumes et les fruits d'Europe ont acquis une grosseur considérable; à St-Domingue, les choux et les laitues, au lieu de pommer, les carottes et les navets, au lieu de grossir, montent en graine avec une rapidité extrême et perdent les qualités alimentaires que la culture leur a données en Europe.

L'*acclimatation*, mot dont on se sert beaucoup aujourd'hui, consisterait à faire vivre des espèces de plantes ou d'animaux hors des limites extrêmes que la nature a posées à leur flexibilité, ce qui ne saurait arriver qu'à la suite d'une modification dans leur essence même. Ce serait l'équivalent d'une transformation des espèces, ou bien la création de races ou de variétés. Cette possibilité d'obtenir une modification plus ou moins profonde dans le tempérament, dans la nature intime des espèces ne paraît pas encore aujourd'hui parfaitement démontrée.

Si l'on essaye seulement, au lieu d'*acclimater*, de *naturaliser* certaines plantes, c'est-à-dire de les placer dans des conditions telles qu'elles puissent se développer et se perpétuer comme les plantes indigènes, la plus grande difficulté est celle du climat; mais les obstacles que l'on éprouve à la naturalisation des végétaux ne proviennent pas toujours de la différence de latitude ou d'altitude; dans beaucoup de cas elle doit être attribuée uniquement à des conditions météorologiques toutes locales, à l'exposition ou à la nature même du terrain.

De la diversité d'exposition au Nord ou au Midi sur les montagnes résulte une différence dans la limite des espèces en altitude. Sur une montagne dont la moyenne annuelle de température diminue de 1° par 150 mètres, une espèce qui s'élève de 300 mètres plus haut du côté du midi

que du côté du nord, accuse 2° de différence par l'effet de l'exposition au soleil; les pentes méridionales offrent deux avantages : insolation et abri.

On trouve encore un exemple très-remarquable de l'influence de l'exposition, et par suite du climat et de la fertilité du sol, dans la configuration des deux îles de Jersey et Guernesey. Le sol de la première de ces îles présente une déclivité très-marquée du nord au sud; celui de la seconde offre une déclivité en sens contraire : les rayons du soleil tombent alors plus directement et plus perpendiculairement sur le sol de Jersey, qui est bien plus fertile et surtout d'une végétation bien plus précoce que celui de Guernesey (1).

Dans un Mémoire très-remarquable ayant pour objet l'action de la chaleur sur les végétaux, M. Al. de Candolle est arrivé à cette conclusion : que, *dans aucun cas, la limite d'une espèce ne coïncide exactement avec une ligne de température égale pendant une époque quelconque de l'année.*

Il nous semble démontré, par tout ce qui précède, que les végétaux transportés dans un climat nouveau, ou bien résistent aux influences nouvelles auxquelles ils sont soumis et n'éprouvent aucun changement dans leurs caractères essentiels, ou bien finissent par périr après quelques générations. Une plante placée dans un climat défavorable, si elle y peut vivre, n'atteindra qu'un développement imparfait; ainsi on ne la verra pas fleurir, ou, si elle fleurit, elle ne fructifiera pas, mais elle ne subira aucune altération dans sa structure essentielle. Le climat pourra tuer les plantes, mais il ne détruira pas leurs caractères spécifiques.

(1) *Excursion agricole à Jersey*, par Girardin et Morière. Rouen, 1857.

CHAPITRE III.

INFLUENCE DU SOL.

§ Ier. — *Du sol végétal aux diverses périodes géologiques.*

Avant de nous occuper des influences que le sol diversement modifié peut exercer sur la végétation et le caractère des plantes, nous devons chercher à nous rendre un compte exact de ce que peut être le sol, et des modifications qu'il a lui-même éprouvées.

Prenons les choses à l'origine : le *sol végétal*, ce que nous appelons maintenant la *terre arable*, a-t-il toujours existé? Évidemment non. Plusieurs conditions, qui ne se manifestaient pas lors de la formation de la terre, sont nécessaires à la création du sol végétal.

Tant que l'eau, vaporisée et reléguée dans l'atmosphère étendue du globe par l'action de la chaleur centrale, n'a pu descendre en pluie et ruisseler sur les roches, la terre végétale n'a pu se former.

Tant que les roches ne se sont pas décomposées et réduites en parcelles ou en graviers, la terre productrice était impossible.

Tant que les végétaux n'ont pas existé, et tant que leurs débris n'ont pu se mêler aux roches altérées et imbibées d'eau, il n'y a pas eu de terre végétale.

Enfin, l'existence des plantes elles-mêmes dépendait non-seulement de la présence d'un sol plus ou moins divisé, mais surtout de l'existence dans l'atmosphère du principal élément des matières organiques, du *carbone*.

Or que voyons-nous dans les anciennes couches du globe? Des roches primitives, la plupart privées de carbonates, ou, si ces derniers existent, c'est en quantité si faible qu'elles accusent l'extrême pauvreté de la surface terrestre, relativement à un élément que nous allons voir remplir un rôle des plus importants.

Que l'on me permette, avant d'arriver au sol arable de notre époque, avant d'étudier son action sur les végetaux, de rechercher quel a pu être le sol végétal aux diverses époques de la terre, et d'essayer de remonter à travers les siècles jusqu'à la première couche du sol productif.

Nous sommes forcé de rétrograder jusqu'à l'apparition des premiers calcaires dans les terrains *cambriens*, *siluriens* et *devoniens;* — à ces lentilles de carbonate de chaux intercalées dans le grès, et que l'analogie doit nous faire supposer avoir été déposées par les premières eaux minérales qui se sont montrées sur la terre.

Dès lors l'acide carbonique que, selon toute apparence, amenait au jour ce calcaire sous forme de bicarbonate, a pu se répandre dans l'air, et c'est évidemment par l'absorption et l'assimilation de ce premier carbone que le premier *humus* ou les premières terres de matière organique ont pu se mélanger aux détritus des roches préexistantes.

Ces couches *cambrienne*, *silurienne*, *devonienne*, aujourd'hui si profondes, étaient donc alors superficielles. Sur elles végétaient déjà des espèces singulières, cryptogames cellulaires, douées sans doute, comme nos fougères actuelles, de la faculté de décomposer avec énergie l'acide carbonique de l'atmosphère.

Les couches devoniennes de la Thuringe, étudiées avec soin par M. Reinhard-Ritcher, représentent peut-être le sol végétal le plus ancien sur lequel vivaient, selon M. Unger, les prototypes des Fougères, des Cycadées, des Conifères, des Équisétacées, — de toutes ces plantes acrogènes qui ont précédé la formation des houilles.

L'apparition du calcaire carbonifère, dont les couches si puissantes s'étendent en Europe depuis les confins de la Russie orientale jusque sur les îles Britanniques, — qui couvre dans l'Amérique du Nord une immense étendue, — l'apparition de ce calcaire, disons-nous, en le supposant amené par des eaux minérales à l'état de bicarbonate, a été très-certainement la cause d'une excessive végétation et d'un dépôt considérable de terre végétale.

L'atmosphère, que l'on suppose aujourd'hui contenir 850 millions de tonnes de carbone dissous dans l'oxygène ou à l'état d'acide carbonique, a dû en recevoir 15 à 20 fois plus par le dépôt de ces immenses assises de calcaire.

C'est de cette époque surtout que date le dépôt de la terre végétale; mais le sol n'a pu se former, comme de nos jours, par un mélange intime de matières organiques et de roches décomposées; l'activité, la puissance de végétation étaient telles, que les matières organiques formaient seules de vastes assises, puis les sables, les vases et les graviers, aujourd'hui transformés en grès houiller, servaient de supports à de nouvelles végétations. Cent fois submergé, le sol des forêts s'est cent fois rétabli, et si, actuellement qu'ils ont été modifiés par la pression et par l'action non interrompue d'un laps de temps inconnu, nous avons peine à reconnaître dans les grès et dans les schistes houillers les surfaces de l'ancienne végétion, il n'en est pas moins vrai qu'elles ont bien existé.

Il ne nous reste rien de cet ancien sol; à plusieurs reprises il a été recouvert, et si nous suivons les dépôts successifs des terrains de sédiment, nous allons reconnaître qu'à chaque période la terre a eu sa végétation et un sol superficiel pour la supporter.

Les grès du *trias* constituaient le sol de cette période qui paraît avoir été fortement agitée, puis les marnes irisées ont projeté de nouveau dans l'atmosphère une quantité nouvelle d'acide carbonique.

Mais s'il est une époque géologique où l'on peut affirmer que les assises calcaires, malgré leur puissance, proviennent du dépôt chimique de sources carbonifères, c'est sans contredit la période *jurassique*. L'analogie et souvent même l'identité absolue des roches de cette époque avec notre travertin moderne ne laisse aucun doute sur leur communauté d'origine à des époques éloignées et sous des proportions bien différentes.

A aucune époque géologique, le sol végétal ne s'est développé davantage qu'à l'époque jurassique; les grès infraliasiques, les marnes du lias, les argiles Wealdiennes et une foule de petites couches subordonnées indiquent des terrains fertiles sur lesquels les cycadées, les conifères et de nombreux végétaux aquatiques se développaient en liberté. Le dégagement d'une grande quantité d'acide carbonique, conséquence d'un si vaste dépôt de calcaire, a dû, de son côté, activer la végétation, et des

couches de houille et de combustibles d'origine végétale se montrent assez souvent au milieu des vases durcies et des grès comprimés de cette époque.

Les mêmes phénomènes se reproduisent aux époques crétacées et tertiaires. Chacune de ces couches, aujourd'hui ensevelies sous les autres, a été le support d'une ancienne végétation, et nous pouvons dire que la terre végétale a existé, en proportions très-différentes, il est vrai, à toutes les époques géologiques.

Les éléments des roches, les détritus des plantes et des animaux, très-probablement la matière organique des eaux minérales, étaient alors les éléments constitutifs de ce sol producteur. Il était du reste fortement modifié par le plus ou le moins d'abondance des végétaux qui se développaient dans ces diverses circonstances, et la vigueur et l'extension des plantes étaient très-certainement subordonnées à la proportion d'acide carbonique qui se répandait dans l'atmosphère.

Nous aurions pu entrer dans des détails bien plus nombreux sur l'ancien sol végétal; nous avons voulu seulement indiquer sa présence aux anciennes époques géologiques, et arriver ainsi graduellement au sol actuel, sur l'étude duquel nous devons aussi nous arrêter un instant.

Nous sommes autorisé à considérer l'étendue des continents émergés comme plus considérable à notre époque qu'à aucune autre; mais il n'est nullement prouvé qu'il ne se produit pas dans le fond des mers, ou au moins sur les côtes, de la terre qui deviendrait parfaitement cultivable si elle se trouvait un jour exposée aux influences atmosphériques. Il nous semble toutefois que le sol arable de notre époque est différent des anciens sols. La longueur de la période géologique à laquelle nous assistons peut nous faire supposer que l'action de l'air et surtout la succession séculaire des végétaux sur les mêmes points du globe ont pu modifier cette couche fertile qui est la dernière enveloppe de notre planète, enveloppe imperceptible relativement à la masse de la terre, mais des plus importantes pour nous.

Il faut remarquer que c'est encore au carbone que nous devons en partie le sol végétal. L'acide carbonique, ainsi que l'a démontré M. Boussingault, est confiné, retenu en grande partie dans les vides du sol. Tout le terreau qui existe dans les forêts, toute la tourbe qui s'accumule dans les marais, sont les dépôts charbonneux que les végétaux de notre épo-

que puisent dans l'atmosphère. Il n'y a pas de tourbe, pas d'humus qui n'ait commencé par l'état gazeux, et que les plantes, merveilleux appareils de réduction, n'aient soutiré de l'air atmosphérique.

Ne sommes-nous pas en droit de nous demander si ces torrents d'acide carbonique que notre industrie, nos foyers, nos locomotives, rejettent incessamment dans l'atmosphère n'ont pas déjà et n'auront pas, par la suite, une action sensible sur nos cultures ou sur la végétation spontanée? La nature tend toujours à ramener l'équilibre et l'harmonie. Si l'homme aujourd'hui va chercher l'ancien sol de la végétation ou les débris mêmes de cette végétation dans les couches profondes où ils sont ensevelis, s'il rejette dans l'atmosphère à l'état gazeux le carbone que les plantes en ont autrefois séparé, nul doute qu'il ne verse ainsi aux plantes actuelles un excès d'alimentation dont elles savent profiter.

N'est-ce pas à la présence de l'acide carbonique s'échappant des fissures du sol que l'on doit cette végétation luxuriante que nous offrent les environs de plusieurs volcans?

Cette émission continuelle d'acide carbonique par les sources, par la respiration, par la combustion peut, dans certaines circonstances, augmenter la masse du carbone contenu dans notre atmosphère, et que des calculs raisonnables estiment à 850 millions de tonnes. Or il suffit de brûler dans une année quelques milliers de tonnes de houille, et de continuer ainsi pendant quelques siècles, pour que la proportion d'acide carbonique de l'air soit notablement changée.

S'il existe un régulateur pour équilibrer cet excès d'acide carbonique et pour en fixer le carbone, c'est dans la création de l'humus et de la tourbe qu'il faut le chercher, et ces dépôts de l'époque actuelle ne sont que les résidus de la végétation.

Ainsi le carbone est en circulation dans l'atmosphère depuis les époques sédimentaires les plus anciennes.

Ainsi le carbone joue le rôle le plus important dans la formation de la terre arable, et l'homme peut à son gré, par ses cultures, faire varier la quantité d'humus de la terre qu'il cultive, en employant, pour fixer le carbone, des appareils qui fonctionnent avec plus ou moins d'activité. — Or ces appareils, ce sont les végétaux, dont les uns, comme les légumineuses, puisent en grande partie leur nourriture dans l'air et laissent après eux, dans le sol, plus d'humus qu'il n'en renfermait auparavant;

dont les autres, comme les céréales, consomment plus d'humus qu'ils n'en produisent.

Après avoir cherché à expliquer l'origine du carbone atmosphérique et du sol végétal aux diverses époques géologiques, nous allons considérer plus particulièrement le sol arable tel qu'il est constitué aujourd'hui, et examiner quel rôle il joue dans la végétation, quelles modifications il peut apporter dans la nature des plantes; enfin nous nous demanderons si son influence peut aller jusqu'à modifier les caractères essentiels de l'*espèce*.

§ II. — *Étude spéciale du sol arable.*

I. Toute partie superficielle de la terre dans laquelle les plantes peuvent se développer porte le nom de *sol arable*.

C'est par la décomposition des roches qui se trouvent à la surface du globe que ce sol arable a été formé. Les granits, les basaltes, les porphyres, les marbres, les calcaires les plus compactes cèdent peu à peu à l'effort imperceptible, mais incessant, des agents atmosphériques, de l'eau chargée d'acide carbonique, de l'eau qui tour à tour se congèle et se vaporise en produisant des effets dynamiques d'une puissance dont on peut se faire une idée exacte en se promenant le long des falaises de notre littoral au moment du dégel, et en voyant alors des masses énormes se détacher de la partie supérieure et tomber avec fracas en brisant ce qui se trouve sur leur trajet. — Le temps produit aussi des résultats non moins remarquables qu'une force vive et momentanee : nous sommes témoins chaque jour de faits de cette nature par la détérioration qu'éprouvent les éléments de construction les plus solides en apparence, la nitrification des calcaires, l'exfoliation des granits. — La décomposition spontanée du feldspath contenu dans les roches granitoïdes, et par suite la formation des dépôts de kaolin, nous montre en petit ce qui a dû se passer dans la période géologique, alors que la température plus élevée de l'atmosphère et du sol, la prédominance de l'acide carbonique dans l'air, devaient agir avec une bien autre énergie, et activer l'altération et la disgrégation des roches dures.

C'est donc par suite de ces effets mécaniques et chimiques que les divers éléments des roches ont été réduits à l'état de particules plus ou moins

ténues que des cours d'eau ont ensuite entraînées, du haut ou du flanc des montagnes, pour les transporter dans les plaines où ces galets, ces sables, ces poussières minérales ont formé des dépôts d'une certaine épaisseur.

La nature de ces dépôts varie autant que celle des roches qui ont contribué à leur formation. Ainsi les roches calcaires plus ou moins compactes, les couches de craie ont produit des sols calcaires ou marneux; les montagnes quartzeuses n'ont fourni que des sables siliceux; les schistes argileux ont formé des limons presque entièrement constitués par de l'argile; les roches granitiques ou granitoïdes ont donné lieu par leur disgrégation, et notamment par les décompositions spontanées du feldspath, l'un de leurs éléments essentiels, à des terres mélangées de silice, d'alumine, de chaux, de magnésie, de potasse, d'oxyde de fer, etc.

II. A ces éléments minéraux, qui dans l'origine ont servi à constituer les couches meubles superficielles, sont venus s'ajouter peu à peu les débris organiques provenant de la destruction des plantes qui ont successivement occupé ce sol.

On connaît maintenant la marche admirable que suit la végétation pour faire la conquête d'une terre aride, et qu'elle finit par émailler de fleurs. Aussitôt que cette terre est suffisamment humectée par les pluies, les neiges, les rosées et les brouillards, on y voit d'abord se développer diverses fongosités (*collema*, etc.), productions éphémères qui ne demandent au sol presque rien qu'un point d'appui, et qui lui rendent par leurs débris une substance azotée et par conséquent fertilisante. Ces fongosités, d'une organisation si simple, sont comme les éclaireurs de cette grande famille de plantes dont l'avant-garde, formée de graminées et de cypéracées aux racines longues et traçantes, prépare la demeure de ces nombreuses légions de composées, de légumineuses, etc., qui affermissent et améliorent assez le terrain pour qu'un jour les graines qu'y jetteront les vents et les tempêtes les couvrent de forêts.

Il faut à la vérité, pour cette succession de produits, un temps bien long; mais la nature, dans ses vastes opérations qui tiennent de la grandeur et de la majesté des effets de la période géologique, n'a pas besoin de compter les années, puisque son auteur tient les siècles dans ses mains, et que mille ans sont devant lui comme le jour d'hier qui n'est plus! *Quo-*

niam mille anni ante oculos tuos, tanquam dies hesterna quæ præteriit (1)!

La partie organique du sol, résultat de la décomposition des végétaux qui se renouvellent à sa surface, l'*humus* ou *terreau*, dont nous avons déjà parlé précédemment, est loin d'être une matière homogène, car on y trouve :

1° Des débris ligneux non encore altérés, avec leur forme et leur structure propres ;

2° Des débris en voie de décomposition plus ou moins avancée sous l'influence de l'air, de l'eau et des alcalis, et amenés à l'état d'une matière noirâtre, friable, insoluble dans l'eau même alcaline : c'est là ce qu'on a appelé *terreau charbonneux;*

3° Enfin une matière pulvérulente, noire, très-soluble dans les liqueurs alcalines qu'elle colore fortement en brun, et consistant en plusieurs acides noirs et insolubles dans l'eau pure et les acides, et que les chimistes ont désignés sous les noms d'acides *ulmique*, *humique*, *géique*, *crénique* et *apocrénique :* c'est là ce qu'on peut appeler l'humus parfait, dont une portion est libre, mais dont la majeure partie est combinée à la chaux.

Cette altération des matières organiques et leur conversion en terreau est toujours fort lente : une température élevée et le libre contact de l'air la favorisent; l'absence d'humidité, la présence d'acide carbonique la ralentissent. Dans un sol argileux, très-compacte, il y a bien toujours de l'humidité, mais la rencontre de l'air s'y trouve interceptée par la consistance même du terrain; aussi la production de l'humus n'a-t-elle lieu que très-lentement. Elle se fait, au contraire, beaucoup plus facilement dans les terrains sablonneux et humides, et plus rapidement encore dans les terrains calcaires, par suite non-seulement de l'accès facile de l'air, mais encore par l'action de la chaux sur les matières organiques.

Le terreau, par cela même qu'il est une substance en voie de décomposition, possède rarement des propriétés constantes, caractéristiques et distinctives, parce que les éléments qui le composent peuvent être dans un état plus ou moins avancé de décomposition.

