

BIBLIOTHÈQUE
DE L'UNIVERSITÉ
DE LYON

P.O. REVRIE

—
DES
POISONS
SUR LES
PLANTES

1270-1865/1002



SCD LYON 4

BU DE LYON 1 - SCIENCES



D

20223346

6065

[1865]
[Reveil (P. o.)]

137079/1865/1002

~~6065~~

RECHERCHES
DE
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

DE L'ACTION
DES POISONS SUR LES PLANTES

AVANT-PROPOS

Corpora non agunt nisi sint soluta.

Toutes les fois qu'un corps pénètre dans le canal digestif d'un animal, il peut arriver l'une de ces trois choses successivement, ou simultanément :

1° Ou la substance est insoluble, inattaquable par les liquides digestifs, et elle est rejetée par les voies naturelles.

2° Ou la substance, soluble ou insoluble, est absorbable et assimilable, dès lors la portion absorbable et assimilable est modifiée, dissoute, absorbée et assimilée ; c'est dans ce cas un aliment, quoique l'autre portion ne soit pas toujours modifiable par les sucs digestifs, ou ne le soit pas suffisamment ; et dans ce cas, n'étant ni modifiée, ni absorbée, ni assimilée, elle est rejetée avec les résidus de la digestion.

3° Ou bien la substance introduite dans les voies digestives, soluble ou insoluble, absorbable ou non absorbable, détermine,

REVEIL.

1



par suite de son action locale ou de ses effets généraux résultant de l'absorption, des troubles plus ou moins grands dans l'économie; c'est alors un poison, et, à petite dose, c'est un médicament.

En est-il de même dans l'organisme végétal?

Chez les végétaux (comme chez les animaux les plus inférieurs), il n'existe pas de cavité destinée à la digestion, pas d'ouverture capable de laisser entrer les corps insolubles. Ceux-ci ne peuvent, par conséquent, pénétrer dans les tissus qu'en les détruisant et les déchirant; ils agissent alors comme corps étrangers, ils peuvent troubler les fonctions par leurs effets vulnérants ou par leur présence, ils restent indéfiniment à la place qu'ils occupent; cependant une faible portion de leur masse peut être dissoute par les liquides organiques et être portée au loin par voie d'absorption.

Les plantes (comme les animaux) absorbent les substances solides en dissolution et les gaz au milieu desquels elles vivent. L'eau est toujours le véhicule qui sert de dissolvant aux matières absorbées; une portion de cette eau est assimilée et retenue par la plante et concourt à l'entretien de la vie et à l'accroissement du végétal; l'autre portion est expulsée au dehors avec les gaz et les produits de désassimilation: c'est avec les éléments de l'eau, le carbone de l'atmosphère et celui puisé dans le sol que les plantes fabriquent les corps binaires hydrocarbonés et les ternaires; c'est avec les mêmes principes et de l'azote, soit de l'air, soit des engrais, qu'elles font les composés quaternaires. Quelquefois, mais rarement, d'autres éléments, le soufre, par exemple, interviennent dans la composition des principes immédiats fabriqués, et c'est encore au sol que les plantes empruntent ces principes.

Les substances qui composent les végétaux peuvent être (comme celles animales) divisées en deux groupes: les *matières organiques* et les *matières minérales* ou *inorganiques*: Les matières organiques sont détruites par la chaleur, elles sont

fabriquées dans les tissus. Les matières minérales ou inorganiques résistent à l'action de la chaleur, elles se retrouvent dans les cendres, elles sont prises à l'extérieur, elles sont absorbées, elles pénètrent dans les tissus, se mélangent ou se combinent avec eux pour concourir à la formation des organes essentiels à la vie. Les matières organiques et celles inorganiques sont donc nécessaires à la nutrition des plantes.

Certaines substances, nous l'avons dit, lorsqu'elles pénètrent dans le corps des animaux, déterminent des troubles fonctionnels plus ou moins graves et souvent mortels; ce sont les poisons. Ils agissent de deux manières: tantôt, par leur pouvoir dissolvant ou corrosif, ils détruisent, corrodent les tissus; rien ne leur résiste; ou bien, en vertu de propriétés inhérentes, et n'exerçant leur action qu'après avoir été absorbés, ils agissent simultanément ou successivement sur un ou plusieurs systèmes de l'économie, sur le système musculaire, sur le système nerveux sensitif, quelquefois sur le système nerveux moteur, quelquefois sur les organes de la respiration, de la circulation, de la digestion, etc., etc. Cependant, on peut dire qu'ils n'agissent pas de même sur tous les animaux, et que leurs effets deviennent moins sensibles à mesure que l'on descend l'échelle de la série animale, de manière qu'ils n'agissent que peu ou point sur les animaux inférieurs.

En est-il de même dans le règne végétal? Y a-t-il des poisons pour les plantes?

C'est ce que nous nous proposons d'examiner.

Nous venons de dire que les poisons proprement dits, c'est-à-dire ceux qui agissent en vertu d'une action spéciale qui leur est propre, et non en raison de leurs propriétés dissolvantes ou corrosives, n'agissent pas également sur tous les êtres de la série animale et que leurs effets sont d'autant moins prononcés qu'on descend l'échelle. Nous aurions désiré faire porter nos recherches sur les plantes qui se rapprochent de ces êtres; mais de pareilles expériences présentaient de nombreuses diffi-

cultés. Toutes nos expériences ont porté sur des phanérogames.

Par la notice bibliographique insérée à la fin de ce travail et par les travaux des savants physiologistes que nous allons rappeler, on verra que l'absorption des poisons par les plantes a été l'objet de nombreuses recherches.

Notre travail se divisera en cinq parties :

La première fera connaître les recherches relatives à l'absorption des poisons par les plantes, les opinions divergentes exprimées et les résultats variables des expériences consignées dans les ouvrages sur la matière.

Dans la seconde, nous traiterons de l'action des poisons minéraux sur les plantes.

Dans la troisième, nous ferons connaître les effets des poisons organiques.

Dans la quatrième, nous étudierons les faits relatifs à l'absorption des liquides par les parties aériennes des végétaux et les effets qu'exercent certaines matières colorantes sur les plantes.

La cinquième comprendra les conclusions.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Les expériences relatives à l'absorption dans les plantes ne remontent qu'à la fin du siècle dernier.

1790. Les premières sont dues à Halles et à Duhamel.

1791. Le premier travail relatif à l'action des poisons remonte à 1791. Il fut publié par Achard, dans les mémoires de l'Académie de Berlin (page 49), il a pour titre : *Sur la nutrition des végétaux et sur les altérations qu'éprouvent les différentes substances par la végétation.*

1801. Dix ans plus tard, en 1801, Lefébure publia à Strasbourg un mémoire sur la germination et sur l'influence de l'oxyde d'antimoine.

1804. Ce n'est qu'en 1804 que furent établis, par Théodore de Saussure, les premiers faits relatifs à l'absorption dans les plantes. Ce travail, le plus remarquable de tous ceux qui ont été faits sur cette importante question, est resté comme un modèle d'exactitude et de précision : il concluait à l'existence de l'absorption.

Antérieurement à de Saussure, Bonnet avait fait absorber de l'encre par les plantes ; il avait vu que la partie soluble était absorbée et que la partie insoluble ne l'était pas. Van Helmont croyait que l'eau seule était absorbée. Tillet, Bonnet et Duhamel ont été les premiers appuis de cette théorie de l'absorption ; mais Bergam, Kirwan et Hassenfrats, démontrèrent l'imperfection de leurs procédés : ainsi, Tillet et Van Helmont faisaient végéter les plantes dans des vases de terre poreuse qu'ils enfouaient en terre et qui pouvaient, par conséquent, absorber les sels ; Duhamel, qui avait opéré sur un chêne, s'était servi, pour l'arroser, d'une eau naturellement chargée de principes extractifs ; et les plantes de Bonnet avaient pour support des substances végétales plus ou moins solubles dans l'eau.

D'après d'autres auteurs, tous les éléments chimiques des végétaux, en exceptant l'eau, étaient fournis à l'état gazeux; ce qui est inadmissible avec ce que l'on sait sur les propriétés physiques des corps. L'oxygène, le carbone à l'état d'acide carbonique, l'azote et le soufre peuvent seuls être fournis à cet état.

De Saussure constata que les corps en suspension, les plus ténus, ne sont pas absorbés. Il opéra sur le *Polygonum persicaria*, il l'arrosait avec de l'eau sucrée tenant de la silice en suspension; il ne trouva pas qu'il y eût absorption.

Pour déterminer l'influence de diverses substances sur la végétation, il mit des pieds de *Polygonum persicaria* et de *Bidens cannabinum* dans les dissolutions suivantes : chlorure de potassium, chlorure de sodium, azotate de chaux, sulfate de soude effleuri, chlorhydrate d'ammoniaque, acétate de chaux, sulfate de chaux, sucre, gomme — de chaque 0,60 pour eau 793 et extrait de terreau 25 parties. — Le *Polygonum* végéta à l'ombre dans le chlorure de potassium, l'azotate de chaux, le chlorure de sodium, le sulfate de soude et l'extrait de terreau. Il languit dans le chlorhydrate d'ammoniaque, il n'y eut pas de production de racines. L'eau sucrée devait être renouvelée, elle se putréfiait après huit ou dix jours. Dans la gomme, l'acétate de chaux et le sulfate de chaux, la plante mourut après deux jours. Pour le *Bidens*, on remarqua la même marche.

Voulant essayer si les plantes absorbent tel sel plutôt que tel autre, de Saussure fit tremper le *Polygonum* et le *Bidens* dans une solution de sulfate de soude et de chlorure de sodium. Les mêmes expériences furent répétées sur la menthe poivrée, le pin d'Écosse et le genévrier commun, en pleine terre. Les résultats généraux furent les mêmes, et il observa une grande différence dans le poids des sels absorbés, soit qu'il eût opéré sur des sels qui ne se ressemblent pas, ou sur des plantes du même genre.

Il est important de ne pas confondre l'absorption proprement dite avec l'imbibition. Ainsi, de Saussure a vu que, lorsque les racines ou les spongioles étaient attaquées ou coupées, l'introduction des sels était favorisée. Elles absorbaient alors

également tous les sels, tandis que, lorsque ces racines étaient intactes, les sels absorbés de préférence étaient les chlorures de potassium et de sodium, l'acétate de chaux, l'azotate de la même base. Dans un mélange de sucre et de gomme, elles prennent plus du premier.

On a conclu à tort des expériences de de Saussure que les plantes absorbaient tel ou tel sel de préférence à tout autre, par une sorte d'action élective ou d'affinité. Telle n'a pas été l'opinion du savant physiologiste. Il croit, au contraire, que la plus ou moins grande facilité d'absorption vient de l'état de fluidité ou de viscosité plus ou moins grande du liquide. Ainsi, l'eau distillée est absorbée plus facilement que l'eau saline. Il a vu que l'acétate et l'azotate de chaux rendent l'eau plus visqueuse que les chlorures de potassium et de sodium. Ainsi, il a constaté qu'en jetant sur un filtre de papier une dissolution d'acétate de chaux et de chlorure de potassium, ou une dissolution de sucre et de gomme, et en fractionnant le liquide filtré, l'acétate de chaux et la gomme restent en plus forte proportion sur le filtre; et que le chlorure de potassium et le sucre dominant dans l'eau filtrée.

Cette singulière expérience, qui peut avoir des conséquences importantes pour l'explication des phénomènes relatifs à l'absorption, méritait d'être répétée. Nous ferons connaître plus tard les résultats que nous avons obtenus.

Tous les physiologistes admettent que les plantes prennent leurs éléments organiques dans les milieux où elles vivent. Schröder a fait des expériences tendant à prouver que les végétaux avaient la faculté de fabriquer des sels et des bases minérales dans leurs propres substances. Il avait fait germer du seigle et de l'orge dans de la fleur de soufre et il avait obtenu des plantes renfermant des matières terreuses. Braconnot infirma les essais de Schröder. Cette utopie de la génération des sels dans les plantes, résultant de mauvaises observations et d'expériences mal faites, nous la voyons se reproduire à diverses époques. Ainsi, nous trouvons, dans le *Bulletin de pharmacie* (t. IV, 1812, page 42), une lettre de Pougenq à Cadet de Gassicourt, sur la possibilité de la génération du fer dans les plantes, « puisque, dit cet auteur dans la quatrième conclu-

sion de sa lettre, les plantes que l'on fait croître dans l'eau et qui ne se produisent qu'aux dépens de ses principes donnent du fer dans leur analyse ou leur combustion. »

Th. de Saussure avait démontré que les végétaux ne forment pas les différentes substances salines que fournit leur incinération, et de ses nombreux essais il avait tiré cette conclusion, que les alcalis et les acides minéraux sont puisés dans le sol. Lassaigue, en opérant sur le *Polygonum fagopyrum*, confirma, plus tard, ce qu'avait dit de Saussure.

Les phénomènes physiologiques de la végétation commençant à être connus, on chercha à déterminer l'influence que pouvaient avoir sur la végétation les différents agents d'oxydation. On trouve les expériences d'Einhoff dans les *Annales de chimie et de physique*, 1805, tome LV. Elles sont trop importantes pour que nous n'en donnions pas un résumé.

Einhoff fit germer, dans du sable et de la tourbe, de la graine de cresson qu'il arrosa avec de l'acide muriatique oxygéné (eau de chlore), liquide, concentré au maximum, et, dans d'autres circonstances, étendu de deux parties d'eau. D'un autre côté, il sema des mêmes graines dans du sable humecté d'eau, arrosées tous les jours avec de l'eau. Les premières ont germé de quinze à vingt-quatre heures avant les autres. La germination se fit avec une très-grande rapidité ; et, en douze heures, les plantes acquirent une hauteur de six lignes ; puis elles cessèrent de croître. Avec le chlore, le cresson a germé après six heures, tandis qu'avec de l'eau il n'y a eu germination qu'après trente heures ; et, après ce temps, les pousses n'avaient acquis qu'une hauteur d'une demi-ligne au lieu de six qu'avaient les autres.

De Humboldt avait signalé le minium et le bioxyde de manganèse comme ayant un grand effet sur la végétation. Blumenbach avait indiqué l'acide sulfurique comme cédant de l'oxygène aux plantes. Einhoff n'a rien obtenu des deux oxydes, et il attribue les bons résultats qu'il a constatés avec l'acide sulfurique à la formation du sulfate de chaux.

En arrosant de la luzerne avec de l'acide azotique étendu de huit parties d'eau, il n'a rien observé, la première année ; mais, la seconde, la plante arrosée précédemment d'acide azotique

était plus vigoureuse, plus verte, elle avait les tiges plus fortes que celle qui n'avait pas reçu le même arrosage : d'où l'on peut conclure que les oxydants favorisent la végétation. Suivant cet auteur, le sulfate de fer est nuisible à la végétation ; le sulfate de chaux est irritant, il favorise la respiration et l'exhalation par les feuilles, mais il faut l'employer hydraté.

Le nitrate de potasse et les nitrates alcalins en général sont de bons engrais ; sur le chlorure de sodium, il expose des opinions diverses : il rappelle que les Romains répandaient ce sel sur le sol où un crime avait été commis pour le rendre stérile ; en Égypte, où il abonde, la végétation est nulle. Toutefois, il reconnaît que ce sel en petite quantité est utile.

Le sulfate de soude, l'acide arsénieux, l'électricité de la pile de Volta, n'ont produit aucun effet satisfaisant. Dans l'oxygène et dans l'azote, la germination du cresson s'est faite ; dans ce dernier cas, la fibre de la racine n'existait pas. Dans l'acide carbonique, quelques graines ont germé, mais la végétation s'arrêtait. Dans l'hydrogène, les feuilles de cresson deviennent pâles et se couvrent d'un mucilage tenace.

1807. C'est en 1807 que Prévot conseilla l'usage du sulfate de cuivre pour préparer les céréales destinées à la semence. Cette même année parut un travail de Braconnot sur la force assimilatrice dans les végétaux. Ce savant ayant semé 400 graines de moutarde blanche pesant 2^{es}, 2 dans de la litharge pure ; elles ont germé, fleuri et fructifié. Les plantes réduites en cendres, contenaient du plomb. Le même expérience, répétée dans du plomb de chasse très-fin, la plante a fleuri et fructifié, mais mal.

Toutes les plantes renferment des traces de fer.

1812. Vauquelin, le premier, chercha vainement à quel état le métal se trouvait dans les plantes, et Chevreul constata qu'il existe dans le liège à l'état de gallate.

1817. En 1817, Meissner publia, dans les *Annales de chimie et de physique*, un mémoire dans lequel il annonçait qu'il avait constaté la présence du cuivre dans les végétaux, mais en proportions trop faibles pour être dosé. Le procédé suivi par ce savant consistait à faire bouillir les cendres avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, à réunir les liqueurs, à sursaturer

par l'ammoniaque, et à y plonger une petite lame de fer qui, après deux jours, était recouverte de cuivre métallique.

1824. L'absorption des sels de cuivre fut surtout démontrée, en 1824, par le docteur Philips : ayant répandu de l'oxyde de cuivre et des dissolutions de ce métal près des racines d'un jeune peuplier, l'arbre parut languissant, et, après quelques jours, la lame du couteau employé pour couper les branches était recouverte de cuivre.

1825. Les études les plus intéressantes sont dues à F. Marcet. Il distingue, dans son mémoire, les poisons qui agissent sur le règne animal, irritent, enflamment, corrodent les tissus des parties avec lesquelles ils sont mis en contact, de ceux qui agissent sur le système nerveux, sur la moelle épinière, ou directement sur le cerveau.

L'existence d'un système nerveux dans les végétaux n'a jamais été démontrée, quoique quelques plantes soient irritables; Dutrochet a attribué ce phénomène à des *corpuscules globuleux* que l'on trouve dans les cellules médullaires d'un grand nombre de végétaux ; d'autres auteurs ont vu dans la chlorophylle l'élément nerveux des plantes, et d'autres avec Leclerc de Tours, ont cru à l'existence d'un véritable système nerveux ; d'après Meissner, les poisons qui agissent sur les nerfs des animaux doivent exercer leur action sur les organes analogues, des végétaux.

Parmi les poisons irritants, Marcet a opéré sur l'acide arsénieux, le sublimé corrosif, les sels d'étain, de cuivre, de plomb.

La solution d'acide arsénieux était faite avec 30 grammes d'eau de source et de 0,30 de poison, c'est-à-dire au centième. Il a vu périr rapidement les haricots, les rosiers. Il a constaté que les fleurs changeaient souvent de couleur, qu'il se produisait quelquefois sur les tiges des taches pourpres, enfin que la quantité du liquide absorbé variait de 25 à 40 grammes, dans les vingt-quatre heures.

Il introduisit, le 4^{er} juin, un gramme environ d'acide arsénieux dans une fente faite sur un lilas ; le 8 seulement les feuilles furent flétries et se roulèrent par leur extrémité ; le 15, elles étaient sèches. La même expérience faite avec de l'eau ne produisit rien.

Une solution de sublimé corrosif fut préparée également au centième. Des haricots et des rosiers périrent. On remarqua une coloration brune des nervures des feuilles. Du mercure métallique introduit dans la moelle d'un cerisier n'a produit aucun effet.

Enfin Meissner a constaté que les sels d'étain, de cuivre, de plomb, l'acide sulfurique étendu de trois fois son poids d'eau ; tuaient également les plantes, tandis que la potasse, le sulfate de magnésie, le chlorure de sodium, ne produisaient pas d'effets sensibles.

Les expériences faites par Meissner nous intéressent davantage. Il a vu que des haricots arrachés et mis avec des solutions de poisons dans l'eau ordinaire, périssaient au bout de huit jours : et la mort n'était pas due à la viscosité du liquide, car les mêmes plantes, dans l'eau gommée, n'éprouvaient aucun effet ; cependant, elles mouraient si l'on mettait 40 centigrammes de gomme pour 80 grammes d'eau.

Les poisons végétaux étaient employés à la dose de 0,30 pour 30 grammes d'eau. L'opium, la noix vomique et la coque du Levant, l'acide cyanhydrique et l'eau de laurier-cerise tuaient rapidement les haricots. La morelle, la digitale et la ciguë paraissent agir plus lentement.

Julio a voulu rechercher s'il existait des stimulants des plantes. Il dit avoir remarqué que le *Mesembrianthemum barbatum*, plongé dans l'eau alcoolisée, fleurissait plus tôt, le matin, et se fermait plus tard, le soir, que la même plante placée dans l'eau ; et que l'opium mêlé au suc gastrique de la corneille produisait les mêmes effets que l'eau alcoolisée.

Meissner a vu que l'acide oxalique en solution était aussi un poison pour les plantes, qu'il tuait les rosiers et les haricots, mais que, dans la terre, il ne produisait aucun effet.

L'air est nécessaire aux racines. Meissner a étudié l'influence des gaz ; et voici quels sont les résultats qu'il a obtenus :

Air (racines plongées dans l'). — Premières feuilles flétries après 48 heures.	
Acide carbonique	4 à 2 heures.
Hydrogène.	4 à 6 heures.
Bioxyde d'azote	6 heures.
Azote.	3 heures.

Nos expériences sont si contraires à ces résultats qu'il nous paraît nécessaire de rappeler ici ses conclusions :

1° Les poisons métalliques agissent sur les végétaux à peu près de même qu'ils agissent sur les animaux ; ils paraissent être absorbés et entraînés dans différentes parties de la plante, et en altèrent et détruisent les tissus par leur pouvoir corrosif.

2° Les poisons végétaux et, en particulier, ceux qui sont démontrés ne détruire les animaux que par leur action sur le système nerveux, causent aussi la mort des plantes. Or, comme l'on ne peut concevoir que des poisons qui n'attaquent d'aucune manière les tissus organiques des animaux puissent altérer celui des végétaux jusqu'au point de les tuer au bout d'un petit nombre d'heures, il me paraît très-probable qu'il existe chez ces derniers êtres un système d'organes qui est affecté par certains poisons végétaux à peu près de la même manière que le système nerveux.

1827. Gianelli étudia, en 1828, l'action de l'acide cyanhydrique et de quelques autres acides sur les plantes et sur l'irritabilité des étamines du *Berberis vulgaris*. Nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur cet important travail. A la même époque, J. Macaire Princeps constata que les violettes et les ancolies verdissaient lorsqu'on les arrosait avec une solution d'acétate de plomb, et qu'elles périssaient, après deux ou trois jours. Les expériences étaient faites comparativement avec l'eau et avec des solutions toxiques. Il vit que des violettes rougissaient lorsqu'on les arrosait avec de l'eau très-légèrement acidulée ; le sublimé corrosif se retrouvait dans les tiges. Il constata que, sous l'influence de l'acide cyanhydrique étendu, les étamines du *Berberis vulgaris* cessaient de se contracter après quatre heures ; avec l'opium après neuf heures ; le sublimé corrosif, l'acide arsénieux, l'arséniate de potasse, rendaient les étamines libres ; il lui semblait même y voir des traces d'inflammation végétale.

Les expériences faites par le même physiologiste sur le *Mimosa pudica* ont fourni des résultats analogues : ainsi les mouvements des folioles et des feuilles sont modifiés par l'opium. Sous l'influence de l'acide cyanhydrique, ils se font moins bien ; les articulations des folioles, quoique flexibles, deviennent insensibles. L'eau ne rétablit pas leur sensibilité. Si l'acide est étendu, la plante se comporte comme dans l'eau pure, c'est-à-dire qu'elle contracte promptement ses folioles et les épanouit après quelques minutes ; elles redeviennent sensibles au contact d'un corps étranger ; tandis que le sublimé corrosif, l'opium et l'acide cyanhydrique concentré laissent contracter les folioles, mais celles-ci ne se relèvent plus : sous l'influence de la vapeur d'acide cyanhydrique, les folioles se contractent mieux, elles perdent la faculté de se relever. Macaire Princeps pense que ces poisons agissent sur les corpuscules que Dutrochet a nommés *corpuscules nerveux*, dont l'existence n'a jamais été démontrée.

Macaire Princeps a voulu rechercher si les végétaux pouvaient être empoisonnés par les substances vénéneuses qu'ils fournissent eux-mêmes. Il a agi sur le *Datura stramonium*, la jusquiame (*Hyosciamus niger*) et le concombre d'eau (*Momordica elaterium*). Il a opéré sur des solutions d'extrait de ces plantes dans les proportions de 0,25 pour 30 grammes d'eau. Il a plongé les plantes dans leur propre suc mêlé avec de l'eau ; il a arrosé, avec ce même suc mêlé d'eau des plantes végétant en terre ; il a vu que, dans ces cas, les plantes périssaient. C'est à cette même date, 1828, que Mulder rechercha l'action des poisons sur les plantes.

1828. Marcet, dans le mémoire publié en 1825, avait démontré que les substances minérales corrosives n'étaient pas les seules qui affectaient les tissus des plantes ; que les poisons végétaux eux-mêmes (dont l'influence pernicieuse chez les animaux est attribuée à une action spéciale sur le système nerveux), produisent aussi la mort des végétaux. Les recherches de Becker, de Wiegman et de Schneider conduisaient aux mêmes conclusions. Gœppert, en 1827, varia les expériences. Il vit que des plantes, plongées dans de l'eau contenant 1,25 pour 100 d'acide cyanhydrique périssaient dans un temps dont le maximum fut fixé à cinq jours (*Senecio vulgaris*) et le minimum à six heures (*Fumaria*

capreolata). La tige d'abord, les nervures des feuilles ensuite, se décolorent et se flétrissent, le parenchyme foliacé n'était attaqué que plus tard et toujours de la base au sommet. Il remarqua, en outre que, dans les plantes laiteuses (*Euphorbiacées*, *Chicoracées*, *Papavéracées*), l'écoulement du suc cessait lorsqu'on y faisait des incisions, non pas parce que l'acide cyanhydrique coagulait ces sucs, puisque la coagulation ne se faisait pas lorsque le mélange s'opérait directement; mais plutôt par action spéciale, stupéfiante sur les parois des vaisseaux vasculaires qui perdaient ainsi leur contractilité.

Avec les vapeurs d'acide cyanhydrique, Gœppert vit que l'action sur les feuilles est plus prompte, mais elle est plus limitée, elle se localise sur les feuilles et les organes qu'elle touche; tandis que, par absorption par la racine, l'action se propage peu à peu et s'étend à tous les organes.

En opérant sur l'essence d'amandes amères, Becker a obtenu les mêmes résultats. Elle détruit rapidement la propriété que possèdent certaines parties de feuilles de se contracter; ces feuilles meurent plus vite lorsqu'on les enduit sur les deux faces que lorsqu'on ne les enduit que sur une seulement; surtout lorsqu'on les dépouille de leur épiderme. Gœppert a vu que les essences diverses, telles que girofle et térébenthine, produisaient les mêmes effets. L'action nuisible n'est donc pas due à l'acide cyanhydrique, que l'essence d'amandes amères renferme en petite quantité, puisque toutes les essences se comportent de même; l'acide cyanhydrique et ses vapeurs agissent tout aussi bien sur les plantes qui fournissent de l'acide cyanhydrique à la distillation, telles que le laurier-cerise, le pêcher, l'amandier, etc., etc.

En opérant sur des plantes à folioles ou à étamines irritables, Gœppert a vu que la contractilité n'était détruite que lorsque l'absorption du poison avait déterminé la mortification du tissu cellulaire de l'organe, tissu dans lequel réside la faculté contractile. Ainsi, dans les *Berberis* et la *Rue*, la contractilité n'a cessé que lorsque le pédoncule ou le réceptacle étaient déjà très-atteints. Ceci nous paraît en opposition avec Marcet et Gœppert lui-même, qui ont constaté que la contractilité n'avait été que suspendue et non détruite, puisqu'on pouvait

la faire revivre; d'où il résulte qu'il n'y a pas eu de lésions graves.

Gœppert a expérimenté l'action qu'exerce le gaz cyanhydrique sur les couleurs. Ayant placé sous une grande cloche des fleurs de couleurs différentes avec l'acide cyanhydrique au dixième et du chlorure de calcium fondu, il a vu que les fleurs blanches et jaunes ne changeaient pas de couleur; que les bleues, violettes et roses (les corolles roses des *Erica* exceptées) devenaient blanches, et que les fleurs rouges, si elles éprouvaient un changement, devenaient jaunâtres ou brunâtres.

Les réactifs ont démontré à Gœppert la présence de l'acide cyanhydrique dans les plantes; une température élevée favorise l'action nuisible. Et l'examen microscopique a fait voir que les cellules n'étaient pas rompues, mais qu'elles étaient flétries, plissées, affaissées; que leur couleur verte était diminuée.

Les vaisseaux en spirale n'avaient éprouvé aucun changement.

Gœppert a vu encore que le cyanure de mercure et le bichlorure, dans la proportion de 5 centigrammes pour 30 grammes d'eau, font périr les plantes en deux jours; le ferrocyanure de potassium, à la dose de 25 centigrammes pour 30 grammes d'eau, produit des effets analogues mais moins intenses.

Gœppert a trouvé que le chlorure de potassium était nuisible, aux mêmes doses; tandis que Marcet avait constaté que le chlorure de sodium et le sulfate de magnésie, même à la dose d'un trentième, n'avaient pas d'influence sensible. Le cyanhydrate d'ammoniaque tue les plantes en deux jours, mais avec une action différente. Tandis qu'avec les cyanures alcalins, la plante change de couleur, et que les tissus ne se contractent pas, avec le cyanhydrate d'ammoniaque, il y a contraction; et celle-ci est également produite par l'ammoniaque. Aussi Gœppert attribue-t-il l'action spéciale du cyanhydrate d'ammoniaque à la base qui se dégage. Les essences de girofle, de fenouil, de cannelle, de camphre, térébenthine, etc., etc., suspendues dans de l'eau gommée, tuent également les plantes et leur enlèvent la propriété de se contracter. Et, d'après lui, les éthers, l'alcool, le sulfure de carbone, produisent des effets analogues à ceux de

l'ammoniaque. Les acides agissaient de même, mais il les employait trop concentrés.

Par ordre d'intensité, Gœpert classe ainsi les poisons d'après l'action qu'ils exercent sur les plantes : 1° l'acide cyanhydrique gazeux et le sulfure de carbone ; 2° les éthers divers ; 3° l'alcool ; 4° divers acides ; 5° l'ammoniaque caustique ; 6° l'acide cyanhydrique à 5 pour 100 ; 7° les sulfates de quinine et de cinchonine ; 8° les principes âcres des crucifères ; 9° acide sulfocyanique ; 10° eau d'amandes amères ; 11° eau de *Prunus padus* ; 12° eau de laurier-cerise ; 13° eau de cannelle et autres.

Nous verrons plus loin que nos expériences contredisent cette classification.

1830. Plusieurs auteurs, entre autres Meissner et Vauquelin, avaient constaté la présence du cuivre dans les plantes. Gahn l'avait extrait du papier : en 1830, Sarzeau publia, dans le *Journal de pharmacie*, un travail dans lequel il annonça la grande dissémination de ce métal et détermina la proportion contenue dans un grand nombre de substances alimentaires ou autres.

C'est dans la même année que fut publié, dans le *Journal de pharmacie*, un mémoire de Vogel, de Munich, sur la germination des graines dans différentes substances minérales et notamment dans les terres.

Vogel opérait sur l'orge et le froment ; il arrosait avec de l'eau distillée. Il s'attendait à ce résultat que toutes les substances qui produisent des effets nuisibles sur l'économie animale devaient se comporter de même par rapport à la germination des graines. Il trouva des faits contraires à cette opinion, mais qu'il passa sous silence, parce qu'il n'avait pas d'expériences propres à décider la question.

Vogel n'a pas obtenu de germination dans le carbonate de baryte, la baryte hydratée, lavée, broyée et mouillée, le kermès, le soufre doré d'antimoine, l'oxyde de bismuth, l'azotate de plomb, le sesquioxyde de chrome, ni dans des solutions de sulfate de cuivre, d'acide arsénieux, de sublimé corrosif, d'azotate de mercure et de chlorure de baryum (solution concentrée).

Il y a eu germination faible dans le carbonate de magnésie, la limaille de cuivre, l'oxyde d'antimoine, le bioxyde de mercure, l'iode dissous.

Dans le sulfate de baryte et l'oxyde de zinc, le froment n'a germé que faiblement, tandis que l'orge a germé très-bien et les jeunes plantes ont poussé avec rapidité.

Les graines ont également germé dans le marbre blanc, le carbonate de strontiane, l'oxyde de zinc, la litharge, le minium, le phosphate de plomb, le bioxyde de manganèse, le sublimé corrosif, le sulfure de mercure. La présence du plomb a été constatée dans les plantes. Chaptal avait déjà signalé l'influence nuisible du carbonate de magnésie; mais cette influence ne s'étend pas à toutes les plantes.

Dès 1831, M. Link publia, dans les *Annales des sciences naturelles*, un mémoire où il disait que l'introduction des substances hétérogènes dans les tissus des plantes ne pouvait avoir lieu que lorsque alors il y avait désorganisation de quelques-unes de leurs parties; qu'il y a alors pénétration par capillarité à travers des tissus lésés soit par une action traumatique, soit par un état morbide ou par l'effet de la solution elle-même. Nous voyons cette opinion se reproduire.

Dans la sixième leçon d'agriculture de H. Davy, on lit que : « les fibres radicales des plantes qu'on fait croître dans des infusions de garance se teignent en rouge; » il ajoute que « les végétaux absorbent même les substances qui sont pour eux des poisons. » M. Towers arriva à une conclusion tout à fait opposée par des expériences sur les balsamines; il en fit pousser dans une infusion de campêche, il en arrosa d'autres avec un sel de fer, et il ne trouva pas d'absorption; selon lui, les plantes n'absorbent les infusions colorées que lorsque la plante présente des surfaces lésées par une cause morbifique ou autre.

Kunkel et Sage avaient trouvé de petites quantités d'or dans la cendre des végétaux. De Candolle, dans sa *Physiologie végétale*, qui fut imprimée en 1832, dit que les métaux ne se trouvent jamais à l'état métallique dans les plantes, qu'ils y sont toujours à l'état d'oxydes ou de sels; il ajoute que les solutions métalliques sont des poisons pour les plantes, et en cite un grand nombre dans lesquelles on a trouvé du fer, du manganèse et du cuivre.

1837. En 1837, Wiegman et Boutigny, d'Évreux, publièrent, le premier, dans les *Annales de physique et de chimie*, le second,

dans le *Journal de chimie médicale*, des travaux qui constatent la présence accidentelle du cuivre dans les végétaux. Ces faits furent confirmés par Rossignon (1841), Girardin (1845), Malaguti, Durocher et Sarzeau (1849). Jobard proposa les sels de cuivre pour détruire les cryptogames (1844). Des recherches faites par M. Chevreul et par d'autres chimistes démontrèrent que la présence du cuivre dans les végétaux n'est pas constante.

1839. On savait depuis longtemps que certains sels étaient utiles et d'autres nuisibles à diverses cultures. C'est sur ce principe qu'est basée la méthode des assolements, bien éclairée, dans ces derniers temps, par les nombreuses analyses des cendres des végétaux. En 1839, Braconnot publia des recherches intéressantes sur l'influence des sels sur le sol. L'expérience lui prouva que l'acétate de chaux, même à très-petite dose, est singulièrement nuisible à la végétation, et que particulièrement l'acétate de magnésie nuit à celle de la mercuriale, mais moins que l'acétate de chaux. Il employait des solutions à 1/1000.

1841. Il faut remonter à 1841 et consulter le remarquable travail de J. Liebig, intitulé *Considérations sur la nature et les effets des poisons, des miasmes et des contagions; chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture*, pour trouver quelques faits importants relatifs à l'absorption des poisons par les plantes. L'auteur explique l'action des oxydes et des acides sur les végétaux par leur action décomposante sur les organes et par les nouvelles combinaisons qu'ils forment. On sait, d'ailleurs, que certains éléments minéraux peuvent être substitués à d'autres dans une plante et y jouer le même rôle. C'est ainsi que Cadet nous a appris que les *Salsola* contenaient beaucoup de soude lorsqu'ils végétaient sur les bords de la mer, et qu'ils renfermaient, au contraire, de la potasse, lorsqu'on les cultivait en pleine terre, loin de la mer. Quant aux principes immédiats, aux alcalis organiques, par exemple, il est incontestable qu'ils sont formés dans les plantes aux dépens de divers éléments organiques pris au sol, à l'air ou à l'eau. S'il est vrai que l'on ait trouvé de la solanine dans des pousses de pommes de terre végétant dans des caves, il est évident que cet alcaloïde n'a pu se former qu'aux dépens des éléments du tubercule et de l'air. (Liebig, *Chimie appliquée à l'agriculture*, 1841, page 102.)

Nous venons de voir que les bases peuvent se suppléer les unes les autres; c'est ainsi que l'on trouve des pins à base de chaux et d'autres à base de magnésie. Nous aurons à examiner plus loin, si, dans une plante, on peut substituer une base organique à un autre.

On peut, dit Liebig, juger dans une plante de la quantité des bases organiques par celle des bases minérales; le maximum des premières correspond à un minimum des dernières, absolument comme s'il s'agissait de deux bases minérales qui se remplaceraient les unes les autres, suivant leurs équivalents.

De même, dans une plante, un acide organique peut être remplacé par un acide minéral sans que la plante en souffre. Nous voyons, en effet, dans le pavot, que la morphine s'y trouve tantôt à l'état de méconate, tantôt à celui de sulfate, en effet Robiquet, sur 150 kilogrammes d'opium n'a pas trouvé de trace d'acide méconique (*Annales de chimie et de physique*, t. LIII, page 425); contrairement à l'opinion de Linck et de Towers. Liebig admet que les plantes absorbent les liquides colorés.

Delabaisse et Biot ont vu que lorsqu'on arrosait une jacinthe blanche avec le suc du *Phytolacca decandra*, au bout d'une ou deux heures, les fleurs blanches prenaient une couleur rouge; mais au soleil, la teinte disparaissait après un ou deux jours.

1841. Louyet rappelle les travaux de divers physiologistes, T. de Saussure, Macaire Princeps, Raspail, Marcet, Davy, Carradori, Sennebier, Unger, Jæger, Séguin, Boucherie, Link, Towers, de Candolle père, etc. Ceux de Jablonski, qui s'efforce de réfuter l'opinion de Schröder, tendant à prouver que l'acte de la végétation peut former des alcalis, des terres et des métaux, et qui constata que la fleur de soufre du commerce peut contenir de la chaux, du fer, de la silice, etc. Il rappelle encore les travaux de Schultz (de Berlin), constatant l'absorption des liquides colorés par les Chara, ceux d'Unger de Boutigny (d'Évreux), etc.

Dans des terrains mélangés d'acide arsénieux, de biarséniate de potasse, de sulfate de cuivre pulvérisé, de sulfure d'arsenic (realgar), Louyet sema des graines des diverses graminées et crucifères. Il fut conduit à conclure que l'acide arsénieux mis en certaines proportions dans des terrains cultivés empêche la

germination, qu'en proportion plus faible, une portion des graines peut germer, mais que le végétal qui en provient ne contient point d'arsenic; le biarséniate de potasse agit comme l'acide arsénieux; le sulfate de cuivre et le sulfure rouge d'arsenic ne paraissent exercer d'influence nuisible sur la végétation et sur la germination que lorsqu'ils sont introduits dans la terre en certaine quantité; ils ne passent pas dans la circulation des plantes.

Dans une autre série d'expériences, Louyet constate que des composés arsénicaux solubles ne paraissent pas exercer d'influence sensible sur la végétation et qu'ils ne pénètrent pas dans les tissus des plantes.

D'autres expériences sont relatives à l'emploi des solutions métalliques versées sur la terre aux pieds des végétaux, et il constate: qu'en arrosant une plante avec une solution d'un sel métallique, la solution est absorbée par toutes les parties du végétal, si le sel n'a pas été changé en composé insoluble par la réaction avec les éléments de la terre; dans ce dernier cas, les plantes n'ont pas paru, même au bout d'un mois, avoir absorbé une quantité de composé appréciable aux réactifs les plus sensibles.

D'autres expériences de Louyet, relatives aux effets produits par l'immersion des graines dans différentes solutions métalliques, démontrent que l'acide arsénieux, les arséniates solubles et le sublimé corrosif détruisent la faculté germinative; que le sulfate de cuivre, au contraire, laisse germer les graines, mais que les plantes qui en proviennent ne renferment pas de cuivre.

Dans le sixième chapitre, Louyet étudie l'action des dissolutions métalliques sur les plantes entières. Il constate qu'une plante, avec ou sans racine, plongée dans une solution d'un sel métallique quelconque, est pénétrée également dans toutes ses parties, même dans les graines.

Louyet a encore expérimenté l'action des solutions métalliques sur des graines semées pendant leur germination, il a constaté que l'acide arsénieux et les arséniates tuent la germination; les graines arrosées avec du sulfate de cuivre continuèrent à germer; les plantes provenant de ces graines ne renfermaient pas de cuivre.

Dans un autre mémoire (*Journal de pharmacie*, tome IX, p. 94, 3^e série), Louyet rappelle qu'ayant opéré sur le froment, le dalhia, le *Polygonum orientale*, il a constaté que les poisons étaient absorbés, qu'il les retrouvait dans toutes les parties du végétal, même dans les graines.

Cette note était destinée à réclamer la priorité sur le travail de M. Gianelli, inséré dans le *Journal de pharmacie* (t. VI, 1844, page 291), dans lequel des expériences de M. Trinchinetti étaient rapportées et qui concluait à l'absorption de l'acide arsénieux par les plantes.

Vers 1842, une des questions qui intéressent le plus l'hygiène et l'agriculture fut vivement discutée. Il s'agissait de savoir s'il y avait danger à *chauler* avec l'acide arsénieux ; si le poison était absorbé, et s'il pouvait passer dans les pailles et les grains.

Pour énumérer tous les travaux qui furent publiés sur ce sujet à cette époque, nous serions entraînés beaucoup trop loin. Outre les mémoires de Louyet et de Trinchinetti, nous citerons les publications faites par Audouard, Legrip, Girardin, Chevallier, Boussingault, Boutigny, Bory de Saint-Vincent, Regnard, etc. Nous reviendrons sur ces travaux en traitant de l'absorption des arsenicaux ; mais nous devons insister ici sur les expériences très-remarquables faites, en 1845, par Chatin, Targioni-Tozzetti et Bouchardat.

1845. Les travaux de Chatin relatifs à l'absorption des poisons par les plantes et à l'influence de certains sels sur la végétation, comprennent une période de huit années environ, de 1845 à 1853. Nous en donnons ici un résumé succinct :

Chatin a vu que des plantes arrosées avec de l'eau saturée d'acide arsénieux à la température ordinaire, ne succombaient presque jamais dans les trois premiers jours, et souvent elles se rétablissaient après avoir éprouvé des symptômes graves d'empoisonnement, tels que : arrêt de croissance, coloration jaune et sécheresse des feuilles. La plante dépérit de la base au sommet ; les faisceaux fibreux sont plus colorés que le tissu cellulaire ; sur les balsamines, on constate des taches gangréneuses. Dans les plantes dioïques, les effets sont les mêmes sur les individus mâles que sur les individus femelles, comme on s'en est assuré en opérant sur la mercuriale, sur le chanvre. L'auteur a vu

d'ailleurs que la force de résistance à l'action du poison était très-variable; mais qu'en général les cryptogames résistaient plus que les phanérogames, et les monocotylédones plus que les dicotylédones.

En effet, le *Muco mucedo* et le *Penicillium glaucum* vivent très-bien dans une solution d'acide arsénieux; et Bory de Saint-Vincent a cité le fait d'un cryptogame qui s'était développé dans une solution de cet acide. Brebisson rapporta cette plante au genre *Hydrocrocis*, et la nomma *Hydrocrocis arsenii*. Dutrochet avait d'ailleurs signalé un fait analogue.

Chatin a vu que plusieurs causes pouvaient influencer sur l'absorption. Il a étudié l'influence du repos et de l'agitation de l'air, celle de l'état hygrométrique de l'air, celle du sol, de la lumière et de l'électricité; il a été conduit par les expériences à conclure que les plantes chez lesquelles Dutrochet avait admis un appareil nerveux étaient celles qui étaient le plus influencées par l'acide arsénieux.

Après avoir constaté la présence de l'arsenic dans tous les organes des plantes qui avaient été arrosées par l'acide arsénieux; après avoir vu que ce poison paraissait s'accumuler dans les réceptacles floraux et, plus rarement, dans les feuilles, fruits, semences, tiges, racines, pétales; Chatin a recherché quelle était la voie d'élimination qu'ils suivaient et le temps qui était nécessaire pour l'effectuer. Il a vu que ce temps était de six semaines dans les *Lupinus* et les *Phaseolus*; que la moyenne était de trois mois pour les monocotylédones et de six mois pour les dicotylédones; que les causes qui faisaient le plus varier la durée de cette élimination étaient: l'âge des sujets, l'agitation de l'air, l'humidité et la lumière.

L'excrétion s'effectue d'autant plus promptement dans une plante donnée, que celle-ci est plus sensible aux effets du poison.

L'élimination se fait par les racines et non par les voies aériennes. Il peut arriver que, dans la plante, l'acide arsénieux se combine avec les bases et avec les albumines.