Les terreaux ne sont pas tous semblables entre eux, parce que les plantes dont ils proviennent n'ayant pas la même composition, les conditions

(1) Ps. 80, v. 4. Voir Laterrade, *des Plantes de nos dunes* (Mémoires de l'Académie de Bordeaux, deuxième trimestre de 1851, p. 293).

et les résultats de leur décomposition ne peuvent pas être identiques : ainsi les plantes riches en tanin donnent un *terreau acide*, comme le sont généralement *les terres de bruyère;* les autres plantes non astringentes donnent un *terreau doux* ou non acide, très-propre à toutes les cultures, tandis que le précédent ne peut acquérir les mêmes propriétés qu'après avoir été fortement chaulé. La *tourbe* est une espèce de terreau acide formé par les plantes qui se sont décomposées sous l'eau.

La proportion du terreau dans les différents sols est très-variable : dans les terrains dits *tourbeux* elle s'élève jusqu'à 50 et même 70 p. 100 de leur poids. Dans les sols riches, cultivés depuis fort longtemps, il y en a quelquefois jusqu'à 25 p. 100; mais en général, même dans les meilleures terres, il y en a beaucoup moins : la proportion oscille entre 10 et 12 p. 100; dans les bonnes terres à blé, entre 4 et 8 p. 100. L'avoine et le seigle peuvent prospérer dans un terrain qui en contient seulement 1 à 2 p. 100; l'orge en exige de 2 à 3 p. 100.

III. En dehors des modifications que la main de l'homme a successivement apportées dans leur constitution, les sols arables offrent une grande diversité de propriétés minéralogiques, physiques et chimiques. Sous le rapport de la composition chimique, les différences résident moins dans la nature des éléments qui les forment que dans la proportion de ces mêmes éléments. En effet, presque tous renferment, comme principes essentiels : de la silice, de la chaux (carbonatée), de l'alumine et du terreau. Mélangées dans diverses proportions, ces matières constituent la variété des sols, et, suivant que l'une ou l'autre de ces deux substances prédomine dans la couche meuble, celle-ci prend le nom de *sol sableux*, *sol calcaire*, *sol argileux*, *sol humifère*.

Les trois premières substances forment l'assiette minéralogique du terrain et ne jouent guère, par rapport à la végétation, qu'un rôle physique ou mécanique; elles fixent les racines et empêchent les plantes de céder à la violence des vents; elles sont le réceptacle des eaux pluviales et des débris organiques qui doivent servir à la nourriture des plantes; elles agissent encore comme matières poreuses pour retenir l'acide carbonique, l'ammoniaque et l'air dont la présence n'est pas moins indispensable à la végétation.

Indépendamment de ces éléments essentiels, communs à tous les sols,

il y a toujours en plus certains composés chimiques qui, malgré leur proportion relative très-faible, n'en jouent pas moins un rôle important. Ces composés sont : du carbonate de magnésie, des oxydes de fer et de magnésie, des alcalis et des sels, notamment des nitrates, silicates, sulfates, phosphates de potasse, de chaux et de magnésie; des chlorures de potassium, de sodium, de calcium et de magnésium, et quelques autres matières minérales beaucoup plus rares.

Il est facile de se rendre compte de l'origine de ces deux dernières substances. Dans tous les terrains se trouvent disséminés en plus ou moins forte proportion des fragments de minéraux dont se composaient les roches qui leur ont donné naissance; ces fragments, qu'il est facile de découvrir à la loupe, sont des silicates à base de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, d'alumine, qui, bien que très-durs et résistants, non solubles dans l'eau, sont cependant susceptibles d'être attaqués, désagrégés, modifiés par l'action combinée et continue de l'eau, de l'oxygène, de l'air, de l'acide carbonique, comme aussi par les alternatives de chaleur et de froid, en sorte que peu à peu ils donnent naissance à de nouveaux composés solubles, des carbonates alcalins, du bicarbonate de chaux et de magnésie, de la silice hydratée gélatineuse que les racines des plantes peuvent absorber.

Cette désagrégation des débris atténués des roches primitives s'effectue d'autant mieux que le sol est plus perméable et que ses diffé rentes parties sont mises plus fréquemment en contact avec l'air.

Les actions mécaniques et chimiques qui ont opéré, dans l'origine, la destruction des roches superficielles et contribué ainsi à la formation des terres cultivables ne s'arrêtent jamais. Si les silicates terreux et alcalins qui constituent les granits et autres roches dures peuvent être ainsi, avec le temps, sous l'influence de l'acide carbonique de l'air, convertis en bicarbonates et en silice gélatineuse soluble, à plus forte raison les schistes, les argiles et autres roches alumineuses, les calcaires, qui renferment tous des silicates alcalins en quantités appréciables, doivent-ils éprouver cette action des éléments de l'air qui met à nu tout à la fois et la silice soluble et les alcalis. Or il n'est pas de terres végétales qui ne contiennent au moins des traces de matière argileuse ou calcaire, des débris de coquilles fossiles plus ou moins riches en phosphates de chaux et de magnésie.

Mais il est une autre source de matières salines qu'on rencontre dans tous les sols : c'est l'évaporation continuelle qui s'opère à la surface des mers.

Or l'eau, en s'élevant en vapeurs dans l'atmosphère, entraîne avec elle en dissolution une quantité notable de matières salines; l'air qui se trouve au dessus de la surface de la mer trouble en tout temps la solution de nitrate d'argent.

Dans les régions voisines de l'équateur, sous la zone torride, la vaporisation s'opère avec une très-grande rapidité puisque, selon M. de Humboldt, l'épaisseur de la tranche liquide susceptible de se vaporiser est en moyenne de $3^{mm},4$ à l'ombre et de $8^{mm},8$ au soleil par jour. Dans ces conditions, l'eau des mers cède mécaniquement aux molécules d'eau douce qui se distillent d'autres particules contenant tous les principes salins qui la minéralisent.

Chaque courant d'air, quelque faible qu'il soit, qui balaye la surface des eaux enlève donc, avec les millions de quintaux d'eau de mer qui se vaporisent annuellement, une quantité correspondante des sels qui s'y trouvent en dissolution et les porte sur les terres.

Dans les tempêtes, dans les ouragans, les vents agitant, fouettant, divisant avec violence l'eau salée, en détachent à leur tour de nombreuses vésicules saturées des mêmes principes salins. Ceux-ci sont alors transportés au sein des nuages et entrent, en proportion variable, au nombre des éléments que l'analyse permet de constater dans les pluies et dans les neiges.

Une observation faite à Bayeux par M. Liénard, ingénieur de la marine en retraite, confirme cette assertion. « Au commencement de fé-« vrier 1843, dit-il, un vent impétueux du nord souffla pendant tout un « jour et une partie de la nuit. Je remarquai le lendemain que le verre « d'un thermomètre extérieur, exposé de ce côté, avait perdu de sa trans-« parence, et que cet effet était dû à une mince couche saline dans la-« quelle je reconnus la saveur du sel marin; les vitres de la fenêtre où « était l'instrument en étaient également recouvertes (1). » Ainsi des particules d'eau de mer s'étaient trouvées transportées assez abondamment à 8 kilomètres de distance, et sans doute encore plus loin; déposées sur les

(1) Mémoires de la Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de Bayeux, t. II.

obstacles que le vent rencontrait, elles devaient s'y dessécher promptement.

Les feuilles des plantes ne se recouvrent-elles pas d'efflorescences salines à une distance souvent considérable de la mer, surtout lorsque le vent est violent et vient de la pleine mer?

Depuis que l'analyse chimique a atteint un haut degré de précision, on a trouvé dans l'eau des pluies et dans la neige des chlorures de potassium, de sodium, de magnésium; des iodures et bromures alcalins; des nitrate et carbonate d'ammoniaque; des sulfates de soude, de magnésie, de chaux, qui proviennent évidemment de la mer. Les expériences de MM. Marchand, Barral, Chatin, etc., ne laissent aucun doute à cet égard (1).

La quantité de matières salines apportées ainsi aux terres par les eaux pluviales est considérable, puisque, d'après les recherches et les calculs de M. Barral, les matières versées à Paris par les eaux de pluies, sur un hectare en six mois, s'élèvent aux chiffres suivants :

	kil.
Azote	13,490
Ammoniaque	7,032
Acide nitrique	29,695
Chlore	5,910
Chaux	13,114
Magnésie	4,450

Puisque les couches meubles superficielles, quelles que soient leur origine et leur nature actuelle géologiques, reçoivent ainsi constamment des matières salines, des sels ammoniacaux, tant par les eaux pluviales et les brouillards marins que par la désagrégation des éléments des roches fragmentaires qui y sont disséminées, on comprend très-bien comment ces couches terrestres peuvent se couvrir spontanément d'espèces végétales et nourrir des générations successives de *mauvaises plantes* sans le concours de l'homme et l'apport des engrais que ce dernier introduit dans les terres dont il veut augmenter la production.

IV. Lorsqu'on fait l'analyse des différents organes d'un végétal quel-

(1) *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences, des 16 et 23 février, 15 mars et 11 mai 1852.

conque, on y trouve toujours, outre les substances organiques formées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, des matières salines ou minérales, telles que potasse, soude, chaux, magnésie, oxyde de fer, acide sulfurique, silice, chlore, acide phosphorique, etc., dont les proportions, quoique minimes, sont constantes : ce sont ces matières qui constituent *les cendres* des plantes qu'on brûle. Elles proviennent évidemment du sol, car elles ne peuvent se former de toutes pièces dans l'intérieur des tissus végétaux ; elles sont absorbées par les racines à l'état de dissolution, elles pénètrent ainsi dans tous les vaisseaux des tiges et des feuilles, et elles se déposent dans les différents organes en concourant à leur complet développement.

On a cru pendant longtemps que ces matières minérales trouvées dans le tissu des plantes étaient accidentelles et non indispensables à la végétation ; et même encore aujourd'hui, des savants prétendent que c'est uniquement à la qualité ou à l'état physique des terres qu'il faut attribuer la fertilité qu'elles possèdent. Nous ne pouvons adopter une telle opinion ; et lorsque nous voyons que les légumineuses fourragères veulent absolument des sulfates de chaux pour donner d'abondants produits ; que le sainfoin, le tabac, les pois, les fèves, presque toutes les espèces ligneuses, réclament impérieusement de la chaux, tandis que le maïs, les navets, les betteraves, les pommes de terre, les topinambours, la vigne, exigent au contraire de la potasse; que la bourrache, la pariétaire, les orties, etc., n'ont de vigueur que dans les terres salpêtrées; que l'existence des varechs et autres plantes marines ou maritimes semble intimement liée à la présence de l'iode et du chlorure de sodium dans les milieux où ces végétaux sont placés, absolument comme la vie des plantes terrestres paraît dépendre des alcalis et des terres alcalines, il nous est impossible de ne pas accorder aux substances salines contenues dans les sols arables, même en proportions infinitésimales, une influence considérable sur le développement des plantes. Nous irons même plus loin, nous soutenons que la végétation ne peut être complète, c'est-à-dire qu'un végétal, quel qu'il soit, ne peut parcourir toutes les phases de son existence et donner des graines mûres et fécondes sans la présence dans le sol de substances salines identiques à celles qu'on trouve dans ses organes à l'état normal.

Essayez de faire venir du blé ou toute autre espèce de céréale dans un

milieu dépourvu de phosphates et de silicates alcalins et terreux, jamais vous ne verrez la plante pousser jusqu'au bout sa végétation : elle périra avant de fructifier. Cette expérience, nous l'avons répétée plusieurs fois avec le blé et le seigle, et toujours nous avons obtenu des plantes maigres et chétives, mourant avant d'épier; nous avons semé de l'avoine dans du calcaire ne contenant ni silice ni phosphates, et les tiges n'ont pu s'élever au delà de quelques centimètres.

D'après les expériences du prince de Salm-Hortsmar, il faut sept substances minérales dans le sol (potasse, chaux, magnésie, oxyde de fer, silice, acide phosphorique et acide sulfurique) pour que l'avoine fleurisse, et il en faut deux autres (soude et phosphate basique) pour qu'elle fructifie, en y joignant d'ailleurs un sel contenant l'azote dans un état convenable (1).

Les nombreuses analyses de MM. Berthier, Boussingault, Malaguti et Durocher, etc. démontrent bien que les matières minérales sont absolument nécessaires aux plantes, et que chaque espèce végétale, pour ainsi dire, exige, pour son développement normal, des matières minérales d'une nature particulière et en quantité variable.

S'il n'en était pas ainsi, les cendres seraient toujours identiques pour toutes les espèces végétales et en rapport avec la nature du terrain; or l'analyse démontre précisément tout le contraire.

M. Berthier, qui a analysé les cendres de beaucoup de végétaux, tire les conclusions suivantes de ses analyses :

1° Si l'on compare entre elles les cendres de bois de même espèce, crûs dans des terrains qui ne sont pas de même nature, on voit qu'elles peuvent différer assez notablement, ce qui prouve que le sol a de l'influence sur leur composition : la cendre de chêne du *causse* de la Roque-les-Arcs n'est presque que du carbonate de chaux, tandis que celle du chêne de la Somme contient beaucoup de magnésie et de phosphate de chaux ; la cendre du mûrier blanc des Bouches-du-Rhône contient à peine de l'acide phosphorique, celle du mûrier blanc de Nemours en renferme au moins 0,10, etc.

2° Si l'on examine au contraire les cendres des végétaux différents crûs dans le même terrain, on trouve que quand les espèces ont de

(1) *Annales de chimie*, 3e série, 1851 et 1852.

l'analogie les cendres ont beaucoup de rapports entre elles, mais que quand les végétaux sont de genres très-différents, les cendres sont aussi très-différentes; d'où il faut conclure que les plantes choisissent dans le sol les substances qui leur sont le plus propres, et que celles-ci ne s'y introduisent que par simple succion capillaire ou par voie mécanique : aussi voit-on des arbres qui croissent dans un sol purement argileux et pierreux, tels que le bouleau d'Orléans, le châtaignier et l'aune d'Allevard, donner des cendres très-chargées de chaux, tandis que la cendre du froment de Puiselet n'en contient presque pas quoiqu'il soit cultivé dans un sol calcaire.

Enfin, ce qui achève de prouver que les substances qui sont fournies par le sol aux végétaux sont choisies par ceux-ci conformément à leur organisation et à leurs besoins, c'est que ces substances sont réparties d'une manière fort inégale dans les différentes parties d'un même végétal ; ainsi les grosses branches de chêne produisent 0,012 de cendres qui contiennent 0,15 de leur poids de sels alcalins, et l'écorce du même arbre produit 0,06 de cendres dans lesquelles on ne trouve que 0,05 de sels alcalins qui ne contiennent pas d'acide phosphorique, et qui renferment plus de 0,07 d'oxyde de manganèse. La cendre de paille de froment se compose presque uniquement de silicate de potasse et les grains ne contiennent que du phosphate de chaux (1).

Le même chimiste, dans son analyse des *cendres des côtes de divers tabacs*, dit en terminant : « Tous les faits, toutes les analyses minérales « montrent que chaque espèce de plantes n'absorbe, dans des terrains « de nature diverse, que celles des substances minérales qui conviennent « à sa constitution (2). »

Les belles analyses de M. Boussingault, faites au point de vue cultural, n'en sont pas moins précieuses pour la physiologie végétale, car elles démontrent bien la vérité du principe formulé par M. Berthier : que les plantes ont la faculté de choisir dans le sol les substances qui conviennent le mieux à leur organisation sociale. Non-seulement les quantités de matières minérales enlevées au sol ne sont pas les mêmes pour chaque espèce de récoltes, mais il y a encore, comme M. Boussingault l'a dé-

(1) Berthier, *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XXXII, p. 240.
(2) Berthier, *Annales des mines*, t. IX, p. 471.

montré, des différences énormes dans les proportions de certains principes.

Sprengel, et après lui MM. Will et Fresenius, M. Bichon, ont reconnu la similitude des matières minérales de toutes les plantes d'une même famille, et la divergence de composition des cendres provenant de végétaux de classes différentes (1). Ainsi ils ont démontré que du même terrain les céréales tirent comparativement bien plus de soude que de potasse, bien plus de magnésie que de chaux, beaucoup d'acide phosphorique, des traces seulement d'acide sulfurique et pas de chlore, tandis que les légumineuses extrayent bien plus de potasse que de soude, de la chaux et de la magnésie dans des rapports peu éloignés, moins d'acide phosphorique, plus d'acide sulfurique que les céréales, et du chlore en certaine quantité.

Et cependant, dans les terrains où sont venues ces plantes, la potasse et la soude étaient en quantités égales, la chaux l'emportait de beaucoup sur la magnésie, l'acide phosphorique était en fort minime proportion, et il n'y avait que des traces d'acide sulfurique et de chlore.

Les recherches toutes récentes de MM. Malaguti et Durocher sur la *répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal* (2) confirment complétement la manière de voir que nous soutenons, c'est-à-dire la haute importance du rôle des matières minérales dans le développement des plantes; mais elles mettent encore mieux en évidence ce que Sprengel, MM. Will, Fresenius et Bichon avaient déjà cherché à établir, et ce que M. Liebig avait avancé dans sa *Chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture* (3), à savoir que les plantes appartenant à la même famille doivent offrir dans l'ensemble de leurs principes inorganiques certaines analogies quand on les compare entre elles et certaines particularités quand on les met en évidence avec d'autres familles.

Il est certain que des analyses de MM. Malaguti et Durocher il résulte :

1° Que tandis que les arbres du groupe des Amentacées, des Conifères,

(1) *Annuaire de chimie* de Milon et Reiset, année 1845, p. 483-489.
(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. LIV, p. 257, 1858.
(3) Deuxième édition, 1844, p. 91 et suivantes.

les Rosacées frutescentes ne contiennent dans leurs cendres que de 1 à 2 pour 100 de chlore,

les Crucifères en contiennent	11,24	pour 100;
les Primulacées, de.....	8 à 20	—
les Joncées, de.....	8 à 21	—
les Graminées, de.....	8,78 à 12,68	—

2° Que dans les cendres des

Crucifères, il y a en acide sulfurique	6,19	pour 100;
Ombellifères.....	6,01	—
Ericinées.....	6,42	—
Euphorbiacées.....	6,97	—
Résédacées, de.....	10,00 à 18,04	—

tandis que dans les autres végétaux herbacés cet acide varie, en général, de 3 à 5 pour 100.

3° Que les cendres de la plupart des végétaux contiennent de 4 à 8 pour 100 d'acide phosphorique, mais que dans certaines familles, néanmoins, il est en plus grande abondance. Ainsi les cendres des

Crucifères en ont fourni.....	14,38	pour 100;
Caryophyllées.....	7,69	—
Légumineuses sous-frutescentes.	10,30	—
Rosacées.....	9,71	—
Composées.....	9,64	—
Personées.....	10,11	—
Euphorbiacées.....	9,83	—
Orchidées.....	9,55	—
Joncées.....	9,25	—

Dans les arbres, la répartition est très-inégale; ainsi les cendres

des Conifères en contiennent de	2,60 à 6,11	pour 100;
du Chêne et de l'Ormeau, de...	7,40 à 9,60	—
du Buis.....	11,23	—
des Salicinées, de.....	11,00 à 16	—
des Rosacées arborescentes, de.	3,20 à 4,91	—
— frutescentes, de..	14,00 à 23	—

A peu d'exceptions près, l'acide phosphorique est plus abondant dans les plantes des terrains argileux que dans celles des terrains calcaires.

4° Que la silice présente plus de variations que l'acide phosphorique et beaucoup d'irrégularités. Ainsi on en trouve dans les cendres des

Graminées et Fougères, de	40 à 50	pour 100;
Caryophyllées, Dipsacées et Polygonées, moins de	10	—
Ericinées	48	—
Rosacées frutescentes et arborescentes	quelques centièmes seulement;	
Conifères, Vigne, Buis, de	6 à 12	pour 100;
Amentacées, de	0,30 à 3,69	—

Les plantes croissant dans un sol calcaire renferment moins de silice que celles qui poussent dans un terrain argilo-schisteux ou granitique.

5° Que les quantités d'alcalis sont assez uniformes dans les plantes de la même famille qui ont végété dans un terrain analogue, argilo-feldspathique et siliceux, mais que dans celles qui ont crû sur un sol calcaire, il y a beaucoup moins de potasse qui se trouve remplacée par la chaux.

Les plantes de diverses familles, quoique végétant sur un même terrain, présentent des variations notables; ainsi:

dans les familles des	Crassulacées Ericinées Rosacées arborescentes Amentacées	on en trouve moins de 20 pour 100.
tandis que dans les	Renonculacées Résédacées Caryophyllées Dipsacées Borraginées Solanées Primulacées Liliacées Joncées Cyperacées	on en trouve de 38 à 50 pour 100.

Les Rosacées frutescentes en ont fourni	23	pour 100 en moyenne;
— arborescentes	12	—
les Salicinées	16	—
les Conifères	un peu plus.	—

La répartition de la potasse et de la soude est assez bien marquée suivant les familles. Ainsi :

Dans les Amentacées, l'alcali n'est presque que de la potasse.

Dans les Crucifères, il y a jusqu'à 6 pour 100 de soude.

Les Bruyères en ont donné de 8 à 12 pour 100.

Dans les Phanérogames herbacées on trouve plus de soude que dans les arbres, mais dans des proportions qui diffèrent un peu suivant les familles. Ainsi, dans les Renonculacées, Rosacées, Crassulacées, Ombellifères, Rubiacées, Dipsacées, Labiées et Graminées, la soude forme du tiers à la moitié de la potasse, quelquefois plus ; dans les Résédacées, Caryophyllées, Liliacées, Joncées, elle n'est habituellement que du quart au huitième et même un dixième de la potasse.

Les plantes qui ont crû sur un sol calcaire renferment, relativement à la potasse, plus de soude que celles qui sont venues dans un sol argilo-schisteux.

6° Que la chaux varie en raison inverse des alcalis.

Que les plantes renferment plus de chaux lorsqu'elles ont crû dans un sol calcaire et plus d'alcalis quand elles ont poussé sur un sol argileux.

Que les arbres sont généralement plus riches en chaux et plus pauvres en alcalis que les plantes herbacées, et parmi celles-ci les familles très-riches en alcalis sont très-pauvres en chaux. Cela paraît résulter de de la faculté qu'ont les bases de se remplacer l'une par l'autre dans le règne végétal comme dans le règne minéral : la chaux a plus d'aptitude que la soude à remplacer la potasse.

7° Que la magnésie, comparée à la chaux, est moins abondante que cette base chez les végétaux des terrains calcaires et plus abondante, au contraire, chez ceux des terrains argilo-sableux. La différence est surtout marquée pour la famille des Amentacées.

Que, dans les plantes de la même famille provenant de terrains semblables, la proportion de magnésie est assez uniforme. Les familles qui en renferment le plus sont :

les Caryophyllées	10,00	pour 100 en moyenne ;
les Légumineuses sous-frutescentes	11,43	—
les Rosacées arborescentes	11,53	—
les Dipsacées	11,39	—
les Personées	9,19	—
les Polygonées	12,72	—
les Crucifères n'en renferment que	4,00	—

les Crassulacées.....	3,40	pour 100 en moyenne;
les Borraginées.....	3,63	—
les Graminées.....	3,42	—
les Rosacées frutescentes en ont donné	14,57	—
— arborescentes.....	8,41	—
les Amentacées.....	9,72	—

8° Que l'alumine et les oxydes de fer et de manganèsie ne paraissent pas jouer un rôle bien important et n'entrent toujours qu'en faible proportion, de 2 à 4 pour 100.

Les plantes paraissent en contenir davantage quand elles ont végété sur un sol argilo-schisteux.

V. M. Liebig, adoptant une idée émise par Berzelius, a exprimé l'opinion qu'il doit exister des rapports constants entre les proportions d'oxygène contenues dans les bases minérales et celles de l'oxygène contenu dans les acides inorganiques qu'on trouve dans les plantes, et il a admis que dans celles-ci les acides et les bases devaient se neutraliser ou former des proportions atomiques équivalentes. Mais il est impossible de vérifier cette loi, parce que nous ne connaissons pas exactement la manière dont les bases et les acides sont combinés dans le tissu végétal, et que d'ailleurs des acides et des bases organiques remplacent souvent en grande partie les acides et les bases minérales.

Il serait peut-être moins aventureux de dire que chaque espèce végétale semble contenir dans les bases alcalines qu'elle renferme (potasse, soude, chaux et magnésie) une quantité d'oxygène qui est toujours à très-peu de chose près la même, quelle que soit la nature du terrain où elle croît, attendu que les bases alcalines peuvent se substituer les unes aux autres dans des rapports à peu près équivalents.

Indépendamment des nombreux exemples que je pourrais prendre dans les résultats constatés par MM. Malaguti et Durocher, je citerai l'analyse des cendres de l'*Erica herbacea*, plante des sols calcaires, mais qui se montre parfois aussi dans un sol argileux. Voici, d'après M. Struschauer, la composition des cendres de l'Erica trouvé en abondance sur le gneiss micaschisteux de Guttenberg, aux environs de Graetz, et de la même espèce venue dans le calcaire de transition du Saint-Gothard, près de la même ville :

	ERICA DU GNEISS.	Oxygène.	ERICA DU CALCAIRE.	Oxygène.
Potasse	14,13	2,39	34,04	5,76
Soude	9,48	2,42	0,49	0,12
Chaux	21,06	5,91	25,65	7,20
Magnésie	15,54	5,96	11,41	4,37
Oxyde de fer	1,91		4,21	
Sulfate de chaux	4,40		3,62	
Acide phosphorique	21,44		11,52	
Silice	8,04		6,99	
Chlorure de sodium	4,00		2,07	
	100,00	16,68	100,00	17,45 (1).

D'après M. Berthier (2), les cendres de sapin, l'un provenant de Norwége, l'autre d'Allevard (Isère), offrent des différences considérables dans la proportion de leurs composants et surtout dans les rapports de leurs bases alcalines, mais les quantités d'oxygène des bases réunies sont égales. En voici la preuve :

100 parties de cendres de sapin renferment :

	DE NORWÉGE.	Oxygène.	D'ALLEVARD.	Oxygène.
Potasse	14,10	2,40	16,8	3,42
Soude	20,70	5,30		
Chaux	12,30	3,45	29,5	8,20
Magnésie	4,35	1,69	3,2	1,20
	51,45	12,84	49,5	12,82

D'après M. Struschauer (3), il y a dans 100 parties de cendres de vignes cultivées :

	DANS LE TERRAIN QUARTZEUX TERTIAIRE.	Oxygène.	DANS LE CALCAIRE DEVONIEN.	Oxygène.	DANS LE MICASCHISTE.	Oxygène.
Potasse et soude	26,78	5,68	22,76	5,04	25,75	5,47
Chaux	20,43	5,73	26,54	7,45	24,49	6,89
Magnésie	2,96	1,14	5,03	1,94	6,70	2,59
	50,17	12,55	54,33	14,43	56,94	14,93

(1) *Annal. der Chem. and Pharm.*, t. LIX, p. 198.
(2) Berthier, *loco citato.*
(3) Malaguti, *Chimie agricole*, 1848, p. 109.

Il serait à désirer qu'on poursuivît ces comparaisons dans le plus grand nombre de plantes tant sauvages que cultivées, afin de pouvoir vérifier si, comme je le pense, chaque famille, chaque genre et même chaque espèce ne seraient pas caractérisés par un chiffre constant représentant la quantité d'oxygène contenue dans les bases minérales des cendres. — Nous nous proposons de continuer ces investigations.

VI. De ce qui précède nous croyons qu'on peut déduire d'une manière certaine les propositions suivantes :

1° La nature chimique du sol a plus d'influence que les propriétés physiques sur la végétation ;

2° Les substances salines ou minérales susceptibles d'entrer en dissolution sont absolument nécessaires au développement des plantes ;

3° Les plantes de même famille, nous n'osons pas encore dire de même genre et de même espèce, exigent les mêmes substances salines et dans les mêmes proportions ;

4° La nature minéralogique du terrain fait varier notablement la nature et les proportions des substances salines absorbées par les plantes de même famille ;

5° La chaux, la magnésie, la soude et la potasse, peuvent se remplacer les unes par les autres dans les mêmes plantes excrues dans des sols différents ;

6° Par conséquent, lorsqu'on cherche à augmenter le rendement de certaines récoltes, il y a nécessité d'introduire dans le sol, indépendamment des engrais azotés, des principes minéraux identiques à ceux qui paraissent nécessaires au développement normal de ces mêmes plantes, surtout les substances salines qui sont toujours en proportions infinitésimales dans les sols naturels ;

7° Dans les terres de culture, l'ameublissement du sol par le labourage et les autres opérations mécaniques est le moyen le plus simple et le moins coûteux de rendre assimilables les principes nutritifs contenus dans ce sol, en renouvelant la provision d'alcalis, de silice gélatineuse et autres matériaux solubles provenant des débris minéraux et des fossiles disséminés que les gaz atmosphériques et l'humidité n'avaient point encore attaqués ;

8° Les *jachères*, qui n'avaient pas d'autres effets, sont devenues inutiles

depuis qu'on sait qu'en faisant succéder aux céréales d'autres végétaux qui n'ont pas besoin des mêmes aliments minéraux, on ne diminue pas la fertilité du sol pour le blé qui doit les remplacer;

9° L'agriculture peut, dans tous les cas, tirer des avantages incontestables du chaulage des terres, puisque la chaux peut remplacer les alcalis solubles.

10° Enfin, on ne doit considérer comme *engrais complet* que celui qui introduit dans le sol, outre les substances azotées, tous les principes minéraux dont les plantes que l'on veut cultiver ont absolument besoin pour arriver à leur maximum de développement.

§ III. — *Influence du sol sur la végétation et sur les caractères des plantes.*

Nous avons essayé de donner une idée exacte de l'origine du sol arable; nous avons longuement examiné les diverses modifications qu'il peut offrir, afin de mieux nous rendre compte du rôle que la terre, *alma mater*, remplit dans cette grande fonction de la nutrition des plantes; nous avons fait voir que son action prédominante est surtout une action chimique. Nous allons terminer cette partie de notre travail en considérant plus spécialement l'influence du sol sur la végétation et sur les caractères des plantes.

Existe-t-il des plantes spéciales aux terrains calcaires exclusivement, et d'autres ne se rencontrant que sur les sols siliceux, ou bien la même plante peut-elle se rencontrer indifféremment sur ces deux sortes de sols?

Nous avons démontré que l'influence chimique du carbonate de chaux ne pouvait être contestée; elle se manifeste avec évidence dans la composition des cendres des végétaux spontanés comme des plantes cultivées. Il serait alors fort extraordinaire qu'une action aussi prononcée n'entrât pour rien dans les causes de l'extrême inégalité qu'offre la répartition des plantes sauvages à la surface de différents terrains et qui, dans la basse Normandie, donne lieu à des contrastes frappants entre la végétation de la plaine, qui est formée de terrains calcaires, et celle du bocage, qui comprend surtout des terrains siliceux.

Pour faire envisager la différence étonnante qui existe dans la Flore de ces deux contrées, présentons un aperçu comparatif de la végétation sur deux points pris au hasard dans la plaine et le bocage, par exemple le

mont d'Éraines, près de Falaise, et le mont Margantin, près de Domfront, que nous avons fréquemment explorés. Ces deux collines ont une assez grande élévation au-dessus du pays environnant; leur exposition est à peu près la même et, malgré la nature tout à fait différente de leurs roches, le sol qui leur est superposé, aride sur l'une comme sur l'autre, a aussi de grands rapports dans la configuration. Néanmoins, ces rapprochements sont loin d'exister entre les plantes qui croissent dans ces deux stations, et il serait difficile d'en trouver *dix* qui leur fussent communes.

Les pelouses des monts d'Éraines sont couvertes, dès le printemps, d'orchidées aux formes élégantes et bizarres (*Orchis pyramidalis*, L. et *ustulata*, L., *Loroglossum hircinum*, Rich., *Ophrys myodes*, *aranifera* et *apifera*), d'Euphorbes (*Euphorbia esula*, *cyparissias* et *Gerardiana*). L'*Anemone pulsatilla*, la *Coronilla minima*, le *Globularia vulgaris*, le *Thalictrum minus*, le *Phyteuma orbicularis*, le *Buplevrum falcatum*, le *Sesleria cœrulea*, et une foule d'autres plantes propres aux terrains calcaires, se trouvent sur cette localité, dont les espèces que nous venons de nommer sont les habitants les plus remarquables.

Transportons-nous maintenant au milieu du Bocage normand, sur le mont Margantin, non-seulement nous n'y trouverons pas une seule des espèces que nous venons de citer; mais, bien plus encore, les familles auxquelles elles appartiennent y manqueront presque toutes. Ici les plantes les plus répandues sont des bruyères (*Erica cinerea*, *ciliaris* et *tetralix*), parsemées de *Lobelia urens*, de *Sedum reflexum* et *anglicum*, de quelques trèfles (*Trifolium subterraneum* et *striatum*), et surtout des touffes de *Digitalis purpurea*. Si cette colline est moins riche en espèces que la première, en revanche la végétation qui entoure sa base est beaucoup plus vigoureuse; les frênes et les ormes de la plaine paraissent bien chétifs, comparés aux hêtres, aux chênes touffus et aux magnifiques châtaigniers du Bocage (1).

Qui n'a été à même de remarquer que l'abondance du sainfoin (*Onobrychis sativa*, Lam.) et des coquelicots indiquent un sol calcaire, tandis que la bruyère et la fougère commune (*Pteris aquilina*) annoncent généralement un sol qui en est dépourvu? Et, comme le dit avec tant de justesse M. de Gasparin, quel est l'agriculteur qui, ayant devant lui les mira-

(1) De Brébisson, Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie, année 1828.

cles de la chaux, de la marne et du plâtre, pourrait nier les effets d'une substance ajoutée au terrain où elle manque?

Le sainfoin que nous venons de citer constitue le fourrage le plus précieux pour les cultivateurs de la plaine de Caen; que dans l'arrondissement de Vire, où le sol est exclusivement siliceux, on cherche à cultiver cette plante, on réussira à la faire pousser seulement dans les terres qui auront été chaulées, mais la récolte sera chétive et, au lieu de produire pendant trois ou quatre années, comme dans les terrains calcaires, cette plante fourragère ne peut durer qu'un an.

Ne sait-on pas que certaines plantes des marais salants et des bords de la mer, sont circonscrites dans leur station par la nécessité de trouver dans le sol qui les supporte une assez grande quantité de chlore ou de soude? Or, quand nous trouvons dans les plantes propres aux terrains calcaires autant et souvent plus de chaux qu'il n'y a de soude dans les plantes maritimes; quand, d'un autre côté, tout prouve que la chaux joue dans l'organisation du tissu des plantes un rôle bien plus considérable que la soude, on ne comprendrait pas que la première de ces bases n'exerçât sur la distribution de certaines plantes une influence du genre de celle que jusqu'à ce jour on n'a pas contestée à la soude, quand il s'agit de plantes exclusivement propres aux terrains salifères, comme le *Salsola kali*, la *Criste marine*, etc.

Plusieurs savants, à la tête desquels il faut placer M. Thurmann, à la fois géologue et botaniste, ont considéré les propriétés physiques du sol, principalement sa consistance et son hygroscopicité, comme exerçant une influence absolue et exclusive sur la distribution des plantes spontanées à la surface des divers terrains. Nous sommes loin de nier cette influence, qui est toujours très-grande, mais nous avons démontré que la composition chimique des terrains a aussi une très-grande valeur. N'est-il pas plus rationnel d'admettre la concomittance de ces deux sortes d'actions, que de se montrer exclusif dans un sens ou dans l'autre? Comment d'ailleurs les botanistes qui n'admettent pas l'influence du sol expliqueraient-ils la présence des mêmes plantes, de la même végétation, sur deux sols sablo-graveleux, formés l'un de détritus calcarifères, l'autre de débris quartzeux, en invoquant seulement l'état hygroscopique?

Plusieurs espèces regardées comme propres aux terrains calcaires se rencontrent indifféremment sur des marbres cristallins, sur des calcaires

compactes ou oolithiques, sur des marnes, sur des calcaires friables ou arénacés; or il est évident que, dans ce cas, l'influence hygroscopique est à peu près nulle, et que l'influence chimique peut seule nous rendre compte du phénomène.

Il est vrai que les botanistes qui refusent d'admettre l'action chimique du sol ont objecté que certaines plantes qui, dans telle contrée, semblent propres aux terrains calcaires se rencontrent en d'autres pays sur des sols différents. Ce fait prouve uniquement que l'influence chimique ne joue pas un rôle absolu dans la circonscription des végétaux, et que certaines plantes, en changeant de climat et se trouvant placées dans des conditions physiques différentes, peuvent bien ne plus avoir besoin, pour leur développement, d'un sol aussi riche en carbonate de chaux. MM. Malaguti et Durocher ont d'ailleurs fait observer que certains terrains, tels que les basaltes et les mélaphyres, que l'on considère comme en étant dépourvus, contiennent bien certainement des quantités plus ou moins considérables de carbonate calcaire par suite de la transformation du silicate de chaux entrant dans la composition du pyroxène. Les expériences journalières du chaulage et du marnage ne démontrent-elles pas d'ailleurs que la présence de quelques centièmes de chaux seulement dans la terre arable suffit pour produire une action chimique sur la végétation ?

Si toutes les plantes peuvent végéter misérablement sur du quartz pilé, elles ne prennent tout leur développement que là où elles trouvent toutes les conditions de leur existence complète; quelques germes peuvent bien s'égarer et croître loin de la station qui leur convient, mais ils y restent comme des exilés et ne s'y multiplient pas. Jamais nous n'avons pu réussir à conserver plusieurs années de suite la digitale dans un terrain uniquement composé de carbonate de chaux avec tous ses caractères; la plante ne fructifiait pas ou elle perdait sa couleur.

Nous croyons qu'il serait très-important de faire entrer dans les recherches botaniques un élément, trop négligé jusqu'ici, pour se rendre un compte exact de la répartition véritable des plantes suivant la nature des terrains. Au lieu de se borner, comme on le fait ordinairement, à signaler l'absence ou la présence des plantes dans une localité, il faudrait en même temps apprécier leur nombre relatif, leur groupement, en un mot la physionomie végétale de la localité. En prenant quelques mètres

carrés du sol et comptant le nombre de plantes de chaque espèce qui s'y trouve, puis comparant ce résultat à celui que l'on aurait obtenu ailleurs et sur des terres différentes, c'est-à-dire en exécutant ce que l'on pratique déjà pour l'analyse botanique des prairies quand on veut en apprécier la qualité, on aurait alors un moyen exact d'évaluer en chiffres l'influence des terrains. Considérée de cette manière, la végétation d'un terrain aurait une véritable signification, et déjà nous pouvons avancer que l'étude que nous avons entreprise dans ce sens pour le département du Calvados nous montrera des résultats très-curieux. En attendant que nous puissions terminer ce travail qui nous demandera encore quelques années d'observations et d'analyses, nous allons donner, d'après M. Durand-Duquesney, la composition des grands fonds de la vallée d'*Auge*, où les pâturages sont réputés d'excellente qualité (ce qui doit être attribué, outre la qualité spéciale d'un sol d'alluvion, à la prédominance des graminées et des trèfles sur les autres végétaux), et celle des prairies irriguées de la vallée d'Orbec.

HERBAGES DU PAYS D'AUGE.

Lolium perenne	20	Report	60
Poa pratensis — annua — trivialis	30	Phleum pratense	5
		Alopecurus pratensis	5
Cynosurus cristatus	5	Trifolium pratense — repens	20
Agrostis vulgaris — stolonifera	5	Plantes de diverses familles : Plantain, Renoncules	10
A reporter	60		100

PRAIRIES IRRIGUÉES DE LA VALLÉE D'ORBEC.

Poa trivialis — pratensis	10	Report	60
Glyceria aquatica — fluitans — airoides	15	Trifolium pratense — repens — parisiense — filiforme	10
Agrostis stolonifera	10	Carex paludosa — riparia — stricta — hirta	5
Lolium perenne	5		
Phalaris arundinacea	5	Scirpus palustris — sylvaticus	5
Festuca pratensis	5		
Avena mollis — elatior	10	Juncus acutiflorus — uliginosus	5
		Autres plantes	15
A reporter	60		100

Après avoir donné dans son beau travail de phytostatique des listes des espèces indifférentes, et de celles qui préfèrent telle composition physique (*et chimique*) du sol, M. Thurmann arrive aussi à construire des groupes qui contribuent plus particulièrement à la physionomie du pays, et qu'il désigne sous le nom de *caractéristiques*. « C'est à celles-là surtout, « dit M. Thurmann, qu'il faut avoir recours, comme le géologue a re- « cours à certaines espèces pour établir le type paléontologique d'un ter- « rain; ce sont celles-là qui, au milieu d'une masse de détails dont l'en- « semble serait insaisissable, mettront en relief les traits généraux faciles « à saisir et éminemment comparatifs d'une contrée à l'autre (1). »

Outre le rôle physique et chimique des terres, relativement à la répartition des plantes à la surface du globe, suivant qu'elles sont calcaires ou siliceuses, fortes ou légères, chaudes ou froides, il en est une autre dont on ne s'est pas toujours assez préoccupé, et qui consiste dans les qualités particulières communiquées aux produits du sol par telle ou telle nature de terrain.