On sait que les arsénites précipitent en blanc les sels de chaux solubles pour former de l'arsénite de chaux. Chatin a pensé qu'il ne serait pas impossible d'empêcher l'empoisonnement

des plantes par l'acide arsénieux, en leur faisant absorber du chlorure de calcium comme contre-poison. Ses prévisions ont été réalisées. Si, en effet, on arrose une plante déjà empoisonnée par l'acide arsénieux, avec une solution étendue de chlorure de calcium, la plante ne meurt pas. Mais il nous semble qu'elle ne peut pas rester bien vigoureuse, en raison des obstructions que les arsénites insolubles doivent déterminer dans les vaisseaux.

Les expériences de Chatin ont porté sur un grand nombre de plantes, parmi lesquelles nous citerons : le *Balsamina hortensis*, l'*Helianthus annuus*, le *Lupinus varius*, le *Zea maïs*, le *Tradescantia virginica*, le *Cheiranthus Cheiri*, le *Nephradium Filix-mas*, les graines de *Lepidium sativum*, le *Vitis vinifera*, le *Prunus domestica*, le *Galadonia rangiferina*, etc. Il conclut de ses expériences que l'arséniage des céréales, dans le but de détruire le charbon, est inutile, attendu que l'acide arsénieux, même employé en grande quantité, est sans action sur les cryptogames en général, et sur les *Uredo carbo* en particulier. L'élimination de l'acide arsénieux dans un temps donné, prouve qu'il n'en peut exister des traces dans les céréales dont on a arseniqué les semences en automne.

Dans un autre travail, Chatin a étudié l'influence des différents sels sur la végétation. Un terrain disposé en planches a été additionné de sels : les parties mélangées ont été séparées les unes des autres par des planches à blanc ; le tout planté de pommes de terre ; il a vu que les sels ammoniacaux et les phosphates alcalins donnaient une végétation vigoureuse ; les sulfates de magnésie, de soude, le chlorure de calcium, l'acétate de plomb, et surtout les sulfates de zinc et de cuivre donnaient une végétation très-maigre.

Enfin dans un troisième travail intitulé : « *Recherches expérimentales relatives à l'action qu'exercent sur la végétation les sels employés à équivalents chimiques égaux,* » Chatin a établi les faits suivants :

Sur les vignes, les sels de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, etc., ajoutés au sol, n'ont rien fait, tandis que les sels de zinc, de fer, de manganèse et de cuivre ont tué l'oïdium.

Sur les *Phaseolus*, les sels d'ammoniaque ont produit des effets pernicieux ; à proportion diminuée, l'action a été favorable ; les sels de potasse, de chaux et de baryte ont produit

des effets généralement bons; les sels de magnésie, de zinc, de manganèse, de cuivre, ont été nuisibles. L'influence mauvaise des sels de magnésie avait déjà été indiquée par Regnault et Boussingault. Le phosphate de potasse a été favorable; l'azotate de potasse, le carbonate de soude, le chlorure de sodium ont nui. Le carbonate de potasse, le chlorure de potassium ont peu modifié la végétation, le phosphate de soude n'a pas nui. Les tartrates et acétates produisent peu d'effet; le tartrate acide de potasse et l'acide tartrique ont un peu retardé la végétation.

Mais les effets d'un même sel ne sont pas les mêmes sur toutes les plantes; voici ce que Chatin a observé à ce sujet :

ÉPINARDS.	{ Favorables : le sulfate de potasse et l'azotate de potasse. Ont nui : le sulfate, le carbonate de soude, le chlorure de sodium. Pas d'effets : le carbonate de potasse, l'azotate et l'acétate de potasse, la chlorure de potassium.
ORGE.	{ Favorables : phosphate de potasse plus que celui de soude. Pas d'effets : le chlorure de sodium et le sulfate de potasse. Ont nui : le chlorure de potassium et le sulfate de soude.
AVOINE.	{ Peu favorable : le sulfate de potasse. Pas d'effets : le carbonate de potasse. Ont nui : le carbonate et le sulfate de soude.
CRESSON ALÉNOIS.	{ Favorable : le carbonate de potasse. Ont nui : les chlorures de potassium et surtout de sodium le carbonate de soude.

C'est encore à 1845 que remonte un très-beau travail publié par le professeur Ant. Targioni-Tozzetti dans le journal du professeur Filippo Parlatore (*Ann.* 1, tome II, part. 1, p. 270-283) reproduit dans les *Annales des sciences naturelles* (tome V, 3^e série, 1846, page 177), et intitulé :

Expériences qui excluent la possibilité de l'absorption de l'acide arsénieux par les plantes saines et vivantes.

Nous savons déjà que Gianelli (de Lucques), qui s'appuyait sur les expériences de Trinchinetti, avait admis le possibilité de l'absorption de l'acide arsénieux. Audouart (de Béziers) soutenait avoir trouvé l'arsenic à l'état d'arséniate de chaux dans le

chaume et les fruits du blé provenant de graines arséniquées avant l'ensemencement; il estime que ces semences en contenaient un sixième de milligramme par chaque kilogramme. Louyet avait constaté que, dans certaines circonstances, l'arsenic pouvait être absorbé et nous venons de voir que, d'après Chatin, il l'était toujours.

Au contraire, Orfila, Soubeiran, Thenard, Boussingault, Dumas, Regnault, Pelletier, Chevallier, Legrip, Girardin, etc., en France; Vever à Grauningue; Dehemptine à Bruxelles, ont démontré, par leurs expériences, qu'on n'était point fondé à craindre la présence de l'arsenic dans le froment obtenu de graines arséniquées; et que les racines ne pouvaient pas absorber l'acide arsénieux, contrairement à ce que l'on avait prétendu.

Targioni-Tozzetti dit avoir constaté que les plantes étaient incapables d'absorber physiologiquement l'acide arsénieux; il dit physiologiquement pour donner à entendre qu'il parle des plantes à l'état normal de parfaite vitalité, parce que, dans d'autres circonstances, l'absorption peut avoir lieu dans une certaine mesure, mais suivant des lois toutes différentes de celles qui régissent la circulation vitale.

Les graines de *Cucurbita pepo*, d'*Helianthus annuus*, de *Lactuca sativa*, de *Cichorium intybus*, semées et arrosées avec la solution suivante: eau, 375 grammes; acide arsénieux, 5 centigr.; germèrent: on ne trouva pas d'arsenic; la dose d'acide fut doublée, les plantes ne s'en ressentirent pas, on ne trouva rien encore.

Dans du verre pilé, Targioni-Tozzetti a semé des melons, du tournesol, des haricots; des graines de même nature furent placées dans de la terre à chataignier, le tout fut arrosé avec la solution suivante: eau, 375; acide arsénieux, 0,10. Après dix jours de germination, la gemmule et la plumule s'étaient seulement un peu développées, mais elles étaient désorganisées et flétries; les cotylédons contenaient de l'arsenic; quelques-unes des graines plongées, soit dans la même solution, soit dans une solution dix fois plus faible, n'ont pas germé. La germination avait été signalée dans de pareilles circonstances par Carradori et par de Humboldt.

Targioni-Tozzetti sema des graines de melon et de tournesol dans de la bonne terre, il arrosa avec la solution suivante : eau, 375 ; acide arsénieux, 0,05 ; toutes levèrent en quatre ou huit jours, puis elles se flétrirent. On trouva de l'arsenic dans les radicelles et dans la terre.

Trois plantes de balsamine (*Impatiens balsamina*) vigoureuses furent arrosées avec la solution : eau, 3500 ; acide arsénieux, 3,30 ; quatre jours après, avec une solution plus concentrée ; bientôt les plantes, près des collets, étaient corrodées et altérées.

Le 16 juin 1844, dit Targioni-Tozzetti, on arrose trois balsamines et trois laitrons (*Sonchus oleraceus*) avec une bouteille d'eau dans laquelle sont dissous une once et demie d'acide arsénieux, en ayant soin que le liquide ne touche pas les tiges, afin d'éviter la corrosion ; deux jours après, l'arrosage fut renouvelé avec une solution contenant une once d'acide arsénieux. Les jours suivants, les balsamines avaient éprouvé quelques changements, elles furent arrachées : on trouva de l'arsenic dans la tige au-dessus de la racine ; on en trouva à peine dans les balsamines qui avaient les racines saines.

Pendant vingt-quatre jours consécutifs on arrosa trois laitrons et une digitale avec une solution arsenicale étendue ; au bout de ce temps un laitron souffrit, on trouva les spongioles et les radicules désorganisées, on y constata la présence de l'arsenic ; mais on n'en trouva pas dans plantes saines.

Pendant le même temps, l'expérience fut répétée sur laitrons, balsamines, verveines (*Verbena officinalis*), euphorbe (*Euphorbia exigua*), avec une solution d'acide arsénieux très-étendue ; toutes les plantes résistèrent. On trouva les racines intactes et pas d'arsenic dans les feuilles et dans les tiges.

Dans les expériences très-nombreuses faites par Targioni-Tozzetti, soit sur les laitues arrosées avec des solutions concentrées (une once pour un flacon), soit sur des plants de melons et de haricots arrachés et plongés dans les solutions, soit sur bulbes de narcisses, de jacinthe (*Hyacinthus orientalis*), de safran (*Crocus sativus*), dans une solution moitié d'eau commune et moitié d'une solution d'un grain d'acide arsénieux par livre d'eau, ce savant a vu que les radicules ne se développaient pas, tandis que les bulbes placés dans l'eau pure poussaient parfai-

tement; celles-ci, ayant été mises à leur tour dans la solution arsenicale, on n'observa rien pendant quatre jours; mais, plus tard, il y eut ramollissement des spongioles et l'on trouva de l'arsenic dans les feuilles.

Ses expériences ont porté encore sur un grand nombre de plantes, parmi lesquelles le *Digitalis purpurea*, le *Datura stramonium* et l'*Alcæa rosea*; il en a conclu que les graines ne germinent pas lorsqu'elles sont portées directement dans une solution étendue d'acide arsénieux, et qu'il en est de même dans un terrain siliceux dans le verre pilé, comme l'avait vu Carradori en 1808.

Au contraire, les semences mises dans de la terre ordinaire mêlée d'arsenic, il y a germination dans les terrains calcaires, parce qu'il y a formation d'arsénite de chaux; dans l'eau commune, dans la terre, il n'y a pas absorption tant que les racines restent dans un état physiologique, c'est-à-dire dans toute leur intégrité; mais s'il y a lésion des racines ou des spongioles, il peut y avoir absorption, et l'on rencontre plus d'arsenic dans les racines que dans les feuilles. Dans celles-ci, on le trouve au-dessus des points altérés.

Targioni-Tozzetti a fait également des expériences d'inoculation des poisons; dans une entaille faite sur un *Lavatera trimestris*, il a placé 0^{sr},10 d'acide arsénieux, et il a recouvert la plaie d'une bandelette. Après un mois, la blessure était changée en une plaie gangréneuse de couleur obscure saignée; les tissus étaient nécrosés; on a trouvé que peu ou point d'arsenic au-dessus et au-dessous.

Targioni-Tozzetti a vu que lorsqu'on versait des gouttes arsenicales sur des feuilles de melon, de tournesol, de mauve, de haricots, d'obier (*Viburnum opulus*), d'oranger et autres végétaux bien portants, chaque goutte désorganisait les tissus et formait une tache noire analogue aux macules que produit la graisse, on ne trouvait pas d'arsenic dans les parties restantes, les taches noires que l'auteur appelle des nécroses étaient des indices de l'absorption de l'arsenic.

En 1843, Rainey soumit à la Société royale de Londres des expériences qui démontraient que le sublimé corrosif n'était absorbé qu'autant que les plantes étaient désorganisées, qu'il

était transformé en calomel et que le poison ne se trouvait dans aucune partie saine. (*L'Institut*, n° 508, 21 septembre 1843.)

Ce n'est pas le moment de discuter les expériences de Targioni-Tozzetti, nous y reviendrons lorsque nous traiterons de l'empoisonnement des plantes par l'acide arsénieux; contentons-nous de dire que les résultats énoncés par le savant physiologiste italien sont en opposition avec ceux qui ont été obtenus par un grand nombre d'auteurs. Ainsi Link a démontré que l'empoisonnement pouvait avoir lieu tant par les racines, que par les feuilles et les rameaux; et des expériences de Carradori, de Jæger, de Bouchardat, *Journal de pharmacie du Midi* (t. IX, p. 550, 2^e série, septembre 1843), il résulte que l'arsenic n'est pas un poison moins violent pour les plantes que pour les animaux. Chatin admet que les plantes absorbent l'acide arsénieux et qu'elles ne meurent pas. Elles peuvent le rejeter peu à peu sous forme d'arsénite de potasse. L'élimination se fait par les racines, quoiqu'elles soient dans leur intégrité normale. Nous venons de voir que Targioni-Tozzetti n'admettait pas l'absorption; il ne peut pas, à plus forte raison admettre l'élimination.

Targioni-Tozzetti a fait une autre expérience qui démontre l'influence fâcheuse, déjà signalée par Gœppert, des vapeurs ammoniacales sur les plantes, Il a placé un pied de *Fuchsia globosa* et de *Coronilla emerus* dans de l'air contenant un demi-volume d'ammoniaque. Vingt-quatre heures après, les plantes étaient fanées et plus tard flétries; tout à coup les feuilles devinrent jaunes, il ajoute que l'action vénéneuse ne s'est fait sentir que lorsqu'il y a eu défaut d'oxygène.

1846. Bouchardat publia en 1846 une série de mémoires dans lesquels il démontrait, entre autres choses, l'influence du sol sur l'action des substances toxiques; il a vu que la résistance à l'action délétère était d'autant plus grande que la terre est de meilleure qualité.

Bouchardat a opéré sur les dissolutions à 1/200 des corps suivants : acides carbonique, azotique, le chlorhydrate d'ammoniaque, l'azotate de potasse, etc.; pour les sels de morphine, de quinine et les essences, il employait les solutions à 1/1000; il a vu que les plantes périssaient au bout de quelques jours: lors

qu'elles croissent dans le sable, elles résistent beaucoup plus à l'action de ces agents; elles succombent moins promptement encore dans la mauvaise terre; elles sont très-tardivement et très-peu affectées lorsqu'elles croissent dans de bonnes terres et qu'elles sont arrosées avec ces dissolutions.

Ces expériences prouvent que la bonne terre est utile aux plantes, non-seulement parce qu'elle leur fournit des matières utiles, mais encore parce que dans certaines limites elle s'oppose en outre à l'absorption des principes nuisibles.

Dans un autre travail, M. Bouchardat recherche si les plantes placées dans une dissolution contenant plusieurs substances absorbent de préférence certaines substances.

T. de Saussure a répondu affirmativement. Pour étudier cette importante question, il a fait dissoudre dans 793^{cc} d'eau, 0,637 d'azotate de chaux, la même quantité de chlorure de potassium. Il a vu qu'un *Polygonum* placé dans ce mélange avait absorbé 8 1/4 d'azotate de chaux et 33 de chlorure de potassium, et qu'un *Bidens* avait absorbé 5 d'azotate de chaux et 16 de chlorure de potassium; le *Polygonum* 4 1/2 de nitrate de chaux et 16 1/2 de chlorhydrate d'ammoniaque. Mais si, dit Bouchardat, dans une dissolution d'eau distillée contenant, pour un litre, un gramme de sulfate de soude et un gramme de chlorure de sodium, on fait végéter un *Polygonum persicaria*, et si lorsque la moitié de la dissolution a été absorbée on examine le résidu, on y trouve une quantité notable de sel de chaux qui n'existait pas avant la succion et qui n'a pu être fourni que par le végétal; d'où l'auteur conclut qu'il n'y a pas absorption pure et simple de la dissolution; qu'il s'établit un double courant, de sorte que le sel de la dissolution passe dans la plante et que les sels de la plante passent dans la dissolution; en un mot, c'est un phénomène d'endosmose; il y a un courant fort et un courant faible, mais toujours un double courant continu, ce qui ne paraît pas contredire la faculté élective de de Saussure.

D'où Bouchardat conclut qu'un végétal qui plonge librement par ses racines dans une dissolution très-étendue de plusieurs sels, n'exerçant pas d'action chimique sur ces tissus, absorbe, en même proportion, toutes les substances contenues dans cette

dissolution. Si T. de Saussure a trouvé le contraire, c'est qu'il n'a pas tenu compte de l'excrétion qui s'effectue par les racines en même temps que l'absorption. Nous aurons l'occasion de revenir sur ces expériences de Bouchardat lorsque nous parlerons de chaque poison en particulier.

Les expériences de Legrip de Chambon, ne conduisent pas à des conclusions aussi absolues que celles de Bouchardat et de Chatin; elles sont toutes relatives à l'absorption de l'acide arsénieux. Nous y reviendrons plus tard.

L'action qu'exercent les ferrugineux sur les végétaux a été l'objet d'un nombre considérable de travaux, parmi lesquels nous citerons ceux de MM. Gris, Lassaigne, Chevallier, etc. En général, ces sels employés à faible dose sont utiles à la végétation; mais à dose un peu plus élevée, ils sont plutôt nuisibles qu'utiles.

Filhol, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, a publié en 1848, dans le *Journal de pharmacie*, un travail très-important sur l'absorption de l'arsenic par les plantes. Ses expériences sont d'accord avec celles de Chatin; il a observé, en outre, que l'acide arsénique était absorbé mieux et plus rapidement que l'acide arsénieux. D'après ce savant chimiste, la question de l'absorption de l'acide arsénieux par les plantes ne peut pas être mise en doute. Il a analysé séparément les différents organes de l'*Helianthus annuus* sur lequel il opérait; il a pu constater que le réceptacle contenait plus d'arsenic que les autres parties de la plante, que les feuilles n'en contenaient pas autant, que les fruits en contenaient moins que les feuilles, et les tiges moins que les fruits. Le savant chimiste de Toulouse a constaté, en outre, que les fruits fournissaient, à poids égal, une quantité beaucoup plus considérable d'arsenic lorsqu'ils étaient loin de leur maturité au moment où la plante avait été arrosée, que dans le cas où l'arrosage avait porté sur des plantes dont les fruits étaient mûrs ou presque mûrs: en opérant sur le *Ranunculus sceleratus* avec des solutions à 1/200 d'acide arsénique et d'acide arsénieux, le premier a agi beaucoup plus rapidement, d'où il résulte que la facilité avec laquelle les plantes sont empoisonnées dépend plus de la nature du composé arsenical qui agit sur les organes, que de la quantité absolue d'arsenic qu'elles absorbent. En opérant sur

la même plante, Filhol a constaté l'élimination de l'acide arsénieux par les racines. En effet, après avoir été arrosée avec une solution arsenicale, la plante fut arrachée du vase où elle végétait et transportée dans une terre neuve; ses racines lavées à grande eau, le nouvel arrosage fut opéré avec de l'eau pure : douze heures plus tard on constata la présence de l'acide arsénieux dans l'eau qui humectait la nouvelle terre; donc l'arsenic avait été éliminé par les racines.

C'est dans ce mémoire que Filhol a fait connaître le procédé de destruction des matières organiques au moyen de l'acide azotique additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique (15 à 20 gouttes pour 100 grammes), qui certainement réussit mieux que tout autre et qui expose moins aux pertes. C'est celui que nous avons employé.

A la même époque Chevallier et Cottureau publièrent un travail sur l'absorption des poisons par les plantes. Chevallier ayant fait arroser du cresson alénois avec des solutions d'émétique, de sulfate de cuivre et d'acétate de plomb, on trouva les métaux dans les tiges, les feuilles et les semences, sauf l'antimoine qu'on ne put trouver dans ces derniers. Chevallier ajoute que dans l'établissement de Rouard, à Clichy, où la céruse est fabriquée par le procédé Thenard, mais aussi par le procédé hollandais, les plantes qui poussent sur le fumier qui a servi à la fabrication et les champignons renferment du plomb.

1851. On trouve dans le *Journal de pharmacie et de chimie* pour 1851, t. XIX, p. 299, une note de M. Stein extraite du *Journal für praktische Chemie*, t. XLI, p. 302, dans laquelle l'auteur dit avoir trouvé de l'arsenic dans les cendres de divers charbons et dans les bois des chantiers de Dresde; il en a découvert dans la paille et le grain de seigle, dans le chou, les navets, les tubercules de pommes de terre, il a même cherché à doser cet arsenic.

Il a trouvé que 10 000 parties de vieux linge contenaient 0,11 d'arsenic, que 10 000 de paille de seigle récolté aux environs d'une usine de plomb renfermaient 0,09 d'arsenic et 0,4 de plomb; que 10 000 parties de cendres de bouse de vache contenaient 3 parties d'arsenic. Le procédé employé par M. Stein pour rechercher l'arsenic est celui de M. Rose; il consiste à dissoudre les sub-

stances dans l'acide chlorhydrique, à faire traverser par un courant d'hydrogène sulfuré; l'arsenic séparé par le sulfhydrate d'ammoniaque est transformé en arséniate ammoniaco-magnésien; ces expériences ont été contredites.

1851. On a souvent signalé la présence des métaux vénéneux dans les plantes qui croissent aux environs des usines où l'on travaillait les métaux toxiques: Braun a fait voir que les collines de la Prusse rhénane possèdent une flore particulière depuis longtemps observée par les botanistes. On y trouve une violette à fleur jaune nommée fleur de calcinine qui est considérée par Kods comme une variété du *Viola lutea*, Smilk (*grandiflora*, Heidi). Elle diffère du *Viola lutea* des Alpes. A côté de cette plante on trouve encore l'*Alsine verna*, l'*Armeria vulgaris*, le *Thlaspi alpestre*; les mineurs ne doutent pas que ces plantes ne puissent guider dans les recherches des minerais de zinc, et Braun a constaté la présence de ce métal dans leurs cendres.

Nous signalerons parmi les travaux parus en 1854, sur l'absorption par les plantes, un mémoire important publié dans les *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XXXII, par le prince de Salm Horstmar, relatif à la nutrition de l'avoine particulièrement en ce qui concerne les matières inorganiques nécessaires à cette nutrition. L'auteur a démontré l'utilité de la chaux, de la magnésie, de la potasse, des phosphates, des traces de fer, mais il a fait voir également qu'un excès de ce dernier métal nuisait.

Je signalerai en passant, un travail publié par Daubeny, physiologiste anglais (*Archives de Genève*) dans lequel la question qui nous occupe est bien discutée.

1861. Dans une thèse pour le doctorat ès sciences soutenue à Strasbourg en 1861, Cauvet, pharmacien-major et agrégé à l'École supérieure de pharmacie, a fait des expériences dont les résultats sont en opposition avec ceux qui ont été publiés par Chatin, Bouchardat, etc. Les conclusions du travail de Cauvet sont trop importantes pour que nous ne les rapportions pas en entier.

« 1^o Des racines physiologiquement saines n'absorbent pas indifféremment toutes les substances en dissolution dans l'eau.

» 2° Elles n'absorbent les substances colorées soit vénéneuses soit inertes, mais non assimilables, qu'après une destruction plus ou moins complète de leurs spongioles.

» 3° Elles meurent alors en entraînant la mort des plantes; et celles-ci ne peuvent en développer de nouvelles.

» 4° Les racines physiologiquement saines ne rejettent aucune des substances vénéneuses ou autres, absorbées par une portion quelconque de la plante.

» 5° Quand une plante survit à l'action momentanée du poison, celui-ci se localise dans les feuilles qui meurent dans l'ordre chronologique de leur évolution.

» 6° Une faible partie du poison est rejetée par les feuilles avec l'eau transpirée.

» 7° L'acide arsénieux n'est pas absorbé par les plantes venues dans un sol empoisonné, si ce poison n'est pas en grande quantité autour des racines.

» 8° Dans ce cas, il arrête la germination et tue la jeune plante.

» 9° Si celle-ci se développe, on ne trouve pas dans ses fruits une quantité de poison appréciable par l'analyse chimique, et les animaux nourris avec les fanes de ces plantes n'en paraissent pas incommodés. »

Cauvet ajoute :

« La plupart des conclusions que nous venons d'émettre sont en opposition complète avec celles de Bouchardat et de Chatin. Elles contredisent celles de Bouchardat en ce qui concerne les excréments végétales. Il semble donc qu'on puisse en déduire comme conséquence dernière :

» 10° Les théories soutenues par ces expérimentateurs ne sont pas fondées. »

Nous aurons à revenir plusieurs fois dans le courant de ce travail sur la thèse de Cauvet. Contentons-nous de dire que notre confrère pense que les racines choisissent dans le sol une substance utile plutôt qu'une substance inutile ou nuisible; il ne croit pas à l'exosmose signalée par Bouchardat; il pense que les faits observés par de Saussure, dans ses recherches sur l'absorption, dépendent moins d'une élection opérée par les racines ou du degré de viscosité des liquides, que de l'action spéciale des

substances dissoutes sur le tissu propre des spongioles : il admet dans les racines une faculté élective, restreinte, à laquelle on doit attribuer la stérilité relative d'un sol après plusieurs récoltes successives de la même plante, et non pas à une excretion des principes non assimilés ; de sorte que, d'après Cauvet, la théorie des assolements émise par de Candolle, soutenue par Macaire et Liebig, repose sur de mauvaises bases.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans la division des théories des assolements ; nous reviendrons sur quelques parties de son travail, lorsque nous exposerons nos expériences.

1862. La Société de pharmacie a couronné, en 1863, un travail de Roché traitant de l'action de quelques composés du règne minéral sur les végétaux ; nous aurons beaucoup à prendre dans cette thèse lorsque nous discuterons les faits relatifs à l'absorption des poisons et à leur élimination.

Il est une autre question d'un puissant intérêt pour la physiologie, qui a été étudiée en 1860, d'une manière approfondie par Duchartre. Ce savant, après de longues recherches, a démontré que les plantes n'absorbaient pas par leurs feuilles ; ses expériences ont porté sur des pieds jeunes et vigoureux de *Fuchsia globosa*, de *Veronica Lindleyana*, de *Phlox decussata* et de reines-marguerites ; ces plantes, enfermées dans des pots clos hermétiquement, de manière que l'eau de pluie pût mouiller seulement les feuilles, ont été exposées à la pluie ; leur poids n'a jamais augmenté, il a quelquefois diminué même après dix-huit heures consécutives d'exposition à la pluie ; ces faits sont tout à fait en opposition avec les idées reçues.

Les expériences que nous avons faites dans le but d'éclairer la question relative à l'absorption par les parties aériennes des végétaux ne laissent aucun doute sur les résultats affirmatifs obtenus. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur celles de Duchartre quand nous exposerons les nôtres.

D'après l'historique que nous venons de faire et la notice bibliographique qui termine notre travail, on verra que la question d'absorption des poisons par les plantes a été l'objet d'un nombre considérable de travaux, qu'il existe des contradictions flagrantes : notre travail a pour but de chercher

à expliquer ces contradictions, à éclairer les points douteux de la question, et de signaler les transformations que certains principes immédiats toxiques peuvent éprouver dans l'organisme végétal.

CHAPITRE II

§ 1. — Action des poisons minéraux sur les plantes.

Nous voulons chercher à déterminer, d'une manière plus précise qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour, les différents modes d'action des substances toxiques sur les êtres organisés. Lorsqu'il s'agit d'animaux supérieurs, cette tâche est facile; mais à mesure qu'on descend l'échelle des êtres et qu'on arrive aux animaux dans lesquels les systèmes organiques ne sont plus distincts ou sont rudimentaires, la difficulté s'accroît; alors on est souvent obligé de constater les effets des poisons sans qu'il soit possible de les spécifier, et de les diviser d'après leur action physiologique : c'est ce qui se produit pour les plantes dont nous allons nous occuper.

L'étude de l'absorption des sels par les plantes intéresse surtout l'agronomie : quels sont les aliments minéraux que les plantes préfèrent, afin de remettre au sol, par des assolements combinés, les matériaux que lui enlèvent les cultures successives; telle est une des plus utiles questions de la science agricole, elle n'est pas dans le but de nos travaux, nous devons nous borner à l'examen des poisons au point de vue physiologique. Avant d'établir comment ils agissent sur les plantes, c'est-à-dire si leur action se porte plus particulièrement sur tel tissu ou sur tel organe, il faut constater qu'ils agissent.

Une pareille question ne peut être résolue qu'à l'aide de nombreuses expériences; nous nous y sommes livré; nous allons indiquer d'abord la manière dont nous les avons constituées.

Il y a dans les recherches de cette nature deux points à considérer sur lesquels il est nécessaire d'appeler l'attention ; ils ont été généralement négligés dans les expériences antérieures ; nous voulons parler du choix soit du terrain ou du milieu dans lequel on opère, soit du sujet sur lequel on agit.

Lorsqu'on veut étudier l'influence des poisons sur les plantes, il est indispensable, selon nous, d'écarter toute cause étrangère qui pourrait en modifier ou en troubler les effets. Il faut donc n'accorder une entière confiance qu'aux expériences faites au sein de dissolutions opérées avec de l'eau distillée ; à des plantations opérées dans du sable calciné, lavé, et les arrosages étant pratiqués avec les solutions : ainsi donc végétation au milieu de solutions à l'eau distillée pure et d'une composition connue ou dans le sein du sable pur, et arrosages avec les diverses solutions, voilà pour le choix du milieu. Toutefois un grand nombre d'expériences peuvent être faites dans la terre ordinaire, mais il faut alors tenir grand compte de l'influence que peuvent avoir les sels du sol non-seulement sur la plante elle-même, mais encore et surtout sur les solutions qui servent aux arrosages.

Le choix du sujet n'est pas moins important.

Les expériences peuvent être faites :

- 1° Par semis ;
- 2° Par boutures dans la terre ou dans l'eau ;
- 3° Par plantation dans la terre ;
- 4° Par immersion des plantes dans les solutions ;
- 5° Par plantation ou semis dans des terrains neutres, tels que sable, verre pilé, etc.

1° *Semis*. — Nous avons pris pour nos expériences diverses graines ; nous nous sommes laissé guider par l'occasion ou le hasard, mais nous avons choisi des graines qui germent facilement ; ainsi l'orge parmi les monocotylédones et le cresson alénois, le haricot, le chènevis parmi les dicotylédones. Avant l'ensemencement les graines ont été triées, on les a plongées dans l'eau et toutes celles qui ont surnagé ont été repoussées.

2° *Boutures*. — Tout le monde sait comment on pratique une

bouture ; il nous a toujours paru que ce mode de multiplication des plantes n'était pas propre au genre d'expériences qui nous occupe. Aussi accordons-nous très-peu de confiance aux faits qui s'appuient sur ce moyen. Un rameau que l'on veut bouturer est pour nous un malade que l'on ne réussira à rétablir qu'avec le plus grand soin, et non en lui faisant absorber des substances qui pourraient attaquer les tissus et troubler ses fonctions. Une bouture peut avoir assez de force pour résister aux causes ordinaires qui tendraient à la faire périr, mais pas assez pour vaincre les causes extraordinaires auxquelles on la soumet, un poison, par exemple.

Ainsi nous accordons très-peu de confiance aux expériences faites avec des boutures ; cependant nous avons cru devoir en faire quelques-unes, et nous avons choisi celles qui sont réputées pour être faciles à réussir.

3° *Plantation dans la terre.* — Il arrive souvent que des expériences sont faites dans des pots avec des sujets récemment repiqués, d'où il peut résulter une lésion des radicelles et des spongioles, de sorte qu'on peut prendre pour des phénomènes d'absorption ce qui n'est qu'une simple imbibition opérée par une plaie. Nous avons donc eu le soin de semer en place ; et lorsque nous avons voulu faire des expériences dans des solutions aqueuses avec le séneçon, par exemple, nous avons été obligé de recourir au repiquage, de transplanter en motte avec précaution, et de laver les racines à grande eau pour enlever la terre. Nous nous sommes toujours entouré de précautions qui pouvaient prévenir l'erreur.

4° *Immersion des plantes dans les solutions.* — Ce mode d'expérimentation a été employé pour le séneçon et les jacinthes ; il nous paraît à l'abri de toute cause d'erreur, à la condition que l'on fera usage d'eau distillée, et qu'on prendra les précautions que nous indiquerons plus loin.

5° *Plantation et semis dans du sable.* — L'orge, les haricots et les bulbes de *Crocus* ont été semés ou plantés dans du sable calciné et lavé. Nous avons évité toute influence étrangère.

En rendant compte de chaque expérience, nous insisterons avec soin sur les procédés que nous avons employés.

Nous savons déjà que Th. de Saussure avait constaté que l'état

de concentration et de viscosité des liquides avait une grande influence sur la rapidité de l'absorption. Il a rapporté une expérience curieuse sur laquelle il base son opinion : elle consiste à faire des mélanges en proportions connues de solution gommeuse et sucrée, d'acétate de chaux et d'un chlorure alcalin; ces mélanges étant filtrés, si l'on fractionne le liquide, on trouve que l'acétate de chaux et la gomme restent en plus grande quantité sur le filtre, tandis que le chlorure de potassium et le sucre dominant dans l'eau filtrée. De Saussure n'ayant donné aucun détail de cette expérience, nous avons cru devoir la répéter et en faire connaître les résultats : 5 grammes de glycose et 5 grammes de gomme ont été dissous séparément dans 250 grammes d'eau distillée; nous avons pris 200 grammes de chaque solution qui ont été mélangés, la température du mélange étant de $+ 15^{\circ}$, nous l'avons mis sur un filtre, la hauteur du liquide au-dessus de la pointe du filtre était de $0^m,15$ environ. Elle a été maintenue à cette hauteur. Les 20 premiers grammes ont mis trente-cinq minutes à s'écouler; les 20 grammes suivants 1 heure 15 minutes, les troisièmes 20 grammes 2 heures 5 minutes. La solution de glycose seule a été essayée par la liqueur Fehling : on prenait 10 centimètres cubes de cette liqueur et, au moyen d'une burette graduée, on versait le liquide sucré sans interrompre l'ébullition, jusqu'à la décoloration complète; pour 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, il a fallu $4^c,4$ de solution de glycose, renfermant 5 grammes pour 250 grammes, soit $0^{gr},02$ par centimètre cube; le mélange a été essayé de même. Pour 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, il a fallu $8^c,9$, nombre qui correspond avec le précédent, puisque le mélange ne renferme plus que $0^{gr},01$ de glycose par centimètre cube.

Voici quels ont été les résultats obtenus en opérant sur les liqueurs filtrées :

Pour réduire et décolorer 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, il a fallu :

Liquide des premiers 20 grammes filtrés	8 ^{cc} ,8
Liquide des deuxièmes — —	8 ^{cc} ,7
Liquide des troisièmes — —	7 ^{cc} ,7

La lenteur de la filtration ne nous a pas permis d'aller plus loin ; mais, pour le troisième liquide, on voit que la quantité de glycose augmente. Les premiers 20 grammes en renferment environ 0,20 ; à la troisième filtration, il y en a environ 0,220 dans la même quantité de liquide.

5 grammes de chlorure de sodium fondu et 5 grammes d'acétate de chaux ont été dissous séparément dans 250 grammes d'eau distillée ; 200 gram. de chaque liqueur ont été mélangés. Le mélange a été soumis à la filtration ; la température était de $+ 16^{\circ}$; la hauteur du liquide, de la pointe du filtre au sommet, était $0^{\text{m}},12$, et maintenue à peu près constamment, afin d'empêcher la variation de pression ; la filtration s'est opérée rapidement et le liquide a été séparé en quatre parts ; les trois premières de 80 grammes chacune, la dernière de 60 grammes. Cette dernière partie et la moitié de l'avant-dernière ont mis environ 15 minutes à filtrer ; les liqueurs ont été titrées au moyen d'une solution de nitrate d'argent renfermant 2 grammes pour 100 de sel, soit 0,2 par centimètre cube.

5 centimètres cubes de mélange de solution ont demandé, avant la filtration, $8^{\text{cc}},5$ de liqueur, nitrate d'argent, soit en poids 0,170, correspondant à environ 0,054 de chlorure de sodium, nombre un peu trop fort puisque la liqueur ne devait renfermer que 0,05 de sodium pour 5 centimètres cubes.

La première et la deuxième portions filtrées n'ont pas présenté de changement ; la troisième pour 5 centimètres cubes a exigé $8^{\text{cc}},7$, et pour la quatrième $8^{\text{cc}},9$, c'est-à-dire que la quantité de chlorure augmente, mais très-peu. Les différences ne sont pas très-grandes.

On voit, d'après ce qui précède, que des solutions salines mélangées, filtrées et fractionnées, ne sont pas homogènes ; mais leur séparation s'opère dans le sens indiqué par Th. de Saussure.

§ 2. — Chlore, brome, iode.

D'après de Humboldt, le chlore accélère la végétation ; il est nécessaire pour cela qu'il soit employé à une dose extrêmement faible, les expériences de Bouchardat et les nôtres ont démontré l'exactitude de ce fait. En effet, de l'eau saturée à $15^{\circ} + 0$ et contenant, par conséquent, un peu moins de trois volumes de gaz, a été mélangée dans la proportion d'un millième avec de l'eau distillée ; du cresson alénois, semé dans des terrines et arrosé avec ce liquide, a germé en treize heures. L'hypochlorite de soude a produit le même effet, quoique avec moins d'intensité ; mais le chlore et les hypochlorites, à dose plus élevée, nuisent certainement à la végétation. Outre l'essai sur le cresson alénois, que nous venons d'indiquer, voici les expériences que nous avons faites :

CHLORE. — 1^{re} *Expérience*. — Le 22 mai 1863, un rameau de menthe aquatique placé dans de l'eau chlorée ainsi préparée : eau chlorée à 3 vol., 1 partie ; eau distillée, 2 parties ; le rameau était flétri dès le 28 et mort le 30.

2^e *Expérience*. — Dans de l'eau chlorée saturée un rameau de menthe poivrée a péri en quatre jours, après lesquels un second rameau placé dans le même liquide est mort dans le même temps.

3^e *Expérience*. — Le 22 mai 1863, un rameau de menthe aquatique est mis dans l'eau chlorée dans les proportions de $1/100^{\circ}$ d'eau saturée de chlore ; trois jours après des traces évidentes de radicules ; la plante s'est promptement développée, elle a fleuri et fructifié, vingt-deux jours avant l'échantillon placé dans l'eau pure (1). L'eau chlorée était changée tous les trois jours en raison de la formation rapide de l'acide chlorhydrique.

(1) Toutes les plantes, ou graines expérimentées ont été toujours placées comparativement dans l'eau ordinaire, c'est ce que nous appellerons souvent dans le cours de ce mémoire échantillon-type.

4^e Expérience. — Le 16 mars 1861, un oignon de jacinthe a été mis dans de l'eau contenant 1/1000 d'hypochlorite de soude, la plante a parfaitement végété et fleuri, le liquide était changé tous les quatre jours. Une jacinthe bleue en pleine fleur a continué à vivre dans l'eau chlorée et hypochloritée; seulement les fleurs sont devenues de plus en plus pâles, puis elles ont à peine blanchi sans avoir perdu de leur fraîcheur.

5^e Expérience. — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier rose incisé inférieurement à un nœud, un petit caillou ayant été mis dans l'incision afin de la tenir béante (1), a été placé dans l'eau hypochloritée à 1/1000, les racines ont commencé à se montrer vers le 18 octobre; le 15 décembre elles avaient 5 centimètres cubes de long et le 17 janvier 0^m,067.

6^e Expérience. — Le 22 avril 1863 une menthe poivrée a été mise dans une solution d'eau hypochloritée à 1/1000; la plante est morte le 27. Une nouvelle plante dans le même liquide a péri le 6 mai.

7^e Expérience. — Le 22 mai 1863, un rameau de laurier-rose a été mis dans l'eau hypochloritée à 1/1000. Il a poussé assez rapidement; le liquide était changé tous les quatre jours. Le 25 août, les racines avaient acquis une longueur de 0^m,053. L'hypochlorite de potasse, au même degré chlorométrique, nous a paru activer plus la végétation que celui de soude et surtout que celui de chaux.

En résumé, le chlore et les hypochlorites en solution très-diluée (1/1000) acrivent certainement la germination et la végétation des plantes ligneuses. Ils nuisent aux plantes herbacées (eau chlorée à 1/1000 exceptée); à dose plus élevée, toutes les plantes sont rapidement tuées.

IODE. — D'après Cantu l'eau iodée hâte la germination. Vogel au contraire dit qu'elle agit peu ou qu'elle est nuisible, les expériences de Bourchardat confirment cette dernière opinion, mais nous ferons remarquer qu'elles ont été faites (celles, du moins qui sont relatives aux poisons, car pour les plantes il n'est pas dit comment l'iode fut dissous) avec l'iodure de potassium

(1) Dans toutes nos expériences sur le laurier-rose tous les rameaux avaient été préparés comme il vient d'être dit.

ioduré dans les proportions de 1/1000; or ce sel est lui-même un poison terrible pour les plantes. Dans ces circonstances nous avons cru devoir faire de nouvelles expériences en opérant avec de l'eau saturée à froid. On sait que ce liquide ne dissout que 1/7000 d'iode; nous avons évité aussi de faire usage de l'alcool comme dissolvant de l'iode, en raison de l'action très-énergique de ce véhicule sur les plantes.

8° *Expérience.* — Le 16 mars 1861, des oignons de jacinthe placés dans de l'eau iodée saturée à froid ont parfaitement poussé et fleuri; les radicules et les tuniques ont pris une teinte rougeâtre à l'extérieur, preuve probable des effets de l'iode; les parties supérieures des bulbes, les feuilles et les fleurs traitées d'une manière convenable nous y avons constaté la présence de l'iode.

9° *Expérience.* — Le 24 juin 1861, des balsamines placées dans des pots (une dans chaque pot) dans de la terre franche ont été arrosées tous les jours avec un peu d'eau iodée saturée à froid, elles ont fleuri sans présenter rien de particulier.

10° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose placée dans de l'eau iodée a peu végété, cependant j'ai constaté de petits bourrelets et des traces sensibles de radicules et les feuilles ne sont devenues cassantes que vers le 20 janvier 1863.

11° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un jeune plant de menthe poivrée a été placé dans l'eau iodée, il a bien végété pendant un mois, il est ensuite resté stationnaire, enfin il est mort le 4 juin.

12° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, de l'orge trié a été semé dans des sables calcinés et lavés (1). Nous l'avons arrosé avec de l'eau iodée: le 5 avril les jeunes plants avaient 0^m,01 au-dessus du sable, le 18 avril 0^m,04, le 2 mai 0^m,075.

Lorsqu'on arrose ou qu'on immerge de l'orge dans une solution aqueuse d'iode saturée à froid, les graines gonflent et augmentent de poids, mais l'iode n'est pas absorbé, puis que l'albumen farineux n'est pas coloré; mais lorsque les enveloppes

(1) Lorsque dans nos expériences nous dirons sable, cela vaudra toujours dire sable calciné, lavé à l'acide chlorhydrique et à grande eau.

du grain viennent à être percées par les radicules et les gemmules, il y a pénétration du liquide iodé, et faible coloration bleue; car à cette époque la plus grande partie de la fécule est transformée en dextrine ou en sucre.

BROME. — Le brome nous a paru agir d'une manière beaucoup plus énergique que l'iode; dans les proportions d'un millième, les plantes souffrent beaucoup de son action, à 1/10000 elles paraissent n'en éprouver aucun effet. Les effets nuisibles du brome avaient déjà été constatés par Bouchardat.

Avant de continuer l'énumération de nos expériences, nous dirons tout de suite quels sont les points sur lesquels nous devons appeler l'attention.

Les boutures de laurier-rose sur lesquelles nous avons opéré étaient toutes préparées de la même manière; nous reconnaissons qu'elles étaient malades lorsque le limbe et surtout l'extrémité supérieure se recourbaient, lorsque les nervures prenaient des colorations insolites; nous les jugions mortes, si elles avaient perdu toute leur flexibilité et si elles se rompaient brusquement lorsqu'on les ployait; comme les expériences étaient faites dans des appartements, nous avons eu le soin d'éponger de temps en temps les feuilles, et même de les arroser ou de les exposer à la pluie, car l'accumulation de la poussière sur les feuilles suffit souvent pour faire mourir les plantes.

Nous avons, autant que possible, évité la transplantation qui blesse les radicules, détruit les spongioles et peut, dans des expériences comme celles que nous avons faites, substituer des phénomènes d'imbibition à des phénomènes d'absorption; aussi nos balsamines ont été toujours semées en pots et en place, et nous n'avons fait agir les substances toxiques que lorsque les plantes étaient très-vigoureuses; pour l'orge et les graines, nous avons eu le soin de faire un choix en les mettant dans l'eau, et n'employant que celles qui plongeaient.

§ 3. — Acides dilués.

L'action des acides dilués sur les plantes a déjà été étudiée plus particulièrement par Bouchardat. Il a vu qu'elle était en général très-nuisible, et que les solutions à 1/1000 et même au-dessous exerçaient un effet dissolvant assez prononcé qui attaquait les spongioles et les différentes parties immergées; les résultats que nous avons obtenus sont assez d'accord avec ceux de notre savant maître.

ACIDE SULFURIQUE. — 13° *Expérience.* — Le 22 mars 1863, une bouture de laurier-rose fut plongée dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique à 1/1000; dès le 24, les feuilles commencèrent à se faner; le 30, elles étaient mortes, la nervure médiane présentait une coloration d'un brun foncé, quoique la tige conservât sa couleur verte; le 4 avril, la partie du rameau qui était hors de l'eau était desséchée et la partie immergée avait conservé toute sa fraîcheur.

14° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose placée dans les mêmes conditions que dans l'expérience précédente s'est conservée fraîche plus longtemps, elle a même poussé quelques radicules, et elle n'est morte que le 8 mai.

15° *Expérience.* — Le 28 avril 1863, un plant vigoureux de menthe poivrée a été placé dans de l'eau acidulée au 1/1000, il s'est promptement flétri, les spongioles ont été attaquées, ramollies, les feuilles supérieures se flétrirent le 30 avril, et le 8 mai, la plante était à peu près morte; du moins les feuilles étaient toutes desséchées et tombées; la tige seule était encore un peu verte vers la base.

16° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge ont été semés dans du sable et arrosés avec de l'eau acidulée par l'acide sulfurique à 1/1000; la germination s'est faite un peu plus promptement qu'avec l'échantillon-type; le 5 avril, les jeunes pousses avaient 0^m,02 de long; le 18 avril 0^m,175; le 28 mai 0^m,251; les arrosages ont été continués et les jeunes plants étaient morts le 3 juin.

ACIDE AZOTIQUE. — 17° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose plongée dans une solution d'acide

azotique à 1/1000 a été promptement flétrie, elle s'est comportée comme celle qui était placée dans l'acide sulfurique et elle était morte le 12 janvier.

18° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un plant de menthe poivrée plongé dans l'eau acidulée par l'acide azotique à 1/1000, est mort complétement en onze jours; il était flétri le 24 avril.

19° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose placée dans la même solution s'est promptement flétrie et était morte le 25 juin.

20° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge semés dans du sable et arrosés avec la même solution, ont régulièrement germé; mais les pousses étaient peu vigoureuses; le 5 avril elles étaient longues de 0^m,02, et le 18 avril leur hauteur ne dépassait pas 0^m,132; les arrosages ayant été continués, les plants sont morts.

ACIDE CHLORHYDRIQUE. — La 21°, la 22°, la 23° et la 24° expérience ont été faites avec l'acide chlorhydrique à 1/000 sur les mêmes plantes qu'avec les acides précédents; les résultats ont été semblables, toutefois les plantes nous ont paru avoir résisté un peu plus, et l'orge a certainement germé avec beaucoup plus de vigueur que l'échantillon-type.

ACIDE PHOSPHORIQUE. — 25° *Expérience.* — Une seule expérience a été faite avec l'acide phosphorique à 45 degrés à 1/1000; elle a porté sur l'orge, qui a présenté la même marche dans la germination que dans l'expérience 16°, faite avec l'acide sulfurique.

Les expériences antérieures aux notes relatives à l'action des acides dilués sur les plantes avaient été faites avec les acides trop concentrés, Bouchardat lui-même s'est servi de solutions à 1/200, aussi les résultats qu'il a observés ont-ils été plus prompts et plus prononcés que les nôtres.

Il résulte des expériences qui précèdent que les acides dilués même à 1/1000 nuisent à la végétation et que si l'acide chlorhydrique en particulier paraît hâter la germination de l'orge, ses effets nuisibles se font sentir plus tard avec une grande intensité.

ACIDE ARSÉNIEUX. — L'absorption des préparations arsenicales par les plantes a été étudiée à diverses époques, et les résultats

obtenus ont singulièrement varié. Les auteurs qui ont fait des expériences peuvent être divisés en deux groupes : 1° Ceux qui admettent l'absorption de l'acide arsénieux, et parmi ceux-ci nous citerons Gianelli, Trinchinetti, Audouard, Jæger, Chatin, Lepetit, Bouchardat, Filhol, Stein, etc.; 2° les auteurs qui n'admettent pas l'absorption physiologique de l'acide arsénieux ou qui ne l'admettent que dans certaines conditions, comme lorsqu'il y a lésion des parties absorbantes, ou lorsque le poison existe en grande quantité, Linck, Louyet, Legrip, Targioni-Tozzetti, Cauvet, etc., etc.; toutefois Louyet et Cauvet admettent que les combinaisons arsenicales peuvent être absorbées dans certaines circonstances.

Avant d'entrer dans les détails des expériences que nous avons faites pour élucider cette question, nous devons compléter l'historique que nous n'avons fait qu'ébaucher dans le premier chapitre de ce travail.

Nous avons dit ailleurs que c'est aux deux extrémités des échelles des êtres organisés que les poisons étaient le moins actifs; on sait en effet que beaucoup d'animaux inférieurs résistent aux effets de certaines substances toxiques très-énergiques, et Jæger a vu des cryptogames se développer dans des solutions arsenicales.

Quoique l'acide arsénieux ait été employé depuis longtemps à la préparation des céréales destinées à l'ensemencement, il n'est pas moins vrai qu'il est très-contraire à la germination et que des graines de diverses plantes plongées dans une solution très-étendue, ou arrosées avec le même liquide perdent leur propriété germinative; et, sans les effets annihilants du sol, les graines arséniquées seraient presque toutes détruites.

Le blé, qui est une des graines les plus rebelles à l'action de l'acide arsénieux, perd cependant ses propriétés germinatives, quand on le met au contact d'une solution arsenicale un peu concentrée, et qu'on le fait macérer trop longtemps dans une solution étendue, à moins qu'on ne le mette promptement dans un sol calcaire qui pourra saturer l'acide, surtout si une pluie abondante débarrasse le grain; d'ailleurs, d'après Chatin, l'arséniage des grains est inutile puisque ce poison ne s'oppose pas au développement de l'*Uredo carbo*, et l'on sait que Girardin

a démontré que le blé arséniqué produisait moins que celui qui ne l'avait pas été; et si Lampadius, Schnebler, et Vever ont cru trouver que l'acide arsénieux était un excitant de la végétation, cela ne doit être attribué qu'à la nature calcaire des terrains sur lesquels ils ont fait leurs observations et qui ont saturé en grande partie l'acide.

Les feuilles, les tiges et les rameaux au contact d'une solution d'acide arsénieux moyennement étendue sont décolorés, teints en brun et forment des taches analogues à celles que produit la grêle, les parties sont desséchées, désorganisées, la circulation est modifiée, l'irritabilité est détruite.

Les arsénites, l'acide arsénique et les arséniates produisent les mêmes effets, mais avec plus ou moins d'intensité; Gœppert, Bouchardat, Filhol, ont signalé le plus haut degré d'activité de l'acide arsénique et Roche a constaté que des jacinthes introduites dans des solutions au même titre des divers composés, ont présenté les premiers phénomènes morbides, c'est-à-dire le ramollissement des tissus de l'extrémité des feuilles après les temps suivants :

Acide arsénique	un jour et demi.
Acide arsénieux	} quatre jours.
Arsénite de potasse	
Arsénite de soude	quatre jours et demi.
Arséniate de potasse	} six jours.
Arséniate de soude	

Les verts de Scheele et de Schweinfurth nuisent à la végétation, en raison de l'acide arsénieux qu'ils renferment; il en est de même de l'arséniate de plomb; mais l'arsénite de chaux, comme nous le verrons plus tard, quoique à peu près insoluble, nuit à la germination par son acide arsénieux que met en liberté l'acide carbonique de l'air.

Les faits cités par Davies-Gilbert, démontrent que le sulfure d'arsenic ne nuit pas aux plantes, puisqu'il a vu des légumineuses croître dans un terrain de Cornouailles contenant 50 p. 100 d'arsenic sulfuré. D'ailleurs Daubeny et Louyet ont vu que les sulfures d'arsenic purs mêlés au sol ne nuisaient pas à la végétation, mais on sait qu'il existe dans le commerce

des orpiments qui renferment 95 p. 100 d'acide arsénieux (Guibourt).

Targioni-Tozzetti a constaté qu'une atmosphère artificielle composée de volumes égaux d'air et d'hydrogène arsenié, tuait rapidement les plantes ; il pense que l'action du gaz délétère ne s'exerce que lorsque tout l'air est absorbé ; il a vu que, dans ces circonstances, les feuilles du *Fuchsia globosa* et du *Coronilla emerus* jaunissaient rapidement.

Nous rappellerons les expériences de Legrip de Chambon qui a constaté la présence de l'arsenic dans les racines et dans les chaumes des graminées dont le grain avait été arséniqué ; il l'a trouvé également dans les feuilles radicales et dans les collets de plusieurs plantes qui avaient été arrosées avec des solutions arsenicales.

26^e Expérience. — Le 20 juillet 1860, trois balsamines semées antérieurement sur place dans trois pots différents, ayant acquis une hauteur de 0^m,14, ont été arrosées avec une solution d'acide arsénieux à 1/2000 ; le 24, les feuilles ont commencé à se flétrir et à se ramollir à leur extrémité ; le 28 elles étaient flétries sur toute leur surface, on remarquait quelques points noirâtres sur les pétioles, sur les nervures médianes, et surtout sur les tiges ; celles-ci étaient courbées et flétries à leur extrémité supérieure ; le 30 les trois plantes étaient complètement mortes ; chacune d'elles fut coupée au-dessus du collet, les racines furent lavées à grande eau, l'opération continuée de la manière suivante : 1^o sur les racines ; 2^o sur les tiges ; 3^o sur les feuilles : chacune de ces parties fut carbonisée par le procédé Filhol, qui consiste on le sait, à traiter les matières par l'acide azotique additionné d'une très-petite quantité d'acide sulfurique ; le charbon résultant de cette opération fut mis à bouillir à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, les liqueurs réunies et concentrées furent essayées dans trois appareils de Marsh fonctionnant à blanc ; il fut constaté que les racines des balsamines renfermaient des proportions notables d'arsenic, et les feuilles et les tiges des traces très-évidentes. Il est inutile d'ajouter que les taches obtenues furent soumises à toutes les réactions indiquées pour constater leur nature arsenicale. Nous disons ici une fois pour toutes que le procédé suivi pour constater la présence de

l'arsenic a été constamment le même; seulement nous ferons remarquer que toujours l'appareil de Marsh était disposé de façon à obtenir tout à la fois des taches et un anneau.

27° *Expérience.*— Le 27 février 1861, deux bulbes de jacinthe ont été placés dans deux vases contenant l'un une solution d'acide arsénieux à 1/1000; l'autre une solution à 1/2000; il n'y a pas eu la moindre trace de végétation; le 4 mai, les bulbes ont été enlevés, lavés à grande eau et coupés; ils avaient une couleur jaune brunâtre jusque dans leur centre, les squames étaient ramollies et profondément altérées, ces bulbes contenaient de l'arsenic.

28° *Expérience.*— Le 9 mai 1861, du cresson alénois a été semé dans deux vases différents, garnis de sable: celui qui a été arrosé avec de l'eau a germé après trente-six heures, celui qui a reçu la solution d'acide arsénieux à 1/1000, a à peine germé au bout de trois jours, puis les pousses sont mortes. Des graines de haricot et de chanvre placées dans les mêmes conditions se sont comportées de même; les jeunes pousses lavées à l'eau et carbonisées ont fourni de l'arsenic.

29° *Expérience.*— Le 24 juin 1861, quatre pots contenant chacun une balsamine ont été arrosés, les deux premiers avec une solution d'acide arsénieux à 1/1000, les plantes sont mortes en cinq jours; les deux autres pots ont été arrosés avec la solution à 1/10 000, les plantes ont fleuri, les ovaires ne se sont pas développés; nous avons constaté la présence de l'arsenic dans les différentes parties des plantes.

30° *Expérience.*— Le 7 octobre 1862, des boutures de laurier-rose ont été plongées dans une solution d'acide arsénieux à 1/2000; les feuilles ont commencé à se flétrir le 9, des taches noires sont apparues sur les rameaux et sur les limbes, les feuilles sont devenues cassantes le 13, et le bourgeon terminal était flétri le 15. Avec un autre échantillon et une solution à 1/1000, les choses se sont passées de même; seulement la plante était morte le 14; la présence de l'arsenic a été constatée dans les feuilles et dans les tiges des deux échantillons.

31° *Expérience.*— Le 22 avril 1863, une menthe poivrée a été placée avec des racines intactes dans une solution d'acide arsénieux à 1/1000, la plante est morte le 27; elle a été rempla-

cée par une autre qui est morte le 7 mai; la présence de l'arsenic a été constatée.

32° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, un rameau de laurier-rose a été plongé dans une solution d'acide arsénieux à 1/500, la plante est morte le 25; renouvelée, la seconde est morte le 2 juin; un troisième rameau est mort le 8. Toutes les trois renfermaient de l'arsenic.

33° *Expérience.* — Le 1^{er} juin 1863, un pied de menthe aquatique a été mis dans une solution d'acide arsénieux à 1/1000; le lendemain, l'extrémité des feuilles a commencé à se flétrir, et le 8, la plante était morte; la présence de l'arsenic a été constatée.

34° *Expérience.* — Le 22 juin 1864, un bulbe de *Crocus* a été plongé par sa base dans une solution d'acide arsénieux à 1/1000, il n'y a pas eu la moindre trace de végétation, et le 20 février le bulbe ayant été ouvert présentait toutes les traces d'altération que nous avons signalées pour les jacinthes.

35° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge choisis ont été semés dans du sable et arrosés avec la solution arsénieuse à 1/1000; le 19 mars, il y avait des traces de germination, le 5 avril les pousses étaient longues de 0^m,04, le 7 toutes étaient mortes; on y a trouvé de l'arsenic.

36° *Expérience.* — Dans le courant du mois de mai 1864, un rosier du Bengale en pleine terre, a été arrosé avec une solution d'acide arsénieux, les arrosages ont eu lieu tous les jours; ce n'est que vers la fin de juin que les feuilles ont commencé à se flétrir; on remarquait sur la tige et sur les pétioles des taches noires ou brunes, les feuilles de la base sont tombées peu à peu, et le 14 juillet l'arbuste en était complètement dépouillé. Ces feuilles ayant été recueillies, nous y avons constaté la présence de l'arsenic; le pied a résisté, et, à part les taches que nous avons signalées, les rameaux ont conservé leur coloration verte.

Dans l'empoisonnement des végétaux par l'acide arsénieux, et par d'autres substances minérales, les taches brunes ou noires des feuilles ont déjà été signalées par Chatin, par Lepetit, etc.; nous avons remarqué que souvent ces taches se prolongeaient tout le long de la tige, en lignes continues, mais d'un seul côté.

37° *Expérience.* — Le 1^{er} juillet un pied de marguerite *Callis-*

theplus sinensis, un *Dahlia*, et un *Veronica lindleyana* en pleine terre ont été arrosés tous les jours avec la solution arsenicale à 1/1000. La reine-marguerite a présenté des flétrissures aux feuilles inférieures vers le 6. Le 20 toutes les feuilles étaient flétries et affaissées le long de la tige; le 30 la plante était morte, les feuilles et les tiges furent analysées séparément, nous y avons constaté la présence de l'arsenic. Le Dahlia a résisté plus longtemps, ce n'est que le 13 juillet que les feuilles inférieures ont été flétries et la plante n'est morte que vers le 12 août. La véronique a résisté plus encore; toutefois ses feuilles inférieures ont été flétries de bonne heure, et les nervures étaient toutes colorées; la plante n'est morte que le 10 septembre; de sorte qu'elle a résisté à peu près autant que le rosier du Bengale; mais ici les rameaux étaient flétris et desséchés à leurs extrémités. Les sommités des tiges, et les feuilles des trois plantes renfermaient de l'arsenic.

38° *Expérience.* — Le 12 décembre 1864, des plants de sénéçon arrachés de terre en motte, lavés à grande eau pour enlever la terre, ont été plongés les uns dans une solution d'acide arsénieux à 1/1000, les autres dans une solution à 1/10000; les premiers sont morts en trois jours et nous avons trouvé de l'arsenic dans les plantes, les autres vivaient encore; au 10 janvier ils ont fleuri et fructifié: nous avons constaté la présence de l'arsenic dans les plantes. Dans les premiers échantillons, les spongioles étaient gonflées et détruites; dans les seconds, il n'y avait pas la moindre trace d'altération, comme nous l'a prouvé l'examen microscopique.

ACIDE ARSÉNIQUE. — L'acide arsénique agit absolument comme l'acide arsénieux, il est seulement beaucoup plus actif; en quelques heures les feuilles sont flétries et les spongioles attaquées. Les plantes ligneuses résistent assez longtemps à l'acide arsénieux; l'acide arsénique, au contraire, les tue en quelques jours.

ARSÉNIATE DE SOUDE. — Nous avons déjà dit que les auteurs, et entre autres Bouchardat et Roché placent l'arséniate de soude au dernier rang des préparations arsenicales pour son activité. Mais il y a là une cause d'erreur que l'on n'a pas évitée: l'arséniate de soude employé en médecine est un sel basique, qui contient

vingt-six équivalents d'eau, c'est-à-dire environ 60 pour 100, il est représenté par $2\text{NaO}, \text{HO} + \text{AsO}^5 + 26\text{Aq}$, tandis que l'arséniate de potasse ou sel arsenical de Macquer est un biarséniate contenant $\text{KOAsO}^6 + 2\text{HO}$; de plus, les acides arsénieux et arsénique fondus sont anhydres; il ne fallait donc pas employer des poids égaux de chacun de ces composés, mais bien des proportions équivalentes en défalquant l'eau de cristallisation.

C'est ce que nous avons fait et nous avons constaté que les composés arsenicaux, d'après les effets qu'ils produisent sur les végétaux, devaient être maintenus dans l'ordre indiqué par Roché et que nous avons fait connaître, avec cette différence, que les arsénites et arséniates de soude sont plus actifs que ceux de potasse, ce qui doit s'expliquer par la plus grande proportion d'arsenic qu'ils renferment, puisque l'équivalent de la soude est beaucoup plus faible que celui de la potasse. Dans nos expériences, en effet, nous avons ramené les sels par le calcul à l'état anhydre et non au poids de l'arsenic; toutefois, il ne faudrait pas conclure que les effets toxiques des préparations arsenicales sont en raison directe de l'arsenic qu'elles renferment; l'acide arsénique qui, à poids égal, en contient bien moins que l'acide arsénieux est cependant beaucoup plus actif.

39° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier-cerise fut mis dans une solution contenant 1/1000 d'arséniate de soude; après avoir conservé quelque temps leur fraîcheur, les feuilles commencèrent à se flétrir le 19 et elles étaient tout à fait cassantes et mortes le 25; la présence de l'arsenic a été constatée et nous n'avons pas remarqué les taches que produisent les acides arsénieux et arsénique.

40° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée, plongée dans la même solution, a été flétrie dès le 25 et est morte le 27; renouvelée dans le même liquide, la seconde est morte le 2 mai. Les deux renfermaient de l'arsenic.

41° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, de l'orge semée dans du sable a été arrosée avec la solution d'arséniate de soude; le 25 mars seulement, il y a eu trace de germination, et, le 5 avril, les pousses n'avaient pas plus de 0^m,005 de long; le 13, leur longueur était de 0^m,013; le 18, elles étaient mortes; après les

avoir lavées à grande eau, nous y avons constaté la présence de l'arsenic.

42° *Expérience.* — Le 13 juin 1864, deux balsamines vigoureuses ont été arrosées avec la solution d'arséniate de soude à 1/1000 ; le 27, l'un des pieds était flétri, l'autre triste ; le 30, elles étaient presque complètement jaunes, et, le 5 juillet, elles étaient toutes tombées ; elles contenaient de l'arsenic.

ARSÉNITES ET ARSÉNIATES. — Les arsénites solubles, à poids égal, sont moins actifs que l'acide arsénieux ; mais ils sont plus rapidement absorbés, et on les retrouve plus tard dans les feuilles. Nous avons opéré sur les arsénites de potasse et de soude obtenus par saturation de l'acide arsénieux, par les carbonates alcalins. Lorsque les plantes sont empoisonnées par les acides arsénieux et arsénique libres, l'eau distillée à l'ébullition n'enlève aux plantes que d'une manière très-incomplète le composé arsenical. Il nous est même arrivé plusieurs fois de ne pas obtenir la moindre trace d'arsenic en faisant bouillir les plantes dans l'eau, tandis que nous en trouvons par la carbonisation directe de la plante ; comme dans le premier cas, c'est-à-dire lorsqu'on traite par décoction, on est obligé de carboniser le résidu de l'évaporation ; il vaut mieux, à notre avis, dans ces recherches, recourir à la carbonisation directe de la plante.

Nous avons parlé précédemment des terrains neutralisants, nous avons dit que c'était à eux très-probablement qu'étaient dus les insuccès de quelques expérimentateurs, qui avaient cru constater la non-absorption et l'innocuité de l'acide arsénieux. Il est très-probable que, dans la plante elle-même, cet acide rencontre souvent des bases avec lesquelles il peut former des arsénites insolubles, qui obstruent les vaisseaux et les méats, et peuvent ainsi nuire à la circulation. Nous savons, d'ailleurs, par les expériences de Chatin que les sels de chaux très-dilués peuvent servir de contre-poison à l'acide arsénieux. Comment agissent dans ce cas les sels de chaux, si ce n'est en formant un arséniate insoluble ? Voulant rechercher si l'arsénite de chaux nuit aux plantes, nous avons institué les deux expériences suivantes :

43° *Expérience.* — Le 20 mai 1864, deux balsamines ont été

plantées dans deux pots renfermant le mélange suivant : 1° Le premier pot; terre franche, deux parties; arsénite de chaux une. 2° Le second pot: terre franche, quatre parties, arsénite de chaux une; des grains d'orge ont été semés dans ces deux pots et arrosés avec de l'eau distillée.

Dans le pot n° 1, les grains d'orge n'ont germé que le 5 juin, les pousses étaient longues de 0^m,017 le 12 juin, et elles sont mortes le 19. La balsamine, quoique très-vigoureuse, a commencé à se flétrir le 26 mai; les feuilles se sont ramollies et elles étaient complètement mortes le 6 juin.

Dans le deuxième pot, les grains d'orge ont commencé à germer le 27 mai et le 3 juin; les pousses avaient 0^m,023 de long; le 12, leur longueur était de 0^m,041; les arrosages ayant été continués, elles ne sont mortes que le 8 juillet. La présence de l'arsenic a été constaté dans les jeunes feuilles. L'examen microscopique n'a démontré aucune lésion dans les spongioles. La balsamine de ce second pot a vécu jusqu'au mois de juillet; elle a porté des fleurs, mais la plante était triste et chétive; les feuilles de la base sont successivement tombées. Le 27 juillet, nous avons analysé la plante et constaté la présence de l'arsenic, les radicules et les spongioles ne présentaient aucune lésion.

44° *Expérience.* — Pour étudier comparativement l'action des composés arsenicaux, nous avons, le 6 juillet, arrosé douze balsamines venues dans les mêmes conditions, avec la solution suivante :

- 1° Deux avec une solution d'acide arsénique à 1/1000.
- 2° — — d'acide arsénieux à 1/1000.
- 3° — — d'arséniate de soude contenant 4,6174 de sel correspondant à 1/1000 d'acide arsénique.
- 4° — — de biarséniate de potasse contenant 4,5664 de sel correspondant à 1/1000 d'acide arsénique.
- 5° — — avec un gramme d'acide arsénieux saturé par le carbonate de soude.
- 6° — — avec un gramme d'acide arsénieux saturé par du carbonate de potasse.

Voici ce que nous avons observé :

Nos	1. Acide arsénique,	flétrit le	7,	mort le	8.
	2. Acide arsénieux,	—	9,	—	11.
	3. Arséniate de soude,	—	9,	—	11.
	4. Arséniate de potasse,	—	12,	—	16.
	5. Arsénite de soude,	—	13,	—	18.
	6. Arsénite de potasse,	—	15,	—	21 (1).

Il résulte de ce qui précède, que toutes les combinaisons arsenicales solubles détruisent la vitalité dans les plantes, soit en lésant violemment les organes lorsqu'elles sont en solution assez concentrée, soit en portant les plus grands troubles dans leurs fonctions, troubles qui se manifestent par des colorations insolites, et la flétrissure des organes, lorsqu'elles sont en solution très-étendue. Dans le premier cas, il y a absorption ou imbibition par suite des lésions produites, mais celles-ci ne suffisent pas pour expliquer le dépérissement et la mort de la plante. Dans le second cas, il y a certainement absorption puisque, après un certain temps, on trouve l'arsenic dans les organes les plus éloignés des racines. Donc les composés arsenicaux sont des poisons violents pour les plantes ; c'est tout au plus si certaines cellulaires échappent à leur influence.

Targioni-Tozetti avait constaté l'altération du tissu cellulaire des spongioles des plantes qui avaient été immergées ou arrosées avec la solution d'acide arsénieux ou d'acide arsénique, surtout avec les arsénites et les arséniates à 1/1000 ; nous avons aussi constaté cette même altération. L'examen microscopique fait voir, en effet, que les spongioles sont contractées ; que les

(1) Voici un tableau des équivalents des préparations arsenicales sur lesquelles nous avons opéré :

Un gram. d'acide arsénieux	correspond à	1,3131 d'arsénite de soude.
—	—	à 1,4757 d'arsénite de potasse.
Un gram. d'acide arsénique	correspond à	1,6174 d'arséniate de soude. $AsO_5, 2NaO, HO.$
—	—	1,5664 de biarséniate de potasse. $AsO_5, KO, 2HO.$
Un gram. d'arsenic	correspond à	4,3200 d'acide arsénieux.
—	—	1,5333 d'acide arsénique.
—	—	1,7333 d'arsénite de soude.
—	—	1,3152 d'arsénite de potasse.
—	—	1,4800 d'arséniate de soude. $AsO_5, 2NaO, HO.$
—	—	1,4018 d'arséniate de potasse. $AsO_5, 2KO, HO.$

parties des radicelles, qui suivent les spongioles, participent à cette contraction.

Toutefois, nous ne pensons pas que cette contraction des cellules radicellaires soit la seule cause de la mort des plantes, puisque la destruction des mêmes parties par une cause traumatique ne détermine pas les mêmes effets; et que nous avons pu faire absorber à des plantes des solutions très-étendues d'acide arsénieux (1/10 000, par exemple), qui n'ont flétri et tué les plantes qu'après vingt-cinq à trente et un jours, sans que l'examen microscopique ait pu nous faire constater la moindre altération dans les spongioles et les racines.

Nos expériences sur l'absorption de l'acide arsénieux et des autres préparations arsenicales sont parfaitement d'accord avec celles de Chatin, Bouchardat, Filhol, etc., et jusqu'à un certain point avec celles de Louyet, de Gianelli; elles sont complètement en opposition avec celles de Targioni-Tozzetti. Mais nous devons déclarer que les expériences de ce savant nous inspirent quelques doutes. Comment croire, en effet, qu'il a pu opérer sur des solutions faites avec 30 grammes d'acide arsénieux pour *une* bouteille ou un *flacon d'eau*, lorsque l'on sait que 1000 grammes d'eau à + 15 degrés ne dissolvent que 13 à 14 grammes d'acide arsénieux; d'un autre côté, nous ferons remarquer que les solutions faibles employées par ce savant botaniste italien étaient préparées avec de l'eau ordinaire, probablement calcaire, qui transformait l'acide arsénieux en arsénite de chaux insoluble et, par conséquent, inactif. C'est ce qui explique les résultats négatifs de ses expériences.

§ 4. — Sels de potasse.

Les anciens appelaient la potasse *alcali végétal*, parce qu'on la retirait des cendres des végétaux; la soude, *alcali minéral*, parce qu'elle était extraite du sel minéral ou sel gemme, et l'ammoniaque *alcali animal*, pour rappeler qu'il provenait de la putréfaction des matières animales azotées.

Ces trois composés jouent le même rôle chimique; ils peuvent se remplacer mutuellement dans plusieurs combinaisons, sans en altérer la forme fondamentale; ils sont, comme on le dit,

isomorphes, et, dans l'organisme végétal, nous savons que des plantes marines dans lesquelles la soude domine, deviennent riches en potasse, lorsqu'elles croissent loin des eaux salées. Il s'en faut de beaucoup cependant que ces trois alcalis jouent le même rôle physiologique, soit dans l'organisme végétal, soit dans l'organisme animal; ainsi les sels ammoniacaux ont des qualités d'engrais que ne possèdent pas la potasse et la soude, et c'est en vain que l'on voudrait remplacer, dans le sang, le chlorure de sodium, qui y est naturellement contenu par du chlorure de potassium; celui-ci injecté, même à très-petite dose dans les veines, détermine une mort rapide et, tandis que les sels de potasse ou de soude sont généralement sans action toxique sur l'économie animale, à moins qu'ils ne doivent leurs effets aux acides qu'ils renferment, les sels d'ammoniaque, tel que le chlorhydrate, sont souvent vénéneux. Quoique nous n'ayons eu l'intention d'étudier que l'action qu'exercent sur les plantes les poisons proprement dits, nous avons cependant fait quelques expériences avec des sels regardés généralement comme non vénéneux.

Marcet, qui avait essayé l'action des alcalis sur les plantes, s'était servi de solutions beaucoup trop concentrées pour qu'il fût permis d'espérer qu'elles résisteraient.

Bouchardat a vu le *Mentha aquatica*, le *Polygonum orientale* et le *Mimosa pudica* périr promptement dans une solution de potasse à 1/200; il a vu que la soude agissait de même, que les carbonates et surtout les bicarbonates alcalins ne nuisent pas aux plantes, lorsqu'on les leur faisait absorber dans les proportions de 1/1000; tandis qu'à 1/200 elles périssaient rapidement contrairement à ce qu'avait dit Carradori; nous avons vu que l'eau de chaux nuisait aux plantes lorsqu'elle était donnée concentrée.

Nous allons maintenant énumérer les diverses expériences que nous avons faites avec les sels de potasse, de soude et d'ammoniaque, sauf à donner plus tard notre appréciation sur ces expériences.

45° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier-rose a été plongé dans une solution de potasse caustique à 1/1000, la plante s'est maintenue fraîche pendant longtemps,

vers le 20 novembre les nervures des feuilles ont noirci, et le 30 les limbes étaient devenus cassants, et avaient perdu leur élasticité, il y avait des traces de radicelles.

46° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un pied de menthe poivrée a été mis dans la même solution, le 24 les feuilles ont commencé à se flétrir, le 27 les feuilles étaient tombées.

SULFATE DE POTASSE. — Davy dit que des plantes arrosées avec une solution de sulfate de potasse à 1/300, végétaient comme à l'ordinaire; Bouchardat a vu, au contraire, qu'à 1/200 un *Mentha sylvestris* se flétrissait en deux jours, et mourait en onze jours. Nous avons fait quelques expériences avec les solutions à 1/1000 et nous n'avons observé aucune action nuisible sur la menthe aquatique et les balsamines.

NITRATE DE POTASSE. — D'après Tromsdorff, le nitrate de potasse favorise la végétation, et les jardiniers s'en servent pour accélérer celle des oignons: d'après Barton et Vogel, ce sel ferait périr rapidement les plantes; il est vrai que Vogel employait une solution à 1/30, il signale même ce fait curieux que nous avons observé quelquefois, c'est que le sel absorbé vient cristalliser à la surface des feuilles. Bouchardat a vu qu'avec une solution à 1/200, le *Mentha aquatica*, le *Mimosa pudica*, et le *Poterium sanguisorba* se sont conservés frais pendant cinq jours, mais qu'on a remarqué un grand dépérissement vers le douzième jour et que les plantes périrent vers le vingtième.

Voici de notre côté ce que nous avons constaté :

47° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier-rose placé dans une solution de nitre à 1/1000, s'est parfaitement conservé frais, a poussé de belles radicelles et a pu être transplanté en pleine terre, une portion des feuilles ayant été analysée, nous y avons constaté la présence du nitre.

48° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un pied de menthe poivrée placé dans une solution de nitre à 1/1000, a poussé des racines, s'est conservé frais; vers le 20 mai il a commencé à souffrir et il est mort le 28.

49° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une seconde expérience faite sur le laurier-rose a parfaitement abouti comme la précédente.

On voit, d'après ce qui précède, que si le nitrate de potasse est nuisible à la végétation lorsqu'il se trouve dans le sol en proportions assez élevées, il l'est beaucoup moins lorsqu'il ne s'y trouve qu'à petite dose; et il est probable qu'à dose beaucoup plus faible encore il ne le serait pas du tout, puisque nous voyons qu'une plante ligneuse (le laurier-rose) végète parfaitement dans une solution à 1/1000.

CHROMATE DE POTASSE. — D'après Vogel et Bouchardat, le bichromate de potasse est nuisible à la végétation, et tue rapidement les plantes; le chromate neutre, quoique moins actif, les tue cependant aussi assez rapidement.

50° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, deux pieds de menthe poivrée ont été mis, l'un dans une solution de bichromate de potasse, l'autre dans une solution de chromate neutre, toutes les deux à 1/1000; le premier fut tout à fait flétri le 26 et mourut le 29; le second se conserva frais jusqu'au 30 avril, il ne mourut que le 9 mai.

Nous avons cru remarquer, dans le cours de nos expériences, que les oxydants employés à dose convenable favorisent la végétation; le bichromate de potasse est un oxydant très-énergique, mais c'est aussi un caustique très-puissant et un poison violent, comme l'ont démontré les recherches de Jaillard, de Delpech et de Hillairet; nous avons pensé qu'il conviendrait d'essayer les effets d'un oxydant tout aussi actif et qui ne possédât pas des propriétés toxiques aussi prononcées, et nous avons fait deux expériences avec le permanganate de potasse.

Voici quels ont été les résultats obtenus :

51° *Expérience.* — Le 24 juin 1861, un pied de balsamine vigoureux, arrosé avec la solution de permanganate de potasse à 1/1000, a végété d'abord, et a porté de bonne heure des bourgeons floraux; la plante est morte avant la floraison vers le 30 mai.

52° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, un rameau de laurier-rose plongé dans la même solution a poussé très-rapidement de belles radicelles, bientôt l'eau s'est troublée, et il s'est formé un dépôt abondant de sesquioxyde de manganèse; la plante n'est morte que le 26 juillet. Cette dernière expérience aurait besoin d'être reprise, il faudrait avoir le soin de changer le

liquide tous les quatre jours, parce que le permanganate de potasse est réduit par toutes les matières organiques et qu'il pourrait se faire que la mort fût due au dépôt de sesquioxyde de manganèse, qui se forme à la surface des radicelles.

CHLORATE DE POTASSE. — Ce sel n'a été expérimenté sur les végétaux que par Bouchardat, il a vu que le *Mimosa pudica*, le *Mentha aquatica*, et le *Polygonum tinctorium* se conservaient dans une solution à 1/200 pendant les trois premiers jours, la végétation du *Mimosa* et du *Mentha* paraissait un peu activée, mais après cinq jours, elles commencèrent un peu à souffrir, et après quinze jours, elles étaient mortes; il compare l'action qu'exerce ce sel sur les plantes à celle du nitrate de potasse.

Les résultats de nos expériences sont tellement en contradiction avec celles de notre savant maître, que nous avons dû les multiplier, pour pouvoir bien arrêter nos conclusions; nous sommes resté convaincu, que le chlorate de potasse à la dose de 2 à 3 millièmes tue les plantes aussi rapidement que la solution d'acide arsénieux au même titre; les plantes ligneuses, comme les plantes herbacées, les graines, comme les bourgeons, périssent rapidement dans les solutions de chlorate.

Le chlorate de potasse est absorbé; on le retrouve dans les feuilles et dans les rameaux; sous son influence, on voit les uns et les autres se recouvrir de taches brunâtres ou noires, les feuilles pâlir, se recourber en dessous, se flétrir si elles sont minces, devenir friables et cassantes si elles sont épaisses (laurier-rose); et dès le lendemain de l'immersion des plantes dans les solutions de chlorate à 1/1000, on perçoit déjà les effets nuisibles, et l'analyse démontre la présence du sel dans les feuilles les plus supérieurement placées.

Deux procédés sont employés pour constater la présence du chlorate de potasse ou de soude dans les plantes: on commence par couper les feuilles et les tiges en petits fragments, puis on les fait bouillir deux ou trois fois avec de l'eau distillée; les décoctions réunies sont évaporées à siccité à une douce chaleur; le résidu est épuisé par l'alcool absolu, qui dissout les diverses matières, et laisse en résidu les sels, notamment le chlorate; on reprend alors par l'eau distillée

bouillante et l'on filtre; on obtient ainsi une solution qui peut être traitée de deux manières : la première consist à la colorer par du sulfate d'indigo (une goutte) et à y ajouter une solution d'acide sulfureux; celui-ci est sans action sur l'indigo; mais en présence de la moindre trace de chlorate de potasse, il y a dégagement de chlore, et décoloration de la liqueur bleue; ce procédé est le plus simple et le plus rapide, il arrive même quelquefois que l'on peut agir directement sur la décoction; mais dans d'autres circonstances les liquides sont trop colorés, et l'on perçoit difficilement le moment de la décoloration de la liqueur bleue d'indigo par le chlore naissant.

La seconde méthode est plus longue mais plus exacte; de plus elle permet un dosage du sel; elle consiste à prendre la liqueur obtenue comme nous venons de le dire, c'est-à-dire par évaporation des décoctions, à épuiser de l'extrait par l'alcool absolu, à dissoudre le résidu dans l'eau distillée, et à diviser la solution en deux portions égales: l'une sert à doser les chlorures qu'elle contient, au moyen d'une solution titrée de nitrate d'argent par la méthode de Gay-Lussac, l'autre est évaporée à siccité et fortement calcinée de manière à transformer le chlorate en chlorure; le résidu de la calcination est repris par l'eau distillée, et l'on y dose les chlorures par le nitrate d'argent titré; la différence entre le poids des chlorures avant et après la calcination, sert à calculer celui des chlorates absorbés.

Pour bien faire comprendre la marche de cette expérience, nous abandonnerons pour un instant l'ordre chronologique que nous avons suivi jusqu'à présent dans l'exposé de nos expériences, pour décrire une opération dans laquelle le chlorate de potasse a été ainsi dosé :

53° *Expérience.* — Le 8 juin 1863, un pied de *Veronica lindleyana*, un *Pelargonium zonale*, un *Dahlia* et un *Anthemis*, en pleine terre, ont été arrosés chacun avec 500 grammes d'une solution de chlorate de potasse à 1/1000, l'arrosage a été répété tous les jours.

La véronique a commencé à laisser flétrir ses feuilles le 13 juin, elle est morte le 27; les feuilles du *Pelargonium* ont jauni le 11 et la plante était morte le 19; le *Dahlia* a commencé à se flétrir le 12, et est mort le 24; enfin l'*Anthemis* qui était en

pleine fleur, a résisté plus que les autres plantes, puisque les feuilles de la base n'ont jauni que le 16 juin, et les supérieures étaient encore vertes au moment de l'analyse, c'est-à-dire le 8 juillet, 50 grammes de feuilles de chacune de ces plantes ont été traités de la manière suivante :

Elles ont été mises à bouillir séparément dans quatre capsules de porcelaine, à deux reprises; les liqueurs passées ont été réduites à moitié environ de leur volume et après filtration nous avons obtenu les liquides suivants :

N° 1. Pour la Véronique	140 grammes.
N° 2. Pour le Pelargonium	420 —
N° 3. Pour le Dahlia	230 —
N° 4. Pour l'Anthemis	350 —

Chacune des décoctions a été séparée en deux portions égales; une a été évaporée à siccité, le résidu fut repris par l'alcool absolu et les solutions évaporées de nouveau à siccité; reprise par l'eau et filtrée, la solution a été essayée par le sulfate d'indigo et l'acide sulfureux, qui ont indiqué dans chacun des trois liquides la présence d'un chlorate.

Un volume connu du second liquide a été précipité par le nitrate d'argent acidulé; les précipités recueillis sur un filtre et lavés, contenaient des matières organiques, entraînées par le chlorure d'argent; on les a traités par l'ammoniaque et cette dernière solution a été précipitée de nouveau par l'acide azotique; voici les différents poids du chlorure d'argent obtenus par incinération des filtres :

Pour 20 grammes du n° 1 Véronique	. . . 0,011
Pour 30 — — 2 Pelargonium	. . . 0,048
Pour 40 — — 3 Dahlia 0,027
Pour 40 — — 4 Anthemis 0,025

Des poids égaux et correspondants des différents liquides furent évaporés et les résidus desséchés furent calcinés, repris par l'eau acidulée, par l'acide azotique et précipités par le nitrate d'argent; voici les poids du chlorure d'argent obtenu :

	gr.	Différence avec les poids précédents.
Pour le n° 1.	0,024	0,010
— — 2.	0,052	0,004
— — 3.	0,032	0,005
— — 4.	0,031	0,006

Les légères différences sont dues à la transformation du chlorate absorbé par les plantes. Voici les poids correspondants du chlorate de potasse rapportés non au poids des liquides soumis à l'analyse, mais à la quantité totale de chacun d'eux :

				Chlorate de potasse.
Ainsi dans 440 grammes de décoction de Véronique, il y avait				0,0299
— 220 — — —		Pelargonium. —		0,0126
— 430 — — —		Dahlia. . . —		0,0230
— 250 — — —		Anthemis. . —		0,0224

Mais comme il faut se rappeler que ces quatre liqueurs provenaient chacune de la décoction de 50 grammes de feuilles, il faut en conclure que c'est la Véronique qui a absorbé le plus de chlorate de potasse, puis le *Dahlia*, l'*Anthemis* au troisième rang, et le *Pelargonium* en dernier.

Il nous reste maintenant à énumérer rapidement les expériences qui nous ont permis de constater l'action caustique du chlorate de potasse; quels que soient les échantillons sur lesquels nous avons opéré, plantes entières, boutures, graines, oignons, etc., nous avons toujours constaté la présence du chlorate de potasse, ce qui prouve qu'il y a eu absorption ou du moins imbibition.

54^e *Expérience*. — Le 20 juillet 1860, trois balsamines en pots, semées et venues en terre franche, ont été arrosées avec une solution de chlorate de potasse à 1/1000; deux sont flétries le 21 et mortes le 24, la troisième, flétrie le 23, est morte le 28.

Le 20 juillet, dans le terrain dans lequel étaient mortes les balsamines, il a été planté dans chaque pot trois laitues romaines, arrosées avec de l'eau de source, elles ont pris et se sont développées; le 16 elles furent arrosées avec la solution de chlorate de potasse, elles moururent en quatre jours.

Dans la terre provenant des deux opérations précédentes, il fut semé des haricots et des graines de lin, qui furent arrosés

avec de l'eau ordinaire, la germination se fit lentement et péniblement; elle fut arrêtée au moment où l'on arrosa avec la solution saline.

55° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose fut plongée dans une solution de chlorate de potasse à 1/1000, le 9 elle était flétrie et morte le 12.

56° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose fut mise dans une solution de chlorate de potasse dans l'eau distillée à 1/1000; les feuilles étaient flétries le 11 et la plante complètement morte le 21, on ne trouva pas de traces de chlorure dans l'eau.

57° *Expérience.* — Le 24 juin 1861, une balsamine fut arrosée avec la solution de chlorate de potasse à 1/1000; les feuilles étaient flétries le 26 et la plante morte le 30.

58° *Expérience.* — Le 22 avril 1862, deux pieds de menthe poivrée furent mis dans deux solutions, l'une à 2/1000, l'autre à 1/1000; le premier fut flétri le 24 et mourut le 1^{er} mai, le second fut flétri le 26 et mourut le 4 mai.

59° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, un rameau de laurier-rose fut plongé dans une solution de chlorate de potasse à 2/1000; les feuilles furent flétries le 26 et la plante était morte le 1^{er} juin; il n'y avait pas de chlorure dans l'eau.

60° *Expérience.* — Le 15 juin 1863, un pied de menthe aquatique fut plongé dans la solution à 2/1000; la plante était flétrie le 16 et morte le 18; pas de chlorure dans l'eau.

61° *Expérience.* — Le 22 janvier 1864, des bulbes de *Crocus vernus* furent mis dans la solution de chlorate de potasse à 1/1000, il poussa deux bourgeons qui languirent et qui ne dépassèrent pas une longueur de 0^m,02; la plante était morte le 2 février, après être restée longtemps stationnaire.

62° *Expérience.* — De l'orge qui avait germé dans du sable calciné, et qui, étant arrosée avec de l'eau, avait donnée en dix-sept jours des pousses longues de 0,23, fut tue, du jour au lendemain, après avoir été arrosée avec la solution de chlorate de potasse à 1/1000.

63° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge choisis furent semés dans du sable calciné et dans de la terre franche, arrosés avec la solution à 1/1000, il n'y eut pas la moindre trace

de germination, les grains ouverts le 2 mai étaient altérés à l'intérieur.

64° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, deux oignons de jacinthe furent mis, l'un dans une solution à 1/1000, l'autre dans une solution à 2/1000; il n'y eut pas la moindre trace de végétation dans aucun des deux; les oignons ayant été ouverts étaient pourris à l'intérieur.

65° *Expérience.* — Le 23 juin 1864, deux balsamines arrosées avec la solution à 2/1000, étaient flétries le 24, mortes le 26.