Ainsi, dans des terrains ayant le même degré d'hygroscopicité, exposés de la même manière, fumés avec le même engrais et en même quantité, on aura, suivant la nature *minéralogique* du sol, des blés plus lourds, qui se vendront souvent par hectolitre 5 francs de plus que ceux qui auront été récoltés sur une autre nature de sol.

Les pommes de certains terrains donneront un cidre qui se conservera facilement; dans d'autres localités on n'obtiendra qu'une boisson plate passant facilement à l'aigre. Il y a plus, la même variété de fruits, suivant qu'elle aura été récoltée au pays d'Auge ou dans le Bessin, donnera un cidre bien plus riche en alcool dans le premier cas que dans le second. On admet généralement en Normandie, et c'est une opinion justifiée par l'expérience, que les meilleurs cidres sont ceux qui proviennent de fruits récoltés sur les terrains de diluvium contenant des silex roulés.

Dans l'arrondissement de Bayeux, certains herbages se louent très-cher à cause de la qualité supérieure du beurre que fournissent les vaches nourries dans ces pâturages. Plusieurs *cours* des environs de Lisieux et de Livarot sont aussi très-recherchées des fabricants de fromages de Camembert.

(1) Thurmann, *Essai de phytostatique*, t. I, p. 29.

C'est en partant de considérations de cette nature que notre savant confrère et ami, M. de Caumont, à qui nous devons les premières connaissances que nous ayons acquises en géologie, a été conduit à proposer l'exécution de *cartes agronomiques*, indiquant les rapports de la végétation avec la nature géologique du terrain.

Pour terminer ce qui est relatif à l'influence du sol sur les caractères des plantes, citons une expérience que nous avons faite sur une plante sauvage, le *Corydalis, bulbosa*, dont nous avons recueilli les bulbes dans une forêt où ils étaient ensevelis dans le terreau produit par la chute annuelle des feuilles.

La culture de ces bulbes dans un jardin et dans des sols très-différents n'a rien changé à la forme de la plante; elle avait seulement plus ou moins de vigueur et de développement selon qu'elle était plus à l'ombre ou dans un terrain plus fertile.

Les graines de ces plantes ont été recueillies et semées immédiatement après leur maturité dans des conditions très-différentes, mais en pleine terre, dans des plates-bandes composées de terres différentes, savoir :

1° *Terre siliceuse* ne contenant pas un atome de calcaire et n'étant pas riche en matière organique;

2° *Terre calcaire et argileuse* (la silice n'y manque pas d'une manière absolue) n'étant pas riche en matière organique;

3° *Mélange* composé de 1/4 de la première terre, 1/4 de la seconde et 1/2 de terreau de feuilles.

Toutes les graines levèrent le printemps suivant en mars, et me parurent toutes monocotylédonées; cependant, en examinant attentivement les jeunes plantes, je crus reconnaître que les deux cotylédons disposés du même côté s'étaient soudés, mais le bourgeon part en dessous et attend presque toujours un an pour se développer; vers la base de la jeune racine le bulbe paraît en mars : il est de la grosseur de la tête d'une épingle.

La seconde année le bourgeon se développe, la feuille se découpe, le bulbe grossit; la troisième ou quatrième année la plante fleurit et montre son feuillage tel qu'il doit être.

C'est seulement dans les découpures de ce feuillage et la forme des bractées que je reconnus des différences assez grandes. Certaines plantes avaient des feuilles très-découpées, des bractées très-incisées, tandis que

dans d'autres des caractères contraires se manifestaient. Ici, rien n'indiquait que le sol eût eu la moindre influence sur ces variations : elles ont paru dans les trois plates-bandes. J'ai dû continuer cette expérience et me résigner à attendre encore trois ans.

J'ai partagé mes graines en trois séries :

1° Celles recueillies sur les individus à feuilles le plus découpées ;

2° Celles recueillies sur les individus à feuilles plus larges et plus entières ;

3° Celles recueillies sur les individus à feuilles moyennes se rapprochant le plus possible du type sauvage.

Chacune de ces séries de graines a été semée dans les trois conditions précédemment indiquées et j'ai obtenu de nombreux individus.

Il y avait évidemment plus de vigueur chez les plantes qui avaient végété dans le terreau de feuilles, mais dans les trois conditions de terrain il n'y avait pas de différence sensible que l'on pût attribuer au terrain.

Il n'en était pas de même relativement à l'hérédité. La série à feuilles étroites, tout en donnant quelques individus à feuilles larges, avait produit une majorité d'individus à feuilles étroites et tendait évidemment vers le développement de ce caractère.

La série à feuilles larges avait produit quelques individus à feuilles presque entières, à bractées à peine incisées, et un grand nombre de formes semblables aux parents, plus quelques individus à feuilles étroites.

Enfin la série représentant le type sauvage s'était comportée à peu près comme à la première génération, mais pourtant elle accusait plus de stabilité, moins de variation que la première fois.

Ainsi il résulte de cette culture faite pendant six années sur une assez grande échelle, que le sol a peu d'influence sur la variation, mais qu'il en a une très-grande sur le développement, et que l'hérédité, au contraire, est le seul moyen d'obtenir et de conserver des formes particulières, de les développer dans telle ou telle direction aussitôt que la stabilité d'une forme sauvage a pu être ébranlée par la culture. Il faut remarquer aussi que dans ces études sur le *Corydalis bulbosa*, aucune partie de la fleur ni du fruit n'a été modifiée et même que les variations de couleur n'ont oscillé qu'entre des tons très-rapprochés de la gamme du violet carminé.

En récapitulant les diverses modifications que le sol peut produire sur

les plantes, nous trouverons toujours que ces modifications n'affectent que des caractères de peu de valeur, tels que la taille, le glabrisme ou la villosité, la grandeur ou la découpure des feuilles, la couleur des fleurs, etc., ou bien la plante périt, parce qu'elle ne rencontre pas dans le milieu où ses racines sont plongées les éléments indispensables à son organisation. Jamais l'influence du sol ne se manifeste par des altérations graves dans les caractères essentiels de la fleur et du fruit, c'est-à-dire dans les caractères permanents de l'espèce.

CHAPITRE IV.

INFLUENCE DE LA CULTURE.

Nous avons vu jusqu'à présent que les végétaux spontanés ne présentent sous des climats différents et sur diverses natures de sol que des modifications légères et accidentelles, qui souvent même n'affectent que quelques individus, mais que les caractères spécifiques sont invariables. En est-il de même lorsque l'homme vient à exercer son action, à les cultiver? Ce nombre infini de formes que nous offrent les espèces cultivées sont-elles de simples variations, ou bien atteignent-elles le degré d'espèces ou plutôt de races distinctes?

Commençons par bien nous fixer sur la signification des mots *variations, variétés, races* que nous serons forcé d'employer fréquemment.

On appelle *variations* des différences, ordinairement assez légères, que peut nous offrir le même individu suivant les années, soit dans la grandeur de ses feuilles, dans l'absence ou la présence de poils, la couleur de la fleur, etc.; ces différences se remarquent non-seulement entre des individus d'une même espèce, mais peuvent aussi se produire sur la même plante à diverses époques de sa vie: un changement de terrain, une année sèche ou humide, chaude ou froide, peuvent déterminer des variations.

On a désigné certaines variations sous le nom de *monstruosités :* ce sont des formes exceptionnelles qui se présentent sur certains individus d'une espèce, mais qui n'affectent pas l'espèce entière; les monstruosités peuvent, comme les variations, disparaître d'une année à l'autre, ou se renouveler plusieurs années de suite : les fleurs doubles, les fasciations sont des exemples de *monstruosités*.

Le nom de *variété* s'applique à des formes ou dispositions physiologiques particulières, susceptibles de se propager et de se conserver longtemps par le mode gemmipare, mais qui se perdent presque toujours dans la reproduction par graines.

M. Al. de Candolle reconnaît aux variétés plusieurs origines (1) :

1° Certaines monstruosités, qui disparaîtraient peut-être d'une année à l'autre, ou bien qui ne se remarqueraient que sur un seul individu, peuvent être conservées et propagées par la greffe, les boutures et les autres procédés de multiplications gemmipares : ainsi tous nos marronniers à fleurs doubles ont pour origine des greffes provenant d'une branche unique qui avait offert cette particularité sur un marronnier ordinaire; le saule-pleureur, dont on ne connaît que le sexe femelle, doit probablement son origine à un accident de même genre;

2° Les semis sont une autre origine de variétés : on sème des calcéolaires, des pelargonium, des œillets, etc., puis on remarque des pieds qui offrent quelque circonstance particulière plus ou moins nouvelle, et l'on propage cet état de la plante au moyen de boutures, marcottes, etc.; le semis des graines de cette variété nouvelle produit souvent d'autres formes;

3° Enfin, des variations prolongées, une influence constante exercée pendant plusieurs années sur certains individus d'une espèce, peuvent leur communiquer à la longue une disposition à rester dans cet état. — La vigne ayant été propagée depuis le temps des Romains par des boutures, et non par des graines, les innombrables variétés qu'elle nous offre aujourd'hui paraissent être des effets de variations locales passées à l'état permanent.

Si des états particuliers de l'espèce sont arrivés au point de se maintenir de génération en génération par les graines, et à plus forte raison de se propager par division, on a ce qu'on appelle une *race* ou *sous-espèce*. — Nos graminées annuelles cultivées sont le meilleur exemple de races dans le règne végétal.

Maintenant que nous connaissons la valeur des termes *races*, *variétés* et *variations*, que l'on désigne encore en parlant d'une manière générale sous le nom commun de *variations*, demandons-nous quel est le but

(1) *Géographie botanique raisonnée.*

qu'on se propose en cultivant les espèces sauvages, et examinons quels moyens l'agriculteur et l'horticulteur emploient pour l'atteindre.

Fixer d'une manière durable une modification qui se présente dans une plante et qui n'est souvent qu'une monstruosité passagère, tel est le problème que se posent à chaque instant les hommes qui s'occupent de culture, et, pour le résoudre, ils peuvent avoir recours à deux moyens bien distincts :

1° Multiplier par division des individus qui ont offert la modification; 2° obtenir, au moyen de semis réitérés, une *race* possédant la qualité qu'on veut développer et la reproduisant de semences.

Le premier moyen est souvent le seul praticable; il serait, par exemple, impossible de multiplier autrement le *saule-pleureur*, puisqu'on ne possède que le sexe mâle de cette variation. — Quoique inférieur au procédé de reproduction par graines, le procédé par division a l'avantage de fournir immédiatement un certain nombre d'individus offrant la variété cherchée.

Considérons plus spécialement le second procédé, et voyons comment l'homme pourra parvenir à fixer la variété au moyen de la graine, à obtenir une *race*, et non pas une espèce. — Dieu seul a le pouvoir de créer des *espèces*, mais il a donné à l'homme l'intelligence nécessaire pour modifier plusieurs espèces naturelles de manière à développer chez elles certaines qualités qu'il recherche, aux dépens d'autres qualités qui lui sont moins précieuses : dans celles-ci, nous nous attachons à développer un organe; dans les autres, à l'atrophier, appliquant ainsi cette belle loi des balancements organiques posée par Geoffroy Saint-Hilaire, et qui, bien comprise, a donné des résultats si remarquables dans les deux règnes organiques.

Le procédé à employer pour créer une race végétale est absolument le même que celui qui a été mis en pratique pour obtenir les races animales désignées aujourd'hui sous le nom de bœuf Durham, moutons mérinos, Dishley, Charmoise, etc. Il faut commencer par lutter contre cette force désignée sous le nom d'*atavisme*, et en vertu de laquelle les enfants ressemblent aux parents, force qui maintient les *espèces naturelles* dans des limites qu'elles ne doivent pas franchir : l'atavisme est la plus grande difficulté que le cultivateur ait à vaincre; il n'arrive même jamais à s'en rendre complétement maître; mais une fois que, par des variations extrêmes

dans diverses directions, il a pu parvenir à rendre la plante en quelque sorte indifférente à celle qu'on veut lui imprimer, lorsqu'il a, comme on le dit, *affolé* la plante, il lui est facile, par des sélections d'individus offrant au plus haut degré le caractère qu'il veut conserver, de le rendre héréditaire et transmissible par graine.

Pour obtenir d'une plante non encore modifiée des variétés d'un ordre déterminé à l'avance, dit M. L. Vilmorin, je m'attacherais d'abord à la faire varier dans une direction quelconque en choisissant pour reproducteur celle qui différerait le plus du type. A la seconde génération, le même soin me ferait choisir une déviation, la plus grande possible d'abord, la plus différente ensuite de celle que j'aurais choisie en premier lieu. En suivant cette marche pendant quelques générations, il doit en résulter nécessairement dans les produits ainsi obtenus une tendance extrême à varier; il en résulte encore que l'*atavisme* (ou le retour aux ancêtres) s'exerçant au travers d'influences très-divergentes, aura perdu une grande partie de sa puissance.

C'est après avoir ainsi *affolé* la plante, que l'on devra commencer à rechercher les variations qui se rapprocheront de la forme que nous voulons obtenir. Il faudra alors éviter avec le même soin qu'on les a recherchés d'abord les écarts qui pourraient se présenter, afin de donner à la race que nous nous appliquons à former une *constance d'habitude* qui sera d'autant plus facile à obtenir que l'atavisme aura été affaibli par les chaînons intermédiaires au travers desquels nous l'aurons forcé d'exercer son influence.

Il y a donc dans la création des variétés ou des races deux phases bien distinctes, pendant lesquelles la marche à suivre est directement opposée; la première a été trop souvent abandonnée jusqu'ici à la nature, et l'homme s'est borné à propager et à fixer des variations accidentelles. En suivant les conseils donnés par M. Vilmorin, conseils basés sur une longue pratique, sur les expériences de son père et sur une profonde connaissance de la physiologie végétale, nous pourrons arriver facilement à créer ce que nous nous sommes bornés trop longtemps à regarder comme des *jeux de la nature*. — Une race sera d'ailleurs d'autant plus fixe, d'autant mieux caractérisée, que son atavisme remontera plus haut dans le temps, et que, de l'autre côté, sa fonction sera plus spécialisée.

Les variations produites dans les végétaux ont eu lieu sur une échelle

beaucoup plus vaste que chez les animaux, car, tandis que nous ne connaissons dans le règne animal que cinquante à soixante espèces domestiques, on peut citer par centaines les plantes civilisées. Les unes sont cultivées pour leurs fleurs, les autres pour leurs fruits ou leurs graines; dans quelques races de choux, nous donnons aux feuilles ce qui manque aux racines; dans d'autres nous laissons grossir les racines aux dépens des feuilles.

La domesticité de quelques plantes date même de si longtemps, que nous ne pouvons plus retrouver leur souche : telles sont le blé, le lin, le seigle, l'avoine.

La longue série de nos arbres fruitiers constitue une multitude de types que nous avons créés ou recueillis, et que la reproduction par gemmes a multipliés à l'infini.

Ce sont surtout nos races potagères qui peuvent nous montrer la puissante intervention de l'homme. Là nous retrouvons presque toujours la souche; nous la modifions à notre gré, et si nous l'abandonnons à elle-même, elle redevient sauvage.

La *carotte* et le *céleri* ont acquis dans nos jardins une racine charnue énorme en comparaison de celles que montrent les types sauvages de ces deux espèces. Il y a déjà longtemps que les expériences de Miller avaient prouvé que la carotte cultivée, étant privée des soins de l'homme, donne une racine de plus en plus maigre, et retourne à l'état sauvage après plusieurs générations. M. Vilmorin père a fait, il y a une dizaine d'années, la contre-épreuve de l'expérience précédente : la carotte sauvage de nos champs (*Daucus carota*), à racine filiforme, épaisse à peine de quelques millimètres, a acquis par les soins de cet habile horticulteur, en l'espace de cinq années, c'est-à-dire en trois générations seulement, le volume et la qualité de la carotte de nos jardins : son mode d'opération a consisté principalement à semer la graine très-tard, de manière à ne laisser fleurir la plante que la seconde année. — On voit par l'expérience de M. Vilmorin combien il faut peu de temps quelquefois pour obtenir des modifications en apparence très-profondes.

L'expérience faite par M. Vilmorin sur le *Daucus carota*, je l'ai répétée avec le même succès sur le *Pastinaca* sauvage.

On peut citer, parmi les espèces presque défigurées par nous, toutes nos laitues, nos chicorées, nos raves, nos melons, nos citrouilles et la

plupart des légumes dont nous avons emprunté les types à toutes les régions du monde.

Si, comme le pense M. Moquin-Tandon, toutes les bettes, cardes et betteraves proviennent d'une seule espèce, on voit que la culture a beaucoup fait varier cette espèce ; les transitions nombreuses de couleurs et de formes qu'elles nous présentent sont d'ailleurs en faveur de l'espèce unique, et les expériences auxquelles s'est livré M. Vilmorin ont démontré que la betterave est une des plantes les plus flexibles, une de celles où les modifications deviennent le plus vite héréditaires.

La plupart de nos céréales ont produit un grand nombre de races qui se perpétuent dans nos champs, mais qui ont besoin de la culture, c'est-à-dire des soins de l'homme pour se développer. Que le froment, par exemple, soit abandonné dans un champ qu'on ne continue plus à cultiver, il se propagera encore pendant deux ou trois ans, puis il finira par disparaître.

Toutes les espèces ne sont pas aussi aptes les unes que les autres à éprouver des variations dans les mêmes circonstances ; tandis que ces variations se produisent très-facilement chez certaines plantes, d'autres au contraire conservent leur stabilité ; on peut citer comme exemple de ce dernier cas le *Centaurea cyanus*, le *Papaver rhœas*, l'*Agrostemma githago* qui conservent tous leurs caractères au milieu de nos moissons, quoique cependant les deux premières espèces commencent à varier dans nos jardins.

Mais si certaines espèces paraissent avoir acquis un haut degré de stabilité en perdant leur acte de naissance, il y en a d'autres au contraire qui sont essentiellement polymorphes et qui offrent, selon les circonstances, une foule de variations dans leurs organes; telle est par exemple le *Pissenlit*, tels sont encore le *Rosa canina*, le *Rubus fruticosus*, etc. Il est vrai que plusieurs botanistes modernes n'admettent pas cette polymorphie de l'espèce qui se présente dans les deux règnes organiques et font pour ainsi dire autant d'espèces qu'il y a de formes dans les genres en se basant sur la persistance, pendant quelques années de culture seulement, de caractères plus ou moins importants. Mais si ces caractères persistent réellement pendant la succession des individus, cela peut tenir et tient presque toujours à la fixation de races ou de variétés produites par l'hérédité, ayant acquis la stabilité ou l'habitude sous l'influence de circonstances

identiques répétées, mais évidemment dérivées d'une seule espèce, d'un type unique de création.

Si une espèce peut varier naturellement dans les diverses localités de l'espace occupé par son aire d'expansion, à plus forte raison son polymorphisme peut-il être influencé par la culture et par les soins de l'homme.

On pourrait sous ce rapport diviser les plantes cultivées en deux séries :

1° Celles dont le polymorphisme a fait disparaître ou méconnaître le type, comme la plupart de nos céréales;

2° Celles que le polymorphisme a plus ou moins éloignées de leur type qui se retrouve et se reconnaît à l'état sauvage, comme cela a lieu pour les crucifères et les ombellifères.

La culture s'est attachée à développer seulement l'organe dont elle a besoin : ainsi dans les céréales elle a mis tous ses soins à varier la semence, à augmenter son volume, sa production et sa qualité; dans la carotte, dans les raves, les navets, ce sont les racines qui ont été l'objet de ses soins et de sa prédilection; dans la pomme de terre, les topinambours, les dioscorea, les oxalis, les tubercules, réservoirs naturels des aliments, ont été soumis à ses préférences. Il s'est attaché à développer les pétioles du céleri, de l'angélique, du cardon et les réceptacles de l'artichaut. Il a poussé au grossissement du bourgeon et à la large expansion du feuillage dans les asperges, les choux et les salades.