66° *Expérience.* — Le 20 septembre 1864, trois boutures de laurier-rose furent mises dans des solutions de chlorate de potasse à 1/1000. Après trente-six heures, on pouvait apercevoir l'effet produit; on remarquait la coloration des feuilles sur le trajet des nervures et la perte d'élasticité du limbe; au bout du quatrième jour, les boutures étaient à peu près privées de vie; les solutions étaient essayées chaque jour au nitrate d'argent, on n'a jamais trouvé de chlorure. On observe que lorsque la bouture est tout à fait morte, au sixième jour environ, l'écorce, le ligneux et la moelle sont très-bien limités et en quelque sorte décollés l'un de l'autre; ce qui donnerait à penser que le chlorate de potasse a dissous une zone du tissu cellulaire dont on a quelquefois admis l'existence qui se trouverait entre chaque couche ligneuse; c'est afin d'éclairer ce point que nous avons voulu essayer l'action dissolvante du chlorate de potasse sur le tissu cellulaire, et que nous avons fait l'expérience suivante.

67° *Expérience.* — De la moelle de sureau parfaitement isolée et blanche a été desséchée à 105 degrés; 1 gramme lavé et séché a été mis dans de l'eau pure, un second gramme dans l'eau distillée à 1/1000 de chlorate; après trois jours de macération, chacun des échantillons a été lavé et séché de nouveau à 105 degrés; le premier pesait 1,000 et le second 0,001. D'où il faut conclure qu'il n'y avait pas eu dissolution du tissu cellulaire au contact de la dissolution de chlorate de potasse, mais seulement distension des cellules et rupture de quelques-unes d'entre elles.

68° *Expérience.* — Le 12 décembre 1864, deux pots de séne-

çon vulgaire, arrachés en motte et lavés à grande eau, ont été plongés dans la solution de chlorate de potasse à 1/1000; le 13 les plants étaient flétris et morts le 15.

L'examen microscopique des racines de diverses plantes qui avaient été plongées dans le chlorate de potasse, nous a fait voir que les spongioles et la radicelle attenante devenaient molles; il y a destruction et ramollissement des cellules, et, à un moment donné, il est presque impossible de trouver une seule spongiolé, les radicelles sont tronquées et l'on ne remarque plus cette apparence de renflement assez apparent sur toutes les plantes, et notamment sur le *Senecio*; on dirait que les racines ont été violemment arrachées. On trouve les mêmes altérations avec le chlorate de soude et l'iodate de potasse, mais elles sont moins prononcées.

L'action véritablement toxique et destructive qu'exerce le chlorate de potasse sur les végétaux phanérogames nous avait fait espérer qu'il agirait de même sur les végétaux parasites de l'homme, tels que le *Tricophyton tonsurans*, ou herpès tonsurant, les *Microsporon*, etc.; l'application des solutions plus ou moins concentrées, contre les maladies parasitaires, a été sans aucun effet.

CHLORATE DE SOUDE. — Le chlorate de soude jouit des mêmes propriétés thérapeutiques que le correspondant de potasse; il s'en distingue par sa plus grande solubilité; nous pouvons prévoir, par conséquent, qu'il exercerait sur les plantes une action analogue; nous avons constaté toutefois que le sel de soude était un peu moins actif.

69^e Expérience. — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose fut mise dans une solution de chlorate de soude à 1/1000, les feuilles commencèrent à se flétrir le 4 juin et la plante mourut le 12.

70^e Expérience. — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée fut plongée dans la même solution, les feuilles commencèrent à se flétrir le 28 et la plante mourut le 7 mai.

71^e Expérience. — Le 1^{er} juin 1863, une menthe aquatique fut mise dans une solution de chlorate de soude à 1/500, et une autre dans la solution à 1/1000, la première mourut le 9 et la seconde le 13.

72° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge furent semés dans le sable et arrosés avec la solution à 1/1000 ; le 28, il y avait à peine trace de germination ; les pousses avaient le 30, une longueur de 0^m,01 ; le 5 avril, 0^m,24 ; le 10 avril, 0^m,37 ; le 20, 0^m,41 ; le 26, tout était mort.

73° *Expérience.* — Le 13 décembre 1864, deux pieds de sénéçon vulgaire ont été mis dans une solution de chlorate de soude à 1/1000 ; dès le 17, la plante commence à se flétrir et elle meurt le 21.

On voit, d'après ce qui précède, que le chlorate de soude agit comme celui de potasse, mais avec moins d'énergie. Nous ajouterons que la présence du sel de soude a été constatée, dans les plantes, par les procédés employés pour celui de potasse.

IODATE DE POTASSE. — Les iodates ont de grandes analogies chimiques avec les chlorates ; ils produisent les mêmes effets.

74° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier-rose, a été mis dans une solution d'iodate de potasse à 1/100 ; les feuilles étaient flétries le 21 et la plante morte le 27.

75° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée a été plongée dans la solution à 1/2000, les feuilles étaient flétries le 29 avril et la plante mourut vers le 4 mai.

76° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose plongée dans la même solution a été flétrie le 4 juin et morte le 26.

77° *Expérience.* — Trois balsamines semées et venues en pleine terre, arrosées le 20 juillet 1860, avec la solution d'iodate de potasse à 1/1000, ont d'abord bien végété ; mais, vers le 29, elles se sont flétries, et, le 7, elles étaient mortes.

78° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge triés ont été semés en bonne terre et arrosés avec la solution à 1/1000 ; le 28 mars seulement il y a trace de germination, et le 2 avril les jeunes pousses avaient 0^m,021 ; le 12, 0^m,34 ; les jeunes plantes sont mortes le 17.

Dans toutes ces expériences, la présence de l'iodate de potasse était constatée ; pour cela, les plantes coupées par fragments étaient incinérées, et le résidu, après avoir été fortement calciné au contact de la potasse, était repris par

l'alcool concentré et bouillant; par évaporation de ce liquide on obtenait de l'iodure de potassium facile à reconnaître au moyen de l'acide nitrique nitreux et de l'amidon.

On peut conclure des expériences faites avec l'iodate de potasse, que ce sel est moins nuisible aux plantes que le chlorate de la même base, et que, par ses effets, il vient à peu près sur le même rang que le chlorate de soude.

IODURE DE POTASSIUM. — Vogel a constaté qu'une solution d'iodure de potassium à 1/50 tuait rapidement un individu de *Datura stramonium*; il constata qu'il y avait absorption. Bouchardat, en opérant sur le *Mentha aquatica*, le *Polygonum orientale* et le *Mimosa pudica*, faisait usage d'une solution à 1/200; il a vu que ce sel était promptement nuisible aux plantes; nos expériences ont confirmé tous ces faits.

79^e Expérience. — Le 24 juin 1864, trois balsamines très-vigoureuses ont été arrosées avec la solution d'iodure de potassium à 1/1000; les feuilles étaient flétries le 29 et les plantes sont mortes le 15 juillet.

80^e Expérience. — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose est plongée dans la solution à 1/100, la plante est morte le 24.

81^e Expérience. — Le 22 avril 1863, un pied de menthe poivrée mis dans la solution à 1/1000, est mort le 29 avril.

82^e Expérience. — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose, plongée dans une solution d'iodure de potassium à 1/2000, fut flétrie le 1^{er} juin et était morte le 15.

83^e Expérience. — Le 1^{er} juin 1863, une menthe aquatique, placée dans la même solution à 1/2000, fut flétrie le 4 et mourut le 11.

84^e Expérience. — Le 4 mars 1864, des grains d'orge, semés dans du sable et arrosés avec la solution à 1/1000, n'ont pas germé.

85^e Expérience. — Le 13 décembre 1864, un beau pied de séneçon vulgaire, arraché en mottes, et parfaitement intact, a été plongé dans la solution au 1/1000; dès le 14 la tige a commencé à se rider vers la base; les feuilles se sont flétries et la plante est morte le 18.

Dans toutes ces expériences, la présence de l'iodure de potas-

sium a été constatée dans les plantes ; pour cela on les calcinait fortement avec un peu de potasse, les cendres étaient reprises par l'alcool concentré et bouillant, la solution alcoolique évaporée à siccité, et le résidu essayé par l'amidon, et l'acide nitrique nitreux.

L'iodure de potassium exerce donc sur les plantes une action nuisible dont l'énergie peut être comparée à celle du chlorate de soude.

BROMURE DE POTASSIUM. — Il résulte des nombreuses expériences que nous avons faites, que le bromure de potassium est plus nuisible aux plantes que l'iodure ; il est plus promptement absorbé et ses effets se font plus rapidement sentir.

CYANURE DE POTASSIUM. — Les effets qu'exerce sur l'homme et sur les animaux le cyanure de potassium pur sont les mêmes que ceux de l'acide cyanhydrique ; Bouchardat a constaté qu'une solution à 1/200, tuait en deux jours le *Mentha sylvestris* et le *Mimosa pudica* ; nous avons, comme dans tous les autres cas, fait usage d'une solution à 1/1000, et nos expériences ont confirmé celles de nos prédécesseurs.

86° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge semés dans du sable ont été arrosés avec la solution à 1/1000 ; la germination a commencé à se faire le 26, le 5 avril les pousses avaient une longueur de 0,015, le 18 elles étaient hautes de 0,032, le 2 mai de 0,43, les plants sont morts le 9 mai ; on a constaté la présence du cyanure de potassium.

87° *Expérience.* — Le 13 juin 1864, deux balsamines vigoureuses, semées dans deux pots, ont été arrosées avec la solution à 1/1000 ; les feuilles jaunirent dès le 25, les plantes sont penchées le 27 et mortes le 30 ; nous avons trouvé des traces de cyanure.

88° *Expérience.* — Le 13 décembre 1864, un pied de séneçon plongé dans la solution à 1/1000 a été flétri dès le 15, et est mort le 18 ; nous avons trouvé du cyanure.

FERROCYANURE DE POTASSIUM. — Le prussiate de potasse (on appelle quelquefois encore ainsi ce sel) n'est point toxique pour les animaux ; il ne se comporte ni comme un composé cyanique ni comme un ferrugineux. Quant aux plantes, Bouchardat a vu qu'elles résistaient dans une solution à 1/200 ;

mais après quelques jours les feuilles commençaient à tomber,

Nos expériences sont en désaccord avec celles de notre savant maître; nous avons constaté que le ferrocyanure de potassium nuisait à la végétation et qu'il était absorbé.

89° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un pied de menthe poivrée a été placé dans une solution de ferrocyanure de potassium à 1/1000; le 27 les feuilles se sont flétries, ont pris une teinte bleuâtre, et la plante est morte le 2 mai.

90° *Expérience.* — Le 23 juin 1864, deux pots de balsamine ont été arrosés avec une solution à 1/1000; après trois jours les feuilles ont pris une teinte bleuâtre très-prononcée; elles se sont flétries et affaissées le long des tiges, le 9 juillet, le sommet des tiges s'est courbé et les plantes étaient complètement mortes le 12.

Ces expériences prouveraient que le ferrocyanure de potassium nuit à la végétation: même dans la proportion de 1/1000; Bouchardat avait opéré sur des solutions à 1/200.

SULFURES ALCALINS. — Bouchardat a constaté que le sulfhydrate d'ammoniaque tuait un *Mentha sylvestris* après trois jours, avec une solution à 1/200. Nous avons opéré avec le sulfhydrate de sonde, ou monosulfure de sodium cristallisé, dans les proportions de 1/1000; les balsamines et les lauriers-roses ont résisté à l'action de ce sel, mais les menthes et le séneçon s'en sont très-mal trouvés, ce qui prouve, une fois de plus, que les doses et le degré de dilution ont de l'influence sur les résultats obtenus.

CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE. — Parmi les sels ammoniacaux qui ne doivent pas leurs effets toxiques à l'acide qu'ils renferment, le sel ammoniac ou chlorhydrate est regardé comme étant des plus vénéneux; son action sur les plantes ayant été peu étudiée, il était important de rechercher quels pourraient être ses effets: voici les résultats que nous ont donnés quelques expériences:

91° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier-rose a été placé dans une solution de chlorhydrate d'ammoniaque à 1/1000; la plante a conservé sa fraîcheur, les radicelles ont poussé vers le 25 et elle a continué à bien vivre.

92° *Expérience.* — Le 27 avril 1863, une menthe poivrée mise dans une solution à 1/1000 a parfaitement végété, elle a

poussé de longues racines, la plante s'est bien développée, mais il faut avoir le soin de changer la solution qui se putréfie facilement.

93° *Expérience.* — Le 31 juin 1863, une menthe aquatique mise dans une solution de chlorhydrate d'ammoniaque à 1/1000, a parfaitement végété, fleuri et fructifié.

94° *Expérience.* — Le 16 mars, des grains d'orge semés dans du sable et arrosés avec la solution à 1/1000, ont commencé à germer le 28 mars; le 5 avril les pousses hors de terre avaient une longueur de 0^m,05; le 18 elles étaient longues de 0^m,45; enfin le 2 mai, leur hauteur était de 0^m,150; plus hautes et plus développées que l'échantillon-type.

D'où il résulte que si le chlorhydrate d'ammoniaque est nuisible à la végétation, lorsqu'il est employé en solution concentrée, comme Bouchardat le constate dans ses expériences; il peut lui être très-utile, lorsqu'on l'emploie en solution étendue, c'est-à-dire à 1/1000 ou 1/2000.

SELS DE FER. — La grande dissémination du fer à la surface de la terre a dû nécessairement appeler l'attention des chimistes, des physiologistes et des agronomes; ce métal fait presque une partie intégrale de la charpente minérale des plantes, toutes en renferment des quantités plus ou moins considérables.

De nombreuses expériences ont été faites pour constater les effets des sels de fer sur la végétation, et l'on est arrivé à cette conclusion que s'ils sont utiles dans un grand nombre de cas, ils peuvent être nuisibles dans beaucoup d'autres; on sait, par exemple, que la végétation n'a pas lieu dans un sel contenant plus d'un centième de fer; et nous verrons plus tard que la germination est nulle dans le sesquioxyde de fer, quoiqu'il puisse être avalé impunément par les animaux, tandis qu'elle a lieu, mal il est vrai, dans la céruse, dans l'oxyde d'antimoine, le calomel, etc., qui sont cependant des poisons violents pour les animaux.

Les sels de fer en solution à 1/1000 nuisent à la végétation, et s'ils ne tuent pas le végétal, ils nuisent à la fleur et à la graine, comme Bouchardat l'a vu pour le maïs, et le prince de Salm-Horstmar pour l'avoine.

Davy a démontré que les terrains ferrugineux étaient nuisibles

à la végétation, et de Gasparin dit (*Cours d'agriculture*, t. I, p. 102, Paris, 1863) que les rivages des ruisseaux qui charrient des eaux vitrioliques ne présentent aucune plante sur leurs bords, si ce n'est des menthes qui croissent à grand'peine, dans les places où ce sel est le moins abondant.

Mais employés avec discernement, les sels de fer rendent de grands services; là où le fer manque, la végétation est languissante, les plantes sont étiolées, et un arrosage approprié rend la coloration verte; les feuilles, les fleurs qui avaient pâli redeviennent bleues (*Polemonium cœruleum*) sous l'influence de ce métal, les hortensias, les œillets, les jacinthes et beaucoup d'autres fleurs prennent une couleur plus foncée; on assure même que les vins des vignobles non ferrugineux contiennent moins d'alcool et qu'ils sont plus mucilagineux, ce qui rend leur conservation plus difficile. Les composés ferrugineux jouent un rôle plus important en agriculture comme fixateurs de l'azote et de l'oxygène; les belles recherches de Kuhlmann, d'Hervé Mangon, de Paul Thenard, ne laissent aucun doute à cet égard.

SELS DE ZINC. — Vogel a constaté qu'une solution de sulfate de zinc à 1/40 ridait et flétrissait un pied de *Phaseolus vulgaris*, que la plante absorbait du sel, et qu'on pouvait le lui enlever par l'eau chaude.

Séguin a vu que des bulbes de jacinthe et des oignons périssaient dans une solution de sulfate de zinc, et Bouchardat a trouvé que des solutions à 1/200 de chlorure et de sulfate de zinc, après avoir rendu les plantes languissantes, les tuaient rapidement.

Roché dit que les semences qui ont trempé pendant quelque temps dans une solution concentrée de sulfate de zinc, perdent leur propriété germinative; et, toutes les fois que le sel se trouve dans les solutions ou dans le sol, au-dessus de 1/100, les plantes souffrent et meurent; les feuilles se rident, la racine se dessèche, le tissu cellulaire se vide et s'affaisse; la mort arrive d'autant plus vite que les solutions sont plus concentrées. Cependant, on doit observer un *minimum*, après lequel les plantes ne meurent plus; et alors les effets du poison ne sont rendus nuisibles que par la débilité des sujets.

95° *Expérience.* — Le 24 juin 1861, une balsamine, arrosée

avec une solution à 1/1000, a végété tristement et fleuri très-mal; le zinc a été constaté dans les feuilles et les tiges.

96° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée, plongée dans une solution de sulfate de zinc à 1/1000, s'est flétrie le 24 et est morte le 27; un second échantillon, mis dans le même liquide, est mort le 4 mai.

97° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose, placée dans la solution à 1/1000, a souffert, ne s'est pas développée, n'a pas donné de racines, et est morte le 21 juin.

Les sels de zinc paraissent agir sur les plantes comme le font ceux de fer et de manganèse; quelquefois on a trouvé ce métal dans un grand nombre de plantes.

Braun (*Journ. de pharm.*, t. XXVI, p. 237, et *Poggendorf Annal.*, t. XCII, p. 75) a constaté sa présence dans une variété de *Viola tricolor*, connue par les mineurs sous le nom de fleurs de calamine (*Galmes Velchen*)—(*Kelmesblume*), qui croit aux environs d'Aix-la-Chapelle, près des mines de zinc, Roché a trouvé le zinc dans des épinards vendus à la halle, à Paris, ce métal proviendrait, selon lui, des engrais désinfectés au sulfate de zinc: il a constaté aussi la présence de ce poison dans diverses salades: les cornichons, les haricots, etc.

SELS DE PLOMB. — De Humboldt a vu des graines germer dans des sels formés d'oxyde jaune de plomb (*massicot*); Vogel, dans l'oxyde rouge (*minium*); mais les sels solubles de plomb nuisent essentiellement aux plantes. Vogel a constaté qu'ils étaient absorbés et que les végétaux mouraient rapidement: un *Malva sylvestris* et un *Lactuca sativa* moururent au bout de six jours, et l'eau leur enleva du sel de plomb, tandis qu'un *Hesperis matronalis* et un *Scorzonera hispanica*, qui périrent dans l'acétate de plomb, n'en perdirent pas, traités par l'eau bouillante; par l'addition de l'acide nitrique on obtint du métal; aussi dans toutes nos recherches avons-nous eu le soin de traiter d'abord les plantes par l'eau bouillante, puis par carbonisation, au moyen de l'acide azotique.

Bouchardat, qui a opéré sur le *Mentha sylvestris* avec des solutions à 1/200, a confirmé les expériences de Vogel.

L'absorption des sels de plomb est démontrée quelquefois par l'action qu'ils exercent sur les couleurs bleues végétales,

ainsi Marcaire Princeps (*Ann. de chim. et de physiq.*, t. XL, 1828, p. 85) a vu que des fleurs de violette et d'ancolie devenaient vertes sous l'influence de l'acétate de plomb.

Outre l'action physiologique qu'exercent les sels de plomb sur les plantes, ils agissent aussi mécaniquement, en formant avec les matières albumineuses et certains acides végétaux, des composés insolubles qui obstruent les vaisseaux, et s'opposent à la végétation; le plus souvent les phénomènes extérieurs se bornent à la base du végétal, et ne gagnent que lentement les extrémités; ils détruisent quelquefois aussi les mouvements excitables; d'après Weigman et de Humboldt, les oxydes et certains sels de plomb favoriseraient la végétation par l'acide carbonique qu'ils peuvent fixer et par l'oxygène qu'ils peuvent fournir. Plenck et Lefebure publièrent le même fait; mais Einhoff prouva que les oxydes de plomb n'étaient ni réduits ni transformés par la végétation; et les expériences de Roché, ont démontré que des composés insolubles de plomb ne favorisent pas la végétation, que s'ils ne nuisent pas, ils le doivent à leur insolubilité; il n'en est pas moins curieux de voir, dans une expérience que nous rapporterons plus loin, que les graines qui germent dans les oxydes et les sels de plomb insolubles qui sont vénéneux, ne germent pas dans les sesquioxides de fer, dont l'action toxique sur les animaux est nulle.

Chevallier a signalé la présence du plomb dans les champignons de couche, qui avaient poussé sur un fumier de l'usine de céruse de Rouard à Clichy, l'absorption de ce sel ne peut donc laisser aucun doute.

98° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose a été mise dans une solution d'acétate neutre de plomb à 1/1000, il n'y a pas eu la moindre trace de végétation, et la plante est morte le 2 novembre.

99° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée a été mise dans une solution d'acétate de plomb, à 1/1000; la plante, après être restée stationnaire, s'est un peu développée, elle a commencé à se flétrir le 3 juin, elle est morte le 8; elle renfermait du plomb.

100° *Expérience.* — Le 16 mars 1861, des grains d'orge ont été semés dans du sable, et arrosés avec la solution d'acétate de

plomb ; la germination a commencé le 28 mars ; le 5 avril, les pousses avaient environ 0^m,015 de longueur, et le 15, 0^m,023 ; à ce moment, la plante a commencé à souffrir, la base des plants s'est flétrie, ils sont morts le 22 avril ; nous y avons constaté la présence du plomb.

101° *Expérience.* — Le 14 juin 1864, deux balsamines très-vigoureuses ont été arrosées avec la solution d'acétate de plomb à 1/1000 ; le 25, les plantes ont commencé à souffrir, les feuilles de la base ont jauni, les tiges se sont ridées et ont diminué de volume ; le 30, elles étaient penchées au sommet et à peu près mortes ; nous y avons constaté la présence du plomb.

On voit, d'après ce qui précède, que contrairement à ce qui a été dit par quelques auteurs, les sels solubles de plomb exercent une action très-nuisible sur les végétaux et que même à dose assez peu élevée, ils font périr rapidement les plantes herbacées.

ÉMÉTIQUE. — Parmi les sels d'antimoine solubles, l'émétique est le seul à peu près qui soit employé, c'est un poison violent pour les animaux.

Malpighi (*De seminum vegetatione*, page 106, in *Opera omnia Lugduni Batavorum*, 1687) constata, le premier, l'effet actif des composés antimoniaux sur la germination, et leur effet nuisible, lorsque le contact est prolongé ; Vogel a vu qu'un *Tanacetum vulgare* et un *Aconitum Napellus* arrosés avec une solution d'émétique, étaient tués après deux jours ; et que l'eau bouillante enlevait le sel aux plantes mortes. Veyer a vu le blé germer dans un terrain contenant de l'émétique libre, le blé germe également dans du sable imprégné du même sel (Roché). L'oxyde blanc, d'après Lefébure, le kermès et le soufre doré, d'après Vogel, sont impropres à la germination ; le protosulfure seul serait nuisible, et Roché a fait germer pendant quelque temps dans cette substance, des graines de graminées, de synanthérées et de crucifères ; enfin Bourchardat a vu qu'un *Mentha sylvestris*, mis le 26 juillet dans une solution d'émétique à 1/200, était mort le 7 août, la tige n'avait pas souffert, les feuilles vertes et turgides jusqu'au 30 juillet commencèrent alors à souffrir.

Voici les résultats de nos expériences :

102° *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, trois balsamines

vigoureuses, semées et venues en pots, ont été arrosées avec une solution d'émétique à 1/1000; toutes les trois ont langui, une est morte le 9 août, les deux autres ont fleuri, mais elles sont restées petites, naines, les ovaires ne se sont pas développés; nous avons trouvé de l'antimoine dans les trois plantes.

103° *Expérience.* — Le 24 juin 1861, une balsamine arrosée avec la même solution a fleuri et fructifié; les feuilles n'ont commencé à jaunir que vers le 12 juillet, les tiges se sont ridées, elles se sont peu développées, nous y avons trouvé de l'antimoine.

104° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un laurier-rose a été plongé dans la même solution, il n'y a pas eu trace de végétation, et la plante est morte le 9 novembre; nous n'avons pas trouvé d'antimoine dans les plantes non immergées.

105° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée, qui avait été plongée dans la même solution, avait parfaitement végété, fleuri et fructifié; nous avons constaté la présence de l'antimoine dans les feuilles et dans les fleurs.

106° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose, ayant été mise dans la même solution à 1/2000, n'a présenté aucune trace de végétation, et est morte le 3 juin.

107° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge semés dans du sable ont été arrosés avec la solution d'émétique à 1/1000, la germination s'est faite dès le 23; et le 2 avril les pousses avaient déjà une longueur de plus d'un centimètre, la végétation s'est bien continuée, le 18 avril les tiges avaient une longueur de 0^m,034 à 0^m,040, les feuilles ont commencé à jaunir vers le 17 avril et les plantes étaient mortes le 5 mai; nous y avons constaté la présence de l'antimoine à l'état soluble.

108° *Expérience.* — Le 13 juin 1864, deux balsamines, arrosées avec la même solution, sont restées petites et languissantes; elles ont donné quelques fleurs rares et chétives; le 10 juillet, les ovaires se sont développés, mais les graines n'ont pas mûri; nous avons constaté la présence de l'antimoine dans les feuilles et les fleurs.

Lorsque nous avons voulu constater la présence de l'antimoine dans les plantes qui étaient l'objet de nos expériences,

nous avons opéré par ébullition dans l'eau distillée, le décoctum était évaporé à siccité, et le résidu carbonisé par l'acide azotique additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique; le charbon sulfurique était mis à bouillir deux à trois fois avec de l'eau légèrement acidulée par l'acide tartrique, et le liquide filtré était soumis à l'appareil de Marsh; les parties de plantes, résidu du décoctum, étaient à leur tour traitées comme l'extrait provenant de l'évaporation de la décoction.

Bouchardat a placé l'émétique à côté des arsenicaux, à cause de leurs effets, il les croit intermédiaires entre ceux qui sont déterminés par l'acide arsénieux et par l'acide arsénique.

Toutes nos expériences nous conduisent à admettre, au contraire, que, de tous les sels toxiques pour l'homme et pour les animaux supérieurs, l'émétique est celui qui agit le moins sur les plantes; il devrait être placé, selon nous, après le plomb, l'étain et le zinc.

SELS DE CUIVRE. — Si les sels solubles de cuivre employés en agriculture pour le chaulage des grains destinés à la semence sont utiles, soit pour diminuer les chances de maladie de blés, soit pour augmenter le rendement, selon l'opinion d'un grand nombre d'agriculteurs, et selon que le démontre Girardin, il n'en est pas moins vrai, qu'à dose même faible, ils sont très-nuisibles lorsqu'ils exercent leur action sur les plantes vivantes et que ce sont parmi les sels toxiques, ceux qui agissent avec le plus d'énergie sur toute la série des végétaux.

En effet, tandis que l'acide arsénieux ne paraît pas agir sur quelques végétaux inférieurs, Chatin a constaté que le sulfate de cuivre détruisait l'*Oidium Tuckeri*; et Jobard a proposé ce sel pour préserver les monuments publics des productions cryptogamiques qui les salissent.

Certains grands végétaux paraissent résister à l'action des sels de cuivre. Nous avons déjà cité des expériences de Philips et de Wiegmann, qui le démontrent. D'après Marcet, le sulfate de cuivre agit sur les plantes à peu près comme le sublimé, et Vogel a vu que l'*Helianthus annuus*, l'*Hesperis matronalis*, et le *Galega officinalis*, périssaient très-vite, lorsqu'on les arrosait avec une solution au 1/40 de sulfate de bioxyde, ou d'acétate de bioxyde de cuivre; il croyait, mais il ne l'a

pas démontré, que ces sels étaient transformés en sels de protoxyde.

Toutes les expériences concordent pour affirmer la nocuité des sels de cuivre, et Bouchardat a démontré que le *Mentha aquatica* et le *Mimosa pudica* périssaient rapidement dans une solution de sulfate de cuivre à 1/200.

Les solutions très-étendues de sulfate de cuivre ne détruisent pas la faculté germinative de graines, à moins que le contact ne soit très-prolongé, la nature du sol influe aussi beaucoup sur les effets de ces sels; deux influences peuvent agir, celle des sels minéraux, qui peuvent transformer les sels solubles de cuivre en sels insolubles, et celle des substances organiques qui peuvent, ou réduire les sels de cuivre (glycose, etc.) ou se combiner avec eux, pour former des composés insolubles; mais dans tous les cas, les expériences de Chatin ont démontré que ces composés nuisaient à la production des pommes de terre.

Nous avons dit que, contrairement aux arsenicaux, les sels de cuivre paraissent agir d'autant mieux sur les végétaux que leur organisation devient plus simple; la thérapeutique et l'agriculture ont tiré un grand profit de cette propriété, l'une en appliquant ces sels à la destruction des végétaux parasites de l'homme et des animaux, l'autre en les appliquant à détruire les germes, et les êtres inférieurs qui nuisent aux graines et aux plantes; mais les sels de cuivre présentent dans ces deux cas un autre avantage qu'il est bon de constater, c'est que leur action toxique est bien moins à redouter que celle de l'acide arsénieux.

Les sels de cuivre sont rapidement absorbés; quelques heures après les arrosages, on en constate la présence dans les différentes parties de la plante; on a cependant nié cette absorption, on a émis à leur égard une opinion analogue à celle qu'avait Targioni-Tozzetti, sur l'acide arsénieux; on a dit en effet, que le sulfate de cuivre n'était pas absorbé à l'état physiologique, c'est-à-dire lorsque la plante était intacte et ne présentait aucune solution de continuité; qu'il agissait sur les spongiolles, les corrodit, les détruisait; et qu'alors ce poison pénétrait par imbibition, cette opinion erronée reproduite dans les ouvrages les plus recommandables, est combattue par les faits que nous allons exposer :

Pour rechercher le cuivre dans les plantes, nous avons opéré d'abord par décoction, et ensuite par incinération; celle-ci est plus fréquemment nécessaire, soit parce qu'il y a réduction du sel cuivrique, dans l'intérieur des végétaux, soit parce qu'ils trouvent des matières protéiques avec lesquelles ils forment des composés insolubles.

109° *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, trois balsamines vigoureuses semées et venues en terre ont été arrosées avec une solution à 1/1000 préparée à l'eau distillée (1); une des balsamines a été flétrie le 25 et est morte le 29, nous avons constaté la présence du cuivre dans les feuilles; les deux autres ont végété, fleuri et fructifié, les graines ont mûri; les arrosages étaient faits chaque jour, nous avons constaté la présence du cuivre dans les tiges, les feuilles, les fleurs et les graines. Dans cette expérience comme dans les suivantes, nous avons isolé le cuivre métallique des solutions, au moyen d'une aiguille à coudre que nous suspendions dans le liquide pendant vingt-quatre heures.

Dans un des pots contenant les balsamines, un *Lolium perenne* a levé spontanément, il a fleuri et fructifié, il contenait du cuivre.

110° *Expérience.* — Le 16 mars 1861, des jacinthes ont été placées en serre chaude, dans une solution à 1/1000, elles ont faiblement végété et sont ensuite restées stationnaires, les racines ont acquis tout au plus une longueur de 0^m,005, les pousses renfermaient du cuivre.

111° *Expérience.* — Le 4 avril 1861, des petits pois, semés en bonne terre et arrosés avec la même solution, ont germé, les plants sont morts, lorsque les tiges avaient acquis une hauteur de 0^m,875. Ils contenaient du cuivre.

112° *Expérience.* — Le 14 juin 1861, une balsamine arrosée avec la même solution a fleuri et fructifié, le cuivre a été constaté dans les feuilles, les tiges et les fleurs.

113° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de

(1) Toutes les solutions qui ont servi à nos expériences étaient faites avec de l'eau distillée, mais ici, c'est indispensable, parce que les eaux de source ou de fontaine renferment des sels qui décomposent ceux du cuivre.

laurier a été plongée dans une solution à 2/1000, il n'y a pas eu la moindre trace de végétation, la plante est morte le 3 novembre.

114° *Expérience.* — La même expérience faite le même jour avec une solution à 1/1000, il n'y a pas eu la moindre trace de végétation, la plante est morte le 24 novembre.

Dans aucun de ces deux cas, nous n'avons trouvé du cuivre dans les feuilles.

115° *Expérience.* — Le 4 mai 1863, une menthe aquatique plongée dans une solution de sulfate de cuivre à 1/100, la plante fut flétrie le jour même et mourut le lendemain, il y avait des traces de cuivre.

116° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une menthe aquatique a été placée dans une solution à 2/1000, préparée avec de l'eau distillée, une autre dans une solution semblable préparée avec de l'eau ordinaire; la première est flétrie le 25 et morte le 26; la seconde est flétrie le 28 et morte le 2 juin. Cette expérience démontre qu'une portion de sel de cuivre avait été décomposée par l'eau ordinaire.

117° *Expérience.* — Le 22 mai, une menthe aquatique a été plongée dans une solution de sulfate de cuivre à 1/2000, la plante a paru ne rien ressentir pendant trois jours, le 26 les feuilles ont commencé à se flétrir, et la plante était morte le 30; en opérant sur deux feuilles qui tenaient encore à la plante, nous avons constaté une efflorescence abondante sur les bords du limbe, elle était formée par du sulfate de cuivre, et, au point où on la trouvait le tissu épidermique était détruit.

118° *Expérience.* — Le 1^{er} juin 1863, une menthe aquatique a été plongée dans une solution de sulfate de cuivre à 1/1000; les feuilles étaient flétries le 4 et la plante morte le 9: le cuivre a été constaté dans les plantes.

119° *Expérience.* — Le 22 janvier 1864, un bulbe de *Crocus*, planté dans du sable, a été arrosé avec une solution à 1/1000, il n'y a pas eu trace de végétation, le bulbe est mort, il renfermait du cuivre.

120° *Expérience.* — Le 14 mars 1864, des grains d'orge ont été semés dans du sable et arrosés avec une solution à 1/1000, il y a eu trace de végétation; le 12, la longueur des pousses était

d'environ 0^m,01, les plants étaient morts le 27; il y avait du cuivre.

121° *Expérience.* — Le 13 décembre 1864, deux pieds de séneçon arrachés en mottes et intacts, ont été placés l'un dans une solution moyennement étendue de liqueur de Febling, l'autre dans une solution extrêmement étendue de la même liqueur; le premier pied est mort le lendemain, le second n'a commencé à se flétrir que le 17, il était mort le 23.

Le 18 décembre, nous avons constaté, dans l'un et dans l'autre, la présence du cuivre; l'eau en enlevait une portion, et une autre portion que l'eau à l'ébullition n'enlevait pas.

122° *Expérience.* — Le 4 juin, deux pieds de maïs en pleine terre et vigoureux, et deux betteraves placées dans les mêmes conditions, ont été arrosés avec une solution de sulfate de cuivre à 1/1000; les arrosages ont eu lieu tous les matins avant le lever du soleil; le maïs a parfaitement résisté pendant neuf à dix jours, le onzième les feuilles et la partie inférieure ont commencé à jaunir, quelques taches ont été remarquées sur les tiges; et, à ce moment, des fils de fer bien décapés, que nous avons placés de distance en distance à travers la base de la tige et les pétioles, ont commencé à se couvrir de cuivre métallique, les arrosages ont continué; la plante a porté des fleurs, mais les fruits n'ont pas mûri, et le 28 septembre les deux pieds de maïs étaient à peu près morts. Nous avons constaté la présence du cuivre dans toutes les parties de la plante, même dans les ovaires, leur réceptacle avait pris une teinte verdâtre.

La betterave a plus résisté; les feuilles n'ont commencé à se flétrir que vers le 20 juillet, c'est-à-dire après un mois et demi; à ce moment, des traces de cuivre se sont déposées sur les fils de fer décapés qui traversaient les pétioles; les arrosages ont continué tous les jours de manière à ne pas toucher les feuilles, et celles-ci, quoique flétries, n'étaient cependant pas mortes, le 30 septembre; elles contenaient du cuivre ainsi que les racines.

Il résulte des expériences qui précèdent, que si les sels de cuivre en solution extrêmement étendue n'exercent pas une action nuisible sur les grains et sur les plantes; ils sont, au contraire, très-délétères toutes les fois que les solutions sont

plus riches en sels, 1/2000 par exemple; par leur effet sur les plantes, les sels de cuivre se placent entre le sublimé corrosif et les sels de plomb.

SELS DE MERCURE. — Le mercure et ses sels, le mercure surtout, jouissent d'une mauvaise réputation, à cause des effets qu'ils produisent, dit-on, sur les plantes. Parmi les sels de mercure solubles, on n'a expérimenté que le bichlorure, le bichyanure et l'iodure double de mercure et de potassium; nous ne parlerons que de ces trois composés, mais, avant, nous rapporterons quelques expériences curieuses relatives au mercure métallique qui serviront à détruire des erreurs vulgairement répandues.

Le mercure, abandonné à l'air, même à la température ordinaire, émet des vapeurs qui sont toxiques pour les animaux et qui paraissent agir de la même manière sur les végétaux.

Les graines placées sur le mercure au contact de l'air et arrosées avec de l'eau germent très-bien; si l'on intercepte l'air et si l'on confine celui qui entoure les graines, celles-ci germent encore, mais bientôt la plante périt; Durand, de Caen (*Ann. des sciences naturelles*, 3^e série, t. III, 210, 1845), a même remarqué un phénomène assez singulier, c'est que dans le premier cas la radicule des haricots, quoique moins dense que le mercure, pénètre hardiment dans le métal, ce qui démontre qu'elle est douée d'une force indépendante de son poids spécifique, la radicule des haricots s'enfonçant dans le mercure, s'y maintient au moyen d'une excrétion du végétal, qui se combine bientôt avec le mercure environnant; la plante continue à végéter, mais bientôt les premières racines développées sont détruites et il s'en forme d'autres qui disparaissent à leur tour.

Marcet ayant versé du mercure métallique dans un trou qu'il avait fait dans un cerisier et qui pénétrait jusqu'à la moelle, vit qu'au bout d'un an l'arbre n'avait rien éprouvé. De Candolle rapporte que de Saussure retrouva, en coupant un arbre sain, du mercure qu'il y avait mis trente ans avant et qu'il y avait oublié.

Mais, si comme l'ont fait Weimann, Paats, Von Troostwick et Lauwerenburgt, on place certaines plantes sous une cloche contenant du mercure, après vingt-quatre heures on remarque

des taches brunes et les plantes sèchent et meurent. Cependant quelques végétaux monocotylédons, les oignons, par exemple, résistent à cette action du mercure, tandis que des *Pelargonium* et autres dicotylédons périssent en huit jours; Gœppert a constaté que les vapeurs mercurielles, qui flétrissaient et tuaient les feuilles du *Berberis vulgaris*, étaient sans action sur les étamines, et que celles-ci conservaient leur irritabilité.

Les graines qui séjournent quelque temps dans les solutions mercurielles, même étendues, perdent leurs propriétés germinatives. Cependant nous verrons bientôt que le sublimé corrosif à 1/000 et le cyanure de mercure à 1/1000 ne détruisent pas complètement la propriété germinative comme on l'a prétendu; mais les plantes périssent bientôt, les racines rampent à la surface et ne pénètrent pas dans le milieu infecté. Roché a remarqué que les plantes dont les racines plongent dans une solution de sublimé deviennent blanches et opaques, tandis que dans le cyanure de mercure les tiges et les feuilles deviennent transparentes et ne tardent pas à mourir.

L'action des mercuriaux sur les plantes vivantes est extrêmement lente, on les voit dépérir peu à peu, leur tige se dessèche, se corrode à la base, les feuilles et les tiges se couvrent de taches jaunâtres, la couleur des fleurs est souvent dénaturée, et d'après Roché, les fleurs odorantes (*Jacinthe, Hélioïtrophe, Julienne*) perdent leur odeur, les fruits avortent souvent.

Le duc de Mauvers ayant employé du bois imprégné d'un sel mercuriel pour la construction d'une serre du parc de Toresby et ayant laissé ce bois sans être peint, on vit périr trois vignes dont les rameaux couraient sur ce bois; les fruits d'autres vignes voisines moins gravement atteintes avortèrent complètement. Dix ans après les vignes s'en ressentaient encore (*Sur l'effet de la solution de sublimé corrosif pour la conservation des bois. — Gardener Magazine, — Journal d'Agriculture pratique, p. 142. 1842-1843*).

Les solutions mercurielles détruisent l'excitabilité des folioles de *Mimosus* et des étamines de *Berberis* (Müller, *Expériences sur l'action des poisons sur les plantes dites sensibles et de quelques autres. — Bull. des sciences naturelles, t. XIV, p. 77. 1828*).

Les oxydes de mercure, quoique moins actifs que les com-

posés solubles, nuisent cependant à la végétation. Le protochlorure est moins énergique que le bioxyde.

Tous les composés mercuriels, cinabre excepté, sont nuisibles à la germination. Ils agissent de diverses façons, suivant que les matières organiques peuvent plus ou moins les réduire.

SUBLIMÉ CORROSIF OU BICHLORURE DE MERCURE. — Marcet a constaté que les solutions de sublimé tuent rapidement les plantes ; mais il employait des solutions trop concentrées : 1/10 (1).

Macaire-Princeps et Séguin ont constaté les mêmes effets. Bouchardat, qui a opéré sur plusieurs plantes, notamment sur le *Mentha sylvestris*, avec des solutions à 1/1000 et au-dessous, a confirmé les faits énoncés par ses prédécesseurs.

Voici le résultat de nos expériences :

123° *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, trois balsamines vigoureuses ont été arrosées avec une solution de sublimé corrosif à 1/1000 ; deux sont restées languissantes, la troisième a fleuri. Nous avons trouvé du mercure dans les feuilles et dans les tiges.

124° *Expérience.* — Une balsamine a été arrosée le 24 juin 1861, avec une solution de sublimé corrosif à 1/2000 ; la plante, quoique flétrie, a fleuri. Nous avons trouvé du mercure.

125° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose, mise dans une solution de sublimé corrosif à 1/1000, est restée stationnaire, sans aucune trace de racicules ; la plante est morte le 25 novembre. Pas de mercure.

126° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée, placée dans une solution à 1/1000, a commencé à se flétrir le 27 ; elle est morte le 6 mai.

127° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, un rameau de laurier-rose, placé dans la solution à 1/1000, est mort le 5 juin. Pas de mercure.

128° *Expérience.* — Le 16 mars, de l'orge semée dans du sable fut arrosée chaque jour avec une solution à 1/1000, la germina-

(1) Il est impossible de faire des dissolutions aqueuses de sublimé corrosif dans les proportions de 1/10 ; il est probable alors qu'on a eu recours à quelque moyen de dissolution artificiel, tel que l'emploi de l'alcool ou de chlorhydrate d'ammoniaque : on comprend qu'alors les questions se compliquent.

tion a commencé le 26; le 5 avril, les jeunes pousses avaient environ 0^m,02 de haut; le 5, 0^m,015; le 10 avril, 0^m,025. Les arrosages ayant été continués, les jeunes plants sont morts le 30 avril; nous avons constaté la présence du mercure.

129° *Expérience.* — Le 23 juin 1864, deux balsamines très-vigoureuses furent arrosées avec une solution à 1/1000; les plantes, quoique chétives, ont fleuri; le 18 juillet, on remarque des taches sur différentes parties des plantes, les tiges sont corrodées à la base, et, le 8 août, elles sont réduites en bas, à la moitié du diamètre qu'elles présentent vers le milieu. Nous avons constaté la présence du mercure dans les feuilles et dans les tiges.

Le sublimé corrosif est donc un poison violent pour les plantes; mais il est loin de posséder l'énergie de l'acide arsénique, de l'acide arsénieux, du chlorate de potasse, et même de l'iodure de potassium. Nous ne pensons donc pas que son énergie d'action soit supérieure à celle des composés arsenicaux solubles.

CYANURE DE MERCURE. — Les expériences de Bouchardat lui ont démontré que le cyanure de mercure était un poison des plantes moins énergique que le bichlorure.

IODURE DOUBLE DE MERCURE ET DE POTASSIUM. — C'est Bouchardat qui a démontré le premier l'action très-énergique de ce composé sur les animaux, surtout sur les animaux inférieurs; le plus souvent, il faisait dissoudre le biiodure de mercure dans un poids égal d'iodure de potassium. Nous avons voulu comparer l'action de ce sel sur les plantes avec celle qu'exerce le bichlorure; nous nous sommes servi du sel cristallisé que *P. Boullay* a trouvé composé comme il suit : $\text{IHg}^2 + \text{KI}$... c'est-à-dire 1 équivalent d'iodure de potassium pour 2 équivalents de biiodure de mercure.

Voici quels sont les résultats obtenus :

130° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un laurier-rose a été mis dans une solution d'iodure de mercure et de potassium à 1/1000; le 10, la plante était morte.

131° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée, placée dans une solution semblable, est morte le 24. Nous

avons remis une seconde plante dans le même liquide; elle est morte le 26.

132° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, un laurier-rose fut placé dans une solution à 1/2000; la plante était flétrie le 24, morte le 27.

133° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, des grains d'orge semés dans du sable et arrosés avec une solution à 1/1000; il n'y a pas eu la moindre trace de végétation.

134° *Expérience.* — Le 13 décembre 1864, un beau pied de séneçon, très-vigoureux, a été plongé par ses racines dans une solution à 1/1000; il est mort le 15, et l'on remarquait à la surface des radicules un dépôt de biiodure de mercure.

Il résulte de ces expériences, que de tous les composés mercuriaux, l'iodure de mercure et de potassium est celui qui nuit le plus aux plantes, son action énergique ne peut être comparée qu'à celle de l'acide arsénique, elle est même plus grande.

INFLUENCE DES TERRAINS. — Nous avons déjà dit que la composition des terrains avait une grande influence sur la végétation. Cependant la végétation peut se faire dans des oxydes ou des sels insolubles qui ne pourraient pas être introduits impunément dans l'estomac, en raison des actions chimiques qui pourraient se produire et des dissolutions qui pourraient s'opérer.

Le 14 août 1854, dix grains d'orge, préalablement trempés et choisis, ont été semés dans les substances suivantes et arrosés avec l'eau distillée.

135° *Expérience.* — 1° Dans la fleur de soufre lavée, trois grains ont germé mais les trois plantes sont mortes le 2 juillet, lorsqu'elles avaient déjà acquis une longueur de 0^m,025.

2° Dans l'oxyde de zinc, quatre grains ont germé et ils sont morts le 4 juillet lorsqu'ils avaient déjà 0^m,028 de hauteur. Pas trouvé de zinc.

3° Dans l'oxyde d'antimoine, trois grains ont germé et les jeunes plants sont morts le 4 juillet. Ils étaient hauts de 0^m,029 environ. Nous y avons constaté la présence de l'antimoine.

4° Dans le safran de mars apéritif (sexquioxycide de fer hy-

draté), pas la moindre trace de germination. Expérience répétée deux fois avec les mêmes résultats.

5° Dans la céruse, cinq grains ont levé et ne sont morts que le 9 juillet. Ils étaient hauts de 0^m,074, ils contenaient du plomb.

6° Dans le sous-nitrate de bismuth, quatre grains ont germé, ils sont morts le 16 juillet, les jeunes plantes avaient une hauteur de 0^m,091. Nous n'y avons pas trouvé de bismuth.

7° Dans le calomel, cinq grains ont germé, ils sont morts le 18 juillet, les jeunes pousses étaient longues environ de 0^m,085. Elles ne contenaient pas de mercure.

8° Dans le kermès, cinq grains ont levé, la germination s'est bien faite, les pousses étaient vigoureuses, et le 27, époque à laquelle elles ont commencé à se flétrir, elles avaient environ 0^m,011 de haut. Elles ne renfermaient pas d'antimoine.

9° Dans le sulfate de quinine, quatre grains ont germé; les jeunes pousses sont mortes au douzième jour, elles étaient hautes de 0^m,018. Elles contenaient de la quinine.

On voit d'après ce qui précède que la première condition d'absorption et d'action sur les plantes, c'est la solubilité dans l'eau, et c'est bien dans ce cas que l'on peut dire : « *Corpora non agunt nisi sunt soluta*, » ce qui n'est pas toujours vrai pour l'organisme animal où des actions mécaniques compliquent souvent la question.

Ajoutons en terminant que des substances que nous venons d'énumérer, c'est-à-dire : fleurs de soufre, oxyde de zinc, oxyde d'antimoine, céruse, sous-nitrate de bismuth, safran de mars apéritif, calomel, kermès et sulfate de quinine, ont été mêlées à du sable calciné et lavé, dans les proportions de 1/100, et que des semis d'orge ayant été faits dans ce mélange, la germination s'est bien opérée comme elle l'aurait été dans du sable pur, à part dans le safran de mars où une graine seulement sur six a germé et la jeune pousse est morte de bonne heure.

En terminant chaque article qui fait le sujet des expériences comprises dans ce chapitre, nous avons résumé les faits qui se rattachent à chaque substance employée, et établi, pour ainsi dire, des conclusions sur chacune d'elles, il nous restera maintenant à les résumer à la fin de ce mémoire.

CHAPITRE III

ACTION DES POISONS ORGANIQUES SUR LES PLANTES

L'action qu'exercent les poisons organiques sur les animaux est loin d'être parfaitement connue. On sait bien quelles sont les substances actives et celles qui ne le sont pas; on sait approximativement quel est leur degré d'action, mais on est loin de connaître d'une manière précise quels sont les organes ou les systèmes sur lesquels les poisons portent successivement leurs effets. Il s'est fait depuis quelques années un mouvement prononcé vers les études physiologiques, qui ont pour but de mieux spécifier la localisation d'action des substances toxiques, et de mesurer pour ainsi dire l'intensité de cette action.

Il n'en est pas de même pour les végétaux; à peine sait-on si tel poison est ou n'est pas nuisible aux plantes. Marcet, Macaire-Princeps, et surtout Gœppert, ont cherché à étudier l'action de certaines substances sur les plantes et plus particulièrement sur celles qui possèdent des organes irritables, tels sont les *Berberis*, le *Mimosa pudica*, la *Rue*; etc.: il existe à ce sujet bien des contradictions, elles doivent être attribuées aux divers modes défectueux d'expérimentation qui ont été employés.

De nombreux chimistes ou physiologistes, parmi lesquels Rafn, Becker, Wiegmann, Marcet, Macaire-Princeps, Louyet, Sneider, Gœppert et surtout Bouchardat, se sont occupés de l'action des poisons végétaux sur les plantes; mais presque tous ont opéré sur des substances complexes comme les extraits, et sur des plantes placées dans de mauvaises conditions de vie et d'absorption; de là des opinions contraires. Julio (*Biblioth.*, n° 5, p. 128) regarde l'opium comme un excitant des végétaux; Gœppert dit que ce poison est sans action sur la sensitive; Müller assure qu'il diminue les mouvements de cette plante, et Marcet affirme que les mouvements des étamines d'un rameau d'épine-vinette plongé dans la solution d'opium ont été anéantis.

L'expérimentation par les décoctions et par les solutions d'extraits de plantes vénéneuses doit nécessairement conduire à des résultats variables, non-seulement parce que ces solutions et ces extraits ne sont pas constants dans leur composition et dans leurs effets, mais encore parce que les matières extractives qui accompagnent les principes actifs s'oxydent au contact de l'air, se résinifient, enveloppent les spongioles, obstruent les vaisseaux, et tuent les plantes par défaut d'absorption plutôt que par absorption d'un poison. Il en est résulté que l'on a pu tuer des plantes avec des solutions d'extraits tout à fait inertes.

C'est pour ces raisons et pour d'autres encore que nous avons fait choix dans nos expériences de principes immédiats parfaitement définis. Nous avons eu recours aux alcalis organiques et à leurs sels, aux acides, à certains corps neutres notre intention était non-seulement de rechercher si les alcalis organiques sont des poisons pour les végétaux, mais encore d'établir leur persistance, ou leur destruction par des plantes qui les avaient absorbés et qui les contenaient accidentellement; nous voulions voir, en un mot, si les végétaux qui jouissent de la faculté de fabriquer dans leur sein des alcalis organiques avaient également celle de les détruire ou de les transformer les uns dans les autres; d'autant plus, comme nous le verrons bientôt, que deux alcaloïdes de la même plante ne diffèrent souvent l'un de l'autre que par 1 équivalent ou 2 d'oxygène.

J. Dumas a dit dans sa *Statique chimique* : « Les animaux sont » des appareils de combustion, ils prennent l'oxygène à l'air et » font de l'acide carbonique. Les végétaux, au contraire, sont » des appareils de réduction, ils prennent l'acide carbonique à » l'air, fixent le carbone et dégagent l'oxygène. » Il est vrai que certaines parties des plantes, celles qui ne sont pas vertes, les corolles et les fruits mûrs, par exemple, au lieu de décomposer l'acide carbonique, en exhalent; au lieu de dégager de l'oxygène, en absorbent. A ce propos, qu'on me permette une petite digression; quelle est l'origine de cet acide carbonique rendu par les parties non vertes? On a dit qu'il se formait dans les tissus eux-mêmes par absorption de l'oxygène et combustion du carbone, mais alors il y aurait élévation de température dans

ces parties, puisque la chaleur de combustion du carbone est représenté par le nombre 8080.

Ce dégagement de chaleur n'a jamais pu être constaté. On a assuré que les fleurs et les parties non vertes exhalaient l'acide carbonique absorbé par ces parties vertes, le laissaient pour ainsi dire filtrer sans le décomposer. Enfin on a prétendu que cet acide carbonique était puisé dans le sol, qu'il traversait les plantes, qu'il était décomposé dans les parties vertes, et qu'il ne l'était pas dans les parties non vertes.

Quelle est de ces théories celle qui est exacte ? on n'en sait rien ; il pourrait même se faire que la production comme la réduction de l'acide fussent des phénomènes complexes ; mais ce que nous désirons faire remarquer, c'est qu'il se passe dans le sein du végétal des phénomènes chimiques incontestables.

Boussingault, Cloës, Calvert, ont démontré que les plantes ou quelques-unes de leurs parties dégagent de l'oxyde de carbone dans certaines circonstances particulières. D'où vient ce gaz ? Ce n'est certainement pas du sol ou de l'air ; il a donc fallu qu'il y eût dans la plante ou combustion de carbone, ou réduction d'acide carbonique.

Ceci nous démontre qu'il se passe dans les plantes des phénomènes chimiques d'une grande énergie. Comment en serait-il autrement, puisque nous voyons les végétaux fabriquer de la cellulose, de l'amidon, des sucres, des alcalis, des acides organiques, des corps gras, des essences, etc., etc.

Toutes ces substances ne se forment pas d'emblée, elles ne restent pas stationnaires, elles passent par plusieurs états, et se transforment en plusieurs principes ; on sait parfaitement ce que devient l'amidon pendant la germination, on voit le sucre disparaître dans les saccharifères à mesure qu'elles portent graines, on suit pas à pas la formation des huiles dans les oléagineux. Mais les alcalis organiques où et quand se forment-ils ? Où et quand se détruisent-ils ? Comment et en quoi se transforment ceux qui appartiennent à la même plante, comme la *Morphine*, la *Codéine*, la *Narcotine*, la *Narcéine*, la *Thébaïne* dans l'opium, la *Strychnine*, la *Brucine* et l'*Igazurine* dans les strychnos ; la *Quinine*, la *Cinchonine* et la *Quinidine* dans les quinquinas, etc. ? Sont-ils toujours et partout des principes

parfaitement distincts? se transforment-ils les uns dans les autres, ou bien dérivent-ils du même principe? Cette dernière opinion est la plus probable comme nous le verrons plus loin; mais elle n'est pas démontrée.

Ces transformations chimiques que la nature opère très-probablement dans les plantes et que nous ne pouvons pas obtenir dans nos laboratoires, serait-il possible de les produire à volonté dans toutes ces espèces de plantes? Pourrait-on, par exemple, faire absorber de la quinine à une plante et la lui faire transformer en cinchonine et *vice versa*? Cela ne nous paraît pas impossible.

Notre ambition ne se porte pas si haut pour le moment, peut-être plus tard entreprendrons-nous de le démontrer; nous nous contentons aujourd'hui de constater l'action qu'exercent certains principes immédiats des végétaux sur les plantes et d'examiner leur persistance ou leur disparition.

§ 1. — Acides organiques.

ACIDE CITRIQUE. — D'après Bouchardat, des plants de *Mimosa pudica* et de *Mentha aquatica*, placés dans une solution d'acide citrique à 1/1000 moururent et se desséchèrent après huit jours.

Mes expériences ont constaté un même résultat :

1^{re} Expérience. — Le 22 avril 1863, un pied de *Menthe poivrée* mis dans une solution d'acide citrique à 1/1000, mourut le 30 avril sans avoir donné trace de végétation.

2^e Expérience. — Le 13 décembre 1863, deux pieds de sénéçon ont été placés dans une solution d'acide citrique à 1/1000. Les deux premiers jours ils ne donnèrent lieu à aucune observation, ensuite ils se ridèrent, se desséchèrent et les plantes étaient mortes le 19 décembre. L'acide citrique n'a pas été trouvé.

ACIDE ACÉTIQUE. — Les vinaigres du commerce renferment de 6 à 10 centièmes d'acide acétique réel, c'est-à-dire monohydraté, étendus d'eau ou même sous cet état de concentration ils

peuvent être pris à assez forte dose par des animaux supérieurs, seulement, car à 1/1000 l'acide acétique tue rapidement les animaux inférieurs, les sangsues, etc., il a fallu une concentration à 1/400, pour tuer un *Mentha sylvestris* en sept jours.

D'après Bouchardat, l'acide formique agit de la même manière à 1/200.

3° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée placée dans une solution d'acide acétique monohydraté à 1/1000, s'est conservée fraîche pendant plus de quinze jours, vers le 10 mai ses feuilles ont commencé à perdre leur turgescence et à se dessécher, mais la plante n'est complètement morte que le 4 juin.

ACIDE BENZOÏQUE. — L'acide benzoïque est un des acides les plus faibles que l'on connaisse, il peut être administré à l'homme à forte dose sans inconvénients; mais Bouchardat a vu qu'à 1/1000, il tuait assez rapidement les plantes, les sangsues et les poissons, même à 1/10 000.

4° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée a été placée dans une solution d'acide benzoïque à 1/1000; dès le lendemain les feuilles devinrent flasques, molles, elles perdirent leur turgescence et la plante mourut le 28.

L'action puissante de l'acide benzoïque sur les plantes ne nous paraît pas venir de sa nature acide; ses relations avec l'essence d'amandes amères, qui, nous le verrons, est un poison violent pour les plantes, pourrait faire supposer que la transformation de l'acide en essence s'opère dans la plante; en effet, l'acide benzoïque hydraté ayant pour formule $C^{14}H^6O^4$ et l'essence d'amandes amères $C^{14}H^6O^2$, il suffirait qu'il y eût réduction de 2 équivalents d'oxygène pour que la transformation fût opérée.

Les expériences que nous avons faites pour chercher à opérer cette transformation ou la transformation inverse, au moyen des plantes, n'ont donné aucun résultat satisfaisant; nous continuerons nos recherches.

ACIDE OXALIQUE. — L'acide oxalique est un poison très énergique, et il agit non-seulement en vertu de ses propriétés acides, mais encore parce qu'il exerce sur l'économie animale une action spéciale qui se manifeste par des désordres nerveux

analogues à ceux que produit la strychnine ; les bioxalates eux-mêmes doivent être regardés comme très-dangereux : Bouchardat a constaté que des plants de *Mentha sylvestris* et de *Polygonum tinctorium* périssait rapidement dans les solutions d'acide oxalique et de bioxalate de potasse.

Voici quels ont été les résultats de nos expériences.

5° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, trois menthes poivrées placées dans une solution d'acide oxalique à 1/1000 ont parfaitement poussé ; elles vivaient encore le 4 octobre, deux échantillons ont fleuri et fructifié. La souche a repoussé en 1864, le liquide renfermait toujours de l'acide oxalique, nous avons aussi constaté des traces de cet acide dans la plante.

6° *Expérience.* — Le 22 mai 1864, une bouture de laurier-rose a été placée dans une solution d'acide oxalique à 1/1000 ; les feuilles étaient flétries le 1^{er} juin et la plante était morte le 4. Nous n'avons pas trouvé d'acide dans les parties non immergées de la plante.

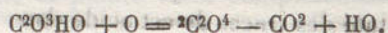
7° *Expérience.* — Le 16 mars 1864, de l'orge semée dans du sable et arrosée avec la solution d'acide oxalique à 1/1000, a commencé à germer le 5 avril ; le 18 les pousses étaient longues de 0^m,012, et le 14 mai de 0^m,094. Les jeunes plants sont morts le 21 mai ; nous n'avons pas trouvé d'acide oxalique.

8° *Expérience.* — Le 23 juin 1864, deux balsamines semées en bonne terre ont été arrosées tous les jours avec la solution d'acide oxalique à 1/1000, les deux plantes ont parfaitement végété et fleuri. Dans l'un des pots un *Lolium perenne* a poussé, fleuri et fructifié. Le 8 août les deux balsamines ayant été bien arrosées à leur base avec la solution oxalique, quatre heures après nous avons trouvé l'acide oxalique libre dans une des plantes ; la seconde n'a été sacrifiée que le lendemain, elle ne renfermait ni acide oxalique libre, ni acide oxalique combiné.

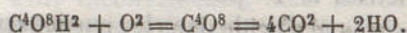
9° *Expérience.* — Le 13 décembre 1864, un vigoureux pied de sénéçon a été placé dans une solution d'acide oxalique à 1/1000, dès le lendemain les spongioles étaient gonflées, les feuilles flétries et la plante est morte le 18 ; nous avons constaté l'acide oxalique libre dans la plante.

Nous voyons que l'acide oxalique, poison énergique pour les animaux, est loin d'être aussi actif que les acides tartrique et

citrique lorsqu'on le fait agir sur les plantes; on comprend que dans la 8^e expérience les plantes aient pu végéter parce qu'elles étaient plantées en terre, et qu'une portion de l'acide était saturé par le carbonate de chaux contenu dans cette terre; mais l'absorption de l'acide s'est effectué, puisque nous l'avons retrouvé dans les plantes, et sa prompte disparition peut être expliquée par la facile décomposition de cet acide, et aussi par la faculté qu'il possède de prendre de l'oxygène pour se transformer en acide carbonique; cette transformation peut être représentée par l'équation suivante.



ou bien en le considérant comme bibasique.



La chaleur change l'acide oxalique en oxyde de carbone, en acide carbonique, en traces d'acide formique et en eau, peut-être cette transformation se fait-elle dans les végétaux.

Julio a vu qu'une solution d'acide oxalique à 1/1000 tuait un rosier rapidement et que la plante n'avait pas absorbé 5^{cc} de liquide en vingt-quatre heures. Il a constaté également que les haricots, avec la même solution mouraient en vingt-quatre heures, mais que les plantes en pleine terre n'en étaient pas affectées, probablement par les raisons que nous avons données.

ACIDE TARTRIQUE. — D'après Bouchardat, l'acide tartrique agirait sur les plantes comme l'acide citrique, c'est-à-dire qu'à la dose de 1/200, il les flétrirait en deux et trois jours et qu'il les tuerait en dix jours.

10^e *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée fut placée dans une solution d'acide tartrique à 1/1000, la plante était morte le 17. Nous la remplaçâmes par une autre qui mourut le 4 mai.

11^e *Expérience.* — Le 1^{er} juin 1864, une menthe aquatique fut placée dans une solution d'acide tartrique à 1/2000, elle commença à se flétrir le 14, elle était morte le 18. Selon nous, l'acide tartrique agirait sur les plantes comme le fait l'acide

citrique et l'un et l'autre sont plus nuisibles que l'acide oxalique.

ACIDE CYANHYDRIQUE. — Parmi les observateurs qui ont étudié l'influence de l'acide cyanhydrique sur les végétaux, Gœppert est celui dont les expériences sont les plus nombreuses et les plus intéressantes. Déjà Rafn, en 1790 (1), avait vu qu'il détruisait l'irritabilité des étamines; Becker, en 1824 (2), Macaire, Wiegmann, Sneineder, l'étudièrent avec beaucoup de soin, et Bouchardat constata l'exactitude des résultats annoncés. La plupart des auteurs qui ont expérimenté l'action de l'acide cyanhydrique sur les végétaux se sont servis d'acide trop concentré (à 5/100 environ), Bouchardat a employé l'acide à 1/1000, il a vu que des plants de *Mimosa pudica*, de *Polygonum tinctorium* et de *Mentha aquatica*, mouraient rapidement, et que les feuilles de la première perdaient leur motilité. Gœppert, Macaire-Princeps et tous les auteurs qui ont fait les mêmes expériences, ont constaté des phénomènes semblables. « Si l'on met, dit Macaire, une feuille de *sensitive* à la surface de l'acide cyanhydrique, de la force de celui de Scheele, elle se contracte d'abord, puis se dilate légèrement; mais elle devient insensible, et les articulations des folioles sont flexibles, l'eau ne les rétablit point; si l'acide est étendu de quatre ou cinq fois son poids d'eau, les folioles se dilatent comme dans l'eau pure; mais on ne peut exciter en elles aucun mouvement. Si l'on place une goutte d'acide sur les folioles, on les voit se contracter paire par paire, puis elles se dilatent, mais elles sont devenues insensibles; les folioles paraissent comme engourdies et elles ne reprennent leur sensibilité complète qu'une demi-heure ou une heure après; le contact de l'ammoniaque paraît accélérer le retour de la sensibilité; les vapeurs d'acide cyanhydrique agissent comme l'acide lui-même; un flacon contenant de l'acide placé sous le pétiole, celui-ci perd sa motilité et il ne la reprend que une ou deux heures après. En plaçant sous une cloche, dans une petite tasse, un peu d'acide cyanhydrique et une *sensitive*, la plante conserve toute sa fraîcheur, mais elle devient à peu près insensible. »

De même que l'on peut agir sur un système de l'économie

(1) *Danemark's Flora*, I, p. 176.

(2) *Annals of philosophy*.

animale sans altérer les autres, de même que le sulfocyanure de potassium porte exclusivement son action sur le système musculaire, le curare sur le système nerveux sensitif, et la strychnine sur le système nerveux moteur, de même l'acide cyanhydrique peut détruire la sensibilité d'une plante sans nuire à la vie végétative; et il faut reconnaître que les faits donnent un grand poids à l'opinion de Dutrochet, qui admettait dans certaines plantes l'existence de points symétriquement arrangés, qu'il appelait *corpuscules nerveux*, dont l'existence a été soutenue depuis par Leclerc (de Tours). Becker dit que l'acide cyanhydrique agit sur les végétaux comme sur les animaux; les grains perdent leurs propriétés germinatives. Dans les expériences faites au moyen de l'acide cyanhydrique, on n'a pas spécifié la proportion réelle d'acide anhydre employé; on s'est contenté de dire que l'on prenait tant pour 100 d'acide de Scheele, de G. Pessina ou de Gay-Lussac.

Nous avons voulu, dans nos expériences, être plus précis et nous n'avons jamais opéré que sur des solutions d'acide cyanhydrique titré par la méthode de M. Buignet. — Voici quels sont les résultats obtenus.

12° *Expérience.* — Le 30 décembre 1864, un pied vigoureux de *Veronica lindleyana* en pot a été arrosé avec une solution d'acide cyanhydrique à 1/1000; le 3 janvier, les rameaux supérieurs se sont recourbés, les feuilles se sont repliées en dessous et la plante était tout à fait flétrie et mortellement atteinte le 6 janvier.

13° *Expérience.* — Le 26 décembre 1864, deux pieds de *Senecio vulgaris* élevés dans des pots, en ont été extraits, et après avoir lavé les racines nous les avons plongés l'un dans une solution d'acide cyanhydrique à 2/1000, l'autre dans la solution à 1/1000. Rien de sensible ne s'est manifesté pendant deux jours. Le 1^{er} janvier, la plante du premier pot était triste et flétrie, elle était morte le 3; la plante du second pot a résisté jusqu'au 4: les feuilles se sont alors fanées et repliées sur elles-mêmes, et la plante n'était tout à fait morte que le 8.

14° *Expérience.* — Le même jour, la même expérience a été répétée avec les mêmes solutions sur deux pieds de *Pelargo-*

nium zonale; les résultats ont été les mêmes, c'est-à-dire qu'avec la solution à 2/1000, la plante s'est flétrie le 7, et a présenté successivement des feuilles jaunes ridées et est morte le 11; avec la solution à 1/1000, les mêmes phénomènes ne se sont produits que le 9 janvier; mais dans les deux cas, le bourgeon terminal est resté frais; les arrosages étant continués, les plantes n'ont été tuées qu'après un mois.

15^e *Expérience*. — Un pot de *Mimosa pudica* élevé en serre et vigoureux fut arrosé le 2 janvier 1865, avec une solution d'acide cyanhydrique à 1/1000. La plante a paru ne rien éprouver pendant quatre jours, la couleur et la motilité des feuilles sont restées les mêmes, la végétation n'a pas été ralentie, et la plante ne nous a pas paru *paresseuse*. Le 7, les phénomènes ont changé, les feuilles se sont affaissées, elles ont perdu leur contractilité; le 11, elles ont commencé à jaunir et à tomber; le 19, il n'en restait plus sur l'arbrisseau, quoique le sommet eût conservé toute sa fraîcheur.

Il résulte de ces faits que l'acide prussique ou cyanhydrique, qui est un poison très-énergique pour les animaux supérieurs, est loin d'agir sur les plantes comme le font l'alcool, l'éther, les essences, etc., etc.

§ 2. — Alcalis organiques.

L'action des alcalis organiques ou de leurs sels sur les végétaux n'a été étudiée que par Bourchardat. L'influence de ces poisons ou celle des produits qui les contiennent a été différemment appréciée par les expérimentateurs; les uns ont comparé leurs effets à ceux qu'ils exercent sur les animaux supérieurs, d'autres leur refusent toute espèce d'action. Il est probable que ces divergences proviennent de ce que les expériences ont été faites dans des circonstances différentes: le choix des plantes est un fait des plus importants, mais celui de la substance à employer ne l'est pas moins. Plusieurs auteurs ont opéré avec des extraits de plantes; mais, on le sait, les extraits varient considérablement dans leur composition, et quelques-uns, les

extraits de ciguë, de belladone, de jusquiame, par exemple, lorsqu'ils sont mal préparés, sont tout à fait inertes.

Afin d'éviter les diverses causes d'erreur que l'on doit redouter dans ces sortes d'expériences, nous avons opéré avec des sels purs et sur des plantes placées dans diverses conditions. Avant d'entrer dans le détail de nos expériences, nous exposons le procédé que nous avons suivi pour constater la présence des alcaloïdes dans les plantes soumises à l'expérimentation. Nous avons fait usage de l'iodure de potassium et de mercure, le réactif le plus sensible, sans contredit, de ces principes immédiats.

Lorsque nous opérions sur des plantes fraîches, après les avoir contusées fortement et réduites en pâtes, en ajoutant, lorsque cela était nécessaire, un peu d'eau distillée, nous extrayions le suc par contusion, le marc étant mis à bouillir avec de l'eau distillée, les liquides des deux décoctions successives étaient réunis au suc, et le tout porté à l'ébullition et filtré, puis essayé par l'iodure de potassium et de mercure préparé selon la formule suivante :

Sublimé corrosif	13 ^{gr} ,546
Iodure de potassium	94 grammes.
Eau distillée	1 litre à + 15°.

D'après M. Mayer, un centimètre cube de cette liqueur précipite :

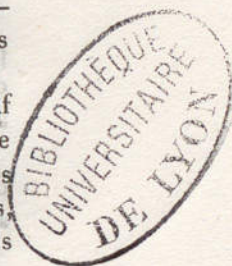
1/20000	d'équivalent	d'aconitine	0,0267
1/20000	—	d'atropine.	0,0145
1/20000	—	de narcotine	0,0215
1/20000	—	de strychnine	0,0167
1/20000	—	de brucine	0,0283
1/20000	—	de véralrine	0,0269
1/20000	—	double de morphine.	0,0200
1/20000	—	de conicine (cicutine)	0,00446
1/40000	—	de nicotine	0,00406
1/60000	—	de quinine	0,0108
1/60000	—	de cinchonine.	0,0102
1/60000	—	de quinidine	0,0120

La seule formation d'un précipité nous faisait conclure à la présence de l'alcali organique, puisque par des expériences à blanc nous avons préalablement constaté que le suc et les décoctions des mêmes plantes traitées de la même manière ne donnaient aucun précipité par le réactif. En effet les alcalis organiques sont les seuls principes immédiats qui précipitent par l'iodure de mercure et de potassium; l'albumine, il est vrai, précipite, mais seulement en présence des liqueurs acides; d'ailleurs dans nos essais l'albumine était séparée par ébullition.

Nous avons une garantie de l'exactitude et de la sensibilité de notre réactif dans nos expériences elles-mêmes, puisqu'il nous a été donné de voir que le suc des plantes arrosées avec des solutions d'alcaloïdes qui précipitaient le lendemain et le surlendemain des arrosages, cessait de précipiter, lorsque ces arrosages étaient discontinués depuis quatre ou cinq jours.

Lorsque nous agissions sur des plantes sèches, l'opération était bien simplifiée, puisqu'il suffisait alors de faire deux ou trois décoctions successives avec l'eau distillée, de réunir les décoctions, de les concentrer, de les filtrer et de faire agir le réactif; nous signalons ici une cause d'erreur qu'il est bon d'éviter: si les plantes renferment une petite quantité d'alcaloïde, il disparaît après quelques jours par la dessiccation surtout lorsque les plantes ont été exposées à la lumière trop vive, soit qu'alors l'alcaloïde se transforme sous l'influence de la lumière, comme l'a vu Pasteur pour les alcaloïdes du quinquina, soit qu'il se détruise tout à fait, lorsque la dessiccation est opérée dans de mauvaises conditions comme Filhol l'a indiqué. L'atropine nous a paru être un des alcaloïdes qui se détruit le plus rapidement.

Quoique l'iodure de mercure et de potassium soit un réactif très-sensible des alcaloïdes, il n'en sera pas moins nécessaire de faire concentrer les liqueurs avant de les essayer; nous avons établi la limite de sensibilité du réactif pour tous les alcaloïdes, nous indiquerons ici celle des alcalis organiques sur lesquels nous avons opéré.



L'iodure de mercure et de potassium décèle la présence	1/150,000	de strychnine.
— — — — —	1/125,000	de narcotine.
— — — — —	1/114,000	de quinine.
— — — — —	1/102,000	de cinchonine.
— — — — —	1/84,000	de brucine.
— — — — —	1/16,000	d'atropine.
— — — — —	1/8,300	de codéine.
— — — — —	1/3,140	de morphine.
— — — — —	1/2,000	de nicotine.

Tous ces précipités à la limite présentent la même couleur blanc jaunâtre et à peu près le même aspect; mais dans les solutions plus concentrées, les colorations et les aspects varient.

Nous avons déjà dit qu'en recherchant la présence des alcalis organiques dans les plantes arrosées avec ces substances nous nous contentions de constater la formation du précipité, et par sa plus ou moins grande abondance, nous jugions approximativement de la quantité d'alcaloïde contenue dans le liquide sur lequel nous opérions. Si l'on ignorait la nature de la base alcaline associée avec l'iodure de mercure, on pourrait la reconnaître, soit en isolant l'alcaloïde de la combinaison, soit en faisant agir sur l'iodure double des réactifs appropriés.

Pour isoler l'alcaloïde il suffit de faire dissoudre l'iodure double dans l'alcool concentré bouillant, de précipiter la solution par l'acide sulfhydrique, de filtrer, de faire bouillir le précipité avec l'alcool, de réunir les liqueurs alcooliques et de faire évaporer à siccité; en reprenant le résidu par de l'eau acidulée, on obtiendra un sel dont on pourra précipiter la base organique à l'aide de l'ammoniaque.

Quant aux réactifs; leur emploi n'a jamais grande valeur, on pourra cependant les consulter et si l'iodure double est pur, s'il contient peu ou point de matières colorantes, les réactions sont assez nettes :

Nous résumons les principales propriétés physiques et chimiques des iodures d'alcaloïdes et de mercure dans le tableau suivant :

CARACTÈRES DES IODURES DOUBLES DE MERCURE ET D'ALCALOIDES.

NOMS DES ALCALOIDES	COULEUR DE L'IODURE DOUBLE	POINT DE FUSION.	ACIDE SULFURIQUE CONCENTRÉ.	A. SULF. ET BIOXYDE de baryum.	A. SULF. ET BIOXYDE de plomb.	A. AZOTIQUE.	ACIDE chlorhydrique.
Atropine . .	Blanc sale caséeux.	66°c ^{des}	Brun rougeâtre odeur de mélilot.	Rien de remarquable	Grisâtre et odeur de mélilot.	Jaune rougeâtre, rose vif à chaud	Rien.
Brucine. . .	Jaune serin caséeux.	160°c ^{des}	Jaune, à chaud violacé.	Rouge.	Rouge vif à chaud.	Rouge.	Rien à froid. Jaun. à chd.
Codéine. . .	Blanc.	85°c ^{des}	» »	» »	» »	» »	» »
Cinchonine .	Jaune légèrement serin, flocons caséeux.	140°c ^{des}	Brun rougeâtre.	Rien de remarquable.	Gris ardoise.	Gris ardoise.	Rien.
Morphine. .	Blanc jaunâtre très-caséeux.	225°c ^{des}	Jaune rouge à chaud.	Jaune rouge à chaud.	Gris ardoise.	Jaune rougeâtre, rouge à chaud.	Rien.
Narcotine. .	Blanc rougeâtre.	104°c ^{des}	Rouge brique.	Jaune rougeâtre.	Rouge.	Coloration passant par le chlore au jaune verdâtre.	Rien.
Nicotine . .	Rougeâtre tripoli.	124°c ^{des}	Rouge.	Rose rouge vif à chaud. puis jaune, puis blanc.	Comme morphine.	Rouge orange.	Rien.
Quinine. . .	Jaunâtre, en flocons caséeux.	69°c ^{des}	» »	» »	» »	» »	» »
Strychnine..	Blanc jaunâtre, flocons légers.	228°c ^{des}	Jaune rouge à chaud.	Vert olive à froid, à chaud même réaction qu'avec l'acide sulfurique.	Bleu manifeste avec beaucoup de bioxyde de plomb.	Rougeâtre à froid, rougeâtre à chaud.	Rien.
(1)							

(1) Pour compléter les caractères de ces iodures doubles et ceux des autres non consignés sur le tableau, voir mon mémoire : *Des applications de la dialyse à la recherche des substances toniques, et de l'emploi de l'iodure de potassium et de mercure pour recherche des alcalins organiques.*

Nous devons ajouter que tous ces iodures doubles, les uns à froid, les autres à chaud, dégagent de l'iode lorsqu'on les traite par l'acide sulfurique.

SELS D'ATROPINE. — L'action du principe immédiat actif de la belladone sur les végétaux n'a jamais été expérimenté, tandis que ses effets sur les animaux sont parfaitement connus; Marcet a étudié l'action de l'extrait de belladone, de jusquiame, de stramonium et de ciguë sur les plantes, et il a vu qu'ils étaient très-nuisibles. Bouchardat est arrivé à des conclusions tout à fait opposées, il a constaté que des plants de *Mimosa pudica* et de *Mentha sylvestris* placés dans des solutions d'extrait de belladone, de ciguë, de jusquiame ou de stramonium, ne paraissaient en éprouver d'abord aucun effet, que les plants ne périssaient qu'au bout de cinq ou six semaines, alors que le liquide était en pleine putréfaction.

On a donc beaucoup exagéré l'action des extraits des solanées vireuses et de ciguë sur les plantes : cependant l'extrait de belladone agit un peu plus manifestement que les autres, du moins d'après les expériences de Bouchardat.

La composition des extraits de plantes toxiques est extrêmement complexe : nous avons dit ailleurs que la solution s'altère au contact de l'air et peut en s'oxydant et en formant des composés insolubles s'opposer à l'absorption.

Voici les résultats de nos expériences sur l'atropine :

16° Expérience. — Le 20 juillet 1860, trois balsamines semées et venues en pleine terre ont été arrosées tous les jours, selon le besoin, avec une solution de sulfate d'atropine contenant 1/1000 d'atropine, c'est-à-dire 1^{gr},1695 de sulfate pour 1000 grammes d'eau distillée. Toutes les trois ont fleuri et fructifié : il nous a été impossible de constater la présence de l'atropine dans les fleurs et dans les graines, mais nous l'avons trouvée dans les feuilles et dans les tiges. Trois à quatre heures après chaque arrosage lorsque les plantes étaient exposées au soleil, et sept à huit après lorsqu'elles étaient à l'ombre, les balsamines imprégnées de sulfate d'atropine, laissent disparaître l'alcaloïde des feuilles et des

Pendant l'expérience précédente, un *Panicum miliaceum* a poussé dans l'un des pots, a fleuri et fructifié, nous avons trouvé l'atropine dans ses feuilles.

17° *Expérience.* — Le 24 juin 1864, deux balsamines placées chacune dans les mêmes conditions; l'une fut arrosée avec de l'eau ordinaire, l'autre avec la solution de sulfate d'atropine; la première a ouvert ses premières fleurs le 29 juillet, et ses fruits étaient mûrs et débiscents à la pression le 12 août; la seconde a fleuri le 17 juillet et ses fruits étaient mûrs le 28 juillet: la présence de l'atropine a été constatée dans les feuilles et dans les tiges, non dans les fleurs ni dans les fruits; toutefois si l'on récolte les fleurs deux ou trois heures après l'arrosage et qu'on les traite comme nous l'avons dit, on obtient un trouble léger, qui pourrait faire soupçonner la présence de l'atropine!

Plusieurs auteurs ont constaté que la motilité était détruite dans les plantes sensibles lorsqu'elles étaient sous l'influence des narcotiques ou des narcotico-âcres.

Tous les botanistes connaissent le mode de déhiscence si curieux de la balsamine (*Impatiens Balsamina*); nous n'avons constaté aucune différence dans cette déhiscence entre la plante qui avait été arrosée avec de l'eau et celle qui avait absorbé du sulfate d'atropine.

18° *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose a été placée dans une solution de sulfate d'atropine correspondante à 1/1000 d'atropine, soit 1^{er},1695 de sulfate par litre d'eau; la plante s'est conservée fraîche et n'a pas paru souffrir, il n'y a pas eu traces de végétation, et elle est morte le 9 novembre; nous n'avons pas trouvé d'atropine dans les feuilles et dans les parties du rameau non immergées.

19° *Expérience.* — Le 22 janvier 1863, un oignon de jacinthe mis dans une solution contenant 1/1000 d'atropine a poussé des racines dès le 22; le 23, elles étaient longues de 0^m,003; le 5 février, de 0^m,006; le bourgeon ce jour-là était déjà long de 0^m,012; le 1^{er} mars, les racines avaient en moyenne une longueur de 0^m,007, et les feuilles, le 13, une longueur de 0^m,09; les fleurs s'ouvrirent le 21 mars. Cueillies le 24, trois fleurs fournirent de l'atropine, on en trouva aussi dans trois feuilles, ici plus que dans les fleurs. La plante transplantée dans l'eau

ne contenait plus d'atropine après quatre jours. Nous ajouterons que la plante-type, mise dans l'eau le même jour, n'a fleuri que le 29 mars.

20^e *Expérience.* — Le 27 avril 1863, deux plants de menthe aquatique ont été mis dans la même solution à 1/1000 d'atropine ; l'un des plants est mort le 3 juin, il contenait de l'atropine, l'autre a fleuri et fructifié ; nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles et dans les tiges ; au mois de mars suivant, les souches laissées dans la solution ont repoussé du pied, mais à cette époque la plante et l'eau ne contenaient plus d'atropine.

21^e *Expérience.* — Le 1^{er} juin 1863, des menthes aquatiques ont été placées dans la même solution, elles ont fleuri et fructifié ; à diverses époques, nous avons constaté la présence de l'atropine dans les feuilles, dans les tiges ; puis au mois de décembre, ayant coupé la partie aérienne de plusieurs plants pour les faire sécher, nous trouvâmes encore de l'atropine dans l'eau ; au mois de février il n'y en avait plus, et les plantes fraîches, qui en renfermaient des proportions notables à l'époque où elles avaient été cueillies ; n'en contenaient plus que des traces après avoir été desséchées et conservées sèches pendant deux mois.

Ces deux dernières expériences nous présentent deux faits bien singuliers que nous avons eu d'ailleurs l'occasion d'observer dans d'autres cas sur différentes plantes et avec divers alcaloïdes : nous voulons parler de la disparition des alcalis après la dessiccation et après la longue conservation des plantes sèches et de l'épuisement ou de la destruction de l'alcaloïde dans la liqueur.

D'après ce que nous avons dit précédemment, le premier fait ne présente rien de bien extraordinaire, nous avons indiqué en effet que d'après les expériences de Pasteur et de Filhol, les alcaloïdes pouvaient disparaître des plantes qui les contenaient lorsque la dessiccation avait été mal opérée ; mais comment se rendre compte de la disparition de l'atropine de la liqueur ? Faut-il admettre que les plantes absorbent particulièrement l'alcali organique et épuisent la liqueur ? Ou bien qu'au contact des racines, des souches et des détritits, l'alcaloïde disparaît ?

Cette dernière supposition nous semble la plus probable, mais de nouvelles expériences nous paraissent indispensables pour trancher la question.

22° *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier-rose a été placée dans une solution à 1/1000 d'atropine, la plante est restée stationnaire; le 26 août, il n'y avait pas la moindre trace de racines; la plante est morte dans le courant de l'hiver.

23° *Expérience.* — Le 22 janvier 1864, un bulbe de *Crocus* fut mis dans du sable calciné et arrosé avec la solution d'atropine à 1/1000. Le 5 février, on trouvait sous le plateau trois racines de 0^m,017 de long chacune; le 20 mars, il y avait trois feuilles longues de 0^m,15; le 10 mars, leur longueur était de 0^m,22; le 20 mars, de 0^m,24; le 28 mars, de 0^m,26; la plante n'a pas fleuri; nous avons trouvé l'atropine dans les feuilles et dans la partie non enterrée du bulbe.

24° *Expérience.* — Le 4 mars 1864, des grains d'orge semés dans du sable calciné et lavé, ont été arrosés avec la solution à 1/1000 d'atropine; le 10, les grains ont commencé à lever. Le 13, ayant été arrosés par erreur avec du chlorate de soude, les jeunes plants moururent. Le 3 avril, un semis fut fait dans de nouveau sable; le 7, il y avait déjà des traces de germination, les arrosages au sulfate d'atropine continuèrent tous les jours; le 27 avril, les pousses étaient longues de 0^m,027; le 8 mai, de 0^m,87; le 15 mai, de 0^m,125; le 4 juin, de 0^m,232. La présence de l'atropine a été constatée dans les pousses; les grains types (arrosés avec de l'eau) avaient produit au 4 juin des plantes qui étaient d'un tiers plus petites.

25° *Expérience.* — Le 6 mars 1864, deux grandes terrines pleines de sable calciné ont étéensemencées avec de l'orge choisie, et arrosées avec la solution précédente. La germination s'est bien faite et plus vite que dans l'échantillon-type; les pousses ont acquis en sept jours une longueur de 0^m,022; le douzième, elles avaient 0^m,09; le quinzième, 0^m,215; le dix-septième, 0^m,287. A ce moment, les réactifs indiquaient la présence de l'atropine, et un jeune lapin ayant mangé 300 grammes de ces pousses mourut en six heures, les arrosages furent alors continués à l'eau pure, et le vingtième jour un lapin de même force

que le précédent put manger 400 grammes de pousses sans en rien ressentir, les réactifs n'indiquaient plus la moindre trace d'atropine. Lorsque les mêmes graines végètent dans de la terre arable et au soleil, on voit disparaître l'alcaloïde en six jours.

26° *Expérience.* — Le 3^e juin 1864, trois balsamines semées et venues précédemment dans trois pots, arrosées avec la solution, ont fleuri le 8 août. Nous avons constaté la présence de l'atropine dans les trois plantes; dans l'un des pots un mouron (*Stellaria media*, Smith), dans l'autre, un *Lolium perenne*, L., ont poussé; tous deux ont fleuri, ils contenaient de l'atropine.

Nous serions entraînés beaucoup trop loin si nous voulions rapporter toutes les expériences que nous avons faites sur l'atropine; elles nous ont convaincu non-seulement que l'atropine n'était pas un poison pour les plantes, mais encore qu'elle était pour quelques-unes un véritable engrais, et ceci est tellement vrai, que les plantes arrosées avec la solution de cet alcaloïde ont mieux et plus vite fleuri que les plantes types; souvent nous avons fait mélanger à dessein par une main étrangère les échantillons en expérience, soigneusement étiquetés, et toujours nous reconnaissons, à distance, à leur taille plus élevée, à leur vigueur plus grande, ceux qui étaient arrosés avec l'atropine. Ce qui nous confirmerait dans l'opinion que l'atropine est un engrais, c'est sa prompte disparition dans les plantes; si une portion de cet alcaloïde peut être retrouvée en nature, il est certain qu'une autre est promptement détruite, et qu'une portion pourrait être décomposée dans le sol lui-même.

MORPHINE. — Nous n'avons expérimenté que sur le chlorhydrate de morphine; c'est le plus stable, le plus soluble, le mieux cristallisable des sels de cette base, employés en médecine.

Bouchardat a expérimenté l'action de la morphine sur les plantes, il a vu que des plants de sensitive arrosés avec la solution de chlorhydrate de morphine à 1/200 n'en éprouvaient d'abord aucun effet sensible, mais que bientôt les folioles perdaient leur motilité, qu'elles dépérissaient et tombaient.

La même expérience répétée avec les *Mentha* et les *Polygonum* donne des résultats semblables, ce qui prouve que la

prétendue analogie de l'influence des narcotiques sur les animaux supérieurs, et sur les plantes, est imaginaire; et que rien n'autorise à regarder comme vrai ce sommeil de la sensitive dont on a tant parlé; la diminution de la motilité doit être attribuée, dit Bouchardat, aux souffrances qu'éprouve la plante. Le chlorhydrate de morphine nuit aux plantes et diminue leur pouvoir absorbant; l'alcaloïde porterait spécialement son action sur les spongioles, et ce serait à cette action seule qu'il faudrait attribuer la mort du végétal, puisqu'on ne trouve pas de morphine dans les parties aériennes.

Nous verrons bientôt, sur ce point, que nos résultats ne sont pas conformes à ceux de notre savant maître.

L'opinion de Bouchardat, qui consiste à regarder l'action du chlorhydrate de morphine comme étant tout à fait locale sur les spongioles et les radicules; est appuyée sur l'expérience suivante: ayant mis une tige de *Mentha*, garnie de nombreuses racines adventives, dans une dissolution de morphine de manière qu'une portion de la tige portant les racines plongeât dans la dissolution, et qu'une autre portion portant également des racines plongeât dans l'eau; et la communication entre les deux parties étant bien interceptée, les racines plongées dans la dissolution de morphine cessèrent bientôt d'absorber, tandis que celles qui étaient dans l'eau pure continuèrent à fonctionner et la plante conserva sa fraîcheur et sa turgidité.

Mulder (*Bydr, tot de nat Westend*, p. 38) a constaté l'action narcotique de l'extrait d'opium sur la sensitive et sur les stigmates des *Mimulus luteus*; d'après Marcet, la solution d'opium fait périr les haricots. Macaire-Princeps assure que sous l'influence de cette solution les étamines des *Berberis* deviennent incapables de se contracter. D'un autre côté, Julio (*Biblioth. ital.*, n° 5, p. 128) regarde l'opium comme un excitant des végétaux; il a vu que deux branches de *Mensembryanthenum barbatum* en fleurs étant placées dans une solution d'opium et dans de l'eau pure, la première s'épanouissait plus vite le matin et se fermait plus tard le soir; et Gœppert annonce qu'une sensitive placée dans un vase plein d'eau avec six onces d'opium, accomplit ses mouvements pendant quatre semaines, comme le fit pendant le même temps une autre sensitive placée dans l'eau pure.

L'action qu'exerce l'opium sur les animaux est très-complexe; les expériences récentes de Cl. Bernard l'ont conduit à distinguer trois effets différents : 1° action soporifique ; 2° action excitante ou convulsive ; 3° action toxique.

Dans l'action soporifique, les six principes de l'opium étudiés par Cl. Bernard doivent être classés ainsi qu'il suit : narcéine, morphine, codéine, les trois autres ne sont pas narcotiques. Dans l'ordre convulsivant : thébaïne, papavérine, narcotine, codéine, morphine, narcéine; et dans l'ordre tonique : thébaïne, codéine, papavérine, narcéine, morphine, narcotine.

Ces différences d'effets des principes immédiats de l'opium si difficiles à constater et à graduer dans leur action sur les animaux, le seraient bien plus lorsqu'il s'agirait des végétaux; non-seulement parce que dans ce dernier cas il serait à peu près impossible, dans l'état actuel de la science, de différencier les actions convulsivante, narcotique et toxique, mais encore parce que de pareilles expériences exigent des quantités assez grandes de matière, et quelques-unes, comme la narcéine, la thébaïne, la papavérine, sont très-rares.

Nous avons donc dû nous borner à expérimenter la morphine, la narcotine et la codéine; cette dernière est la plus toxique des trois, la première la plus narcotique, la seconde la plus convulsivante; mais comment constater cette propriété sur les végétaux, si elle existe? Au contraire, dit-on, les effets toxiques ou narcotiques peuvent être examinés par leur action plus ou moins nuisible, et par la suspension, ou la destruction, de la motilité chez les végétaux sensibles.

27° *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, deux balsamines, semées dans deux pots contenant de la terre franche, ont été arrosées avec une solution de chlorhydrate de morphine à 1/1000; elles ont parfaitement fleuri et fructifié. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles, six jours après le dernier arrosage : il disparaissait vers le huitième ou le dixième dans les feuilles, et vers le troisième dans les fleurs.

La morphine nous a paru persister plus longtemps dans la balsamine que dans l'orge.

28° *Expérience.* — Des haricots semés en terre franche, le

14 mai 1860, dans des pots et arrosés avec la même solution, ont parfaitement germé et fleuri. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles et les tiges, mais non dans les fleurs.

29^e *Expérience.* — Le 24 juin 1861, des balsamines, semées et venues en pots, ont été arrosées avec la solution de chlorhydrate de morphine à 1/1000, et d'autres avec de l'eau ordinaire. Toutes ont également végété, fleuri et fructifié, et il eût été impossible de les distinguer les unes des autres. Le suc de celles qui étaient arrosées à l'eau, étant bouilli, a fourni un coagulum vert, un suc jaune orangé, et pas de précipité par l'iodure double de mercure et de potassium. Celui des plantes arrosées avec le sel de morphine, traité de la même manière, a donné un précipité très-abondant, avec le même réactif. Nous avons voulu essayer sur ce suc les effets des réactifs de la morphine, et nous avons trouvé qu'avec le perchlorure de fer, il se formait un précipité vert jaunâtre; avec l'acide azotique, une coloration jaune orange; avec l'acide iodique, une coloration brune. Quoique ces colorations se rapprochent de celles que donne la morphine, elles ne sont pas assez tranchées pour qu'on puisse leur accorder une grande valeur.

30^e *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier-rose, placé dans la solution de chlorhydrate de morphine, s'est bien conservé pendant deux mois; mais il n'y a pas eu trace de végétation.

31^e *Expérience.* — Le 20 janvier, des bulbes de jacinthes ont été placés dans la solution à 1/1000. Le 27, les racines étaient apparentes; le 23, leur longueur était de 0,037; le 1^{er} mars, de 0,055. Le 23 mars, les plantes ont fleuri sur une hampe très-courte. Nous avons constaté la présence de la morphine dans les feuilles et dans les fleurs. Les bulbes ont souffert et ont été attaqués de la morve blanche, maladie commune aux plantes bulbifères, dont l'origine est inconnue, et qui paraît due à l'influence de l'humidité, c'est en Hollande qu'elle s'est développée. Elle se manifeste par la décomposition successive des tuniques de l'oignon de l'extérieur à l'intérieur, convertissant le parenchyme en un liquide filant, visqueux, sans odeur, qui

paraît être le résultat d'une cause asthénique produisant l'ex-travasation de la gomme.

32° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée a été plongée dans une solution de chlorhydrate de morphine à 1/1000; elle a fleuri et fructifié. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles.

33° *Expérience.* — Le 29 avril 1863, des menthes aquatiques ont été placées dans un vase contenant une solution de chlorhydrate de morphine à 1/1000; elles ont fleuri et fructifié; nous les avons coupées au mois de septembre. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles; les souches, abandonnées dans le liquide, ont repoussé du pied au mois de mars 1864; mais, à cette époque, il n'y avait plus d'alcaloïde dans l'eau.

34° *Expérience.* — Le 22 janvier 1865, des bulbes de *Crocus vernus* ont été placés dans du sable calciné et arrosés avec la solution de chlorhydrate de morphine. Après être restés quelques jours stationnaires, ils ont commencé à pousser vers le 12 février et, le 2 mars, les pousses avaient 0^m,09 de long, le 9, 0^m,44; la plante n'a point porté de fleurs. Nous y avons constaté la présence de la morphine.

35° *Expérience.* — Le 4 mars 1864, quinze grains d'orge ont été semés dans du sable calciné et arrosés avec la solution de chlorhydrate de morphine : onze grains ont germé le 23 mars. Les pousses avaient 0^m,27 de long; le 5 avril 0^m,075, le 20 avril 0^m,91, le 4 mai 0^m,139; nous avons constaté la présence de la morphine dans les jeunes plantes et sa disparition cinq jours après que l'arrosage avait été suspendu.

36° *Expérience.* — Le 23 juin 1864, des balsamines semées et venues en pots, arrosées avec la solution de chlorhydrate de morphine, ont fleuri et fructifié; nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles; dans les pots il avait poussé deux pieds de *Lolium perenne*, un *Stellaria media*, Smith, et un *Urtica*.

37° *Expérience.* — Le 6 juin 1864, un pied de *Mimosa pudica*, placé dans une solution de chlorhydrate de morphine à 1/1000, et un autre plant dans un pot, arrosé avec la même solution, n'ont éprouvé aucun changement et la motilité des feuilles s'est

conservée pendant un mois et demi ; après ce temps, le pied placé dans la solution de morphine a commencé à souffrir et il a complètement perdu ses feuilles.

En août, un rameau de *Berberis vulgaris*, placé dans la solution de chlorhydrate de morphine, et deux pieds de *Parietaria officinalis*, ayant été arrosés avec la même solution, ont parfaitement conservé la propriété contractile de leurs étamines.

NARCOTINE. — 38^e Expérience. — 24 juin 1861, des balsamines en pots, arrosées avec la solution de sulfate de narcotine correspondant à 1 gramme, c'est-à-dire 1/1142 de sulfate pour litre d'eau distillée, ont parfaitement fleuri et fructifié. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles et les tiges.

La plupart des expériences que nous venons d'indiquer par la morphine ont été répétées par la narcotine. Nous n'avons constaté aucune différence d'action entre ces deux alcaloïdes, la végétation des jacinthes, des menthes, la germination de l'orge, se sont très-bien faites ; et les propriétés contractiles des feuilles du *Mimosa pudica*, celles des étamines du *Berberis* et de la pariétaire, n'ont rien perdu de leur sensibilité.

CODÉINE. — S'il existait, dans l'action qu'exercent les poisons sur les végétaux et sur les animaux, l'analogie que plusieurs auteurs ont signalée, la codéine, d'après les recherches de Cl. Bernard, devrait nuire plus aux végétaux que la morphine et la narcotine. Deux expériences seulement ont été faites avec la codéine, l'une sur le *Mimosa pudica*, l'autre sur la menthe aquatique. Ces deux plantes n'ont éprouvé aucun effet nuisible de la solution de codéine à 1/1000 ; comme la codéine est soluble dans l'eau, nous opérions sur l'alcaloïde lui-même.

Nous avons dit ailleurs qu'il existait, en général, une telle relation de composition chimique entre les alcaloïdes d'une même substance, que probablement ils dérivent les uns des autres, et que, dans la nature, cette transformation pouvait se faire ; si les analyses élémentaires qui ont été faites des alcalis organiques de l'opium sont exactes, cette relation de composition n'existe pas entre eux ; ils n'ont de commun qu'un équivalent d'azote, la proportion d'oxygène varie de 5 à 14 et celle du carbone de 28 à 40.

NICOTINE. — Les effets de la nicotine et des tabacs sur les plantes n'ont jamais été étudiés. On sait que souvent dans les serres on pratique des lotions ou des fumigations avec les feuilles de tabac pour détruire les chenilles et les insectes nuisibles, et que jamais aucune action fâcheuse n'a été signalée, soit que l'on se servit de feuilles desséchées des différents *Nicotiana*, soit que l'on fit usage du tabac manufacturé.

Les belles recherches de Cl. Bernard ont démontré que tous les animaux sont atteints par la nicotine; elle tue les mammifères, les oiseaux et les reptiles, elle produit toujours le même résultat et en déterminant des symptômes analogues. Nos expériences nous ont démontré que la dose à 1/5000 tue rapidement les sangsues et les poissons.

Quelle que soit la voie par laquelle on administre la nicotine, les animaux sont foudroyés, ils meurent avec des convulsions excessivement violentes; les chevaux deviennent effrayants, ils se cabrent, se couchent et sont agités de mouvements désordonnés.

39^e Expérience. — Le 24 juin 1861, une balsamine semée et venue en terre franche dans un pot, a été arrosée avec la solution de nicotine à 1/1000, elle a parfaitement fleuri, et nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans la plante mais non dans les fleurs.

40^e Expérience. — Le 1^{er} juin 1863, une menthe aquatique fut placée dans une solution de nicotine à 1/1000, la plante végéta lentement et ne fleurit pas; nous avons constaté la présence de la nicotine dans les feuilles.

41^e Expérience. — Le 27 juin 1864, des bulbes de *Crocus sativus* plantés dans du sable calciné et arrosés avec la solution de nicotine à 1/1000 ont germé très-lentement; le 5 février, il n'y avait pas traces de végétation, le 2 mars les pousses commencent à se montrer, la plante est morte le 10 mars.

42^e Expérience. — Le 4 mars 1864, de l'orge a été semée dans du sable et arrosée avec la solution de nicotine; le 8 mars la germination commençait, le 27 mars les jeunes pousses avaient 0^m,095, et le 4 mai 0^m,147; le 6 mai, le lendemain d'un arrosage, un lapin est mort en 40 minutes après avoir mangé 100 grammes de jeunes pousses d'orge, et nous avons constaté dans le

suc de la plante la présence de la nicotine ; mais il arrive souvent qu'on ne la trouve pas, ce qui tient au peu de sensibilité comparée de l'iodure de mercure et de potassium. Pour la nicotine, il faudrait donc alors concentrer les liquides ; on ne doit pas oublier, dans ce cas, que cette opération doit être faite dans le vide de la machine pneumatique, en raison de la volatilité très-grande de la nicotine.

43^e Expérience. — Le 23 juin 1864, deux plants de balsamines très-vigoureux semés et venus en terre franche et en pots, furent arrosés avec la solution de nicotine, ils poussèrent vigoureusement ; le 20 juillet, ils étaient en pleine fleur, dès ce moment ils commencèrent à dépérir, et les ovaires ne se développèrent pas. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les feuilles, mais non dans les fleurs. Un *Lolium perenne*, L., et un *Panicum miliaceum*, L., ont poussé dans les pots et ont parfaitement végété.

44^e Expérience. — Le 15 juin 1864, un pied de *Mimosa pudica*, L., fut arrosé selon le besoin avec une solution de nicotine à 1/1000 ; la plante a paru ne rien éprouver de fâcheux pendant quinze jours ; les mouvements des feuilles se faisaient parfaitement. Vers les premiers jours de juillet, la plante devint moins sensible ; mais à cette époque les feuilles commencèrent à jaunir, et elles tombèrent toutes successivement, la plante elle-même se dessécha et mourut dans le courant d'août.

Les expériences qui précèdent nous démontrent que la nicotine, sans être un poison énergique pour les plantes, nuit cependant quelquefois à leur végétation, et qu'elle ne jouit à cet égard ni de l'innocuité des alcaloïdes de l'opium, ni surtout de celle de l'atropine.

QUININE. — Les alcaloïdes du quinquina ne sont pas à proprement parler des poisons pour les animaux ; ils ne produisent des accidents graves qu'à des doses très-élevées, et ne déterminent la mort qu'à dose très-élevé. Les expériences de Bouchardat l'ont conduit à conclure que les sels de quinine nuisent beaucoup plus aux plantes que les sels de morphine ; il a vu en effet, que des pieds de *Mentha sylvestris* et de *Mimosa pudica*, placés dans des dissolutions contenant 1/200 de sulfate de quinine dissous à la faveur d'une très-petite quantité d'acide sulfurique, perdaient

les feuilles au bout de sept jours et qu'ils mouraient. Il n'a pas trouvé de quinine dans les parties non immergées des plantes.

45^e *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, trois balsamines arrosées avec la solution contenant 1/1000 de quinine à l'état de sulfate ont languie et souffert; l'une a fleuri, mais non fructifié; elles se sont peu développées; nous avons trouvé l'alcaloïde dans la plante.

46^e *Expérience.* — Le 24 juin 1861, l'expérience précédente a été répétée avec une dissolution à 1/2000; les balsamines ont toutes trois fleuri et fructifié à moitié, c'est-à-dire que les ovaires ont jauni, qu'ils sont tombés avant leur parfait développement et avant la maturité des graines. La présence de la quinine a été constatée.

47^e *Expérience.* — Le 7 octobre 1862, un rameau de laurier rose fut trempé dans une solution de quinine à 1/1000, la plante se conserva fraîche, il y eut quelques traces de végétation, quelques radicelles poussèrent. La plante mourut vers le 15 décembre. Nous ne trouvâmes pas d'alcaloïde dans les feuilles.

48^e *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un pied de menthe poivrée mis dans la solution, a tristement végété, et est mort le 7 juin. Nous y avons constaté la présence de la quinine.

49^e *Expérience.* — Le 20 janvier 1863, un bulbe de jacinthe fut mis dans la solution; dès le 22 les radicelles parurent, le 23 elles étaient longues de 0^m,004, le 3 février elles restaient stationnaires, la morve se déclara en abondance et la plante mourut le 17 février.

50^e *Expérience.* — Le 29 avril 1863, une menthe aquatique placée dans une solution à 1/2000 a fleuri et fructifié. Nous avons constaté la présence de l'alcaloïde.

51^e *Expérience.* — Le 1^{er} 1863, une menthe aquatique placée dans une solution à 1/1000 a végété, mais non fleuri. Nous y avons constaté la présence de la quinine.

52^e *Expérience.* — Le 22 mai 1863, une bouture de laurier rose placée dans la solution à 1/1000 est morte sans trace de végétation.

53^e *Expérience.* — Le 22 janvier 1864, des bulbes de *Crocus* plantés dans du sable et arrosés avec la solution de quinine à 1/1000 ont très-peu végété; ils étaient morts le 15 février.

54^e *Expérience.* — Le 4 mars 1864, des grains d'orge semés dans du sable ont commencé à germer le 15 mars; ils étaient arrosés tous les jours avec la solution de quinine; le 23 mars les pousses étaient longues de 0^m,005, le 20 avril de 0^m,077, le 4 mai de 0^m,92. Nous avons constaté la présence et la persistance de la quinine; on la retrouve huit jours après que les arrosages ont cessé.

55^e *Expérience.* — Le 16 mars 1864, de l'orge semée dans du sable a été arrosée avec la solution à 1/100 de quinine, la germination s'est bien faite, et le 18 avril les pousses étaient longues de 0^m,051, le 2 mai 0^m,0875; à partir de ce moment les plants ont dépéri et sont morts. Nous y avons trouvé de la quinine.

56^e *Expérience.* — Trois balsamines vigoureuses furent arrosées chaque jour, à partir du 24 juin 1864, avec une solution à 1/1000 de quinine: le 20 juillet les bourgeons floraux commencèrent à se développer, le 8 août les fleurs s'ouvrirent; mais les plantes étaient très-tristes, peu vigoureuses, les ovaires ne se développèrent pas et les plantes périrent. Nous avons constaté la présence de la quinine dans l'un des pots, un petit *Medicago* avait poussé.

On voit, d'après ce qui précède, que la quinine à l'état de sulfate exerce une action plutôt nuisible qu'utile sur les plantes; et il est probable qu'à dose plus élevée, à 1/200 par exemple, c'est-à-dire à la dose adoptée par Bouchardat, elle les tuerait rapidement.

SULFATE DE CINCHONINE. — L'action du sulfate de cinchonine sur les plantes n'a pas été étudiée; celle qu'exerce ce sel sur les animaux est plus toxique que celle du sulfate de quinine, du moins d'après les observations publiées par Moutard-Martin.

Voici les résultats de nos expériences :

57^e *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, trois balsamines furent arrosées avec la solution de sulfate de cinchonine à 1/1000 de cinchonine. Deux ont souffert, elles sont restées petites et rabougries; la troisième, quoique petite et triste, a cependant fleuri mais non fructifié; les fruits sont devenus jaunes de bonne heure, et les grains n'ont pas mûri; des graines de haricots et de chanvre semées dans les pots ont germé, mais les plantes

étaient tristes et flétries. Nous avons constaté la présence de la cinchonine.

58° *Expérience.* — Des balsaminés vigoureux arrosés le 24 juin 1861 avec la solution à 1/500 de cinchonine sont devenues, après trois ou quatre jours, tristes et chétives, elles sont mortes avant de fleurir; nous avons trouvé de la cinchonine.

59° *Expérience.* — Le 7 octobre 1864, une bouture de laurier-rose fut placée dans une solution de cinchonine à 1/1000, il y eut des traces de végétation et des radicelles longues de 0,005. La plante était morte le 4 janvier.

60° *Expérience.* — Le 20 janvier 1863, des oignons de jacinthe furent placés dans la solution de cinchonine à 1/1000; le 25, les racines étaient apparentes; le 5 février, les feuilles se développèrent, et le 1^{er} mars elles étaient longues de 0,03; les plantes n'ont pas fleuri. Nous avons constaté la présence de la cinchonine dans les feuilles.

61° *Expérience.* — Le 22 avril 1863, un pied de menthe poivrée placé dans la solution de cinchonine est mort le 27; le 28, nous en avons mis un nouveau pied qui est mort; le 4 mai, nous avons trouvé de la cinchonine.

62° *Expérience.* — Le 29 avril 1863, un pied de menthe aquatique mis dans la solution de cinchonine à 1/2000 a fleuri et fructifié. Nous y avons constaté la présence de l'alcaloïde.

63° *Expérience.* — Le 27 mai 1863, un pied de laurier-rose placé dans la solution à 2/1000 était flétri le 3 juin, et à peu près mort le 6.

64° *Expérience.* — Le 1^{er} juin, un pied de menthe poivrée placé dans la solution de sulfate de cinchonine à 1/1000 a fleuri et fructifié. Nous y avons trouvé de la cinchonine.

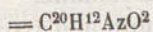
65° *Expérience.* — Le 22 janvier 1864, deux bulbes de *Crocus* placés dans du sable, et arrosés avec la solution de sulfate de cinchonine, ont poussé, mais ils sont morts vers le 10 mars; les feuilles contenaient de la cinchonine.

66° *Expérience.* — Le 4 mars 1864, de l'orge semée dans du sable a été arrosée avec la solution à 1/1000; le 12 mars, la germination a commencé; le 13, les pousses avaient 0^m,015 de long; le 5 avril, 0^m,002; le 20 avril, 0,050; le 4 mai, 0^m,07. La

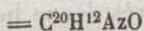
plante est morte vers le 15 mai, les jeunes pousses contenaient de la cinchonine.

La cinchonine agit par conséquent sur les végétaux à peu près comme la quinine, c'est-à-dire elle leur nuit; il nous a paru qu'elle est plus active, que les plantes périssent plus rapidement et restent plus chétives.

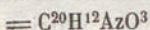
On sait que la quinine et la cinchonine ne diffèrent l'une de l'autre que par 1 équivalent d'oxygène; en effet, la quinine



et la cinchonine



et l'aricine au cinchovatine



On a vainement essayé de transformer ces alcaloïdes l'un dans l'autre, soit par voie d'oxydation, soit par voie de réduction; ce que n'a pu faire le laboratoire du chimiste s'opère peut-être dans les plantes, dont les parties vertes sont des appareils de réduction, ou dans les fleurs, qui sont des appareils d'oxydation puissants. Malheureusement ces deux alcaloïdes n'ont pas de réaction bien tranchée qui permette de les distinguer l'un de l'autre, lorsqu'ils sont en petite quantité; cependant, on peut reconnaître la quinine par sa solubilité dans l'éther, par la coloration verte qu'elle prend sous l'influence du chlore et de l'ammoniaque, et par la coloration rouge qui se produit avec le chlore, le ferrocyanure de potassium et l'ammoniaque.

STRYCHNINE. — Parmi les alcalis végétaux qui exercent une action toxique sur l'économie animale, la strychnine doit être placée au premier rang. Les expériences de Cl. Bernard ont démontré qu'elle abolissait les fonctions des nerfs du sentiment, et qu'elle laissait intacts les nerfs moteurs et le système musculaire. Si les plantes, et surtout les plantes sensibles, chez lesquelles Dutrochet avait indiqué l'accumulation des globules nerveux, possédaient un système nerveux analogue à celui des animaux, elles devraient éprouver des effets funestes de l'action de la strychnine. Nous allons voir qu'il en est tout autrement.

Bouchardat avait constaté qu'une solution de chlorhydrate de strychnine à 1/200 dans laquelle on immergeait des pieds de *Mentha sylvestris* et de *Mimosa pudica*, empoisonne ces plantes en peu de jours, lesquelles jaunissaient ; et après cinq jours toutes les feuilles étaient mortes et tombées. Cependant les feuilles de sensitive conservaient leur motilité pendant deux jours au moins. Les feuilles tombées ayant été récoltées, Bouchardat a remarqué qu'elles ne possédaient pas la saveur amère et il n'y a pas trouvé de strychnine.

D'après Marcet, une solution d'extrait alcoolique de noix vomique à 1/1000 influe sur les haricots après quatre heures, et les plantes meurent après douze heures. Les expériences de Bouchardat démontrent que cet extrait est loin d'être aussi nuisible, puisque les plantes de *Mimosa pudica* et de *Mentha sylvestris* ont résisté pendant plusieurs jours aux effets d'une solution d'extrait alcoolique de noix vomique à 1/200 ; cependant elles finissent par perdre leurs feuilles et par périr ; lorsqu'on réfléchit que la même plante placée dans l'extrait de cantharides, dans la scammonée, et le jalap, dans les extraits de ciguë, d'aconit, de semences de colchique, de staphisaigre, de cévadille, de coque du Levant, etc., à proportions égales, ont produit les mêmes effets, on est disposé à admettre que l'action de ces substances sur les végétaux n'est pas due aux alcalis organiques qu'elles contiennent. Aussi Bouchardat dit-il dans son mémoire (*Recherches sur la végétation*, p. 113) : « Je suis porté à croire que les compositions des extraits des solanées est complexe, et que le principe qui agit sur l'homme et sur les animaux est sans nulle influence sur les plantes et les animaux à branchies. »

Voici quels sont les résultats de nos expériences :

67° *Expérience.* — Le 20 juillet 1860, trois balsamines ont été arrosées avec la solution à 1,3353 de sulfate de strychnine correspondant à 1 gramme de strychnine pour 1000 grammes d'eau distillée ; toutes les trois ont parfaitement fleuri et fructifié ; nous avons constaté la présence de la strychnine dans les feuilles et dans les tiges. Cette strychnine persistait longtemps dans les organes ; on la retrouvait dix jours après qu'on avait cessé les arrosages : l'expérience a été faite sur les

balsamines et sur l'orge; dans cette dernière plante, l'alcali nous a paru persister moins longtemps, avec les fleurs de balsamines pilées, contusées et exprimées dans un peu d'eau distillée. Nous avons à certains moments obtenu du précipité par l'iodure de potassium et de mercure, mais l'alcaloïde était très-difficile à saisir, ne faisant qu'y passer; le lendemain des arrosages, on n'en trouvait plus.

Dans un des pots contenant les balsamines, un pied d'*Euphorbia helioscopia*, L., a parfaitement végété et fleuri.

68° *Expérience*. — Le 24 juin 1861, la même expérience a été répétée sur des balsamines avec la solution à 1/500 de strychnine. Le résultat a été le même que dans l'expérience précédente.

69° *Expérience*. — Le 7 octobre 1862, une bouture de laurier-rose a été plongée dans la solution à 1/1000; il n'y a pas eu la moindre trace de végétation et la plante est morte le 4 novembre.

70° *Expérience*. — Le 20 janvier 1863, des bulbes de jacinthe ont été plongés dans des solutions de strychnine à 1/1000; le 22, on remarquait des vestiges de végétation au-dessus du plateau; le 25, les radicelles avaient plus de 0^m,001 de long. A partir de ce moment, la plante reste stationnaire; le 30 février, il se déclare une morve abondante, et, le 30 février, les filaments glaireux que l'on remarque au-dessus du plateau ont pris une longueur de plus de 0^m,03.

71° *Expérience*. — Le 22 avril 1863, une menthe poivrée, mise dans la solution à 1/1000 de strychnine, a parfaitement végété et fleuri; la présence de l'alcaloïde a été constatée dans les feuilles et les tiges.

72° *Expérience*. — Le 2 juin 1863, une menthe aquatique, placée dans une solution à 1/1000 de strychnine, a végété et fleuri, nous y avons trouvé l'alcaloïde.

73° *Expérience*. — Des bulbes de *Crocus* plantés, le 22 janvier 1864, dans du sable et arrosés avec la solution de strychnine, sont restés stationnaires, sans trace de végétation, jusqu'au 1^{er} mars; le 5, il y avait une pousse de 0^m,17; le 9, sa longueur était de 0^m,07; le 15, de 0^m,085. Elle n'a pas porté fleur et elle est morte le 22 mars. Nous avons constaté la présence de la strychnine dans les pousses.

74^e Expérience. — Le 4 mars 1864, de l'orge semée dans du sable fut arrosée avec la solution de strychnine ; le 12 mars, il y avait des traces apparentes de germination ; le 23 mars, les pousses étaient longues de 0^m,15 ; le 5 avril, de 0^m,02 ; le 20 avril, de 0^m,055 ; le 4 mai, de 0^m,072. A divers moments nous avons constaté la présence de l'alcaloïde dans les plantes ; le 4 mai, 50 grammes de pousses d'orge donnés à un lapin l'ont tué en 47 minutes ; les arrosages ayant cessé, nous avons vu disparaître peu à peu la strychnine, le 11 mai il n'y en avait plus ; aussi un lapin a-t-il pu en manger 142 grammes dans la journée sans en éprouver aucune incommodité.

75^e Expérience. — Le 13 juin 1864, des balsamines furent arrosées avec la solution de strychnine. Elles végétèrent et fleurirent. Un pied de *Lolium* poussa dans un pot et deux pieds dans un autre, un mouron (*Stellaria media*, L.) dans un troisième, et un *Panicum miliaceum*, L., dans un quatrième. Le 8 août les plantes étaient en pleine fleur, même résultat quant à l'absorption que dans l'expérience soixantième.

BRUCINE. — Les recherches d'Andral et de Magendie ont démontré que la brucine exerçait sur les animaux supérieurs une action beaucoup moins énergique que la strychnine. Bouchardat a constaté que, sur les plantes, l'action de ces deux alcaloïdes est à peu près la même, et qu'ils étaient plus actifs que la morphine et la vératrine ; en effet, ayant mis dans une dissolution contenant 1/200 de sulfate de brucine, des plants de *Mentha sylvestris*, L., et de *Mimosa pudica*, on les a vus fléchir et dessécher après trois jours et au bout de sept jours les plants étaient morts.

Voici le résumé de mes expériences sur la brucine :

76^e Expérience. — Le 22 janvier 1863, des oignons de jacinthe ont été placés dans une solution contenant 1/1000 de brucine, la végétation a commencé vers le 1^{er} février ; le 8, les jeunes pousses avaient 0^m,023 de longueur, et le 24 0^m,31. Elles sont, dès ce moment, restées stationnaires, n'ont pas fleuri, les feuilles contenaient de la brucine.

77^e Expérience. — Le 4 mars 1864, de l'orge semée dans du sable, et arrosée avec la solution à 1/1060 a parfaitement germé, les jeunes pousses ont acquis en quelques jours une longueur de

0^m,305, puis elles ont jauni et sont mortes : nous y avons trouvé de la brucine.

78° *Expérience.* — Le 23 juin 1864, des balsamines furent arrosées avec la solution brucique à 1/100; elles poussèrent vigoureusement et dans l'un des pots il germa un pied de *Stellaria media* L.; le 20 juillet, les plantes étaient en fleurs nous avons constaté la présence de la brucine dans les feuilles et dans les tiges, mais non dans les fleurs.

Quoique les alcalis organiques naturels, tels que la quinine, la morphine, la strychnine, la vératrine, l'aconitine, n'aient pu être reproduits artificiellement, quoiqu'on ne sache pas comment ces corps peuvent se dédoubler, il n'est pas téméraire de penser qu'ils pourraient être obtenus par la combinaison de l'ammoniaque avec certains principes oxygénés du groupe des résines par exemple.

Mais si la transformation des alcalis organiques les uns dans les autres, par addition ou par soustraction d'oxygène, peut être faite, elle nous paraît assez difficile lorsqu'il s'agit de strychnine et de brucine; car si les analyses de ces deux alcaloïdes qui ont été publiées sont exactes, il n'existe aucun rapport entre leur formule et leur équivalent. La strychnine a pour formule $C^{12}H^{24}Az^2O^4$ et la brucine $C^{16}H^{26}Az^2O^8, 8HO$.

Nous voyons que sur beaucoup de points les résultats de nos expériences diffèrent de ceux obtenus par nos prédécesseurs. En général, nous avons vu que les poisons organiques étaient moins actifs qu'on ne le prétendait; et tandis que Bouchardat n'avait point constaté la présence des alcalis organiques dans les plantes empoisonnées, nous les avons au contraire trouvés à peu près toujours.

Ces divergences sont faciles à expliquer : tout en employant pes solutions en apparence identiques et comparables, c'est-à-dire à 1/200, Bouchardat a réellement fait usage de solutions extrêmement variées. Il a opéré avec des quantités fixes de divers sels à base organique, or l'équivalent de ces bases, et celui des acides étant différents; il en résulte que les quantités principe actif varient selon le genre de sel employé d'où il faut conclure que les résultats obtenus ne sont pas comparables

entre eux ; parce qu'ils ne reposent pas sur des doses fixes.

Dans nos expériences, nous ne nous sommes pas préoccupé de l'acide combiné à la base. Nous l'avons considéré comme un simple moyen de dissolution, et toutes nos liqueurs renfermaient 1/1000 de base. Voici d'ailleurs une table des quantités équivalentes de base et de sels.

1 gram. d'Atropine équiv. à 1,1695	de sulfate	= C ³⁴ H ²³ Az O ⁶ SO ³ HO.
— de brucine — 1,0858	—	= C ³⁶ H ²⁶ Az ² O ⁸ SO ³ 8 HO.
— de cinchonine — 1,2207	—	= 2(C ²⁰ H ¹² Az O, SO ³ 3 Ho).
— de morphine — 1,2396	de chlorhydrate	= C ³⁴ H ¹⁹ Az O ⁶ HCl 6 HO.
— de narcotine — 1,1142	de sulfate	= C ³⁰ H ²⁵ Az O ¹⁴ , SO ³ HO.
— de quinine — 1,3457	—	= 2(C ²⁰ H ¹² Az O ² , SO ³ 8 HO.
— de strychnine — 1,3353	—	= C ³² H ²² Az ² SO, 4 O ³ , 8 HO.

La nicotine et la codéine ont été employées libres.

Bouchardat a trouvé dans ses expériences que les plantes sont beaucoup plus influencées par les poisons qu'elle ne le sont dans les nôtres ; mais on doit réfléchir que notre savant maître se servait de solutions à 1/200 de sel, tandis que nous n'employons que des solutions à 1/1000 d'alcaloïde, ce qui réduit à peu près les solutions à 1/900, par conséquent les nôtres sont quatre fois plus faibles ; nous croyons que c'est là une condition plus favorable pour l'absorption : les solutions trop concentrées portent dans l'organisme végétal des perturbations qui ne permettent pas d'étudier les effets physiologiques des poisons.

Ces réflexions s'appliquent surtout aux expériences de Macaire, de Marcet, de Louyet, etc., qui en général avaient fait usage de solution à 1/50 et à 1/100, et comme ils n'avaient opéré que sur des sels, des composés minéraux et des extraits, il en résultait ou des altérations graves des tissus ou des obstructions.

Enfin, avant nos expériences, on n'avait jamais opéré que dans des liquides ou dans des terres neutralisants, nos recherches ont été faites sur un ensemble de milieux (sable caliné, solutions, terres d'un côté ; pour les sujets sur des boutures, graines, plants, oignons, d'un autre).

Il nous reste à expliquer comment il nous a été permis de constater la présence des alcalis organiques.

A l'époque où Bouchardat publia son remarquable mémoire (1845), les méthodes d'investigation et de constatation des alcalis organiques étaient bien impuissantes et bien incomplètes. Depuis cette époque Stas a publié un procédé qui permet de reconnaître les moindres traces d'alcalis organiques, mais nous devons reconnaître que si nous avions dû employer cette méthode dans chacune de nos opérations, notre travail eût été interminable. Nous avons dû nous borner à l'emploi de l'iodure de mercure et de potassium, qui permet d'affirmer en quelques minutes si une substance renferme ou ne renferme pas un alcali organique, et d'après le tableau de sensibilité de ce réactif que nous avons donné précédemment, on peut juger de son degré de précision.

§ 3. — Corps neutres.

Huiles essentielles, eaux distillées, alcool, éther, matières colorantes.

L'action des huiles essentielles sur l'économie animale est peu connue; employées pures et à doses élevées, elles sont irritantes, quelquefois caustiques; étendues d'eau ou dissoutes dans des dissolvants, elles sont en général des stimulants diffusibles; quelques-unes, comme celle d'absinthe, paraissent exercer des actions spéciales sur le système nerveux; et d'autres, comme celle d'amandes amères pure, sont des poisons violents et tuent à faible dose.

Les auteurs sont d'accord sur l'action nuisible qu'exercent les essences, leurs vapeurs, et les eaux aromatiques sur les plantes. Avant Bouchardat on avait expérimenté sur des doses excessives; c'est lui qui a fait voir le premier les effets très-délétères des essences à faible dose sur les plantes.

Voici quel est le résultat de nos expériences :

ESSENCE D'AMANDES AMÈRES. — 1^{re} Expérience. — Le 14 juin 1864, de jeunes plants de *Mentha aquatica* et de *Senecio vulgaris*, ont été placés dans la solution d'essence d'amandes amères pure (privée d'acide cyanhydrique) à 1/1000; dès le 15, les plantes étaient tout à fait flétries et tombées, elles étaient mortes deux jours après.

ESSENCE D'ABSINTHE. — 2° *Expérience.* — Le 14 juin 1864, un pied de *Mentha aquatica* et de *Senecio vulgaris*, furent mis dans une solution d'essence d'absinthe, *Artemisia absinthium*, à 1/1000; le lendemain, les plantes étaient mortes. La même expérience répétée avec la santonine et avec l'essence d'armoïse a donné les mêmes résultats.

ESSENCE D'ANIS. — 3° *Expérience.* — Le 14 juin 1864, des mêmes plantes qui précédemment ont été mises dans la solution d'essence d'anis à 1/1000; deux jours après, elles étaient mortes, les spongioles complètement affaissées et flétries; l'essence de *Badiane*, *Illitium anisatum* a produit les mêmes effets.

4° *Expérience.* — Le 25 juillet 1864, un pied de *Pelargonium zonale*, petit, mais vigoureux, fut arrosé à l'eau distillée d'anis; le 29, deux feuilles commencèrent à jaunir; et, à partir de ce moment, la plante devint de plus en plus triste, les feuilles jaunirent complètement et tombèrent; et le 18 août la plante était morte.

ESSENCE DE CITRONS. — 5° *Expérience.* — Le 25 juillet, un pied de *Pelargonium*, planté en bonne terre dans un pot, fut arrosé avec de l'eau contenant de l'essence de citrons à 1/1000; le 30 juillet, les feuilles inférieures étaient jaunes, la plante continua à dépérir peu à peu, et le 30 août elle était morte. Un pied de seneçon plongé dans la même solution est mort en deux jours, et des graines d'orge arrosées avec la même eau ont à peine germé.

Toutes les essences qui, comme celle de citrons, sont des hydrogènes carbonés agissent de même; nous avons essayé les essences de copahu, de bergamotte, de térébenthine, de pétrole et toutes tuent les plantes avec la même énergie.

CAMPBRE. — Goeppert avait vu que des fragments de camphre, placés dans des fleurs d'épine-vinette, arrêtaient le mouvement des étamines, et qu'une solution de camphre faisait périr les plans de pois; par contre, Wildenow et Droste (*Bull. Soc. d'agr.*, t. VII, p. 49) soutinrent que des branches fanées reviennent plus vite lorsqu'on les plonge dans l'eau camphrée; les expériences de Bouchardat confirment tout à fait celles de Goeppert.

6° *Expérience.* — Un gramme de camphre broyé dans un

mortier, fut délayé dans de l'eau afin d'avoir une liqueur saturée. Le 15 juillet 1864, un plan de séneçon et un de menthe aquatique furent mis dans ce liquide; le 17, les deux plantes étaient flétries et mortes le 19; deux pieds de *Pelargonium* plantés en pot et en bonne terre sont morts en dix-sept jours après avoir été arrosés avec la solution camphrée : les solutions préparées avec l'alcool camphré sont encore plus nuisibles parce que à l'action du camphre se joint celle de l'alcool.

CRÉOSOTE. — L'eau créosotée à 1/1000 tue les plantes avec une très-grande rapidité; après quelques heures elles se rident, noircissent, se fanent et tombent.

7° *Expérience.* — Le 13 décembre 1864, deux pieds de séneçon ont été placés, l'un dans la solution à 1/1000, et l'autre dans la solution à 1/2000 d'eau créosotée; dès le lendemain les deux plantes étaient flétries, et elles étaient mortes toutes deux le 16.

8° *Expérience.* — Deux pieds de *Pelargonium zonale* ont été arrosés avec la même solution, les arrosages ont commencé le 18 décembre 1864; les deux plantes ont commencé à se flétrir le 21, elles étaient à peu près mortes le 26.

L'acide phénique et les phénates alcalins sont encore plus énergiques que la créosote.

ESSENCE DE GIROFLE. — Le 13 décembre un pied de séneçon a été mis dans de l'eau contenant de l'essence de girofle à 1/1000; le 14, la plante avait perdu sa turgidité les feuilles étaient flétries et la plante est morte le 17.

ESSENCE DE CANNELLE. — L'essence de cannelle peut être considérée comme l'aldéhyde de l'acide cinnamique, [en prenant deux équivalents d'oxygène elle se transforme en acide cinnamique; en effet :



La potasse opère parfaitement cette transformation.

De même que nous avons conçu l'espoir de transformer dans l'organisme végétal l'acide benzoïque ou essence d'amandes amères, et celle-ci en acide benzoïque, de même nous avons espéré pouvoir opérer cette transformation dans le sens cinna-

mique, mais l'expérience nous a appris que l'acide cinnamique comme l'acide benzoïque tuait les plantes herbacées en quatre ou cinq jours, et les plantes ligneuses en huit ou dix, et que l'essence de cannelle nuisait autant aux végétaux que l'essence d'amandes amères.

ESSENCE DE GAULTÉRIE COUCHÉE. — On désigne sous ce nom et sous celui d'essence de *Winter Green* un produit qui est obtenu par distillation du *Gaultheria procumbens*, petite éricacée du cap de Bonne-Espérance; cette huile brute peut être regardée comme un mélange du salicylate de méthylène = $C^{10}H^{10}O^6 = C^2H^2O + C^8O^5O^6$ et d'un hydrogène carboné nommé *Gaulterilène*, isomère avec l'essence de térébenthine.

L'essence de *Gaultheria procumbens* pure ou salicylate de méthylène est très-intéressante, en ce sens qu'elle a pu être faite artificiellement par Cahours en distillant un mélange d'acide salicylique, d'alcool de bois et d'acide sulfurique; c'est d'ailleurs un poison très-énergique pour les plantes.

9^e Expérience. — Le 13 décembre, un pied de séneçon a été placé dans une solution d'essence de gaultérie à 1/1000; le 15, la plante était déjà flétrie, ridée, triste, et à peu près morte.

Un *Pelargonium zonale* arrosé avec la même solution a péri en six jours.

Des pieds de *Mentha piperita* arrosés avec de l'eau distillée de menthe, ne tardent pas à périr, comme l'avait vu Bouchardat; mais l'action est bien plus énergique lorsqu'on arrose avec de l'eau distillée additionnée de 1/1000, d'essence de menthe à nous avons constatés les mêmes effets nuisibles de l'essence de lavande sur la lavande, de l'essence de romarin sur le romarin, de l'essence de camomille sur la camomille romaine, et de l'essence d'absinthe sur l'absinthe. Nous devons faire remarquer que les plantes ligneuses résistent beaucoup plus que les plantes herbacées.

ESSENCE DE LAURIER-CERISE. — L'eau distillée de laurier-cerise et l'eau distillée additionnée d'essence à 1/1000 tuent rapidement les plantes; mais la solution artificielle les tue plus vite, il est probable que dans l'eau distillée *non factice* la quantité d'essence est moins considérable mais elle renferme en plus de l'acide cyanhydrique.

10^e Expérience. — Le 16 décembre 1864, deux pieds de

Pelargonium zonale de même taille et de même force, ont été arrosés, l'un avec de l'eau distillée du laurier-cerise dosée à 1/1000 d'acide cyanhydrique, l'autre avec une solution d'essence pure à 1/1000; la première plante a commencé à jaunir le 19, les feuilles inférieures étaient jaunes et inclinées le 23, et la plante était à peu près morte le 29; le second échantillon était mort le 24. L'eau distillée d'amandes amères nous a paru agir plus énergiquement que l'eau distillée de laurier-cerise au même titre d'acide cyanhydrique.

ESSENCE DE MOUTARDE. — Parmi les huiles essentielles il en est une qui se fait remarquer par son action énergique et par sa composition; nous voulons parler de l'essence de moutarde; on sait que cette essence dérive du sulfure d'allyle ou essence d'ail, et qu'elle peut être considérée comme un sulfo-cyanure de sulfure d'allyle; en effet :



de sorte qu'en traitant l'essence de moutarde par le potassium Wertheim a transformé l'essence de moutarde en essence d'ail.