L'influence de l'homme est manifeste dans tous les changements qu'éprouvent ces différentes espèces, et cependant les plus polymorphes sont peut-être celles dont les types sont encore existants et reconnaissables. Qui reconnaîtrait par exemple dans les nombreuses variétés du *chou*, le *Brassica oleracea* qui végète maigre, effilé et ligneux dans nos falaises de la Manche? qui verrait dans notre succulent céleri cet *Apium graveolens* de nos prés du littoral?

Au reste, les conditions de culture et de développement sont différentes pour chaque organe et quelquefois pour chaque espèce. Ainsi le sol n'est pas traité de la même manière si la plante est cultivée pour ses graines, pour ses feuilles ou pour ses racines. La chaux, les phosphates pousseront au développement du grain, l'ameublissement du sol et le terreau au développement des racines, le fumier frais et l'eau à l'abondance des

feuilles, et les belles expériences de MM. Berthier, Boussingault, surtout celles de MM. Malaguti et Durocher, ne nous font-elles pas déjà pressentir que la chimie agricole arrivera un jour à pouvoir nous indiquer d'une manière précise l'aliment approprié à tel ou tel organe et l'élément principal ou la combinaison préférée par chaque espèce?

La température est une des causes modificatrices des plantes cultivées, mais elle agit bien différemment suivant les espèces. Si nous considérons son action isolément, nous trouverons qu'elle tend à faire fleurir, à fructifier, à développer les diverses parties de la fleur aux dépens du feuillage et de la hauteur des tiges. Mais à l'ombre et à l'humidité la chaleur développe les feuilles et, par suite de la loi de balancement des organes, elle arrête la fructification et active la reproduction gemmipare. C'est sans doute à cette action combinée de l'ombre, de la chaleur et de l'humidité qu'il faut attribuer le luxuriant feuillage des forêts tropicales et l'absence presque normale de fleurs sur ces beaux arbres qui les constituent.

Peut-être encore est-ce à la réunion des mêmes conditions qu'il faut rapporter, pendant les anciennes époques de la terre, cet immense développement des fougères, des équistacées, des lycopodiacées, en un mot de tous ces végétaux acrogènes si remarquables par leur croissance rapide et par le développement de leur feuillage.

Mais lorsqu'une vive lumière vient à s'ajouter à la chaleur et à une constante humidité, la floraison et la fructification sont accélérées. Le riz peut être cité comme exemple d'une plante qui produit des grains en abondance sous cette triple influence.

Non-seulement la culture peut faire varier la forme des plantes, favoriser le développement d'un organe aux dépens d'un autre organe, mais elle agit encore souvent en procurant à certaines plantes des qualités avantageuses qu'elles n'avaient pas naturellement. Qui aurait cru qu'une solanée d'Amérique, qui dans l'état sauvage n'a que des propriétés suspectes, était destinée, par le grossissement de ses tubercules et leur étonnante multiplication, à devenir un aliment précieux, rendant d'immenses services? N'est-on pas également surpris de voir la vigne sauvage, qui ne donne que des fruits acerbes et détestables, se changer sous la main de l'homme en ces milliers de sortes diverses de raisins produisant des vins innombrables dans leurs variétés? Et, pour parler plus spécialement de la Normandie, reconnaîtrait-on, dans cette variété considérable de pommiers

qui font l'ornement et la richesse de nos vergers, et nous donnent des fruits délicieux et une boisson qui ne le cède au vin sous aucun rapport, reconnaîtrait-on, dis-je, ce *malus acerba* que l'on trouve à l'état sauvage dans nos bois, armé d'épines et ne produisant que des fruits petits, dont la désignation spécifique indique assez la qualité? N'y a-t-il pas une différence aussi étonnante entre une poire de bon-chrétien ou de beurré et le fruit du *Pyrus communis?* La culture n'est-elle pas parvenue à faire disparaître les principes âcres, amers, aromatiques ou vénéneux chez plusieurs plantes, et à les transformer en aliments précieux pour l'homme?

Nous devons encore, avant de terminer ce qui concerne l'influence de la culture sur les plantes, dire un mot des engrais, qui sont, entre les mains du cultivateur comme de l'horticulteur, un puissant moyen d'action.

Les engrais ont pour objet non-seulement de rendre au sol le terreau, mais encore les matières minérales ou salines qui lui ont été enlevées par les récoltes précédentes. Cet axiome d'agriculture : le meilleur engrais pour telle espèce de plantes est celui qui contient la plus forte proportion de débris de cette même espèce de plantes, qu'est-ce autre chose que restituer au sol les matières minérales que vous lui avez enlevées? C'est à cause de cela que le tourteau de colza, les sarments de vignes, les marcs de pommes, sont les meilleurs engrais pour le colza, la vigne et le pommier.

C'est pour avoir méconnu cette vérité que les cultivateurs, qui vendent leur tourteau pour ne fumer les terres à colza qu'avec du *guano*, éprouvent depuis plusieurs années un déficit en quantité et en qualité de graines. Aujourd'hui il faut souvent, dans la plaine de Caen, $4^{\text{hect.}},23$ pour faire 100 kilos d'huile, lorsqu'en 1843 il suffisait de $3^{\text{hect.}},80$ pour obtenir la même quantité. L'abus des engrais azotés peut aussi provoquer le développement du système foliacé aux dépens des fleurs et des graines. Ainsi, chaque année, dans les pièces de colza qui ont été fortement fumées, nous rencontrons parmi les pieds qui ont fleuri, et dont les graines sont arrivées à maturité, d'autres pieds qui ont conservé leur virescence, et dont les ovules non fécondés se sont transformés en feuilles. Le *trifolium repens*, recueilli dans le parterre du lycée de Caen, et dans un endroit où il y avait eu surabondance d'engrais, m'a fourni plusieurs échantillons dans lesquels, à la place du pistil, se trouvait un bouquet de petites feuilles

tantôt simples, tantôt composées, à folioles variant de 2 à 8. Cette monstruosité confirme l'origine de la gousse des papilionacées.

Les monstruosités sont beaucoup plus rares dans les plantes sauvages que dans les plantes cultivées; elles atteignent quelquefois le caractère spécifique, le font même disparaître; mais ces déviations sont purement individuelles et ne sont pas susceptibles de se reproduire au moyen de graines; par conséquent, elles n'affectent pas les caractères de l'espèce.

Les *variétés* ne peuvent que rarement se propager par la graine, et lorsqu'il en est autrement on obtient de nouvelles variétés qui oscillent autour de l'espèce jusqu'à ce qu'elles en aient repris tous les caractères.

Quant aux races, elles font également retour à l'espèce lorsque les soins de la culture leur manquent, lorsque l'homme les abandonne. On peut d'ailleurs remonter, pour beaucoup d'entre elles, à leur naissance, et démontrer qu'elles n'ont pas existé depuis l'origine de l'état de chose actuel.

Donc la culture, pas plus que le climat et le sol, ne peut altérer les caractères essentiels de l'espèce.

CHAPITRE V.

INFLUENCE DE L'HYBRIDITÉ.

L'hybridité est un moyen d'expérimentation qui a été proposé et même employé par plusieurs naturalistes pour déterminer la valeur des espèces. Etudions donc l'hybridité et précisons d'abord ce qu'il faut entendre par ce mot.

Il n'y a réellement *hybridité* que dans le cas où le pollen d'une plante d'une espèce a fécondé l'ovule d'une plante d'une autre espèce; plus souvent les jardiniers appliquent ce nom aux fécondations croisées entre variétés d'une même espèce.

Camérarius, qui vivait dans la seconde moitié du dix-septième siècle, avait déjà quelques notions du croisement dans les plantes, mais ce fut Bradley qui en parla le premier comme d'un fait positif.

En 1761 parut l'ouvrage de Kœlreuter (1) dans lequel on trouve une division des hybrides en trois catégories : 1° Les hybrides parfaits ou complétement stériles; 2° les hybrides imparfaits ou faiblement fertiles, les variétes hybrides ou parfaitement fertiles. L'auteur assigne à l'hybridité deux causes : l'imperfection du pollen et celle de l'organe femelle.

Dès 1761 Linné admettait l'hybridité dans les plantes, mais il est loin d'avoir apporté sur ce point la précision qui le caractérise si bien dans le plus grand nombre de cas. Non-seulement il a donné le nom d'*hybride* à des plantes qu'il soupçonnait telles sans qu'aucune observation eût été faite, mais il donnait un bien plus vaste champ aux hypothèses en émet-

(1) Mém. de l'Académie de Saint-Pétersbourg.

tant l'idée que depuis la création il s'était formé (par hybridité) non-seulement un grand nombre d'espèces, mais même de genres. Il a admis la formation de la *Veronica spuria* par la *Veronica maritima* et la *Verbena officinalis;* la *Saponaria hybrida* au moyen de la *Saponaria officinalis* et d'une *Gentiana;* il admettait que l'*Aquilegia Canadensis* était due à l'*Aquilegia vulgaris* et à la *Fumaria sempervirens;* que le *Villarsia nymphoïdes* provenait du croisement du *Menyanthes trifoliata* avec le *Nuphar lutea*, etc. A l'exception du *Verbascum thapsus*, les exemples cités par Linné n'appartiennent pas à des hybrides.

Les expériences de Sageret sur les cucurbitacées appelèrent en France l'attention sur les croisements.

Knight a cherché à prouver que le croisement de deux espèces donne des hybrides incapables de se féconder eux-mêmes, tandis que celui de deux variétés d'une même espèce donne des plantes parfaitement fertiles.

Klotzsch (1) n'admet que la première et la dernière catégorie de Kœlreuter. D'après lui, pour éviter de confondre une hybride avec une espèce, il suffit d'examiner attentivement le pollen au point de vue de son développement avec un bon microscope. Pour distinguer une variété d'une espèce, il suffit d'essayer l'opération du croisement. Veut-on par exemple s'assurer si une plante représente ou non une véritable espèce, on n'a qu'à la croiser avec l'espèce à laquelle on la croit identique. S'il résulte de vrais hybrides de ce croisement, les plantes-parents sont des *espèces ;* elles ne sont que des *variétés* ou des formes d'une même espèce s'il en provient seulement des métis.

D'après M. Naudin, toute conclusion générale à propos des plantes hybrides serait prématurée dans l'état actuel des choses. Ce qui est hors de doute, c'est une très-grande variété dans les résultats de l'hybridation; ce qui est incontestable, c'est que des formes considérées à bon droit comme espèces distinctes sont susceptibles de s'allier par croisement et de donner naissance à des formes nouvelles participant à des degrés divers de celles qui les ont produites.

Comme exemple de la fertilité d'hybrides, M. Naudin cite la fertilité constante et jusqu'ici indéfinie des variétés innombrables de Petunias obtenus primitivement de la fécondation réciproque de deux espèces

(1) *Historique des fécondations croisées,* par Klotzsch. Berlin, 1854.

cultivées dans les jardins (*Petunia nyctaginiflora* et *P. violacea*) qui, non-seulement se reproduisent en se fécondant elles-mêmes, mais qui peuvent avec une égale facilité s'hybrider soit entre elles, soit avec leurs parents. Mais est-il bien démontré que les deux Petunias cités par M. Naudin soient des espèces distinctes, et qu'il n'y ait pas eu là un simple croisement bien plutôt qu'une véritable hybridation? La solution de cette question réclamerait peut-être de nouvelles expériences.

La postérité des plantes hybrides fertiles conserve-t-elle indifféremment les caractères mixtes de l'hybride ou revient-elle après un temps plus ou moins long au type des deux parents? Il me paraît hors de doute que la postérité des hybrides fertiles manifeste une tendance incontestable à reprendre les caractères des plantes dont ces hybrides sont issues.

A l'appui de cette opinion, voici deux faits qui me sont personnels :

Un pied de primevère rapporté de Jersey en septembre 1854 et planté dans mon jardin m'a donné la première année des fleurs safranées en grande quantité et quelques fleurs jaunes; l'année suivante, le nombre de fleurs jaunes augmenta, et elles se rapportaient toutes au *Primula officinalis*; la quatrième année, j'obtins de graines des pieds qui se rapportaient au *P. officinalis*, et d'autres à l'*acaulis* à fleurs rouges qui avaient été évidemment les deux parents de la plante.

Le *Primula variabilis* recueilli à l'état sauvage et cultivé m'a également présenté le même phénomène, ce qui démontre que cette plante est bien un hybride entre le *P. officinalis* et le *P. acaulis*.

Au jardin des plantes de Caen on peut observer un *Cytisus Adami* greffé sur *Cytisus laburnum*, qui depuis plusieurs années donne un mélange de fleurs de *Cytisus laburnum*, de *Cytisus Adami* et de *Cytisus purpureus*; l'arbre porte donc à la fois les fleurs qui lui sont particulières et celles des deux espèces dont l'hybride tire son origine. J'ai eu l'occasion d'observer le même phénomène dans plusieurs jardins du Calvados.

Ne dirait-on pas que la nature a hâte de faire disparaître les formes qui n'entrent pas dans son plan! Elle y arrive tantôt par l'imperfection du pollen et, quand les hybrides sont féconds, par la séparation des deux essences spécifiques que l'art ou le hasard avaient violemment réunies.

Des nombreuses expériences d'hybridation faites par M. Lecoq sur les *Mirabilis*, il ressort que dans les hybrides entre espèces, au moins pour

les *Mirabilis*, le produit est exactement intermédiaire ; mais on arrive aussi à cet autre résultat singulier que les hybrides d'hybrides ne suivent plus cette loi et deviennent infiniment variés en s'éloignant quelquefois beaucoup de leurs types.

Il découle encore des expériences de cet habile expérimentateur que tous les hybrides végétaux ne sont pas stériles sur les plantes croisées qu'il a obtenues en fécondant le *Mirabilis Jalapa* par le pollen du *M. longiflora*, et donnent des graines en petite quantité, mais des graines fertiles; que les hybrides croisées avec leurs propres parents donnent des sujets d'une grande fertilité ;

Que ces graines fertiles ont une grande tendance au retour vers les anciens types; la force de l'atavisme, un moment suspendue par nos efforts, ne tarde pas à reprendre ses droits lorsqu'on ne s'oppose plus à son développement; M. Lecoq regarde l'hybridation, quand elle est possible, comme un moyen bien plus prompt que la variation pour modifier l'espèce; l'hybridation permet d'ébranler la stabilité de l'espèce ou de la race, et, une fois ce résultat obtenu, la plante donne de nombreuses variétés qu'elle n'aurait pu produire auparavant.

Cette facilité d'ébranler les races et même les espèces par l'hybridation, de les rendre fertiles par de nouveaux croisements qui les rapprochent de leurs types et les rendent ainsi propres à fournir des variations et des modifications multipliées, pourrait certainement contribuer avec avantage à faire entrer dans la domesticité des races qui s'y refusent ou qui attendent de la part de l'homme de nouveaux efforts.

De tous les faits d'hybridation il n'en est aucun qui ait fait autant de bruit que la prétendue transformation de l'Ægilops en Triticum. Le monde botanique fut d'abord stupéfait par l'annonce d'une expérience qui renversait toutes les idées que l'on s'était faites jusqu'alors de l'*espèce*. M. Fabre d'Agde avait déclaré qu'il cultivait depuis douze ans une certaine forme d'*Ægilops ovata* qui était devenue du *blé*. La chose était assez extraordinaire pour mériter vérification. Plusieurs botanistes de mérite entreprirent des expériences, furent sur les lieux mêmes étudier les circonstances de ce fait si grave avant de l'accepter; d'autres, au contraire, embrassèrent avec empressement le résultat annoncé et ne doutèrent pas que nos blés ne fussent l'état, perfectionné par la culture, des Ægilops sauvages du Midi.

Les partisans de la variabilité illimitée des types spécifiques adoptèrent l'expérience de Fabre si favorable à leur système, mais un examen attentif de faits, les expériences répétées en France et en Allemagne, et plus particulièrement celles de M. Godron, ont démontré de la manière la plus évidente qu'on s'était trop hâté d'accepter des conclusions qui renversaient les connaissances les mieux établies.

Voyons d'abord le fait en lui-même. En 1838, M. Fabre d'Agde rencontre une certaine forme d'*Ægilops ovata* qui a quelques rapports avec le blé; il la cultive et il la voit chaque année se rapprocher du *Triticum vulgare*, d'où il conclut qu'elle rentrera un jour dans ce type et que le blé dérive nécessairement de l'*Ægilops*. Quelles raisons M. Fabre donne-t-il de cette transmutation? les influences du sol et du climat. Mais pourquoi alors sur tant de pieds d'Ægilops qui se rencontrent dans le midi de la France un si petit nombre a-t-il été affecté de cette variation? Comment se fait-il que sur quatre graines d'un épi une seule ait été influencée? N'était-il pas plus vraisemblable de supposer, avec M. Godron, que cet *Ægilops* déformé était le résultat d'une hybridation partielle qui n'avait affecté qu'une des fleurs de l'épi? Et d'ailleurs cette forme anomale, observée déjà depuis longtemps, et qui avait reçu de Requien le nom d'*Ægilops triticoïdes*, M. Godron l'avait reproduite en fécondant des fleurs d'*Ægilops ovata* par le pollen du *Triticum vulgare*. Mais, selon M. Jordan, il y avait eu confusion: M. Fabre avait cultivé une autre plante bien distincte de l'*Ægilops triticoïdes* par ses caractères et sa fertilité, et qu'il nomma *Ægilops speltæformis*. MM. Jordan et Godron repoussaient toutefois l'un et l'autre l'opinion qui voulait ne voir dans le *blé* que la postérité de l'*Ægilops*. Par ses belles expériences, M. Godron a démontré : 1° que du même épi d'*Ægilops ovata* sont nés des pieds de cette plante et des pieds d'*Ægilops triticoïdes*; 2° que les épis d'*Ægilops ovata* fécondés par le *Triticum vulgare barbatum* ont donné naissance à l'*Ægilops triticoïdes* pourvu de longues barbes et tel que Requien l'avait observé; 3° que de l'*Ægilops ovata*, fécondé par le blé sans barbes, est sorti un *Ægilops triticoïdes* pourvu d'arêtes très-raccourcies, forme parfaitement distincte de la précédente et que l'on trouve à l'état sauvage aux environs de Montpellier.

Après avoir exposé les différences qui séparent l'*Ægilops ovata* de l'*Ægilops triticoïdes*, M. Godron a prouvé que les caractères de ces deux

plantes sont bien plus tranchés que ceux qui séparent l'*Ægilops triticoïdes* de l'*Ægilops speltæformis*, qu'il a considéré d'abord comme n'étant qu'une forme particulière d'*Ægilops triticoïdes* modifiée par la culture.

Plus tard, ayant fécondé l'*Ægilops triticoïdes* par le blé, M. Godron a obtenu l'*Ægilops speltæformis* de M. Jordan tout à fait semblable à celui que M. Fabré avait cultivé, non-seulement par les organes de la végétation et de la floraison, mais aussi parce que ce produit, hybride de seconde création, est fertile par lui-même. Cette dernière expérience du savant doyen de la Faculté des sciences de Nancy est la solution définitive d'un problème important que certains botanistes ont peut-être discuté avec trop de vivacité, en partant d'idées préconçues et sans avoir recours à l'expérimentation, moyen trop peu employé jusqu'à présent et qui permettrait cependant de faire disparaître bien des doutes.

La culture des plantes de détermination difficile, leur reproduction par semis pendant plusieurs générations, les croisements artificiels, fourniraient certainement, dans beaucoup de cas, les moyens de lever toutes les incertitudes relativement aux espèces. Des observations faites sur les *Isatis* par M. Decaisne, et qui remontent à 1829, n'ont-elles pas démontré que beaucoup de plantes, considérées comme des espèces distinctes et des mieux caractérisées en apparence, finissaient par se confondre en une seule dans nos jardins, l'*Isatis tinctoria?* N'a-t-il pas été prouvé par le même savant que le genre *Tetrapoma* n'était autre chose qu'une *Cameline?* Les travaux récents de M. Naudin sur les Cucurbitacées ne nous fournissent-ils pas encore d'autres exemples très-remarquables de la variation des formes dans certaines espèces et de la constance de quelques-unes de ces formes secondaires prises trop souvent pour des espèces distinctes en même temps qu'ils prouvent que, malgré l'étonnante mobilité des formes, les véritables caractères spécifiques restent tout à fait inébranlables. Des travaux sérieux d'expérimentation nous fixeraient certainement sur un grand nombre d'espèces mal déterminées et auraient encore pour objet de condenser les espèces en les ramenant à des types véritablement stables et naturels, bien plutôt que de multiplier les espèces à l'infini, comme on ne l'a que trop fait depuis un certain nombre d'années.