L'essence de moutarde est une de celles qui agissent le plus énergiquement sur les plantes; une solution à 1/1000 tue en un jour ou deux les plantes les plus robustes; nous avons constaté son action sur le séneçon vulgaire, le cresson des ardens (*Lepidium sativum*) la cardamine des prés (*Cardamine pratensis*), la giroflée (*Cheiranthus cheiri*), le cresson de fontaine (*Nasturtium officinale*, *Sysimbrium Nasturtium*), la moutarde elle-même (*Sinapis arvensis*), la roquette (*Eruca sativa*): Nous rappellerons que l'essence de moutarde n'existe pas toute faite dans la plante et qu'elle ne se développe qu'au contact de l'eau par la réaction de deux principes l'un sur l'autre; la *Myrosine*; et l'*acide myronique*: il en est probablement de même pour toutes les autres essences de crucifères.

ALCOOL. — Les alcools agissent sur les plantes à peu près comme le font les essences, peut-être même avec plus d'énergie, nous avons essayé successivement sur le séneçon vulgaire et sur le *Pelargonium zonale* de l'eau alcoolisée avec les alcools de

de bois ou méthylique $C^2H^4O^2$, l'alcool de vin ou éthylique $= C^4H^8O^2$, l'alcool de pommes de terre ou amylique $= C^{10}H^{12}O^2$; seulement les doses étaient plus considérables qu'avec les essences. Nous avons opéré sur des solutions à 5 et à 10 centièmes, les plantes mouraient en trois ou quatre jours. L'absorption du liquide se faisait très-rapidement.

ÉTHER. — Les éthers viniques ont été seuls essayés, les expériences ont porté sur l'éther sulfurique des pharmacies $= C^4H^8O$, sur l'éther éthyl-chlorhydrique $= C^4H^5Cl$, et sur l'éther éthylacétique C^4H^7O , $C^4H^7O^2$; tous les trois nous ont paru produire les mêmes effets, et tuer les plantes très-rapidement; ils agissent avec autant d'énergie que l'alcool et l'acide cyanhydrique à 1/1000, mais il en faut des doses plus élevées.

CHLOROFORME. — Le chloroforme dont l'action anesthésique sur les animaux est très-prononcée paraît n'avoir sur les plantes d'autres effets que ceux que déterminent l'alcool et les éthers; il est bien loin d'agir aussi énergiquement que les essences.

11^e Expérience. — Le 13 décembre 1864; un vigoureux *Senecio vulgaris* a été mis dans de l'eau saturée de chloroforme, la plante n'a pas paru souffrir pendant deux jours, le troisième jour les feuilles ont commencé à se faner, elle est restée sous cet état pendant dix jours, puis elle s'est flétrie de plus en plus, et elle est tout à fait morte.

12^e Expérience. — Le 15 décembre 1864, un pied de *Pelargonium zonale* planté en terre dans un pot, fut arrosé avec de l'eau saturée de chloroforme, les feuilles inférieures ont commencé à se flétrir le 24, la plante vivait encore le 10 janvier suivant; seulement elle était triste.

GLYCOSE. — Bouchardat a expérimenté l'action de certaines substances neutres telles que les sucres, les gommés, la mannite, l'albumine sur les plantes, il a vu qu'à la dose de 1/1000 elles ne produisaient aucun effet nuisible lorsque les solutions étaient souvent renouvelées; mais à dose plus élevée telles que 1/500 ou 1/100 et même 1/10, l'action est d'autant plus énergique que la solution est plus dense.

Nous avons constaté l'exactitude de ces faits; nous avons vu que dans de l'eau tenant de la glycose en solution dans la

proportion de 1/1000, de 2/1000, les plantes (sénéçon) continuaient à végéter pendant des mois entiers et qu'on pouvait constater la présence de cette glycose dans les feuilles, puisque celles-ci pilées réduisaient fortement la liqueur de Fehling, ce que ne fait pas le suc de la même plante qui a végété dans l'eau pure.

Nous voyons d'après ce qui précède que les huiles essentielles doivent être placées au premier rang parmi les substances qui agissent sur les plantes; les quantités les plus faibles suffisent pour les tuer, et les eaux dans lesquelles elles entrent agissent le plus souvent avec autant d'énergie que le feraient des solutions très-étendues d'acide arsénieux ou de sublimé corrosif; elles sont beaucoup plus actives que l'acide cyanhydrique, et c'est à elles plutôt qu'à cet acide que les eaux distillées d'amandes amères et de laurier-cerise doivent leurs effets nuisibles.

Toutefois les essences ne doivent pas toutes être placées sur le même rang par rapport à leurs effets toxiques. L'essence de moutarde, celle d'amandes amères nous ont paru être les plus actives; puis viennent celles de cannelle, d'absinthe, les essences hydro-carbonées, telles que citron, copahu, térébenthine, sont certainement beaucoup moins nuisibles; l'eau camphrée à 1/1000 est moins active que la plupart des essences.

La créosote et l'acide phénique nous ont paru agir avec autant d'énergie que ces essences les plus actives; leur action est surtout beaucoup plus prompte, et la mort du végétal est extrêmement rapide; de plus, ils agissent à doses extrêmement faibles, puisque deux gouttes de créosote, ou quelques centigrammes d'acide phénique dans un litre d'eau suffisent pour tuer, en quelques heures (douze à vingt), les plantes herbacées les plus vigoureuses.

L'éther et l'alcool sont très-nuisibles aux plantes; il nous a paru que le dernier de ces liquides agit beaucoup plus énergiquement. On sait que l'éther excite les sécrétions intestinales, du pancréas et du foie; de plus, il détruit les facultés motrices des épithéliums vibratiles.

Nous pouvions donc espérer que leurs vapeurs pourraient

détruire la motilité des plantes. Des expériences que nous avons faites sur ce sujet appartiennent à un autre travail.

L'alcool, au contraire, ne paraît pas influencer sur les sécrétions intestinales : lorsqu'il est concentré, il enlève l'eau aux tissus, les racornit et leur fait perdre certaines propriétés; il agit cependant plutôt comme coagulant que comme desséchant, surtout lorsqu'il est peu concentré.

Quant à l'action qu'exercent l'éther et l'alcool sur les plantes, il nous est impossible de dire comment elle se fait, mais elle est une des plus fortes que nous connaissons, quoique moins énergique que celle des essences à très-faible dose. A 1/10, l'alcool tue plus vite les plantes que les solutions d'essences les plus actives à 1/1000.

Toutes les fois que l'on change les conditions de nutrition d'une plante, elle souffre et même périt au contact des substances les plus innocentes. C'est ce que nous voyons lorsqu'on fait absorber le sucre, la gomme, le mannite, l'albumine, etc. A dose modérée, ces substances peuvent être absorbées et portées dans les tissus, mais elles ne sont pas assimilées, car les végétaux qui vivent dans leurs solutions profitent moins que ceux de même espèce qui sont plongés dans l'eau pure.

Pour les plantes plongées dans des solutions de glycose, nous avons vu également que lorsqu'on les transplantait dans de l'eau pure, ou que l'on cessait les arrosages, le sucre disparaissait avec la plus grande lenteur.

CHAPITRE IV

DE L'ABSORPTION PAR LES PARTIES AÉRIENNES DES PLANTES.

§ 1. — Historique.

Lorsqu'on examine, chez tous les êtres organisés, la structure des organes destinés à l'absorption, et celle du tégument externe qui revêt ces êtres, on est frappé de leur grande différence de composition; pour les premiers, tout est disposé de la manière

la plus favorable à l'absorption : tissus lâches et peu serrés, absence d'enveloppes imperméables, vaisseaux abondants servant au transport des liquides nutritifs ; dans les seconds, au contraire : enveloppe continue, dure, dense, consistante, quoique très-mince ; enduit cireux ou sébacé, qui semble être destiné, non-seulement à empêcher la pénétration des liquides, mais encore à laisser mouiller les parties que cette pellicule externe recouvre.

De même que dans le règne animal on voit, à mesure que l'on descend vers les êtres les plus inférieurs, se modifier et disparaître cette enveloppe protectrice, de manière à permettre la pénétration plus ou moins facile des liquides dans l'intérieur du corps, de même dans les végétaux, on voit la cuticule disparaître, l'épiderme changer de structure, devenir moins dense, moins résistante, de manière à permettre la pénétration plus ou moins rapide des liquides dans l'intérieur par absorption directe.

L'enveloppe qui entoure les parties aériennes des végétaux est-elle suffisamment condensée et résistante pour laisser passer les liquides ? Ou bien peut-elle, dans une certaine mesure, permettre que la plante prenne de l'eau à l'état liquide, ou dans l'air à l'état de vapeur ? Cette question a longtemps préoccupé les physiologistes, et l'on est bien loin encore aujourd'hui d'être d'accord sur ce point.

Bonnet avait vu que des feuilles détachées, posées sur l'eau, se conservaient fraîches pendant un temps souvent considérable ; il pensait que les feuilles avaient absorbé de l'eau au contact ; les physiologistes se sont généralement refusés à admettre l'explication des faits observés ; entre autres, de Candolle, qui a regardé comme l'interprétation la plus probable, celle qui consiste à dire que l'apposition des stomates sur le liquide arrête l'évaporation de l'eau que la feuille renferme, et qu'elle conserve sa fraîcheur (*Physiol. végét.*, t. I, p. 61).

Moldenhawer avait antérieurement proposé une explication analogue (*Beiträge*, XCIX, 1812) des mêmes expériences ; Meyer (*Neues System der Pflanzen-Physiologie*, t. II, p. 112) et Treviranus (*Physiologie der Gewächse*, t. I, p. 510) ont affirmé dans les termes les plus formels que la suppression de la transpiration était seule cause des faits observés par Bonnet.

Duchartre a admis d'abord l'explication donnée par Bonnet; les feuilles, détachées et posées sur l'eau absorbent par l'une ou l'autre de leur surface, plus rarement par les deux, une quantité de liquide très-appreciable; seulement il pense que ce n'est qu'une simple imbibition locale, puisque, à côté des parties qui restent fraîches au contact du liquide, celles qui n'ont pas ce contact ne tardent pas à se dessécher (*Expériences sur l'absorption par les feuilles au contact; Bull. de la Société de botanique de France*, t. III, 1856, p. 221, 233, et t. V, p. 110, 1858). Nous aurons l'occasion de revenir sur cet important travail.

Avant d'étudier l'absorption par les parties aériennes des végétaux, il était nécessaire de rechercher si l'épiderme ou la cuticule était endosmatique. Nous aurons à examiner à cet égard un travail très-long de M. Garreau intitulé : *Recherches sur l'absorption et l'exhalation des surfaces aériennes des feuilles des plantes*, (*Ann. des sciences naturelles*, 1849, p. 320, XIII).

Avant de faire connaître nos expériences sur l'absorption par les parties aériennes des végétaux, nous allons exposer le plus brièvement possible celles principales de Bonnet, Garreau, Duchartre, et indiquer les conséquences qu'ils en ont tirées.

En considérant les différences de structure, d'aspect et de pouvoir absorbant que personne ne conteste, que présentent la surface inférieure et la surface supérieure des feuilles, Calandrin et Bonnet avaient pensé que la face inférieure était surtout destinée à absorber les vapeurs qui se dégagent du sol et qui viennent frapper le dessous de ces organes; c'est cette idée qui a inspiré la principale expérience de Bonnet, consistant à placer sur l'eau des feuilles par leurs deux faces, sans laisser mouiller leurs bords et leurs pétioles, et il a vu que les feuilles de *ped de veau*, de *haricot*, de *soleil*, de *chou*, de *épinard*, et de *petite mauve* vivaient aussi longtemps, quelle que fût la surface par laquelle elles étaient en contact avec de l'eau; au contraire, dans le *plantain*, le *bouillon blanc*, le *grande mauve*, l'*ortie*, le *crête-de-coq*, l'*amarante à feuilles pourpres*, la surface supérieure a paru absorber plus que l'inférieure; et dans la *belle-de-nuit* et la *mélisse*, la surface inférieure a paru absorber davantage. Par des expériences semblables répétées sur des feuilles d'arbres,

Bonnet a constaté que le plus grand nombre absorbent beaucoup mieux par la surface inférieure; des différences semblables ont été observées pour l'absorption par les deux surfaces des pétales.

Bonnet a cherché à déterminer l'influence du pétiole et des nervures sur l'absorption; il a vu que dans les plantes herbacées, les nervures et le pétiole absorbaient beaucoup plus que dans celles des feuilles des arbres; il a constaté, en outre, que les pédicules des plantes herbacées absorbaient l'huile, tandis que ceux des plantes ligneuses ne l'absorbaient pas; il a cherché au moyen de l'huile à obstruer certaines parties des feuilles par lesquelles se faisait l'absorption, et du Hamel s'est servi dans le même but de colle et de vernis, mais les résultats obtenus ne peuvent pas être regardés comme très-concluants.

En opérant sur des feuilles de *belles-de-nuit* et d'*abricotier*, tantôt en plongeant le pédicule seulement, tantôt en émergeant toute la feuille dans l'alcool (eau-de-vie à 60 degrés), Bonnet a constaté qu'il y avait absorption, qu'elle était très-grande le premier jour et qu'elle allait ensuite en diminuant; d'après ce que nous avons vu des effets de l'alcool sur les plantes, les faits annoncés par Bonnet avaient lieu de nous surprendre; nous avons constaté, à notre tour, que dans ces mêmes circonstances les feuilles se fanaient très-rapidement, qu'elles étaient flétries dès le second jour, de sorte que les liquides absorbés après cette époque étaient probablement le résultat d'une imbibition et non de l'absorption. L'altération produite dans les feuilles dont le pétiole plonge dans l'alcool, se manifeste par des lignes d'un brun jaunâtre que l'on remarque le long des nervures; et les feuilles sèchent plus vite que si elles étaient privées de nourriture.

L'absorption des matières colorantes par les plantes et leur fixation a aussi toujours préoccupé les physiologistes; nous exposerons en peu de mots, dans un des paragraphes de ce chapitre, les expériences que nous avons faites.

Bonnet rapporte dans son mémoire sur l'usage des feuilles (p. 65, *Mémoire I*) que De la Baisse ayant plongé des racines de différentes plantes dans du suc de *Phytolacca*, il avait, après trois jours, trouvé l'écorce imprégnée d'une teinture rouge

répandue dans toute la substance, mais beaucoup plus dans les menues fibres vers l'insertion des racines collatérales, et dans tous les tubercules de la maitresse racine; tandis qu'avec des branches d'arbres tels que *figuier*, *pêcher*, *ormeau*, il n'y avait de coloré que la partie ligneuse; le bois et l'écorce étaient parfaitement incolores.

Bonnet a cherché à établir le rapport qui existe entre la quantité d'eau absorbée par une plante, dans un temps donné, au moyen des racines et au moyen des feuilles; les expériences qu'il a faites à ce sujet pourraient être l'objet de nombreuses objections, nous ne les rapporterons pas ici. Rappelons-nous seulement que le plus souvent, et contrairement à ce qui a été dit, une plante fanée et flétrie par manque d'eau reprend ses forces et devient turgescence, si on l'expose dans un lieu humide, même lorsqu'on a le soin de couvrir la surface de la terre, ce qui démontre que dans ces circonstances l'absorption par les feuilles est suffisante pour ranimer des plantes qui dépérissent.

Hales et Bonnet avaient cherché, au moyen de liqueurs spiritueuses et odoriférantes, à changer l'odeur des fleurs, l'odeur et la saveur des fruits; toutes les expériences faites dans ce sens ont donné des résultats négatifs; cependant Bonnet assure que les fleurs et les feuilles de différentes plantes peuvent acquérir l'odeur des liqueurs odorantes dans lesquelles on les a plongées; nous avons vainement cherché à constater l'exactitude de ce fait dans les nombreuses expériences que nous avons faites avec les liqueurs alcooliques, éthérées ou aromatisées.

Dans son cinquième mémoire sur l'usage des feuilles, Bonnet insiste sur l'absorption des matières colorantes; il a employé l'encre et la décoction de garance, il a presque toujours obtenu des indices d'absorption, mais jamais il n'a pu constater la présence des matières colorantes dans les feuilles ni dans les fleurs; il faut faire remarquer que dans ses expériences l'illustre naturaliste de Genève ne s'est pas mis à l'abri de toutes les causes d'erreurs sur lesquelles nous insisterons plus loin; toutefois nous devons consigner ici un fait important, c'est que les parties colorées artificiellement des tissus des végétaux perdaient leur coloration par la simple exposition au contact de la lumière et

de l'air. Bonnet a d'ailleurs tiré un grand parti de l'absorption des liquides colorés, pour déterminer par quelle partie de la tige montait la sève, et par quels organes élémentaires se faisait ce transport.

L'épiderme qui recouvre toutes les parties vertes des végétaux est une couche simple, double ou triple d'utricules aplatis, polygonales, incolores, ou colorés d'une manière homogène, quelquefois caduque, interrompue normalement par des ouvertures nommées stomates, et tapissée souvent d'une substance homogène nommée cuticule; dans celle-ci il faut distinguer deux choses : 1° la vraie cuticule, produit secrété par les cellules épidermiques et les pores qu'on peut détacher par macération, qui ne renferme pas de cellulose, qu'on avait rapprochée des matières grasses et à laquelle Fremy, pour la distinguer des autres principes immédiats des végétaux, a donné le nom de *cutile*; 2° des couches cellulaires de la paroi épidermique tournée du côté de l'atmosphère qui bleuit au contact de la potasse bouillante et de l'iode, ce qui indique la présence de la cellulose.

Les propriétés endosmotiques et absorbantes de la cuticule ont été étudiées par Garreau (*Recherches sur l'absorption et l'exhalaison des surfaces aériennes des plantes*, in *Ann. des sciences nat.*, t. XIII, 3^e série, 1849, p. 321).

Il a reconnu que quoique la cuticule recouvrit complètement le végétal, il n'en existait pas moins des différences très-grandes dans l'intensité des propriétés endosmotiques, différences qui peuvent aller jusqu'à l'abolition complète.

Garreau a opéré sur l'épiderme d'un nombre considérable de végétaux, et s'est servi d'endosmomètres, dont l'orifice de la boule était de 0^m,015 et celui du tube 0^m,002. Les épidermes étaient fixés au moyen d'un fil ciré et le rebord béant de la membrane recouvert de cire; la cavité recevait une solution d'une partie de sucre et deux parties d'eau: la nature de liquide à absorber variait; c'était tantôt de l'eau, tantôt de l'eau acidulée, ammoniacale, potassée, alcoolisée, de savon, arséniatée, etc., etc. Il a constaté ainsi que certains épidermes de plantes, celui de *Allium porrum*, par exemple, n'étaient pas endosmotiques, lorsqu'ils sont pris sur des feuilles anciennes, et qu'ils le sont si on les prend sur les deux faces de la gaine.

Après avoir étudié l'épiderme des différentes parties d'un végétal et examiné l'influence des lavages à l'eau pure, et à l'eau de savon sur l'absorption, Garreau arrive aux conclusions suivantes qui sont trop importantes pour que nous ne les rapportions pas :

1° La cuticule jouit de propriétés endosmotiques très-prononcées; l'intensité de cette propriété est d'autant plus grande que l'organe qu'elle revêt est plus jeune.

2° Cette membrane absorbe d'autant plus, que cette matière glauque ou grasse est moins absorbante, ou qu'elle a été enlevée par des lavages.

3° La cuticule qui tapisse la face supérieure des nervures, et principalement celle qui revêt les pétioles à la partie axillaire, est de toute la surface foliaire celle dont la faculté absorbante est la plus prononcée : cette propriété est liée à la disposition canaliculée des nervures et des pétioles.

4° L'épiderme fait obstacle dans une certaine mesure à la transmission de l'eau absorbée par la cuticule, puisque les potamogetons qui n'ont qu'une couche cuticulaire sans épiderme sont très-endosmotiques, et que les jeunes écorces munies de cet organe le sont infiniment moins que quand elles en sont privées.

5° De simples lavages à l'eau distillée suffisant pour augmenter les propriétés absorbantes des feuilles, les eaux pluviales doivent produire le même effet.

Les conclusions de Garreau sont basées sur un très-grand nombre d'expériences ; il a vu que les feuilles prises dans leur période d'accroissement, exposées à l'air et à l'ombre dans le but de leur faire perdre une partie de leur humidité, puis immergées pendant douze heures dans de l'eau distillée jusqu'à leur point d'insertion, n'absorbent pas ; ou que si l'absorption se fait, elle est très-faible et elle a lieu plus spécialement chez celles qui se laissent mouiller, telles sont les *Saxifraga hirsuta*, *Scilla patula*, mais que lorsque les feuilles ont été lavées avec beaucoup de soin au savon et à l'eau distillée, elles absorbent toujours et en assez grande quantité.

Voici quelques chiffres représentant l'augmentation de poids

qu'éprouvent les feuilles après avoir été savonnées, lavées et exposées à l'air pendant douze heures, puis plongées dans l'eau jusqu'à la naissance du pétiole: feuilles de *Syringa vulgaris*, 0,20; *Bergenia siberica*, 0,30; *Convallaria maialis*, 0,30; *Hedera helix*, 0,30; *Phytolacca decandra*, 0,30; *Sempervivum tectorum*, 0,20; *Vincetoxicum nigrum*, 0,30; *Saxifraga hirsuta*, 0,20; *Scilla patula*, 0,65; *Acouba japonica*, 0,45; *Aristolochia clematitis*, 0,33.

Les feuilles simplement essuyées et lavées à l'eau distillée absorbent, mais beaucoup moins que celles qui ont été savonnées; d'après Garreau, l'eau de savon détache et dissout en quantité plus considérable les matières grasses dont la cuticule est imprégnée; dans ces expériences, il faut essuyer les feuilles sans pression, afin de ne pas introduire de l'eau par les stomates.

Garreau a vu que la cuticule absorbait également les gaz, entre autres l'acide carbonique; les plantes aquatiques qui n'ont pas de stomates absorbent aussi l'acide carbonique.

Lorsqu'on enferme de l'eau de chaux dans un endosmètre fermé en bas par une cuticule privée de stomates, et bien bouché en haut, et qu'on place l'instrument dans une atmosphère d'acide carbonique, il y a formation du carbonate de chaux à la face interne de la membrane.

On voit, d'après les expériences qui précèdent, qu'il y aurait, dans un grand nombre de circonstances, possibilité d'absorption des liquides par les parties aériennes des végétaux. Les expériences de Duchartre, que nous avons déjà indiquées, tendraient à démontrer que cette absorption n'a pas lieu, et nous devons reconnaître que les arguments et les expériences de Duchartre nous paraissent sans réplique; toutefois la pesée nous paraît un procédé difficile d'expérimentation, et il serait possible que les corps que nos réactifs ont retrouvés ne fussent pas appréciables à la balance.

Les plantes fanées, dit Duchartre, ne reprennent pas leur turgescence par l'action directe de la rosée, les expériences ont été faites sur le *Veronica lindleyana*, *Atroisya citriodora*; *Hydrangea hortensia*, DC.; *Fuchsia globosa*, L.; *Fuchsia cordifolia*; *Phlox decussata*; *Mercurialis annua*; *Pelagornium peltatum*, A; *Rocheafalcata*, DC. Il ajoute que, si la rosée n'exerce pas sur

les plantes une influence immédiate et directe, son action n'en est pas moins importante dans un grand nombre de cas ; elle agit sur les végétaux vivants, en supprimant entièrement ou partiellement la transpiration, de plus elle cède de l'humidité au sol, soit directement, soit en se condensant sur les feuilles et en formant une sorte de pluie locale ; les brouillards, dans les circonstances dans lesquelles nous les offrons nos contrées, n'exercent, d'après le même auteur, qu'une influence secondaire : ils agissent comme les rosées.

Duchartre a constaté que les arrosages, l'exposition à la pluie et même l'immersion permanente ne fournissent rien aux parties aériennes des plantes ; en plongeant dans l'eau la tête feuillue d'un *Veronica lindleyana* vivant et planté dans un pot enveloppé d'un appareil maintenu fermé, on voit qu'en quarante-huit heures, il n'y a pas eu augmentation de poids, il y a eu même une diminution qui a été évaluée à 2^{gr},06.

Les expériences faites pour constater l'absorption de l'eau par les feuilles ont été disposées de différentes manières : Mariotte plongeait dans l'eau un des deux rameaux de deux branches bifurquées ; Rudolphi immergeait dans le liquide une des feuilles inférieures d'une plante entière ; Knight plaçait dans une série de vases pleins d'eau les diverses feuilles d'une même branche ; Bonnet opérait sur des feuilles isolées de l'arbre ; Duchartre a agi successivement sur des feuilles isolées, sur des plantes entières immergées dans l'eau, ou sur des plantes préalablement pesées et enfermées dans un appareil imperméable qu'il exposait ensuite pendant un temps plus ou moins long à la pluie.

Nous avons répété les expériences en employant la plupart de ces moyens ; seulement dans un grand nombre de cas au lieu de chercher à constater l'augmentation de poids des plantes qui pourrait être, dans quelques circonstances, compensé par l'exhalation, nous avons tout simplement arrosé ou immergé les plantes ou les rameaux dans des liquides empoisonnés et, après des lavages répétés, nous avons recherché la présence des poisons dans les feuilles ; l'appareil imperméable dont nous nous sommes servi était composé d'un vase de verre, à bords supérieurs rodés et percé d'un trou à sa partie inférieure, pour permettre

l'écoulement du liquide d'arrosage ; après avoir placé une petite pierre sur le trou, nous avons mis de la terre dans le vase, puis une plante ; le vase a été exactement fermé par un disque de verre dépoli dépassant de plus d'un centimètre le diamètre du vase, divisé en deux parties égales, et portant une échancrure au milieu pour laisser passer la tige de la plante en expérimentation ; l'un des demi-disques portait un petit trou que l'on pouvait fermer à volonté avec un bouchon de liège, destiné aux arrosements de l'intérieur du pot. Le point de jonction des demi-disques, le trou par où passait la tige et le point de réunion des bords du vase avec le disque étaient parfaitement fermés avec de la cire à modeler.



AB. Point de jonction des deux disques. — A'B'. Un des disques isolé. — C. Ouverture pour les arrosages. — E. Support du vase. — F. Trou pour l'écoulement des eaux.

Avant d'entrer dans les détails circonstanciés de nos expériences, nous devons résumer en quelques mots les mémoires très-importants de M. Duchartre sur la question qui nous occupe.

Dans un premier travail inséré dans le *Bulletin de la Société de botanique* (t. III, 1856, p. 221), M. Duchartre étudie l'absorption

par les feuilles au contact de l'eau; l'auteur dit que contrairement à l'opinion de Paul Moldenhawer, de Tréviranus et de Meyen, les feuilles ont la facilité d'absorber par une de leurs faces, généralement l'inférieure pour les végétaux ligneux, et la supérieure pour les herbes, lorsqu'on les met en rapport direct avec l'eau; ces résultats sont d'accord avec ceux de Bonnet.

Dans un second travail publié en 1858 et inséré dans le *Bulletin de la Société de botanique de France* (t. V, 1858, p. 105), M. Duchartre étudia la transpiration des plantes dans les milieux humides; il constata que la transpiration des plantes se faisait non-seulement dans des milieux saturés d'humidité, mais encore qu'elle se fait lorsqu'il y avait immersion complète dans l'eau: le jour et la nuit influent sur ce phénomène. Les plantes vivantes ayant les racines en terre, plongées dans l'eau transpirent et perdent de leur poids; nous en avons précédemment cité un exemple pour la *Veronica lindleyana*, les feuilles et les rameaux détachés absorbent et augmentent de poids; il ne faut donc pas, dit l'auteur, appliquer aux plantes vivantes les conséquences déduites d'observations qui ont eu pour sujets de simples portions détachées d'un végétal entier.

Enfin en 1860, M. Duchartre lut à l'Académie des sciences un mémoire intitulé: « L'eau de la pluie qui mouille et lave les » organes externes des plantes, est-elle absorbée directement? » Recherches expérimentales sur cette question. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. L, 1860, p. 359.) L'auteur conclut négativement. D'après lui la non-absorption peut être expliquée par les raisons suivantes:

1° Par l'interposition de l'air entre l'eau ou la rosée et l'épiderme;

2° Par l'état cireux de l'épiderme;

3° Par la structure anatomique des feuilles, par laquelle on trouve l'eau en quantité plus ou moins considérable entre les cellules et leur parenchyme, peut faire naître un nouvel obstacle à la pénétration de l'eau de l'extérieur vers l'intérieur de cet organe.

D'après M. Bommer (*Quelques remarques sur l'absorption par les surfaces des plantes*, par J. E. Bommer, in *Bulletin de la Société de Belgique*, t. II, p. 147-157, 1863), les végétaux munis de

poils, coupés et fanés, reprennent leur fraîcheur primitive lorsqu'on les place dans une atmosphère humide; les feuilles glabres mettent beaucoup plus de temps pour reprendre leur premier aspect, et souvent elles ne peuvent y parvenir; il croit que l'absorption se fait par les poils, il révoque en doute les expériences de M. Duchartre sur la non-absorption de la rosée par les feuilles; il leur oppose l'exemple d'un homme qui pesé avant et après son repas ne marquera, dit-il, aucun changement sensible dans son poids. Ce fait est inexact; il ne peut d'ailleurs être comparé que de loin avec le phénomène d'absorption et exhalation des plantes.

Avant de faire connaître nos expériences nous avons cru devoir exposer l'état de la science sur les questions que nous étudions; nous diviserons ce chapitre en deux paragraphes :

- 1° Études sur l'absorption par les parties aériennes des végétaux.
- 2° Absorption des matières colorantes.

§ 2. — Expériences relatives à l'absorption par les parties aériennes des végétaux.

Pour étudier l'absorption par les surfaces aériennes des végétaux, j'ai successivement essayé les diverses méthodes employées par mes prédécesseurs, le vase clos dont je me suis servi diffère très-peu de celui de M. Duchartre, aussi lui conserverai-je le nom de ce savant.

1° ABSORPTION PAR LES FEUILLES ET LES RAMEAUX EN VASE CLOS.

1^{re} Expérience. — Le 15 juillet 1864, un pied de *Pelargonium zonale*, a été planté dans le pot fermé et arrosé de temps en temps avec de l'eau par l'ouverture pratiquée sur le disque de verre; le 4 août la plante était très-vigoureuse; toutes les ouvertures ont été soigneusement fermées, et la plante fut arrosée chaque jour avec une solution de chlorhydrate de morphine à 2/1000; les racines furent arrosées avec de l'eau tous les cinq ou six jours par l'ouverture disposée à cet effet. Le 6 août, huit feuilles furent cueillies deux heures après l'arrosage; après les avoir lavées à grande eau jusqu'à ce que les eaux de lavage ne fussent

plus troublées par l'iodure de mercure et de potassium, elles furent pilées et réduites en pulpe fine à l'aide d'une eau distillée; le suc obtenu par expression fut porté à l'ébullition et filtré, il donnait par l'iodure de mercure et de potassium un précipité abondant, gélatineux; les arrosages furent continués jusqu'au 24 août, la plante continua à bien végéter; elle était très-vigoureuse le 25 à l'époque où je constatai la présence de la morphine dans les feuilles et dans les rameaux.

2^e Expérience. — Le même jour un pied de *Veronica lindleyana*, fut placé dans les mêmes conditions que le *Pelargonium* de l'expérience précédente, et traité de la même manière; j'ai obtenu absolument les mêmes résultats; seulement, pour les arrosages, j'employais une solution de sulfate de quinine à 2/1000; je constatai la présence de l'alcaloïde dans les feuilles dès le second jour, et les arrosages ayant été continués je le trouvai encore le 25; seulement la plante avait beaucoup souffert, les feuilles étaient flétries, elles ne présentaient aucune altération des tissus, il est probable qu'elle serait morte si on l'avait abandonnée à elle-même, en continuant à lui donner de l'eau.

3^e Expérience. — Le 20 juillet 1864, un *Veronica lindleyana* a été placé dans le vase Duchartre, modifié et traité comme le précédent, mais arrosé extérieurement avec une solution d'acide arsénieux à 1/1000; dès le quatrième jour des arrosages, j'ai constaté la présence de l'arsenic dans les feuilles et dans les rameaux; la plante a souffert, les feuilles ont rapidement bruni par leur nervure et jauni par leurs limbes; je n'ai trouvé d'arsenic ni dans les racines, ni dans la partie de la tige plantée en terre. L'arsenic a été constaté par la carbonisation au moyen de l'acide sulfurique et l'appareil de Marsh; j'ai eu le soin de n'opérer la carbonisation des feuilles qu'après m'être assuré que les eaux de lavage n'enlevaient plus d'arsenic.

4^e Expérience. — Le 4 janvier, un pied de *Veronica lindleyana*, placé dans les mêmes conditions que le précédent, fut arrosé avec une solution d'iodure de potassium à 5/1000; dès le troisième jour, j'ai constaté la présence de l'iode dans les feuilles; plus tard, la plante a souffert et les feuilles se sont flétries; les racines et les parties de la tige qui se trouvaient en terre renfer-

maient des traces d'iode. Celui-ci a été cherché par les méthodes que j'ai indiquées ailleurs. (Voyez page 168).

5° *Expérience.* — Le même jour, un *Pelargonium zonale*, placé dans les mêmes conditions que la véronique de l'expérience précédente, a fourni absolument les mêmes résultats; seulement, la plante a été plus vite flétrie.

2° ABSORPTION PAR IMMERSION DES PLANTES DANS L'EAU.

6° *Expérience.* — Le 14 décembre, un pied de *Pelargonium zonale* a été renversé dans un vase contenant une solution d'acide arsénieux à 1/1000; la plante fut coupée et lavée à grande eau, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne contiennent plus d'arsenic; les feuilles jaunirent dès le 16 et commencèrent à tomber le 18; c'est le 20 qu'elle fut coupée, lavée et carbonisée. J'ai trouvé des quantités notables d'arsenic.

7° *Expérience.* — Un second pied de *Pelargonium zonale* fut renversé le même jour, dans un vase renfermant une solution de chlorate de potasse à 1/1000; la plante commença à se flétrir le 18, et, le 22, les feuilles étaient tout à fait jaunes. Celles-ci, ayant été fortement lavées et bouillies avec de l'eau distillée, je constatai la présence du chlorate de potasse dans le décoctum, au moyen de l'acide sulfureux et de la teinture d'indigo.

7° *Expérience.* — L'expérience précédente a été répétée en ne laissant la plante immergée que pendant une heure; les résultats ont été les mêmes.

3° ABSORPTION PAR LES RAMEAUX TENANT AUX PLANTES.

8° *Expérience.* — Le 6 décembre 1864, un pot de *Veronica lindleyana*, très-vigoureux, a été disposé de manière qu'un rameau plongeât dans l'eau; un second rameau, dans une solution d'arséniate de soude à 1/1000, et un troisième dans une solution d'iodate de soude également à 1/1000: le rameau, plongé dans l'eau, n'a subi aucune altération; celui qui était immergé dans l'arséniate de soude a commencé à se flétrir dès le 8; à ce moment, je l'ai coupé, et j'y ai constaté la présence de l'arsenic; le troisième rameau n'a commencé à se flétrir que

le 14; ce jour-là, il fut coupé, et j'y constatai la présence de l'iode. Mais celui-ci et l'arsenic furent vainement cherchés dans les parties de la plante qui n'étaient pas immergées.

9° *Expérience.* — Le 9 décembre 1864, la même expérience a été répétée sur une plante semblable; seulement, les solutions employées étaient l'acide arsénieux et le chlorate de potasse; les résultats ont été absolument les mêmes, c'est-à-dire que les nervures ont commencé à brunir vers le cinquième jour, et que les limbes se sont flétris vers le huitième. L'arsenic et le chlorate se sont retrouvés dans les feuilles qui avaient été au contact des solutions; mais je ne les ai pas trouvés dans les parties qui n'avaient pas été immergées.

4° EXPÉRIENCES AVEC LES FEUILLES DÉTACHÉES.

10° *Expérience.* — Le 24 janvier 1864, des expériences ont été disposées de la manière suivante: elles étaient faites avec des feuilles de *Pelargonium zonale*:

1° Des feuilles touchant par la face supérieure dans une solution d'iodure de potassium à 1/1000.

2° Même expérience, par la face inférieure.

3° Même expérience, toutes les feuilles plongées dans la solution.

4° Même expérience, avec la solution d'arséniate de soude, les feuilles touchant par la face supérieure.

5° Même expérience, par la face inférieure.

6° Même expérience, toutes les feuilles plongeant dans la solution.

7° Même expérience, feuilles touchant par la face supérieure avec le chlorate de potasse à 2/1000.

8° Même expérience, par la face inférieure.

9° Même expérience, toutes les feuilles plongeant dans la solution.

10° Feuilles de *Pelargonium* dont la base du pétiole avait été collodionnée, plongeant par le pétiole dans la solution d'arséniate de soude.

11° Feuilles de *Pelargonium* dont tout le pétiole avait été

collodionné, et plongeant par ce pétiole dans la solution d'iodure de potassium.

12° Feuilles de *Pelargonium* dont tout le pétiole avait été collodionné, et plongeant par ce pétiole dans la solution d'iodure de potassium.

Après vingt-quatre heures de contact avec les diverses solutions, les feuilles ont été lavées à grande eau et traitées par les méthodes que nous avons indiquées : dans toutes nous avons constaté que l'absorption s'était effectuée, à l'exception de la douzième expérience dans laquelle elle était nulle.

Bonnet, qui avait expérimenté sur des feuilles détachées qu'il mettait dans ou sur l'eau simultanément par les deux faces, avait éprouvé quelques difficultés à maintenir les feuilles dans une position qui permit le contact par l'une ou l'autre face seulement ; dans les expériences que nous venons de rapporter, et dans les suivantes, nous avons levé les difficultés signalées par Bonnet, en collodionnant les bords des feuilles.

L'expérience n° 11 va démontrer que dans cette série d'essais l'absorption ne se faisait pas seulement par la plaie du pétiole, et la douzième prouver que le collodion forme un vernis suffisamment préservateur pour s'opposer à l'absorption ; nous devons ajouter que dans les expériences avec les feuilles, touchant les solutions par leur face supérieure ou inférieure seulement, les pétioles n'étaient pas au contact des liquides, donc l'absorption avait lieu par les surfaces non lésées.

11° *Expérience.* — Le 25 janvier 1865, des feuilles de *Pelargonium zonale* ont été disposées de la manière suivante :

1° Six feuilles de *Pelargonium* ont été plongées en entier dans une solution de sulfate de cinchonine à 4/1000 ; le 26, les feuilles étaient flétries ; après lavage suffisant, nous avons constaté la présence de la cinchonine dans le suc des feuilles.

2° Même expérience, sur les feuilles plongeant par le pétiole ; nous avons trouvé l'alcaloïde non-seulement dans les pétioles mais encore dans les limbes qui n'étaient pas au contact de la solution.

3° Même expérience, les feuilles plongeant par les limbes seulement. J'ai trouvé la cinchonine vingt-quatre heures après dans les limbes et dans les pétioles.

Six feuilles de *Pelargonium* plongeant en entier dans une solution de sulfate de quinine à 4/1000; vingt-quatre heures après les feuilles étaient jaunes et flétries.

5° Même expérience, les feuilles plongeant par les pétioles; vingt-quatre heures après les feuilles étaient décolorées et un peu flétries.

6° Même expérience, les feuilles plongeant par les limbes

7° Six feuilles de *Pelargonium* plongeant en entier dans une solution de chlorhydrate de morphine à 4/1000, les feuilles ont conservé toute leur fraîcheur.

8° Même expérience, les feuilles plongeant par le pétiole seulement.

9° Même expérience, les feuilles plongeant par les limbes seulement.

Dans toutes ces expériences, la présence des alcaloïdes a été constatée dans les deux parties de la feuille, pétiole ou limbe, quelle que fût celle des deux qui plongeait dans la solution; et l'on ne peut pas nous objecter que l'imbibition s'est opérée par les plaies des pétioles, puisque l'absorption s'est également effectuée lorsque les limbes seuls plongeaient dans les solutions d'un autre côté, j'ai répété les mêmes expériences en collodionnant les blessures des pétioles et les résultats, quoique moins apparents, ont été les mêmes.

On sait que Bonnet avait constaté que les feuilles conservaient leur fraîcheur lorsqu'on les plaçait sur l'eau par l'une ou l'autre de leur face; nous avons déjà dit que deux interprétations différentes avaient été données de ce phénomène; quelques naturalistes, et entre autres Bonnet lui-même, voulaient qu'il y eût dans ce cas absorption de l'eau; d'autres, au contraire, et surtout de Candolle, pensaient que l'eau n'agissait qu'en s'opposant à l'exhalation par les feuilles. Si cette dernière interprétation eût été exacte, la feuille eût dû conserver son même poids et ne pas peser plus après l'expérience; or, dans les nombreuses expériences que je vais faire connaître l'augmentation de poids a été constatée.

TABLEAU N° 1.

Expériences faites avec les feuilles de houx (var. *inermis*).

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	10 janvier 1865. NATURE DES EXPÉRIENCES.	POIDS			Quantité d'eau absorbée ou perdue pour 100 du poids de la feuille après	
		d'une feuille.	de la même feuille après 24 heures.	après 72 heures.		
					24 heures.	72 heures.
1	Feuille à pétiole collodionné exposée à l'air. (1) . . .	0,842	0,755	0,675	— 7,019	— 16,872
2	Pétiole collodionné et feuille complètement plon- gée dans l'eau	0,988	1,039	1,114	+ 5,162	+ 12,864
3	Pétiole collodionné, limbe sur l'eau, par la face su- périeure.	0,889	0,858	0,817	— 3,487	— 8,099
4	Pétiole collodionné, limbe sur l'eau face inférieure .	0,768	0,767	0,759	— 0,130	— 1,172
5	Pétiole collodionné, feuille plongée dans l'huile (2). .	1,046	1,102	1,259	+ 5,353	+ 20,554
6	Pétiole collodionné, feuille plongée dans l'eau, sauf le pétiole.	0,925	1,012	1,091	+ 9,405	+ 17,946
7	Pétiole non collodionné, toute la feuille plongée dans l'eau.	0,154	1,223	1,319	— 5,806	— 13,440
8	Non collodionné, toute plongée dans l'eau, sauf le pétiole.	1,281	1,285	1,302	+ 0,312	+ 1,639
9	Feuille non collodionnée à l'air.	1,132	1,070	0,998	— 5,477	— 11,838

(1) Le signe — indique les pertes en poids que les feuilles ont éprouvées. Le signe + indique l'augmentation.

(2) La feuille est devenue translucide.

TABLEAU N° 2.

Expériences faites avec des feuilles d'Aucuba japonica, L.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	NATURE DES EXPÉRIENCES.	POIDS			Eau absorbée ou perdue pour cent.
		d'une feuille.	d'une feuille après 24 heures.	Différence.	
14 janvier 1865.					
1.	Feuille exposée à l'air, température 16° centigrades.	1,533	1,347	— 0,186	— 12,133
2.	Feuille exposée à l'air, température 16° centigrades, savonnée.	0,743	0,671	— 0,072	— 9,690
3.	Feuille plongée dans l'eau, pétiole collodionné et feuille savonnée.	0,746	0,852	+ 0,106	+ 14,209
4.	Feuille plongée dans l'eau, pétiole non collodionné, limbe savonnée.	0,674	0,927	+ 0,253	+ 37,537
5.	Feuille plongée dans l'eau, non collodionnée et non savonnée.	0,442	0,623	+ 0,181	+ 40,950
6.	Feuille plongée dans l'eau, pétiole en dehors.	0,565	0,624	+ 0,059	+ 10,442
7.	Feuille sur l'eau par la face supérieure.				
8.	Feuille sur l'eau par la face inférieure.				
9.	Feuille plongée dans l'eau, pétiole en dehors.	0,401	0,436	+ 0,035	+ 8,720
10.	Feuille plongée dans l'eau par la face supérieure.				
11.	Feuille plongée dans l'eau par la face inférieure.				

Suite du tableau n° 2.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	14 janvier 1865. NATURE DES EXPÉRIENCES.	POIDS			Eau absorbée ou perdue pour cent.
		d'une feuille.	d'une feuille après 24 heures.	Différence.	
12	Feuille toute dans l'eau, pétiote en dehors	0,654	0,688	+ 0,034	+ 5,109
13	Feuille au contact de l'eau par la face supérieure.	0,586	0,624	+ 0,048	+ 8,333
14	Feuille au contact de l'eau par la face inférieure	0,436	0,434	+ 0,005	+ 1,146
15	Feuille plongée dans l'huile.	0,476	0,576	+ 0,100	+ 14,793
16	Feuille plongée dans l'eau,	0,607	0,749	+ 0,142	+ 23,393
17	Feuille plongée dans l'eau sauf le pétiole.	0,613	0,698	+ 0,085	+ 13,868
18	Feuille plongée dans l'eau par la face supérieure.	0,758	0,809	+ 0,051	+ 6,728
19	Feuille plongée dans l'eau par la face inférieure	0,482	0,565	+ 0,083	+ 17,219
20	Feuille à l'air, pétiole collodionné.	1,736	1,483	- 0,253	- 20,334
21	Feuille glycinée à l'air.	0,453	0,98	- 0,055	- 12,141

TABLEAU N° 3.