Les expériences d'hybridation auxquelles s'est livré M. Godron pour

déterminer l'origine de la variété d'Ægilops observée par M. Fabre lui ont démontré que le genre *Ægilops* ne reposait sur aucun caractère réellement générique, et qu'on ne devait pas séparer les Ægilops des vrais *Triticum*, dont ils ne diffèrent en aucune manière par la forme de leur cariopse. Ainsi, non-seulement l'espèce n'a pas été ébranlée par la découverte de M. Fabre, mais encore la vérification des faits avancés par cet horticulteur aura permis de faire disparaitre un genre qui ne reposait que sur des caractères de peu de valeur, et de démontrer une fois de plus que, même par l'hybridation, on ne peut pas transformer une espèce en une autre espèce.

L'idée de la transformation des Ægilops en blé n'est pas d'ailleurs une idée nouvelle; émise déjà par plusieurs botanistes anciens, elle avait été réfutée par Lamark (1). En 1835, le professeur Seringe, qui a occupé avec distinction la chaire de botanique de la Faculté des sciences de Lyon, combattait l'opinion des botanistes qui soutenaient qu'il n'y a qu'une seule espèce de froment ou de blé, et même qu'elle provient d'un Ægilops (2). A une époque plus rapprochée de nous, les idées les plus extravagantes se sont produites à propos de la transformation des graminées les unes dans les autres, certains botanistes ont assuré, avec lord Bristol, qu'en retranchant la première année toutes les tiges fleuries de l'avoine, on obtenait l'année suivante des épis d'orge, de froment, et un peu d'avoine. M. Raspail a prétendu que le froment semé sur des terres infertiles dégénérait et se convertissait en chiendent et en plusieurs autres de ses congénères. Le docteur Anderson a soutenu qu'ayant fait couper de l'avoine en vert, le peu de tiges qui survécurent poussèrent au printemps suivant des épis de seigle, et M. Monsseignat, ancien député de l'Aveyron, a écrit qu'il lui était arrivé dix fois d'avoir semé de l'orge dans un champ, et de n'avoir récolté que de l'avoine (3).

On voit que les doctrines professées au moyen âge par l'école hermétique n'ont pas encore complétement disparu; mais la transformation des espèces n'aura pas plus de succès que la transmutation des métaux. Il suffira de quelques expériences bien faites, dans le genre de celles qui ont

(1) Cosson, *Flore de l'Algérie.*

(2) *De l'Hybridité dans les plantes et les animaux,* par N. C. Seringe.

(3) *Journal d'agriculture pratique* de Bixio, novembre 1844 et juin 1845.

été exécutées par M. Godron à propos de l'Ægilops, pour renverser de telles hérésies scientifiques, et démontrer que l'*espèce* est *une* comme l'Être qui l'a créée.

Il résulte des investigations auxquelles nous venons de nous livrer :

1° Que la véritable hybridité, c'est-à-dire le croisement entre espèces est assez rare dans la nature; s'il se produit quelquefois, les plantes qui en résultent sont infécondes, ou ne donnent qu'un petit nombre de graines;

2° Les graines provenant d'hybrides véritables, lorsqu'on vient à les semer, donnent naissance à des plantes qui se rapprochent des ascendants, et qui, lorsque les soins de l'homme viennent à cesser, ne tardent pas à rentrer dans l'un des types originaires, ou quelquefois même se dédoublent en ces deux types:

3° L'hybridité est impuissante à modifier les caractères essentiels de l'espèce, à transformer un type en un autre; mais ce procédé peut devenir entre les mains des naturalistes un *criterium* excellent pour vérifier la validité de certaines espèces, ou même quelquefois pour rectifier des genres mal établis.

CONCLUSION.

Après avoir fait connaître les définitions que les principaux naturalistes ont données de l'espèce et leurs opinions sur son origine, après avoir considéré successivement les influences que les milieux ambiants sont susceptibles d'exercer sur les végétaux et démontré que ces influences ne peuvent jamais aller jusqu'à modifier les caractères essentiels des espèces, il nous reste encore, pour terminer ce travail, à exposer en peu de mots l'idée que nous nous formons de l'espèce.

Quelle que soit la définition qu'on adopte pour l'espèce, nous pensons qu'elle peut être représentée d'une manière graphique sous la forme d'un point central d'où partent une multitude de rayons primaires, secondaires, tertiaires, etc.

Prenons les choses à l'origine et supposons un premier individu, type de l'espèce, placé sur un point quelconque du globe, libre de s'étendre et de se multiplier.

Aussitôt, soit par la génération sexuée et la dispersion de ses graines, soit par la reproduction gemmipare s'il constitue une espèce vivace, les descendants de cet individu vont s'étendre tout autour du point initial de création, et dans la suite des siècles ou bien ils auront atteint leur plus grande expansion, ou ils continueront de s'étendre encore dans certaines directions.

Quelle que soit l'époque où l'on considère cette espèce, on pourra toujours, au moyen d'une courbe fermée touchant toutes les lignes d'expansion de cette espèce, en limiter l'aire et obtenir ainsi la notion de la

surface sur laquelle cette espèce s'est répandue. Si nous exécutons ce travail dont nous venons d'émettre les principes, nous aurons pour chaque espèce un *centre de création* et une aire d'expansion.

Il est facile de comprendre que les descendants d'une espèce primitive vont partir du centre en divergeant et que les colonies que nous représenterons par des rayons pourront rencontrer des obstacles qui les arrêteront près de leur point de départ, mais il y en aura d'autres qui marcheront indéfiniment, soit en ligne droite, soit en se ramifiant et se subdivisant, en sorte que les aires d'expansion des espèces doivent être très-irrégulières dans leurs contours et les centres primitifs de création en occuper rarement le centre.

Nous n'énumérerons pas toutes les causes qui peuvent faciliter l'expansion, tous les obstacles qui peuvent la ralentir ou l'arrêter : il nous suffit de savoir que l'aire de l'expansion géographique d'une espèce est toujours plus ou moins irrégulière, qu'elle varie singulièrement d'étendue et que l'expansion s'opère par rayons divergents. Mais il peut arriver aussi que, par des circonstances géologiques ou par d'autres causes, l'espace central occupé par les premiers individus devienne vide, et alors les rayons seuls existent.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que le point de départ et d'arrivée géographique de l'espèce, mais nous savons, par les recherches de M. Lecoq sur l'aire d'expansion de 1800 espèces phanérogames du centre de la France, que ces aires sont très-irrégulières, et surtout que les unes paraissent terminées tandis que d'autres sont encore en voie de progrès.

Ainsi les espèces soumises à la culture, soit par la volonté de l'homme, soit sans sa participation, paraissent avoir atteint leurs limites, tandis qu'il n'en est pas de même de plusieurs espèces sauvages.

Ces préliminaires posés, voyons sous quel point de vue nous devons considérer l'espèce.

Prenons un centre de création et suivons un des rayons géographiques partant de ce centre pour arriver à un point éloigné de la circonférence; il est évident que dans cette longue migration, les individus appartenant à une même espèce vont rencontrer des conditions biologiques bien différentes : les stations, l'altitude, le climat, l'humidité, la nature du sol vont agir sur eux. Si l'espèce est délicate, plusieurs de ces conditions différentes l'arrêteront; son rayon sera court ou morcelé, interrompu, et, en général,

son aire d'expansion sera peu développée. Si, au contraire, l'espèce est robuste, elle occupera des stations différentes, elle s'établira partout, marchera hardiment en ligne droite, émettra de nombreux rameaux secondaires de direction; elle occupera un grand espace sur la terre.

Mais, dans ce parcours, dans cette large expansion, les descendants de l'individu primitif resteront-ils exactement les mêmes? Évidemment, non. Les uns auront des feuilles plus larges, plus entières; les autres des feuilles plus étroites et plus découpées; la plante sera plus ou moins velue; les tiges basses ou élevées; les fleurs offriront des différences d'ampleur, de coloris; certains individus seront précoces, d'autres tardifs, mais comme tous proviendront originairement par génération d'un même type unique, ils ne constitueront pour nous qu'une seule et même espèce, et les déviations plus ou moins grandes du type seront seulement des *variations de l'espèce*.

Nous pouvons donc, même au point de vue physiologique, représenter l'espèce, comme dans son appréciation géographique, par un centre unique à rayons divergents : chaque rayon nous représentera un organe essentiel et chacun d'eux pourra offrir un nombre illimité de divisions, de subdivisions ou de ramifications. — Chaque rayon pourra aussi indiquer une *race* et chaque subdivision une *variété*. L'espèce sera ainsi un être complexe dont les nombreux individus seront susceptibles de modifications dans des sens divers, offrant des tendances au développement de tel ou tel organe.

Il est bien clair que chaque espèce aura une tendance à la variation plutôt dans un organe que dans un autre et, si l'espèce est très-impressionable, si elle est susceptible de prendre avec facilité des formes diverses sous des influences particulières, ses rayons pourront s'étendre et son centre, le véritable type, pourra disparaître. On conçoit aussi que l'extrémité d'un rayon puisse devenir à son tour un centre secondaire d'où partiront de nouvelles irradiations et ainsi de suite.

Cette manière de considérer l'espèce nous la montre *modifiable* dans certaines limites de temps et d'espace par des causes naturelles auxquelles peuvent venir s'ajouter l'influence de l'homme et les moyens dont il dispose : culture, hybridation, etc.; mais jamais, dans aucun cas, l'ébranlement imprimé à la stabilité du centre ou des organes ne pourra aller jusqu'à faire disparaître les caractères essentiels, les caractères per-

manents imprimés par le Créateur à chaque type végétal qu'il lui a plu de répandre sur la terre.

Pour nous, l'*espèce végétale* sera chacun de ces groupes dont nous venons d'exposer la formation, c'est-à-dire *une collection d'individus pouvant être considérés comme sortis originairement d'un seul être et susceptibles de se reproduire naturellement et indéfiniment avec tous leurs caractères essentiels.*

Si Lamarck a combattu cette opinion *que les individus dont une espèce se composent ne varient jamais dans leurs caractères spécifiques*, cela tient surtout à ce que les observations de cet illustre naturaliste ont été faites bien plutôt sur des herbiers ne contenant souvent que des tronçons de plantes dépourvus parfois de racines, de fruits et de graines, que sur des plantes vivantes étudiées dans les diverses phases de leur développement. — Si l'on compare les descriptions données dans la *Flore française*, pour certaines espèces, avec les descriptions des mêmes espèces dans les ouvrages de Koch, de Grenier et Godron ou de Cosson et Germain, on verra que dans le premier ouvrage la description ne repose que sur des caractères variables, tandis que dans la *Flore* des autres auteurs, les espèces sont caractérisées par des différences précises, saillantes et d'une constance remarquable.

Si, dans plusieurs circonstances encore, on éprouve des difficultés pour valider certaines espèces, c'est que les matériaux d'études ne sont pas assez complets, les observations assez nombreuses, les expérimentations assez bien faites. — Mais, au fur et à mesure que les plantes seront l'objet d'observations rigoureuses, d'expériences suivies, on parviendra à lever bien des difficultés, et à reconnaître sûrement ce qui est espèce et ce qui n'est que race ou variété.

Pour nous l'espèce végétale est invariable dans ses caractères essentiels; elle a été originairement et elle restera indéfiniment ce qu'elle est maintenant.

Cette conclusion découle des observations et des expériences que nous avons rapportées dans le cours de ce travail.

Elle offre encore l'avantage de s'accorder avec les textes sacrés, et ce n'est pas là pour nous un de ses moindres caractères de certitude, car toute vérité vient de Dieu et la science n'est qu'une œuvre humaine, c'est-à-dire imparfaite, variable, perfectible.

Vu et approuvé. Lyon, le 7 avril 1859,

Le Doyen de la Faculté,

TABAREAU.

Vu et permis d'imprimer.

Le Recteur de l'académie de Lyon.

L. DE LA SAUSSAYE.

THÈSE DE GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

I.

NOTE SUR UN GISEMENT DE BARYTE SULFATÉE QUE J'AI DÉCOUVERT A LAIZE-LA-VILLE (CALVADOS), LE 8 JUIN 1848.

Si les divers terrains du Calvados sont maintenant bien connus, grâce surtout aux laborieuses recherches et aux excellents travaux de MM. Hérault, de Caumont et Eudes Deslongchamps, quelques-uns cependant cachent encore dans leur sein diverses substances que des circonstances fortuites viennent un jour nous révéler. Ainsi l'ouverture d'une carrière dans le calcaire-marbre de Laize m'a mis à même de découvrir un dépôt très-important de sulfate de baryte, minéral qui jusqu'à présent, je pense, n'avait pas encore été signalé dans ce terrain *silurien*. On l'avait rencontré dans le calcaire de Caen, dans celui d'Osmanville, dans le Red-Marle, dans les couches de grès et les poudingues de la houillère de Littry; mais, dans toutes ces localités, le sulfate de baryte, seulement disséminé, était loin d'offrir l'importance qu'il a dans le nouveau gisement.

Commençons par donner une idée de la nature, de la configuration et de la structure de la roche qui sert de gangue à la baryte sulfatée, en indiquant les principaux usages de cette roche; nous examinerons ensuite les diverses variétés de baryte sulfatée qu'elle renferme, puis nous rechercherons l'âge et l'origine de ce gisement.

§ I.

Le calcaire-marbre forme trois zones dans le département du Calvados: celle qui nous occupe, et qui est de beaucoup la plus importante, prend naissance entre la grauwacke et le grès schisteux à Vieux et à Bully, dans la vallée de la Guine, puis elle traverse l'Orne, entre dans la vallée de la Laize où elle forme les roches qui tapissent les bords de cette rivière sur

la route de Caen à Condé. En remontant la Laize on trouve le marbre à 3 ou 4 kilomètres de distance, mais les bancs, au lieu d'être inclinés au Nord, plongent au Sud, et ils s'appuient alors sur le conglomérat porphyritique qui les recouvre ailleurs; cette zone disparaît à Bretteville-sur-Laize, a 15 kilomètres environ de son origine (1).

Le marbre du Calvados présente des couleurs très-variées; il est susceptible de prendre un très-beau poli : aussi l'a-t-on employé autrefois avec succès pour faire des tables, des chambranles de cheminées, des tombeaux, etc. Les Romains s'en sont servis dans les diverses constructions qu'ils ont élevées sur le sol normand, et l'on prétend que les colonnes de l'autel de la Sorbonne, à Paris, sont en marbre de Vieux. Les nouvelles carrières ouvertes à Laize par un M. Lebrethon, négociant à Caen, n'avaient d'abord pour objet que la fabrication de la chaux, mais depuis plusieurs années on en extrait aussi des blocs parfaitement sains et de nuances très-variées qui sont achetés par les marbriers de Caen, ou bien exportés au Havre, à Paris et en Angleterre.

La butte de Laize, dans la partie où se trouve notre baryte sulfatée, offre un exemple remarquable de la superposition des trois étages *jurassique*, *silurien* et *cambrien* : la partie supérieure ou *jurassique* constituée par le *lias* et l'*oolithe inférieure*, repose en stratification discordante sur les bancs de *calcaire-marbre silurien*, et ceux-ci sont eux-mêmes placés en stratification discordante sur le *terrain cambrien*, représenté par des schistes et des grauwackes schisteuses dans un état de bouleversement qui ne peut s'expliquer que par le voisinage des terrains cristallins. Après avoir cherché pendant plusieurs années la confirmation de cette hypothèse, j'ai été assez heureux pour découvrir en 1853 des diorites au milieu des schistes qui constituent le fond de la vallée de la Laize. L'épanchement des diorites explique tout naturellement la discordance des terrains jurassique, silurien et cambrien dans le point qui nous occupe.

Lorsque nous avons fait la découverte de notre gisement de baryte sulfatée, la coupe de la carrière présentait inférieurement plusieurs couches de calcaire-marbre offrant la direction N. O. à S. E. avec une inclinaison de 25 à 30 degrés; au-dessus, une couche de sable, formée par des grains quartzeux feldspathiques agglutinés par du sulfate de baryte;

(1) De Caumont, *Topographie géognostique du Calvados.*

cette couche de sable était recouverte par une argile jaunâtre très-homogène et très-fine s'enfonçant dans plusieurs fentes de la formation silurienne ; enfin à la partie supérieure on observait le calcaire jurassique, puis la terre végétale. C'est dans une fente ou dépression du calcaire silurien que nous avons trouvé les diverses variétés de sulfate de baryte que nous allons maintenant passer en revue.

§ II.

Le gisement de baryte sulfatée de Laize contient plusieurs variétés dont les principales sont les suivantes :

1° Baryte sulfatée cristallisée ;
2° — laminaire ;
3° — radiée fibreuse ;
4° — saccharoïde ;
5° — compacte.

1° *Baryte sulfatée cristallisée.* — La baryte sulfatée cristallisée se présente en cristaux nets et transparents, dont les variétés sont très-nombreuses et dérivent toujours d'un prisme rhomboïdal dont les angles sont 101° 42′ et 78° 18′. Haüy a décrit soixante-treize variétés de ce minéral, qui, après la chaux carbonatée, est le plus polymorphe. Dans son *Traité de Minéralogie*, M. Dufrénoy groupe les cristaux de sulfate de baryte en cinq formes différentes : 1° le prisme rhomboïdal droit ; 2° le prisme droit rectangulaire ; 3° la troisième forme dominante est donnée par un biseau naissant sur les angles trièdres obtus, prolongé de manière à remplacer complétement la base et à ce que le biseau supérieur coupe le biseau inférieur ; 4° dans la quatrième forme dominante, les angles trièdres aigus sont remplacés par un biseau qui, étant accompagné d'un allongement du cristal dans le sens de la petite diagonale, donne naissance à un prisme analogue au précédent, mais placé sous un angle de 105° 30′ qui est précisément l'angle des deux plans diagonaux ; 5° la cinquième forme dominante est un octaèdre rectangulaire résultant de la combinaison des biseaux de la troisième et de la quatrième forme.

Les cristaux de barytine de notre gisement, présentent presque tous des éléments de ces cinq modifications. Quelquefois on rencontre la forme

d'octaèdres cunéiformes; tels sont certains cristaux qui recouvrent les masses de barytine compacte, mais les cristaux les plus communs me paraissent devoir être rapportés à la deuxième forme dominante; les faces verticales sont remplacées par des biseaux, particulièrement sur deux faces; la base est un rectangle, et les cristaux sont très-aplatis, en sorte qu'ils affectent dans leur ensemble la forme de tables rectangulaires biselées sur les bords. Les deux extrémités sont rarement bien conservées; l'une d'elles est ordinairement brisée ou imparfaite, l'autre présente des troncatures de chaque côté du biseau. Souvent les angles dièdres formés par les biselures sont eux-mêmes tronqués, ce qui fournit jusqu'à sept pans sur chaque face de la table rectangulaire. Il arrive aussi parfois un accident assez curieux : certains cristaux ont leur sommet encroûté d'une couche jaunâtre de même substance qui est venue s'appliquer après coup sur les deux faces parallèles aux pans de la forme primitive; cette matière additionnelle s'est concertée, pour ainsi dire, avec la première, de manière qu'elle a la même structure et que les joints naturels du cristal se prolongent dans cette partie surajoutée comme si le tout avait été produit d'un seul jet.

Les cristaux en table rectangulaire biselée sont incolores ou présentent une couleur d'un brun bleuâtre; quelques-uns sont hyalins, et alors ils jouissent de la double réfraction attractive; quand on regarde à travers une des bases et une couche oblique, ils présentent aussi fréquemment des anneaux colorés; les autres sont translucides. Je n'en ai pas trouvé qui fussent complétement opaques. Plusieurs présentent un éclat gras et nacré et sont en lames formées de plusieurs prismes irréguliers striés longitudinalement, ou bien se croisant en différents sens. J'ai rencontré plusieurs exemples de transposition et d'hémitropie.

Les cristaux en prismes biselés étaient placés, pour la plupart, dans une argile jaunâtre, très homogène, très-riche en fer hydraté et remplissant une cavité qui se trouvait au-dessus de la zone de baryte sulfatée, dans la partie la plus basse; d'autres étaient adhérents par un de leurs côtés aux masses de barytine compacte.

2° *Baryte sulfatée laminaire.* — La baryte sulfatée forme parfois des masses composées de lames entre-croisées, qui lui donnent la structure laminaire; fréquemment aussi ces masses ont une disposition par petites couches testacées, courbes; c'est la variété qu'Haüy désigne sous le nom

de *baryte sulfatée* ou *spath pesant en crête de coq*. Cette forme dérive d'une variété en cristaux aplatis dont les bords et les angles ont subi des arrondissements. J'avais pris d'abord ces masses pour de la chaux carbonatée, mais la chaux carbonatée a toujours une densité beaucoup moindre; d'ailleurs, en traitant par l'acide sulfurique, on obtient au commencement une faible effervescence provenant uniquement de la matière terreuse qui couvre les crêtes; mais bientôt toute effervescence cesse et la matière n'est plus attaquée. Les échantillons que j'ai recueillis présentent une teinte légèrement rosée, produite probablement par une petite quantité d'oxyde de fer.

3° *Baryte sulfatée fibreuse radiée et en masses concrétionnées.*—On la rencontre sous forme de boules tuberculeuses dont la cassure est à la fois fibreuse et radiée. Les fibres partent du centre et leurs dimensions augmentent en s'approchant de la circonférence. Cette variété présente quelques rapports avec la pierre de Bologne qui servait à préparer le phosphore de Bologne.

Dans d'autres échantillons, la baryte sulfatée est en petites couches testacées d'un gris brunâtre avec des teintes différentes qui lui donnent une structure zonaire. Chaque petite couche est en outre formée de filaments très-déliés, accolés les uns aux autres comme dans l'albâtre calcaire. C'est la variété désignée dans certains auteurs sous le nom de *pierre de tripes*, à cause de la forme contournée des concrétions qui imite à peu près celle des intestins.

4° *Baryte sulfatée saccharoïde et terreuse.* — Ce sont des échantillons composés de grains cristallins, informes, soudés ensemble, mais offrant généralement une adhérence assez faible, en sorte qu'on peut les égrener entre les doigts à la manière du grès friable. Cette variété est d'un blanc grisâtre et paraît former en grande partie la gangue du gisement, avec plusieurs amas de baryte sulfatée terreuse, qui est tantôt blanche tantôt grisâtre, quelquefois colorée en jaune par un peu d'oxyde de fer hydraté. Des parties pulvérulentes sont assez grosses, peu tachantes, maigres et rudes au toucher.

5° *Baryte sulfatée compacte.* — C'est la variété la plus commune dans notre gisement, avec la baryte sulfatée en masses concrétionnées. Assez fortement translucide, elle présente un éclat gras que l'on retrouve dans la chaux fluatée compacte et dans quelques variétés de pétro-silex; sa cou-

leur est blanche ou d'un blanc jaunâtre et a quelque chose de laiteux.— Il arrive parfois que cette variété est mélangée de sulfate de chaux ou de fluorure de calcium : l'analyse ne m'a pas permis de découvrir la présence de ces deux corps.

§ III.

Lorsque je fis la découverte de la *baryte sulfatée* à Laize-la-Ville, la carrière venait d'être mise en exploitation ; une très-petite portion du gisement était à nu, et aucune coupe bien nette ne permettait d'étudier alors le mode de formation et l'âge de ce dépôt. Je hasardai toutefois l'explication suivante : « La partie du dépôt de sulfate de baryte mise à nu, ne per« met pas de supposer que ce gisement se soit formé de bas en haut, mais « bien plutôt qu'il y a eu une infiltration venant de la surface, qui aura « d'abord traversé la couche de sable quartzeux et se sera ensuite intro« duite dans les fissures du calcaire-marbre. Je disais, à l'appui de cette « hypothèse, que la barytine se trouve très-souvent dans les arkoses, qui « sont une dépendance du terrain jurassique inférieur; —que M. de Bon« nard, dans son important travail sur la Bourgogne, en avait reconnu la « présence sur un grand nombre de points de la bande d'arkose qu'il a « signalée dans cette partie de la France; — qu'à Alençon la baryte sul« fatée existe dans la même position, qu'on en recueille des cristaux dis« séminés dans la pâte même de la roche, ce qui conduirait à la croire « contemporaine du calcaire jurassique inférieur dont l'arkose est une dé« pendance, si ce même grès ne contenait des coquilles à l'état de baryte « sulfatée, circonstance qui établit avec certitude sa postériorité. »

En 1852, MM. Vilanova de Madrid et Favre de Genève visitèrent le gisement que j'avais signalé et, dans une séance de la Société géologique de France (1), ils exprimèrent l'opinion suivante : « Le sulfate de baryte de « Laize-la-Ville a été formé par voie sédimentaire, et on doit le rappor« ter à l'époque silurienne; il serait par conséquent le gisement le plus « ancien de tous ceux que l'on connaît aujourd'hui. »

Depuis l'époque de ma découverte, je suis retourné bien des fois à Laize, et, sans partager complétement la manière de voir de MM. Vilanova et

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, séance du 7 juin 1852.

Favre, l'exploitation de la carrière, en mettant à nu le dépôt de baryte sur une plus grande étendue, m'a forcé de modifier ma première opinion.

Mes nouvelles observations me portent à considérer le dépôt en question comme une substance épigénique qui est venue remplir après coup les cavités préexistantes du calcaire silurien, cavités beaucoup plus nombreuses dans le marbre de Laize que nous ne l'avions supposé d'abord et consistant parfois en de simples fentes ou fissures, tantôt en grottes assez grandes dans lesquelles nous avons constamment rencontré de la baryte sulfatée.

Nous avons fait remarquer, au commencement de cette note, que le marbre était recouvert par le calcaire oolithique; alors on pourrait supposer que, dans ce calcaire, se trouvait du carbonate de baryte qui, par la décomposition des pyrites renfermées dans les étages supérieurs à l'oolithe, se sera transformé en sulfate de baryte au moment où les eaux pluviales auront entraîné le sulfate de fer dans les terrains inférieurs pénétrés de baryte carbonatée. Ce qui paraîtrait confirmer cette manière de voir, c'est l'abondance du fer hydroxydé aux environs de notre dépôt et la découverte que j'ai faite ultérieurement de masse de barytines pénétrées par cet oxyde.

N'est-il pas d'ailleurs rationnel de supposer que l'apparition des diorites que nous avons déjà signalée comme étant la cause de la discordance de stratification que présentent à Laize les dépôts jurassique, silurien et cambrien, aura été accompagnée d'une émission de sources minérales ayant donné naissance à des sels de baryte et plutôt à du carbonate qu'à du sulfate. Les observations faites par M. le professeur Fournet à Pontgibaud, en Auvergne, et qui ont démontré que, sous une forte pression et en présence de l'eau, l'acide carbonique agissait sur le sulfate de baryte au point de le dissoudre, peut-être en le transformant en bicarbonate, nous portent à admettre cette hypothèse.

Ainsi le sulfate de baryte de Laize serait le résultat de deux phénomènes successifs : 1° les eaux minérales produites au moment de l'apparition des diorites auraient amené du carbonate de baryte dans la partie inférieure des terrains jurassiques; 2° à une époque postérieure, il y aurait eu transformation de ce carbonate en sulfate par l'action des eaux chargées de sulfate de fer provenant de l'altération des pyrites, et ce sulfate de baryte se serait ensuite déposé dans les fissures ou cavités du calcaire

silurien, non pas en couches stratifères, comme on pourrait le supposer au premier aspect du gisement, mais sous forme de bandes zonaires d'une épaisseur variable et qui n'ont nullement participé de la stratification du calcaire-marbre.

La baryte sulfatée est, parmi les substances qui servent de gangue aux minerais, celle qui peut être considérée comme ayant avec ces minerais le plus de liaison ou de rapports de gisement. Ainsi, d'après M. Burat, on trouve des filons stériles de quartz et de spath calcaire en plus grand nombre que les filons métallifères, tandis que l'on ne rencontre que rarement un filon riche en baryte sulfatée sans minerais métalliques. Ces circonstances rapprochent l'origine de la baryte sulfatée de celle des substances métalliques, et les détails de son gisement concordent presque toujours d'une manière remarquable avec l'existence des minerais dans une contrée.

C'est surtout avec la galène que la baryte sulfatée présente des relations prononcées. Il est donc permis de ne pas regarder comme impossible que l'on puisse rencontrer un jour ce minerai dans le marbre du Calvados comme on l'a trouvé dans celui de la Manche. Plus on étudie en grand la constitution du globe, a dit M. de Humboldt, et plus on reconnaît qu'il existe à peine une roche qui, dans certaines contrées, n'ait été trouvée éminemment métallifère.

II.

NOTE SUR UN CAS REMARQUABLE DE PRODUCTION DE SULFATE DE CHAUX NATUREL.

L'argile de Dives (*Oxford-clay*) renferme, comme chacun le sait, une assez grande quantité de fer sulfuré jaune qui se présente souvent sous la forme de cristaux cubiques ou dodécaédriques, quelquefois en rognons isolés, sphéroïdaux, à cassure fibreuse rayonnante. On sait aussi que, par l'action combinée de l'air et de l'humidité, ce fer sulfuré s'altère et

finit par se changer en sulfate de protoxyde de fer. Pendant plusieurs années on a fabriqué à Honfleur de la couperose verte avec les pyrites de la côte.

Le sulfure de fer subit non-seulement l'altération que je viens d'indiquer, mais il peut aussi se convertir dans le sein de la terre en fer hydraté, tout en conservant fréquemment la forme cubique qu'il avait d'abord. Haüy a désigné cet état du fer hydraté sous le nom de *fer hydraté épigène*, c'est-à-dire produit comme après coup. On rencontre assez souvent dans l'argile de Dives des masses arrondies de fer hydraté, que l'on prendrait au premier abord pour des boulets, et qui ne sont autre chose que du sulfure de fer qui s'est transformé en fer hydraté; la variété à cassure fibreuse paraît la plus propre à cette transformation. Il arrive rarement que l'altération des rognons de fer sulfuré soit complète, le plus souvent elle n'est que partielle; quelquefois même elle se borne à leur surface. — Au mois d'août 1848, en cherchant des fossiles (1) dans les falaises des *Vaches-Noires*, je ramassai plusieurs boules de fer épigène que je brisai pour examiner jusqu'à quel point avait eu lieu la conversion du fer sulfuré en fer hydraté ; j'espérais aussi pouvoir rencontrer à l'intérieur quelques cristaux cubiques bien nets de fer sulfuré jaune, comme cela était arrivé quelquefois. Je ne fus pas peu surpris, en examinant une de ces boules, de trouver la partie centrale occupée par des cristaux lamelleux très-brillants que je pris pour du sulfate de chaux, hypothèse qui a été depuis confirmée par l'analyse.

La boule en question présente une croûte de fer hydraté épigène qui sert d'enveloppe à la partie centrale : celle-ci est composée de sulfate de chaux et de fer sulfuré occupant chacun une portion distincte de la cavité, comme si les pôles d'une pile mis en présence eussent été la cause génératrice de ces deux substances.

Si nous eussions trouvé des cristaux de chaux sulfatée seulement dans l'argile, à côté de masses de fer sulfuré, comme cela se voit aux Vaches-Noires et dans l'argile plastique du Plessis-Grimoult, l'explication serait facile à trouver. Tout se bornerait à une double décomposition entre le

(1) Je trouvai dans cette course une tête de poisson non déterminée, une dent de ***Megalosaurus Bucklandi*** et la première tête de crinoïde munie de tentacules qui ait été rencontrée dans l'argile de Dives.

fer sulfuré et le carbonate de chaux qui existe dans l'argile, et le simple jeu des affinités rendrait compte du phénomène ; mais, dans notre échantillon, le sulfate de chaux formé est emprisonné dans une double enveloppe de fer sulfuré et de fer hydraté. La boule ne présentait aucun orifice, aucune fissure. Il y a eu cependant réaction de la surface à l'intérieur, et même jusqu'au centre, ce qui n'a pu avoir lieu qu'autant que des éléments étaient transportés du dedans au dehors, tandis que d'autres éléments étaient transportés du dehors au dedans. L'affinité a-t-elle été la seule force en jeu dans cette circonstance? Évidemment, non ; l'affinité, ne s'exerçant jamais qu'à des distances très-petites, ne peut intervenir que pour commencer et non finir l'action ; on ne voit que les forces électriques qui puissent opérer de semblables transports. M. Becquerel a appelé *cémentation* cette action moléculaire au moyen de laquelle des éléments de différents corps sont introduits dans l'intérieur d'un corps, tandis que d'autres sont expulsés, et cela sans que le corps perde sa forme.

La formation du *fer hydraté épigène* est un exemple de cémentation. Les pyrites, sous l'influence des agents atmosphériques, perdent leur soufre et prennent à l'eau son oxygène pour se transformer en hydrate de peroxyde tout en conservant leur forme ; l'action commence d'abord à la surface ; il y a dégagement d'hydrogène sulfuré, ou seulement d'hydrogène avec dépôt de soufre et formation d'hydrate de peroxyde de fer. Il y a lieu de croire que les molécules du nouveau composé sont assez écartées pour laisser passer les éléments transportés par l'effet du courant résultant de l'oxydation de la couche placée au-dessous de celle qui est hydratée.

Quel est le couple voltaïque qui détermine l'action électro-chimique? On pourrait peut-être le rencontrer dans le fer oxydé et le persulfure de fer.

La formation du sulfate de chaux me paraît rentrer dans la même classe de phénomènes, tout en présentant une action plus complexe. — Cette action se simplifie cependant si le rognon de fer sulfuré, qui renferme à son intérieur les cristaux de chaux sulfatée, contenait d'abord du carbonate de chaux. M. Dumas dit, dans son *Traité de Chimie*, t. III, que les pyrites renferment souvent du cuivre, de l'argent, du phosphate ou du *carbonate de chaux ;* en soumettant à l'analyse plusieurs échantillons de

pyrites des *Vaches-Noires*, j'ai rencontré presque constamment du carbonate de chaux : alors la production de la chaux sulfatée serait un phénomène de cémentation analogue à celui qui a donné naissance au fer hydroxydé.

En effet, nous avons en présence du carbonate de chaux et du fer sulfuré qui peuvent, par l'affinité et l'intervention des forces électriques, donner naissance à du sulfate de chaux, et probablement à une petite quantité de carbonate de fer; il est à présumer que la chaux se sera déposée en plus grande quantité du côté où la masse pyriteuse était plus riche en carbonate de chaux. D'ailleurs si le couple voltaïque qui a déterminé l'action chimique en vertu de laquelle le double transport a eu lieu est constitué par l'oxyde de fer d'une part, et de l'autre par le sulfure de fer, on verra alors pourquoi le sulfate de chaux s'est déposé d'un seul côté de la boule et précisément du côté où la couche de fer épigène est la plus épaisse.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir indiqué la véritable cause du phénomène que nous venons de considérer; nous avons hasardé seulement une explication qui pourra être rectifiée par de plus habiles que nous. Nous avons cru toutefois devoir signaler un fait que nous n'avons vu consigné nulle part, et qui nous a semblé être un cas très-curieux de double décomposition naturelle.

III.

NOTE SUR UN DÉPOT DE GRÈS SITUÉ DANS LA COMMUNE DE SAINTE-OPPORTUNE (ORNE).

Le grès de Sainte-Opportune forme une bande de terrain étranglée de place en place, dont la longueur est de 2 à 3 kilomètres, et la largeur, toujours assez faible, de 20 à 30 mètres. Il est déposé par couches horizon-

tales, dont la plus voisine du sol est tendre et très-friable, et dont les autres ont une dureté qui augmente avec la profondeur, dureté telle parfois qu'il devient très-difficile de l'entamer avec le marteau. Son épaisseur est, en moyenne, de 1^m à $1^m,50$, mais elle varie beaucoup. Il repose sur le granit dont il n'est séparé que par un sable fin provenant de la disgrégation de la roche sous-jacente et contenant souvent des portions considérables de kaolin. Ce lambeau de grès se trouve sur la portion de terrain granitique qui avoisine les schistes micacés, lesquels occupent une étendue assez considérable vers Saint-Gervais-de-Messey et Briouze.

Le grès de Sainte-Opportune est un grès quartzeux à grains fins et assez homogène; dans la couche inférieure on voit fréquemment, empâtés dans la roche, des fragments disséminés de granit à feldspath décomposé, de petits morceaux de quartz hyalin gras et des galets de quartzite. Les fossiles renfermés dans ce grès sont très-nombreux, mais seulement à l'état de moules intérieur ou extérieur.

Il existe à Sainte-Opportune deux carrières de grès en exploitation pour l'entretien de la route de Flers à Argentan : la carrière du Bois-de-Haut et celle de la Piquerie.

La carrière de la Piquerie est la seule qui ait été visitée par M. Blavier, et voici ce qu'il en dit dans ses *Études géologiques sur le département de l'Orne :*

« Les terrains de la Piquerie sont des couches discontinues, hori-
« zontales, d'un grès d'un blanc jaunâtre ou bien d'un blanc panaché de
« roux, tendre, friable, placé au milieu d'un sable fin, et ce grès paraît
« être le résultat de l'agrégation des sables qui s'est produite par places.

« Nous avons trouvé dans ces grès divers fossiles, plusieurs espèces de
« *térébratules*, notamment la *T. tetraedra*, une *modiole* et le moule exté-
« rieur bien conservé d'une *ammonite*.

« Il nous avait paru se rattacher à la nappe d'argile sableuse, sable,
« galets et minerai de fer, qui couvre les plateaux dans les communes de
« Saint-Joué-du-Plain, Saint-Brice, les Yveteaux, etc., et s'étend à l'Ouest
« jusqu'à Saint-Hilaire, non loin de Briouze, et nous avions été tout
« d'abord, et par cela même, disposé à le ranger dans la classe des terrains
« tertiaires, à laquelle nous pensons que ceux-ci appartiennent.— Mais la
« considération des espèces paléontologiques qu'on y rencontre a dû
« nécessairement modifier l'opinion que nous nous étions faite de ce

« terrain. L'on sait en effet que jusqu'à présent on n'a pas trouvé le genre « *Ammonite* dans les terrains tertiaires et que les térébratules, et en parti- « culier la *Ter. tetraedra,* appartiennent également à la classe des terrains « secondaires (1).

« Il nous reste cependant quelques doutes relativement à la classe dans « laquelle le terrain de la Piquerie doit être rangé ; et nos doutes se fon- « dent, d'une part, sur le voisinage, l'espèce de liaison qui existe entre ce « terrain et les terrains à minerai de fer des Yveteaux, de Saint-Hilaire, etc., « lesquels lui sont analogues de position et en quelque sorte de composi- « tion ; de l'autre sur ce que dans les terrains de grès et minerais de fer de « la Mayenne, considérés comme tertiaires, nous avons trouvé des em- « preintes d'une coquille fossile qu'il ne nous avait pas été possible de « définir en raison de leur défaut de conservation, mais que nous recon- « naissons fort bien actuellement comme parfaitement identiques avec « certaines térébratules que nous avons retrouvées dans le grès de la Pi- « querie. Cela établit de grandes analogies entre le terrain dont il est ici « question et les terrains à minerais de fer. Faudrait-il donc placer égale- « ment ceux-ci dans la classe des terrains secondaires ?

« On ne peut supposer que les fossiles qu'on trouve dans le grès de la « Piquerie, que cette ammonite notamment proviendraient du terrain « secondaire, et qu'ils auraient été charriés par les eaux au moment où se « serait déposé le terrain tertiaire de la Piquerie ; ces fossiles sont trop « bien conservés pour permettre une pareille hypothèse.

« Il paraît donc nécessaire, ou bien d'admettre que le terrain de la « Piquerie est de la période secondaire, et peut-être de ramener à cette « classe la plupart des terrains à minerai de fer de l'Orne et de la Ma- « yenne, ou bien de considérer comme n'étant pas aussi absolue qu'on l'a « généralement admis jusqu'ici la loi paléontologique qui rejette les « ammonites et les térébratules hors des terrains tertiaires.

« Il nous semble plus naturel de nous rattacher à la première de ces « deux conséquences des faits que nous avons observés, par cela même « qu'elle concorde mieux avec les faits généraux admis par la plupart des « géologues ; mais nous serions charmé que les points intéressants que

(1) On sait aujourd'hui qu'il existe des térébratules dans les terrains tertiaires aussi bien que dans les terrains secondaires.

« nous indiquons attirassent l'attention de géologues dont les noms « pussent faire autorité, et plus versés que nous dans la science paléon- « tologique. Quant à la place qu'il conviendrait d'assigner à ce terrain « dans la série secondaire, comme il n'est point recouvert, il serait dif- « ficile de la préciser. »

Ma première visite aux carrières de Sainte-Opportune eut lieu en septembre 1846, et fut déterminée par l'examen que j'avais fait à Briouze de quelques matériaux de construction dont je demandai le lieud 'extraction. En revenant le soir à Flers, je ne manquai pas de m'arrêter à Sainte-Opportune et d'y faire sur le lieu même des carrières une ample récolte de morceaux de grès tous très-riches en fossiles. Invité à me trouver au mois d'octobre suivant à une séance que tenait à Caen l'Institut des provinces, et à laquelle assistaient l'illustre géologue M. Élie de Beaumont et le savant paléontologiste M. Eudes-Deslongchamps, j'attirai l'attention de la compagnie sur la richesse en fossiles de mes échantillons, et plus particulièrement sur la présence de moules intérieurs et extérieurs de bélemnites, genre que je n'avais pas encore vu signaler dans les grès et qui me semblait pouvoir peut-être servir à fixer l'âge de la formation de Sainte-Opportune.

Il fut relaté dans le procès-verbal de cette réunion que mes échantillons de grès contenaient :

1° Des empreintes de bélemnites de différents âges, offrant quelques rapports avec le *B. abbreviatus,* Miller ;

2° Trois ou quatre empreintes d'un *pecten* à surface lisse, peut-être le *Pecten orbicularis*, Sow.,

3° Un autre *pecten* très-aplati, à surface couverte de côtes nombreuses, petites, rayonnantes, scabres, que M. Deslongchamps considéra comme pouvant être le *Pecten inflexus*, Brong. ou le *Pecten nitidus*, Sow., appartenant l'un et l'autre à la craie inférieure ;

4° Un très-grand nombre d'empreintes de térébratules lisses, sans sinus à l'opposite de la ligne cardinale, pouvant se rapporter à plusieurs espèces différentes : les unes ressemblent à la *T. carnea* Sow. ; d'autres à la *T. ornithocephala*, Sow., appartenant, les premières à la craie, et les secondes au lias ; d'autres très-difficiles à déterminer ;

5° Quelques térébratules plissées de la section des *Concinnæ* de de Buch, section à laquelle appartient la *T. tetraedra*, citée par M. Blavier,

et qui n'a été reconnue dans aucun échantillon : cette *T. tetraedra* ne se rencontre ordinairement que dans le lias;

6° Le *T. pectita*, Sow., caractéristique de la craie inférieure et très-reconnaissable à l'*area* triangulaire et très-grande située sous le crochet de la grande valve. L'un des fragments de roches que je présentai à l'Institut des provinces offrait trois empreintes de la grande valve d'un brachiopode appliqué par sa face concave, montrant une *area* triangulaire assez large, traversée par une saillie longitudinale, due à ce que les *deltidium* avaient disparu depuis l'enfouissement. La vue de ces empreintes fit supposer à M. Deslongchamps que le grès de Sainte-Opportune pouvait appartenir à la craie ;

7° Une valve d'huître indéterminable;

8° Des fragments de coquilles indéterminables.

On admit comme conclusion que ma récolte était de nature à faire disparaître les hésitations de M. Blavier, et à fournir des données plus précises sur la liaison du grès de Sainte-Opportune avec la craie inférieure.

Ce fut surtout l'opinion de M. Élie de Beaumont, qui fit observer que la craie inférieure se présentait souvent dans certaines parties de la France par lambeaux isolés au milieu des terrains anciens, et il rappela, comme exemple de localité, le lambeau de craie inférieure signalé au Plessis-Grimoult (Calvados) par M. de Caumont, et qui est comme perdu au milieu des terrains de transition.

Depuis l'époque de ma première trouvaille, c'est-à-dire depuis 1846, je suis retourné trois fois à Sainte-Opportune dans l'espoir d'y rencontrer quelques fossiles nettement caractéristiques du terrain jurassique ou de la craie, et qui eussent fait disparaître toute espèce de doute sur l'âge de ce grès. Une seule coquille, le *T. pectita*, paraissait avoir décidé la question en faveur de la craie inférieure; mais dans les nombreux échantillons de mes diverses excursions il m'a été impossible de découvrir un seul *pectita*, de sorte qu'il est permis de douter que le moule examiné par M. Deslonchamps en premier lieu soit bien réellement cette espèce. Bien plus, les nouvelles espèces que contenaient les fragments provenant de mes derniers voyages, ressemblant par leur *facies* à certaines coquilles de la craie très-voisines d'autres espèces de même genre que renferment les terrains jurassiques, ne peuvent qu'augmenter l'incertitude du géologue.

Voici toutefois la liste des fossiles que j'ai rencontrés jusqu'à présent dans le grès de Sainte-Opportune :

Térébratules lisses.....	deux espèces;
— plissées.....	une espèce;
Astarte.....	une espèce;
Pleurotomaires, Cérites, Nérinées.	plusieurs espèces;
Cône ou tornatelle.....	une ou deux espèces;
Peignes.....	plusieurs espèces lisses ou plissées;
Lime.....	deux espèces;
Ostrea.....	une espèce;
Modiole.....	une espèce;
Ammonite lisse.....	plusieurs espèces;
Pholadomye	une espèce;
Chemnitzia.....	une espèce;
Avicula inequivalvis.....	une espèce;
Belemnites.....	une espèce;
Bois fossile.....	

IV.

DÉCOUVERTE DU GENRE AMMONITE DANS LA PIERRE BLANCHE DE LANGRUNE.

Dans le sixième volume des Mémoires de la Société linnéenne de Normandie, M. Deslongchamps a publié un travail important intitulé : *Remarques géologiques et paléontologiques sur un banc calcaire qui surmonte, dans quelques localités du Calvados, le calcaire à polypiers des géologues normands.*

Le banc signalé dans ce Mémoire par M. Deslongchamps n'avait pas, avant lui, été distingué du calcaire à polypiers sur lequel il repose. Les géologues anglais, qui possèdent le même calcaire aux environs de Bath, l'avaient considéré comme formant la partie supérieure du *forest-marble*. M. Deslongchamps avait d'abord cru devoir rapporter ce banc au *pisolit*

des géologues anglais; mais un examen plus attentif le força d'abandonner cette première dénomination, à laquelle il proposa de substituer celle de *pierre blanche*. Il est maintenant reconnu que cette sous-formation est un des bancs supérieurs de la grande oolithe; elle est identique à l'oolithe d'Ancliffe, dans le comté de Lancastre.

La *pierre blanche*, remarquable par la conservation des fossiles qu'elle renferme, était caractérisée surtout par l'absence de coquilles cloisonnées (nautiles, ammonites, bélemnites).

Au mois de juin 1851, en explorant les falaises de Langrune, je trouvai non-seulement de beaux spécimens de *pleurotomaires*, de *trochotomes*, de *patelles*, de *fissurelles*, de *trigonies*, d'*astarte*, de *moules*, de *peignes*, de *nérinées*, etc., mais encore une *ammonite* bien caractérisée.

Quelques jours après ma découverte, M. Eudes Deslongchamps fils rencontra dans la même localité un fragment de la même espèce de coquille cloisonnée, et moi-même, au mois de septembre suivant, je trouvai un troisième échantillon entre Luc et Lion-sur-Mer.

Ces trois échantillons paraissent appartenir à une espèce d'ammonite qui offre beaucoup de points de ressemblance avec l'*Ammonites subdiscus* (d'Orbigny).

V.

NOTE SUR UN GRÈS MARIN EN VOIE DE FORMATION SUR LES COTES DU CALVADOS.

Sur plusieurs points des côtes du Calvados, et plus spécialement vis-à-vis des communes de Langrune, de Saint-Aubin et de Bernières, on trouve à une certaine distance de la grève, au milieu des sables que la marée couvre et découvre, des masses pierreuses, ordinairement en plaques plus ou moins épaisses, de dimensions variables et souvent très-solides. On reconnaît facilement dans ces plaques : des sables même de la grève, des coquilles analogues à celles que l'on trouve vivantes sur la côte, et surtout des coquilles de *moules*, des galets roulés et quelquefois aussi des coquilles fossiles arrachées par les vagues aux roches environnantes.

Ayant eu l'occasion de montrer quelques-unes de ces plaques à M. Constant Prévost, ce savant géologue nous engagea vivement à étudier cette curieuse formation et à publier le résultat de nos observations.

Des circonstances indépendantes de notre volonté nous ont empêché de nous occuper de cette recherche aussitôt que nous l'eussions désiré.

Afin de mieux connaître la nature du ciment d'agglutination de la roche, j'ai commencé par en faire l'analyse chimique. Voici la marche que j'ai suivie :

J'ai détaché avec soin les parties ne contenant pas de coquilles ni de traces de coquilles : c'est là ce que je considère comme le ciment de la roche; c'est là aussi ce qui en constitue la partie la plus abondante.

La masse a été ensuite réduite en poudre fine, traitée et épuisée par l'acide chlorhydrique, qui a produit une vive effervescence. Il est resté 22 p. 100 d'un résidu insoluble.

Ce résidu, après lavage et dessiccation, examiné sur une feuille de papier à la loupe, a offert des fragments de quartz de toutes formes et de toute grosseur, les uns blancs, les autres colorés en jaune, en rose, etc.; puis des parcelles de mica avec un peu d'argile.

La dissolution chlorhydrique contenait en abondance de la chaux, de la magnésie, un peu d'alumine, d'oxyde de fer, dont une partie à l'état de phosphate, de l'oxyde de manganèse, du phosphate de chaux, des traces de chlorures alcalins et du sulfate de chaux.

Je n'ai reconnu que des traces de matières organiques.

Dans la roche pilée et examinée à la loupe, on apercevait de petits grains vert noirâtre de chlorite.

En résumé, dans 100 parties en poids de la roche j'ai trouvé :

Eau interposée	0,8
Carbonate de chaux	74,8
— de magnésie	1,3
Alumine, oxyde de fer dont une partie à l'état de phosphate, oxyde de manganèse, phosphate de chaux	1,0
Sable, argile, mica	22
Chlorures alcalins et sulfate de chaux	traces.
Matière organique	traces.
Perte	0,1
Total	100

On voit par cette analyse que la roche contient deux éléments principaux : le *sable* et le *carbonate de chaux*, et, très-probablement, le carbonate de chaux a été le ciment au moyen duquel les coquilles, le sable et les galets ont été agglutinés. Il est également probable que la proportion si considérable de chaux carbonatée, près de 75 p. 100, doit être attribuée non-seulement aux sables calcaires et aux débris de coquilles, mais encore à des eaux douces chargées de bicarbonate de chaux. Ces eaux sourdent d'ailleurs sur plusieurs points du littoral découverts à marée basse; dans d'autres endroits elles donnent naissance à des tufs, ou bien, comme à Mauvieu, elles coulent de la partie supérieure des falaises, tantôt en formant de brillantes stalactites, tantôt en recouvrant les plantes et surtout les mousses d'une couche de calcaire qui les transforme en très-belles incrustations ne le cédant en rien à celles de Saint-Allyre et de Saint-Nectaire.

Le grès récent de Bernières nous paraît offrir quelque ressemblance avec celui qui a été décrit par M. Russegger, comme se produisant actuellement sur toutes les côtes du delta du Nil.

Toute la côte de la basse Égypte, depuis la tour des Arabes jusqu'à la bouche de Dybeh, près de l'isthme de Suez, forme, dit-il, une suite de récifs rocheux recouverts çà et là de dunes. Ces récifs, qui résistent comme une digue puissante aux vagues de la mer, sont composés d'une roche dont la formation se continue encore sous nos yeux, d'un grès marin récent, résultant de l'agglutination de coquilles brisées et de coquilles microscopiques. Parmi les débris organiques dont ce grès se compose, on trouve aussi très-fréquemment des coquilles d'eau douce et terrestres que le Nil entraîne à la mer, et que la mer rejette sur la côte pêle mêle avec les coquilles marines... La couleur de ce grès marin est d'un blanc grisâtre; sa consistance n'est pas très-grande; cependant il est çà et là assez solide pour être employé comme pierre de construction (1).

Si l'on examine en place le grès marin de Bernières, on voit qu'il se dépose plus particulièrement dans des anfractuosités de rochers sous-marins (*forest-marble*), où viennent s'accumuler à chaque marée des coquilles et des fragments de roche de diverse nature apportés par les

(1) J. Russegger, *Reisen in Europa, Asien und Afrika*, t. I, p. 263. — Voir aussi *Leçons de géologie pratique*, par M. Élie de Beaumont, t. I, p. 438.

vagues. Si l'on admet maintenant qu'à marée basse, ces masses se trouvent pénétrées par des eaux douces chargées de bicarbonate de chaux, le dégagement de l'acide carbonique produira un dépôt de carbonate de chaux, qui donnera déjà une certaine consistance au dépôt. La marée suivante ramènera sur cette couche une nouvelle quantité de sable, comblera plusieurs vides, et une nouvelle imprégnation de chaux carbonatée viendra donner à la masse une plus grande solidité. Les mêmes phénomènes agissant lentement, mais d'une manière incessante, on conçoit qu'au bout d'un temps plus ou moins long, variable suivant diverses circonstances, il puisse se former une couche, une plaque d'une certaine solidité. On conçoit aussi que dans plusieurs cas la violence des vagues pourra détacher ces plaques, et les disséminer sur plusieurs points de la côte.

La formation de ce grès contemporain remonte déjà à une époque reculée, car il est entré dans la construction des murs des plus vieilles maisons de la commune de Bernières; la forme de plaques sous laquelle il se présente ordinairement le rendait éminemment propre à cet usage.

VI.

FRAGMENT D'UNE ESQUISSE DES FALAISES DU CALVADOS.

A Saint-Côme de Fresnay, juste à l'endroit où la dépression du fond de la mer forme le mouillage si connu sous le nom de *Fosse-d'Espagne*, commencent à s'élever avec une inclinaison assez rapide les côteaux qui forment les falaises du littoral de l'arrondissement de Bayeux. Ces falaises, qui donnent une coupe magnifique des côteaux qui accidentent cette partie si fertile de Bessin, ont partout une hauteur très-considérable.

La partie supérieure de la falaise de Saint-Côme de Fresnay est le *forest-marble* et la grande oolithe; la partie inférieure qui forme aussi le sol du rivage est une puissante couche de marnes connues sous le nom de

Port-en-Bessin (*Fuller's-Earth*). La stratification de ces trois terrains, interrompue par les coupures dites de la Goulette-de-Vary (à Marigny) et de Port-en-Bessin, se continue jusqu'à la falaise des Hachettes située un peu au-dessus du port de cette commune où, grâce à la plus grande élévation des falaises, viennent se présenter en coupe d'autres sous-formations du groupe jurassique qui ont fait de ce point du littoral un des plus intéressants sujets d'étude pour les géologues.

La partie supérieure de la falaise, rendue fort abrupte par l'action de la mer, est le *forest-marble* et la *grande oolithe*, disposés par strates horizontales; vient ensuite une couche très-puissante du *calcaire marneux de Port-en-Bessin*, formation synchronique de celle du calcaire de Caen; au-dessous se présente un banc de calcaire oolithique inférieur assez épais: d'abord horizontal, il se relève ensuite pour revenir bientôt au même niveau et continuer son tracé horizontal; mais, dans le relèvement du calcaire oolithiqne dont je viens de parler, il apparaît, sur une longueur d'une centaine de mètres environ, un banc d'oolithe ferrugineuse excessivement riche en oolithes et en fossiles (*Pleurotomaires, Astartes, Rostellaires*, etc.), et qui est en tout point semblable à la formation identique qui règne avec une grande puissance à Saint-Vigor-le-Grand, près Bayeux, que l'on retrouve également à Sully, et que j'ai signalée il y a peu d'années dans un chemin situé près de l'église de Formigny.

Au-dessous de ce calcaire à oolithe ferrugineuse apparaît l'étage supérieur du lias.

Cette stratification respective de *forest-marble* et de la grande oolithe, du calcaire marneux de Port-en-Bessin et du calcaire oolithique inférieur, se continue jusqu'à la coupure du village de Saint-Laurent-sur-Mer, où s'enterre le calcaire oolithique inférieur, pour ne plus laisser visible que le *calcaire marneux* de Port-en-Bessin (peu puissant) et le *forest-marble* à Vierville, Englesqueville et Saint-Pierre du Mont. Le *calcaire marneux* ne paraît plus que par relèvement et par échappée; toute la falaise est formée d'une masse énorme de *forest-marble*, et quand la falaise, se déprimant tout à fait à Grandcamp, vient se perdre à Maisy dans la baie des Veys, on ne constate plus dans sa masse que le *forest-marble* (1).

(1) La plus grande élévation de ces falaises n'excède pas 85 mètres; leur hauteur la plus ordinaire est d'environ 60 mètres.

La large interruption (6 kilomètres) jetée par la baie des Veys dans la coupe des divers étages oolithiques que nous venons de décrire, n'a point brisé les chaînons de cette puissante formation du terrain secondaire inférieur. De l'autre côté de cette baie, toute remplie de terrains d'alluvion, apparaît, à Sainte-Marie du Mont, une formation importante que nous n'avions fait qu'entrevoir sous l'apparence la plus modeste au pied de la falaise des Hachettes, à Port-en-Bessin : c'est le *lias*, qui constitue à lui seul toute la falaise. Un peu avant d'arriver à Foucarville se dresse un moment, pour disparaître ensuite et reparaître plus tard exclusivement, mais en masse énorme, à Fontenay, le calcaire d'Osmanville ou de Valognes. Puis à Quinéville, à côté d'un mamelon de *red-marle*, dernier spécimen du terrain jurassique, sorte d'îlot soulevé ou jeté à l'extrémité du *lias*, se dressent des rochers de grès quartzeux silurien qui bientôt font place aux grauwackes.

Le système jurassique est fini, le système silurien commence, pour aboutir bientôt aux terrains cristallins (granits, etc.), qui de ce côté forment la limite du bassin de Paris.

On remarquera qu'en suivant de l'Ouest à l'Est les falaises qui bordent la Manche, on rencontre successivement à la surface du sol des assises de plus en plus élevées dans la série des terrains composant l'écorce terrestre.

Les terrains que nous venons d'examiner sont d'une grande richesse au point de vue de la quantité et de la variété des fossiles qu'ils renferment. — Je me bornerai à rappeler qu'une tête de crocodile fut trouvée il y a déjà longues années dans les fuller's earth entre Port-en-Bessin et Sainte-Honorine des Pertes, que dans l'oolithe blanche on récolte de magnifiques échantillons de *Ter. globata* et *Phillipsii*, et que j'y ai découvert moi-même en 1852 une nouvelle térébratule à laquelle M. le professeur Deslongchamps a bien voulu donner mon nom, et que sir Th. Davidson a figurée dans ses beaux travaux sur les Brachiopodes. Voici la description de cette térébratule, qui peut être considérée comme caractéristique de cette portion de l'étage oolithique tandis que la *Ter. coarctata* avec laquelle elle a quelques rapports appartient à la grande oolithe :

Terebratula Morieri, Desl. — Coquille à valves inégales, pentagonale, plus longue que large ; valves convexes avec un sinus profond sur chaque valve, allant du crochet jusqu'au front de manière à produire une

profonde échancrure à la réunion des deux sinus. Crochet court, recourbé et tronqué par un grand trou circulaire à bords entiers; plis du crochet bien marqués, laissant entre eux et la charnière une fausse *area* bien dessinée; valves ornées de nombreux sillons concentriques, squammiformes, disposés régulièrement et couvrant toute la surface de la coquille.

Si à la première vue la *Ter. Morieri* paraît avoir quelque ressemblance avec la *Ter. coarctata*, elle en diffère essentiellement par deux caractères: 1° dans la *Ter. coarctata* les lignes transversales sont coupées par des lignes horizontales, il n'y a que des lignes transversales dans la *Ter. Morieri*; 2° dans la première il n'y a qu'un seul sinus appartenant à la grande valve, et à ce sinus correspond un bourrelet de la petite valve; la seconde coquille offre un sinus à ses deux valves.

Vu et approuvé. Lyon, le 7 avril 1859.
Le Doyen de la Faculté des sciences,
TABAREAU.

Vu et permis d'imprimer,
Le Recteur de l'Académie de Lyon,
L. de la SAUSSAYE.

PARIS. — TYPOGRAPHIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES, FILS ET Cie,
IMPRIMEURS DE L'INSTITUT IMPÉRIAL, RUE JACOB, 56.

J. MORIÈRE