Expériences faites sur les feuilles du *Petargonium zosterifolium*.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	20 janvier 1865. NATURE DES EXPÉRIENCES.	POIDS DES FEUILLES			EAU ABSORBÉE OU PERDUE, POUR 100		OBSERVATIONS.
		20 ^e janvier.	21 janvier après 24 heures.	24 janvier après 96 heures.	après 24 heures.	après 96 heures.	
		1	Feuille à l'air.	1,508	1,020	0,505	
2	<i>Idem</i> savonnée.	1,251	0,364	0,387	— 30,935	— 69,066	
3	Feuille toute dans l'eau collodionnée et savonnée.	1,104	1,208	1,559	+ 9,420	+ 23,090	
4	Feuille toute dans l'eau non collodionnée, mais savonnée.	2,162	2,207	3,478	+ 2,084	+ 14,616	
5	Feuille toute dans l'eau non collodionnée et non savonnée.	2,059	2,176	2,682	+ 5,682	+ 30,257	
6	Feuille dans l'eau, pétiole en dehors.	1,703	1,823	1,915	+ 7,045	+ 12,442	
7	Feuille au contact par la face supé- rieure.	1,079	1,095	1,080	+ 1,492	+ 0,093	Pétiole collodionné.
8	Feuille au contact par la face infé- rieure.	1,247	1,256	1,295	+ 0,722	+ 3,047	
9	Feuille toute dans l'eau, pétiole en dehors.	1,344	1,400	1,505	+ 6,544	+ 13,774	Pétiole non collodionné.
10	Feuille au contact par la face supé- rieure.	1,565	1,518	1,581	— 3,003	+ 1,022	
11	Feuille au contact par la face infé- rieure.	1,916	1,947	1,989	+ 4,648	+ 3,840	

Suite du tableau n° 3.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	20 janvier 1865.			POIDS DES FEUILLES			EAU ABSORBÉE OU PERDUE, POUR 100		OBSERVATIONS.
	NATURE DES EXPÉRIENCES.	20 janvier.	21 janvier après 24 heures.	24 janvier après 96 heures.	après		24 heures.	96 heures.	
					24 heures.	96 heures.			
12	Feuille toute dans l'eau, pétiole en dehors.	1,356	1,422	1,598	+ 4,944	+ 17,933			
13	Feuille au contact par la face supérieure.	1,418	1,482	1,528	+ 4,513	7,757			
14	Feuille au contact par la face inférieure savonnée.	1,049	1,400	1,449	+ 4,861	+ 9,533			
15	Feuille toute dans l'huile.	1,565	1,579	1,699	+ 0,893	+ 8,562			La feuille est devenue translucide.
16	Feuille toute dans l'eau.	1,221	1,529	1,213	+ 25,225	- 0,655			Feuille très-atté- rée.
17	Feuille toute dans l'eau, pétiole en dehors.	1,436	1,527	1,628	+ 6,337	+ 13,371			
18	Feuille au contact par face supérieure.	1,300	1,332	1,384	+ 2,460	+ 6,461			
19	Feuille au contact par face inférieure.	1,072	1,125	1,177	+ 1,011	+ 9,795			
20	Feuille à pétiole collodionné exposée à l'air.	1,063	0,841	0,488	- 20,884	- 52,210			
21	Feuille lavée à la glycérine exposée à l'air.	1,232	0,935	0,501	- 64,642	- 59,334			

TABLEAU N° 4.

Expériences faites avec les feuilles du *Pelargonium zonale*.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	NATURE DES EXPÉRIENCES.	POIDS DES FEUILLES			EAU ABSORBÉE		OBSERVATIONS.
		24 janvier 1865.			24 heures.		
		24 janvier.	25 janvier après 24 heures.	28 janvier après 96 heures.	après 24 heures.	après 96 heures.	
1	Extrémité du pétiole dans l'eau.	1,222	1,321	1,416	+ 7,283	— 10,344	
2	Tout le pétiole dans l'eau	1,646	1,634	1,606	+ 4,603	— 4,857	
3	Extrémité du pétiole dans l'eau.	1,321	1,488	1,038	— 10,068	— 24,423	Feuilles très-fétries.
4	Tout le pétiole dans l'eau.	0,994	0,976	0,973	— 4,841	— 2,143	
5	Feuilles touchant la solution par la face supérieure.	1,534	1,625	1,612	+ 6,139	+ 5,291	La présence de l'iode a été constatée dans les deux feuilles.
6	Feuilles touchant la solution par la face inférieure. .	1,748	1,829	1,938	+ 4,634	+ 10,869	
7	Feuilles touchant la solution par la face supérieure.	1,616	1,689	0,942	+ 4,523	— 4,471	Feuilles très-fétries; trouvé de l'arsenic dans les deux feuilles.
8	Feuilles touchant la solution par la face inférieure. .	1,313	1,356	1,341	+ 3,274	— 0,452	
9	Feuilles touchant la solution par la face supérieure.	0,908	0,923	0,786	+ 4,652	— 13,326	Feuilles très-fétries.
10	Feuilles touchant la solution par la face supérieure.	1,479	1,256	1,006	+ 6,533	— 14,674	

Suite du Tableau n° 4.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	24 janvier 1865. NATURE DES EXPÉRIENCES.	POIDS DES FEUILLES			EAU ABSORBÉE		OBSERVATIONS.
		24 janvier.	25 janvier après 24 heures.	28 janvier après 96 heures.	après 24 heures.	après 96 heures.	
11	Feuille plongée par la base du pétiole collodionné dans une solution d'arséniate de soude.	4,632	4,504	4,497	— 7,843	— 61,546	Pas trouvé d'arsenic.
12	Tout le pétiole plongé dans la solution, la base étant collodionnée.	0,659	0,844	0,386	+ 27,769	— 41,426	

Avant d'exposer les réflexions que ces expériences pouvaient me suggérer, et d'en tirer les conclusions qu'elles me paraissent pouvoir légitimer, je décrirai d'autres expériences que j'ai faites dans le but de rechercher si l'absorption des poisons peut se faire par les tiges, les graines et les tubercules.

5° ABSORPTION PAR LES TIGES ET LA BASE DES FEUILLES.

Le 20 juin 1864, plusieurs godets formés par la réunion des feuilles conjuguées d'un *Dispsacus* ont été remplis avec des solutions de sublimé corrosif et de sulfate de cuivre à 2/1000; à 2 centimètres environ au-dessous des réservoirs, les tiges furent traversées par un fil de fer bien décapé pour reconnaître le cuivre, et par un fil de cuivre jaune pour constater l'absorption du mercure; les fils étaient examinés tous les deux jours; après huit jours, le fil de fer présentait des traces de cuivre à sa surface et les fils de cuivre étaient noircis par le mercure, qui fut séparé par volatilisation et caractérisé par la vapeur d'iode qui forme avec ce métal un iodure d'un beau rouge.

M. Garreau avait déjà constaté (*loc. cit.*) que l'épiderme de

la base des feuilles du *Dipsacus laciniatus* était endosmotique, et qu'il absorbait surtout très-bien lorsqu'il avait été lavé à l'eau de savon.

6^o ABSORPTION PAR LES ÉPISPERMES, LES ÉPICARRES ET L'ÉPIDERME DES POMMES DE TERRE.

Le 26 décembre 1864, vingt grains d'orge, pesant 0^{gr},98, ont été immergés dans de l'eau iodée; le 28, le poids des vingt grains s'était élevé à 1^{gr},55; le 29 et le 30, le poids est resté le même, il n'y avait pas trace d'iodure d'amidon; donc l'iode n'avait pas pénétré dans l'intérieur du péricarpe; mais si je faisais une légère blessure à quelques-uns des grains, après quelques minutes, il y avait coloration bleue de l'albumen.

Le même jour, dix graines de haricots, pesant 10^{gr},10, ont été immergées dans l'eau iodée; le 28, elles avaient doublé de poids puisqu'elles pesaient 20^{gr},85; le 30, le poids était le même. Les cotylédons ne présentaient aucune trace d'iodure d'amidon bleu indiquant qu'il y aurait eu absorption de l'iode, mais si l'on enlevait l'épisperme sur quelques points, à l'instant même la coloration bleue se manifestait.

Si, au lieu d'employer de l'eau légèrement iodée, on immerge les haricots dans un mélange d'eau et de teinture d'iode en petit excès, on voit l'épisperme prendre une coloration jaune qui indique l'absence d'amidon dans cette membrane, tandis que les cotylédons deviennent bleus; de ce que cette coloration ne se manifeste pas lorsqu'on fait usage d'eau iodée étendue, il ne faudrait pas conclure qu'il n'y a pas absorption d'iode; mais plutôt que l'iode se volatilise avant l'absorption, ou que la petite quantité absorbée est prise de préférence par la matière protéique de haricots (légumine), dont l'affinité est plus grande pour l'iode que celle de l'amidon.

Les tubercules de pommes de terre nous présentent un phénomène analogue; le 30 décembre 1864, deux pommes de terre, pesant ensemble 86^{gr},10, sont immergées dans une solution iodée; le 6 janvier, leur poids s'élève à 89^{gr},25; il n'y a pas trace d'iodure d'amidon sous l'épisperme; mais si, au moyen d'une épingle, on fait quelques piqûres sur les tubercules, tous les

points piqués sont indiqués par une tache bleue formée par l'amidon.

Il est donc incontestable que l'épiderme des pommes de terre préserve le parenchyme de l'action de quelques agents chimiques, de l'iode par exemple; ne pourrait-on pas se demander si cet épiderme, qui se laisse traverser et imprégner par l'eau, n'opposerait pas une résistance plus ou moins grande au passage de l'iode et d'autres agents chimiques? Cette hypothèse a été admise par M. Homolle pour la peau de l'homme; notre savant confrère croit en effet que la peau humaine absorbe l'eau dans le bain sans se laisser pénétrer par les corps qu'elle tient en dissolution; mais ce fait singulier mériterait une plus rigoureuse démonstration (1).

Pour les pommes de terre, la démonstration de l'absorption de certains sels tenus en dissolution m'a été donnée par l'expérience suivante :

Le 30 décembre 1864, deux pommes de terre, pesant ensemble 97^{gr},55, ont été immergées dans une solution d'iodure de potassium à 4/1000; le 4 janvier, les deux tubercules pesaient 99^{gr},20 et le poids n'a pas augmenté; nous les avons alors fortement lavées et pelées, l'intérieur a été coupé par fragments, ceux-ci furent calcinés au contact de la potasse caustique; le résidu, traité comme je l'ai déjà dit plusieurs fois, donne des traces très-évidentes d'iode.

Si les haricots n'absorbent pas l'iode, ils absorbent les solutions salines. Les expériences suivantes ne laissent aucun doute à cet égard.

(1) Voyez mon mémoire, *Sur l'absorption par le tégument externe de l'homme dans le bain.*

1	Solution de l'iodure de potassium à 4/1000	97,55	99,20
2	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
3	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
4	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
5	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
6	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
7	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
8	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
9	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
10	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
11	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
12	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
13	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
14	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
15	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
16	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
17	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
18	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
19	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
20	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
21	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
22	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
23	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
24	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
25	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
26	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
27	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
28	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
29	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
30	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
31	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
32	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
33	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
34	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
35	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
36	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
37	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
38	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
39	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
40	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
41	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
42	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
43	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
44	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
45	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
46	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
47	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
48	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
49	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
50	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
51	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
52	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
53	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
54	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
55	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
56	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
57	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
58	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
59	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
60	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
61	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
62	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
63	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
64	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
65	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
66	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
67	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
68	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
69	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
70	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
71	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
72	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
73	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
74	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
75	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
76	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
77	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
78	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
79	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
80	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
81	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
82	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
83	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
84	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
85	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
86	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20
87	Solution de sulfate de magnésie	97,55	99,20
88	Solution de sulfate de soude	97,55	99,20
89	Solution de sulfate de chaux	97,55	99,20
90	Solution de sulfate de strontiane	97,55	99,20
91	Solution de sulfate de baryte	97,55	99,20
92	Solution de sulfate de zinc	97,55	99,20
93	Solution de sulfate de manganèse	97,55	99,20
94	Solution de sulfate de cobalt	97,55	99,20
95	Solution de sulfate de nickel	97,55	99,20
96	Solution de sulfate de cadmium	97,55	99,20
97	Solution de sulfate de plomb	97,55	99,20
98	Solution de sulfate de mercure	97,55	99,20
99	Solution de sulfate de cuivre	97,55	99,20
100	Solution de sulfate de fer	97,55	99,20

TABLEAU N° 5.

Expériences faites sur les haricots.

NUMÉROS.	30 octobre 1864. NATURE DES SOLUTIONS.	POIDS DE DIX PETITS HARICOTS.		OBSERVATIONS.
		Avant l'immersion 30 octobre.	Après l'immersion 6 janvier.	
1	Eau distillée	3,36	6,36	
2	Eau iodée	3,47	5,96	Pas la moindre trace d'iodure d'amidon.
3	Solution d'iodure de potassium à 2/1000.	2,80	5,67	
4	Solution d'acide arsénieux à 1/1000. . .	2,32	4,80	Les cotylédons contiennent de l'arsenic.
5	Solution de chlorate de potasse à 2/1000. .	2,80	5,78	Les cotylédons contiennent du chlorate.
6	Solution de sulfate de cuivre à 2/1000. . .	3,40	3,57	Les cotylédons sont colorés en bleu, et l'eau ne leur enlève pas en entier le cuivre qu'ils contiennent.
7	Solution de fuchsine. .	2,65	4,65	Épisperme et cotylédons roses, surtout la gemmule; le liquide est devenu épais et visqueux.
8	Solution de sulfate d'indigo	2,82	5,26	Épisperme bleuâtre, cotylédons blancs par places.

Telles sont mes expériences pour rechercher si l'absorption des liquides et des poisons se faisait dans les plantes par d'autres parties que par les racines ; voyons maintenant quelles conclusions je puis tirer de mes recherches :

La présence des substances toxiques dans les feuilles et rameaux des plantes qui ont été arrosées en vase clos avec des solutions métalliques ou avec d'autres poisons, ou immergées dans les mêmes solutions, démontrent que l'absorption des liquides peut s'effectuer par les parties aériennes des végétaux ; on pourrait objecter que je ne suis arrivé à un résultat affirmatif qu'en forçant, pour ainsi dire, la nature, en prolongeant les immersions et les arrosages ; il est certain que les parties aériennes des plantes n'ont pas été faites et disposées pour absorber les liquides, et l'on pourrait se demander même si les substances employées aux arrosages, au lieu de pénétrer et de circuler dans les vaisseaux, n'ont pas seulement pénétré l'épiderme et les couches sous-jacentes, et si, au lieu d'un véritable phénomène d'absorption, il n'y aurait pas seulement une simple imbibition.

Il ne suffit donc pas de prouver que les feuilles augmentent de poids au contact de l'eau, et qu'elles renferment les diverses substances avec lesquelles on les a mises en contact, pour dire que l'absorption a lieu, puis qu'il peut n'y avoir que simple imbibition ; il faut encore prouver qu'il y a eu transport d'un point à un autre des substances absorbées.

Je crois à cet égard que l'expérience n° 3, faite dans le vase Duchartre, sur un *Veronica lindleyana* au moyen de l'iodure de potassium ne peut laisser aucun doute ; n'avons-nous pas trouvé, en effet, de l'iode dans les racines et dans la partie de la tige mise en terre d'une plante qui n'en avait reçu que par ses feuilles et ses rameaux ? n'est-ce pas là une confirmation de cette idée d'excrétion par les racines que démontrent les expériences de Macaire Princeps, de Chatin, cet. (1).

D'un autre côté, cette absorption, par les feuilles et par les tiges, n'est-elle pas démontrée par les expériences faites sur les *Dipsacus*, elles le seront par celles que l'on trouvera dans ce

(1) Ces expériences ont été contestées depuis, je pourrais les appuyer ici de faits nouveaux qui prendront place dans un autre travail.

travail dans lesquelles on voit les alcaloïdes monter dans les pétioles lorsqu'on plonge les limbes intacts dans leur solution, et arriver aux limbes lorsque le pétiole collodionné à sa base seulement est plongé dans le liquide jusque auprès du limbe ?

Je n'hésite donc pas à conclure que les parties aériennes des végétaux peuvent absorber l'eau liquide, et laisser pénétrer dans l'intimité de leurs tissus les substances qu'elle tient en solution. Toutefois, loin de moi la pensée de vouloir regarder les feuilles et les autres parties des plantes comme des organes d'absorption des liquides; je suis convaincu, au contraire, que l'exhalation est la fonction dominante de ces parties et c'est parce qu'elle l'emporte de beaucoup par son intensité, que dans les expériences faites par la pesée des plantes, on a pu tenir compte des complications qu'elle apporte dans les résultats.

Certains agents chimiques en solution concentrée exercent sur les plantes des actions dissolvantes qui peuvent devenir l'origine de l'imbibition; lorsqu'on plonge un rameau d'une plante vigoureuse, dans une solution d'acide arsénieux ou de chlorate de potasse, on voit après quelques jours dépérir les rameaux voisins, quoique l'on ait eu le soin de pourvoir à la nutrition du pied par des arrosages suffisants; mais nous avons vu que ces deux poisons des plantes attaquaient les tissus, ramollissaient ou déchiraient les cellules des spongioles; ne pourrait-on faire les mêmes objections dans le cas des feuilles et adopter l'opinion de Targioni Tozzetti, qui dit qu'il n'y a absorption que parce qu'il y a lésion.

Je ferai remarquer d'abord que l'absence de lésion dans les tissus des feuilles et des axes aériens est facile à constater, et que, d'ailleurs, la lésion déterminerait une imbibition; or celle-ci n'est que le préambule de l'absorption; je sais bien que l'on a pu, par imbibition et par capillarité, faire monter des liquides dans des tubes de verre pleins de sable fin, mais dans l'expérience n° 3, que j'ai rapportée, l'iodure de potassium est descendu, preuve évidente de sa circulation dans les vaisseaux et conséquemment de son absorption.

Voyons maintenant quelle instruction nous pouvons tirer des nombreuses expériences consignées dans les quatre tableaux que j'ai donnés; quelques réflexions seront nécessaires

pour expliquer des contradictions apparentes qu'on pourrait y remarquer.

Dans le tableau n° 4 et dans les suivants, on peut voir que la précaution prise dans certains cas de fermer la plaie du pétiole par une couche de collodion, a contribué en général à diminuer l'absorption, et à la supprimer lorsqu'on ne plongeait dans le liquide que l'extrémité couverte de vernis, on peut voir, en effet qu'au n° 7 du tableau n° 4 dans lequel toute la feuille était plongée dans l'eau, que l'absorption a été treize fois plus grande que dans le n° 8 dans lequel le pétiole était hors de l'eau, preuve évidente de l'influence absorbante de la plaie du pétiole. On trouvera des exemples analogues dans les autres tableaux.

Le tableau n° 4 fait voir, en outre, que dans les expériences n° 3 et 4 où les feuilles touchaient l'eau, l'une par la face supérieure, l'autre par la face inférieure, l'exhalation a été supérieure à l'absorption, de sorte que les feuilles quoique placées sur l'eau ont perdu de leur poids. On retrouve le même fait dans quelques-unes des expériences des tableaux suivants.

M. Garreau a reconnu dans le travail plusieurs fois cité, que le savonnage des feuilles facilitait l'absorption.

La glycérine jouit, dit-on, de la propriété de dissoudre le vernis épidermique de l'homme et de rendre la pénétration des liquides plus facile; c'est pour ces raisons, que j'ai voulu essayer l'influence du *savonnage* et du *glycérynage*; j'ai trouvé quelques anomalies singulières qui sembleraient contredire l'opinion que l'on s'est faite sur l'influence de ces deux agents de dissolution des vernis endermiques, ainsi la glycérine paraîtrait diminuer la faculté absorbante des feuilles au lieu de l'augmenter; il faut je crois attribuer ces singularités aux lavages préalables des feuilles qui rendent les pesées moins rigoureuses et qui sont d'autant nécessaires que la glycérine s'attache aux tissus et qu'elle ne peut être entièrement enlevée par l'eau.

Il semblerait que lorsqu'on laisse une feuille dans l'eau pendant plusieurs jours, son poids devrait augmenter; c'est ce qui arrive le plus souvent, surtout avec les feuilles dures et résistantes; dans d'autres circonstances, avec le *Pelargonium*, par exemple, après quarante-huit heures, l'épiderme est attaqué,

le parenchyme altéré, et alors l'eau exerce sur lui son action dissolvante; les matières salines et extractives entrent en dissolution et se dissolvent directement dans l'eau, ou bien les cristoïdes dissous se séparent à travers la membrane comme elles le feraient dans le dialyseur. Par évaporation de l'eau on peut s'assurer qu'il y a eu solution des matières solubles de la feuille. On trouvera dans le troisième et le quatrième tableau, des exemples de cette diminution du poids des feuilles après quatre-vingt-seize heures d'immersion.

Il reste maintenant pour terminer ce travail, à dire quelques mots de l'absorption des matières colorantes.

§ 3. — Absorption des matières colorantes par les plantes.

Plusieurs naturalistes ou physiciens ont cherché à faire absorber des matières colorantes aux plantes; j'ai cité quelques-unes de leurs expériences.

Bonnet, dans son cinquième mémoire, rapporte qu'il a opéré sur la décoction de garance et sur l'encre; il a presque toujours obtenu des indices d'absorption, il espérait pouvoir ainsi déterminer par des colorations artificielles quels étaient les tissus par lesquels les sucs circulaient, mais il n'a jamais pu trouver les matières colorantes dans les feuilles ni dans les fleurs.

M. de la Baisse (1) indiqua le suc du *Phitolacca decandra* comme propre à être absorbé par les plantes, et à colorer les fleurs. Biot (2) faisait remarquer que la plupart des matières colorantes, ou étaient absolument refusées par les tissus, ou n'y pénétraient qu'avec difficulté; si elles s'y pénétraient, elles s'y arrêtaient, les altèrent et les dénaturent. L'illustre physicien a constaté que beaucoup de plantes refusaient l'injection, et que d'autres s'y prêtaient avec rapidité; quelques minutes lui suffirent pour veiner d'une multitude de petites lignes rouges tous les pétales d'une rose blanche de tous les mois, tandis qu'il ne produisit aucun changement sur la rose *muscade* pareillement blanche.

(1) Recueil des prix de l'Académie de Bordeaux, t. IV.

(2) Biot, Fleurs artificiellement injectées par l'absorption d'un suc végétal (Comptes rendus de l'Institut, t. IV, p. 12.)

Biot ajoute que des fleurs d'une même espèce prises sur le même individu et plongées dans la même liqueur présentent de pareilles oppositions.

Liebig rapporte que Biot a constaté qu'une jacinthe blanche (*Hyacinthus orientalis*) arrosée avec le suc du *Phytolaca decandra*, prenait, après deux heures, une couleur rouge; mais à la lumière solaire cette teinte disparaissait après deux ou trois jours.

Un botaniste allemand a répété cette expérience avec le même succès.

Dans de pareilles expériences on ne saurait prendre trop de précautions pour se mettre à l'abri de toute erreur; il ne faut opérer que sur des plantes semées sur place, car la transplantation détermine toujours quelques lésions des radicelles; les bulbes en général et surtout ceux de jacinthe qui se prêtent si bien à l'expérimentation, présentent dans la partie de leur plateau, une surface dénudée qui peut devenir une cause d'imbibition immédiate et conséquemment d'absorption; aussi dans toutes les expériences ci-après on a eu le soin de collodionner toute la partie du bulbe qui était immergée, la pellicule mince que laisse le collodion est facilement soulevée et déchirée par la force de pénétration des radicelles; j'ai toujours opéré dans des solutions de matières colorantes aussi neutres que possible, ou dans du sable calciné arrosé avec ces mêmes solutions.

Des expériences de coloration de plantes ont été faites avec des plantes blanchies par étiolement, quoique, selon moi, un pareil choix ne soit pas exempt de reproches, puisqu'une plante étiolée est un végétal malade. J'ai fait quelques essais avec la chicorée étiolée, dite barbe-de-capucin.

PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES FAITES AVEC LA CHICORÉE ÉTIOLÉE
DITE BARBE-DE-CAPUCIN.

Le 7 janvier 1865, des pieds de chicorée étiolée et dont les racines étaient intactes, ont été plongés par leurs racines jusqu'au collet dans les solutions suivantes :

1° *Solution de fuschine.* — La plante a parfaitement végété; les feuilles latérales étant mortes, elles ont été coupées le 25; le bourgeon terminal a poussé avec vigueur et les feuilles

nouvelles avaient, le 7 février, 0^m,10 de long; le bocal maintenu alternativement à la lumière ou à l'obscurité, la plante à tour à tour verdi ou blanchi, et la plante vivait encore le 10 mars.

2° *Fuschiné en solution très-étendue.*— Mêmes observations que pour la précédente, seulement celle-ci paraît plus vigoureuse

3° *Solution d'orseille.*— Assez concentrée et aussi neutre que possible, la plante a rapidement dépéri, il n'y a eu de coloration qu'à la partie externe de la base des feuilles, mais ce n'était qu'une simple imbibition; la plante était morte le 16, les racines étaient colorées en rouge dans toute la longueur.

4° *Solution d'orseille très-étendue.*— Même observation que la précédente; morte le 18, pas la moindre trace de coloration des feuilles; les racines étaient d'un beau rose dans toute leur longueur.

5° *Décoction de rhubarbe.*— La plante a dépéri immédiatement, elle est morte le 20; pas la moindre trace de coloration des feuilles, les racines sont jaunes dans toute leur épaisseur; la liqueur s'est recouverte de moisissures d'un vert bleuâtre.

6° *Décoction de garance.*— Est restée stationnaire; le 30 janvier il n'y a pas trace de coloration des feuilles; les racines sont d'un brun rougeâtre dans toute leur épaisseur.

7° *Solution peu concentrée de sulfate d'indigo.*— Pas de traces de coloration des feuilles ou des racines; la plante est morte vers le 20, et l'indigo a été réduit à l'état d'indigo blanc: en effet la solution devenue incolore reprend sa couleur verte lorsqu'on l'expose au contact de l'air.

8° *Solution d'indigo très-étendue.*— Même observation que pour la précédente, seulement la liqueur a été plus rapidement décolorée et la plante a vécu plus longtemps.

Il résulte de ces expériences qu'aucune des substances colorantes n'a pénétré dans les feuilles étiolées de la chicorée. On peut remarquer que la solution d'orseille tue rapidement les plantes, tandis que la fuschine paraît être, pour elles, un véritable engrais; une solution d'orseille exposée à l'air se recouvre rapidement et abondamment de moisissures vertes bleuâtres qu'on ne voit jamais se former sur la solution de fuschine.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

J'ai vivement regretté de n'avoir pu répéter, faute de matière, l'expérience avec le jus de *Phytolacca de candra* sur les jacinthes blanches ; à la prochaine saison je pourrai m'assurer de l'exactitude du fait annoncé, en ayant le soin de m'entourer de toutes les précautions qui très-probablement n'ont pas été prises jusqu'à présent. En effet, les bulbes de jacinthe en fleurs et arrachées de terre présentent toujours des radicelles coupées, et souvent des solutions de continuité sur le plateau; on est donc en droit de se demander si l'imbibition ne peut pas se faire par les sections; le plateau lui-même est une véritable plaie, sa base présente une large surface. Pour éviter ces causes d'erreur, j'ai presque toujours opéré sur des bulbes intacts, collodionnés à leur base jusqu'à moitié de leur hauteur, de manière à fermer les plaies qu'ils auraient pu présenter; puis je les ai plongés dans des liquides colorés, ou bien enterrés en bonne terre ou dans du sable calciné et lavé, et je les ai arrosés avec les liquides que je cherchais à leur faire absorber. Comparativement je mettais toujours des bulbes semblables dans de l'eau pure, en un mot j'ai fait ce que l'on pourrait appeler des expériences à blanc.

Le 11 janvier 1865, cinq bulbes de jacinthe blanche choisis bien intacts et collodionnés, ont été mis dans les conditions suivantes : 1° dans une solution de fuschine Renard (non arsenicale); 2° dans du sable calciné et arrosé avec la solution de fuschine; 3° dans de l'eau pure; 4° dans une solution de tournesol; 5° dans du sable calciné et arrosé avec du tournesol.

Le bulbe plongé dans la solution de fuschine a rapidement végété et a porté fleurs le 28 février; celui qui était dans du sable calciné et arrosé avec la même solution a fleuri le 6 mars; celui qui était dans l'eau pure a porté fleurs le 13 mars; celui de la solution de tournesol le 28 mars, et celui qui était planté dans le sable et arrosé de tournesol a assez mal végété et n'a ouvert ses fleurs que le 4 avril. Toutes ces fleurs étaient parfaitement blanches; les bulbes et les feuilles ayant été coupés en frag-

ments, ne présentaient aucune coloration, les radicules étaient à peine colorées à l'extérieur, et extrêmement peu à l'intérieur.

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Le 9 février 1865, des jacinthes blanches ont été disposées de la manière suivante :

1° Une jacinthe blanche en fleur dans la solution de fuschine: pas la moindre coloration le 18 mars.

2° Une jacinthe blanche en fleur dans une infusion de betterave: il y a eu une légère teinte rosée qui n'a pas disparu, mais qui a légèrement faibli lorsqu'on l'a transvasée dans l'eau.

3° Une jacinthe blanche en fleur et en pot dans de la bonne terre, a été arrosée avec la solution de fuschine, et il n'y a pas eu la moindre coloration.

4° La même expérience répétée avec la décoction de betterave rouge, il n'y a pas eu de coloration.

5° Une primevère de Chine blanche en fleur arrosée avec de la fuschine; pas de coloration.

6° Même plante et même expérience avec le tournesol: rien.

7° Même plante et orseille: rien; la plante est morte très-rapidement.

9° Jacinthe blanche en fleur plongée par son bulbe dans une solution d'orseille, la plante est morte très-vite, et il n'y a pas de coloration.

QUATRIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Le 6 mars, j'ai disposé les expériences suivantes :

1° Un bulbe de jacinthe non collodionné a été placé dans une infusion de betterave; celle-ci était changée tous les deux jours, les fleurs se sont montrées le 28 mars, elles présentaient toutes une teinte rosée très-prononcée; mais après les avoir transplantées dans l'eau pure; elles n'ont pas changé de couleur.

2° Une jacinthe plantée en terre et arrosée avec le jus de betterave a fleuri assez rapidement, et les fleurs ont présenté une teinte rose moins prononcée que dans la précédente.

3° La même expérience a été disposée comme pour le n° 1; seulement les oignons ont été plongés dans les liquides suivants: A. $\frac{2}{3}$ suc de betterave et $\frac{1}{3}$ d'eau; B. $\frac{1}{2}$ suc de betterave et $\frac{1}{2}$ eau; C. $\frac{1}{13}$ suc et $\frac{2}{3}$ d'eau. D. $\frac{1}{10}$ suc et $\frac{9}{10}$ d'eau. Les oignons ont présenté une très-légère coloration rose, très-peu prononcée pour l'expérience D.

4° Une primevère de Chine, blanche, plantée en terre et arrosée avec le suc de betterave, a présenté après huit jours une teinte rose tellement légère qu'elle m'a paru douteuse.

Ces expériences ont été répétées avec la solution d'orseille, l'infusion de choux rouges, de tournesol, le sulfate d'indigo et la décoction de garance. Dans aucun cas il n'y a eu coloration: dans l'orseille, les plantes ont péri très-rapidement; les infusions de choux rouges et les décoctions de garance étaient changées toutes les vingt-quatre heures: dans la fuschine, les plantes ont toujours végété avec la plus grande vigueur, et plus vite que celles qui étaient plongées dans l'eau.

De toutes les matières colorantes essayées, l'infusion de betterave rouge est la seule qui ait paru être absorbée, je dis *paru*, parce qu'il m'a été impossible de faire passer les fleurs du rose au blanc d'une manière complète lorsque je venais à les soumettre à l'influence qui les avait colorées; d'un autre côté, des jacinthes semblables ont présenté dans le tournesol la même teinte rosée, mais beaucoup plus faible; on pourrait dire que le bleu du tournesol a passé au rose par l'action des acides; mais comme sur trois jacinthes prétendues blanches qui avaient été mises dans l'eau, l'une d'elles a présenté la même teinte rosée extrêmement faible, il reste dans mon esprit quelques doutes sur les conclusions à faire relativement à la betterave.

Quant aux autres substances colorantes, les résultats sont franchement négatifs.

CONCLUSIONS

1° A part de rares exceptions il n'existe aucun rapport entre l'action des poisons sur les animaux et celle qu'ils exercent sur les végétaux.

2° Tous les poisons sont absorbés par les racines des végétaux lorsqu'ils sont en solution assez étendue (1/2000 à 1/1000), on peut les retrouver dans les points les plus éloignés du lieu du contact.

3° Parmi les poisons minéraux qui empoisonnent plus ou moins rapidement les animaux, et qui tuent les végétaux à petite dose (1/1000), il faut citer en première ligne les arsenicaux solubles, puis viennent les sels de mercure, d'antimoine, de cuivre, de plomb, d'étain, de bismuth.

4° Parmi les préparations minérales insolubles, celles dans lesquelles la germination ne s'opère pas ou se fait mal, il faut citer les sulfures d'arsenic et d'antimoine; et dans les combinaisons non toxiques, le sesquioxyde de fer pur ou mélangé en forte proportion avec la terre.

5° Le chlorate de potasse, celui de soude, les iodates des mêmes bases, et l'iodure de potassium qui ne sont pas des poisons pour les animaux, tuent promptement les plantes à la dose de un à deux millièmes; les chlorates ne sont pas transformés en chlorure pendant l'acte de la végétation.

6° Les poisons minéraux corrosifs, agissent sur les végétaux de deux manières: tantôt ils altèrent, corrodent les tissus, dessèchent et atrophient les spongioles (arsenicaux), ou les gonflent et les ramollissent (chlorates alcalins); mais par une action secondaire et mystérieuse, ils peuvent être absorbés et tuer les plantes sans qu'il y ait lésion

7° Le chlore et les hypochlorites en solution très-étendue activent la végétation des plantes ligneuses; ils nuisent aux plantes herbacées : en solution concentrée, ils les tuent toutes.

8° Le brome et l'iode en solution très-étendue sont très-nuisibles aux plantes.

9° Les acides minéraux dilués même à 1/1000, et les alcalis caustiques nuisent à la végétation.

10° Le sulfate, le chromate et le permanganate de potasse, le ferro-cyanure, le cyanure de potassium, les sulfures alcalins à 1/1000 nuisent à la végétation; à dose très-faible, les nitrates alcalins la favorise.

11° Le chlorhydrate et le nitrate d'ammoniaque nuisent à la végétation lorsqu'on les emploie en solution assez concentrée, ils la favorisent lorsqu'ils sont étendus d'eau.

12° Employés avec discernement, les sels de fer sont utiles aux plantes; à dose élevée, ils leur nuisent considérablement.

13° Les acides organiques (acétique, citrique, tartrique) nuisent à la végétation, l'acide oxalique est beaucoup moins actif, il est brûlé et on ne le retrouve pas dans les divers organes.

14° Parmi les acides organiques, l'acide benzoïque est celui qui tue le plus rapidement les plantes et à plus faible dose; cette action puissante paraît tenir à autre chose qu'à sa nature acide.

15° L'acide cyanhydrique, poison violent pour les animaux, est loin d'agir avec autant de force sur les plantes.

16° Tous les alcalins organiques peuvent être absorbés par les plantes.

Quelques-uns, comme le sulfate de quinine et surtout celui de cinchonine, nuisent à la végétation.

D'autres (morphine, codéine, nicotine) paraissent ne pas influencer sur elle.

D'autres enfin (atropine) l'activent réellement et sont de véritables engrais.

17° Les alcalis organiques peuvent être retrouvés dans les parties des plantes où ils n'ont pu pénétrer que par voie d'absorption; ils y persistent plus ou moins longtemps, en raison directe de leur stabilité; les moins stables (atropine, nicotine, etc.) disparaissent les premiers, on les trouve plus longtemps dans les feuilles que dans les fleurs.

18° Les alcalis organiques disparaissent peu à peu des plantes qui les renferment, lorsque celles-ci sont desséchées à l'air et à la lumière.

19° Les alcalis organiques vénéneux ne paraissent exercer aucune action physiologique sur les plantes; ils ne modifient pas la sensibilité et la motilité de celles qui peuvent exercer des mouvements sous diverses influences.

20° L'alcool, l'éther, le chloroforme et tous les liquides spiritueux, même les dilués, les huiles essentielles extrêmement étendues, les eaux distillées qui en renferment, sont des poisons très-énergiques pour les plantes.

21° L'absorption par les parties aériennes des végétaux, quoique extrêmement restreinte, s'effectue cependant, comme le démontrent les arrosages et les immersions des tiges et des feuilles, dans les alcaloïdes et dans certains sels.

22° L'exhalation à la surface des feuilles est considérable; elle est en général plus grande à la face inférieure qu'à la supérieure.

23° L'épiderme et l'épisperme sont des obstacles à l'absorption; le lavage et le savonnage la facilitent; la moindre lésion rend l'imbibition très-prompte.

24° De toutes les matières colorantes que nous avons cherché à faire absorber par les plantes à fleurs blanches placées dans diverses conditions, le suc de la betterave rouge est le seul qui ait paru être absorbé.

Vu et lu à Lyon, le 17 mai 1865,

Par le doyen de la Faculté des sciences,

JOURDAN.

Permis d'imprimer,

Pour le recteur de l'Académie de Lyon en congé,

L'inspecteur d'Académie délégué,

L. AUBIN.

BIBLIOGRAPHIE

- A**
- ACHARD.** Sur la nutrition des végétaux, et sur les altérations qu'éprouvent les différentes substances par la végétation (*Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1790-1791, p. 49).
- ALPINI (Prosperi).** *Historiæ Ægypti naturalis pars prima, rerum ægyptiarum libri quatuor.* Lugduni Batavorum, 1735.
- AQUIEN.** Sur les maladies des blés (*Mémoires des Savants étrangers. Acad. des sciences*, 1763, t. IV).
- ARNOULD,** professeur à Nuremberg. Lettre touchant les morilles de Bohême (*Journ. des Savants*, 1683).
- AUDOUARD.** Si les poisons métalliques, et en particulier l'acide arsénieux pénètrent dans les plantes, entre autres dans les céréales (Rapport de M. Soubeiran, *Bull. de l'Acad. de méd.*, t. VIII, p. 868).
- Note relative aux expériences sur le chaulage par l'arsenic (*Compt. rend.*, 1845, t. XX, p. 354).
- Note sur le blé provenant d'une semence chaulée avec l'acide arsénieux, et sur l'arsenic dit normal (*Journ. chim. méd.*, t. XX, p. 353).
- B**
- BARRAL.** Action du fer sur la végétation (*Journ. d'agricult. prat.*, 1859, t. II, p. 227).
- BECCHER (Jon. Joachim).** *Physica subterranea.* Lipsiæ, 1738, edit. novissima.
- BECCHI.** Action des sels de fer sur les plantes (*Actes de la Société des géorgiphiles de Florence*, et *Journ. d'agricult. prat.*, 4^e sér., 1855, t. III, p. 104).
- BONNET.** — Recherches sur l'usage des feuilles grand in-4^o.
- BORY DE SAINT-VINCENT.** Note sur une végétation dans l'acide arsénieux (*Compt. rend.*, 1845, t. XX, p. 1055).
- BOUCHARDAT.** De l'action qu'exercent sur les végétaux les produits organiques ou inorganiques qui sont des poisons pour les animaux (ext. *Compt. rendus*, 1843, t. XVII, p. 112).
- De l'influence du sol relativement à l'action des poisons sur les plantes (*Compt. rendus*, 1846, t. XXII, p. 674).
- REVEIL.**

BOUCHARDAT. Recherches sur les fonctions des racines ; les plantes étant placées dans une dissolution contenant plusieurs substances, absorbent-elles préférentiellement certaines substances à d'autres ? Expériences sur cette question (extr. *Compt. rendus*, 1846).

— Recherches sur la végétation appliquée à l'agriculture, Paris, 1846.

BOUCHERIE. Mémoire sur la conservation des bois, Paris, 1840.

BOUQUET de FOIX (Marne). Sur l'emploi du sulfate de fer dans les engrais destinés aux champs de pommes de terre comme moyen de prévenir l'altération de tubercules (*Compt. rend.*, 1848, t. XXVII, p. 512).

BOUSSINGAULT. Sur l'opportunité de faire intervenir, dans certaines circonstances l'arsenic dans le chaulage des grains (*Journ. pharm.*, nouv. sér., t. XXX, p. 41).

BOUTIGNY. Note sur le chaulage des blés (*Compt. rend.*, 1845, t. XXI, p. 1229).

— De la présence du cuivre dans le blé et dans un grand nombre d'autres substances (*Journ. chim. méd.*, t. IX, p. 147).

BRACONNOT (Henry). Recherches sur la force assimilatrice dans les végétaux (*Ann. chim.*, 1807, t. LXI, p. 187).

— Recherches sur l'influence des plantes sur le sol (*Ann. de chim. et de phys.*, 1839, t. LXXII, p. 27).

BRAUN. Sur la présence du zinc dans des cendres végétales (*Ann. de Poggendorf*, t. XIII, p. 175, et *Journ. pharm.*, t. XXVI, p. 237).

BISCHOFF. Bulletin des sciences naturelles, t. VII, p. 84.

C

CANDOLLE (Aug. Pyrame de). Physiologie végétale, 1832.

CARRADORI. Dell'azione venefica della magnesia e dell'arsenico sui vegetabili (*Giorn. dei Letterati di Pisa*, 1808, t. IX, p. 288).

CAUVET (D). Études sur le rôle des racines dans l'absorption et l'excrétion (Thèse pour le doctorat ès-sciences, Strasbourg, 1861).

CHATIN. Études de physiologie végétale faites au moyen de l'acide arsénieux (*Compt. rendus*, 1845, t. XX, p. 21).

— Études expérimentales sur l'action des sels, des bases, des acides et des matières organiques sur la végétation (*Compt. rend.*, 1852, t. XXXV, p. 786).

— Recherches expérimentales relatives à l'action qu'exercent les sels sur la végétation lorsqu'ils sont employés à équivalents égaux (*Compt. rend.*, 1854, t. XXXVIII, p. 269).

CHEVALLIER et COTTEEAU. Essai historique sur les métaux que l'on rencontre quelquefois dans les corps organisés (*Ann. d'hyg. publ. et de méd. lég.*, 1849, t. XLI, p. 387).

CHEVALLIER (A.). Note sur l'action des sels de fer suivant la nature des plantes (*Compt. rend.*, 1846, t. XXII, p. 88).

— Accidents causés par le chaulage des grains par l'acide arsénieux. Questions posées à ce sujet (*Journ. chim. méd.*, 1843, t. XX, p. 349).

— Sur l'absence de l'arsenic dans le blé chaulé par ce toxique (*Journ. chim. méd.*, 1844, t. XX, p. 563).

— Essai sur l'absorption des poisons par les plantes (*Journ. chim. méd.*, 1848, t. XXIV, p. 602).

- CHEVREUL. N'a pas trouvé de cuivre dans le blé (*Journ. chim. méd.*, t. VIII, p. 573).
- Considérations générales sur l'analyse organique, Paris, 1824.
- Analyse du liège (*Ann. chim.*, 1815).
- COSSA. Sull'assorbimento delle radici. Pise, 1859.
- DAUBENY. *Écho du monde savant*, 1836, p. 168.
- DAVY (Ew.). De la présence de l'arsenic dans quelques engrais artificiels, et son absorption par les plantes qui proviennent des terres où l'on a employé ces engrais (*Journ. chim. méd.*, t. XXXV, p. 687).
- DAVY (Humphry.). *Éléments de chimie appliquée à l'agriculture*, traduits par Marchis de Migneaux, Paris, 1820; édit. anglaise, 1812.
- DEIMANN (Paats von). *Journ. der Chemie von Trorstwick*, Lauwerenburgh, Scherer 1, p. 668.
- DEMESTRE. Lettres du docteur Demestre au docteur Bernard, Paris, 1779.
- DESCHAMPS (d'Avallon). Conclusions d'un mémoire sur le cuivre physiologique (*Bull. Acad. de méd.*, t. XIII, p. 542).
- DUCHARTRE. Expériences sur l'absorption de l'eau par les feuilles au contact (*Bull. de la Soc. de botan. de France*, t. III, 1856, p. 221 et 223).
- Recherches expérimentales sur la transpiration des plantes dans des milieux humides. (Même bull., t. V., 1858, p. 440).
- Observations sur la sanaison des plantes et sur les causes qui la déterminent (*Journ. de la soc. imp. et cent. d'hort.*, t. III, 1857).
- Recherches expérimentales sur le rapport des plantes avec la rosée et les brouillards, 1861 (*Ann. des sciences naturelles*, t. XV, 4^e sér., p. 409).
- L'eau de la pluie qui mouille et lave les organes intérieurs des plantes est-elle absorbée directement? Recherches expérimentales sur cette question (*Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1860, t. LV, p. 359).
- DUHAMEL DU MONCEAU. *Éléments d'agriculture*, 1779 et 1762.
- DURAND. Mémoire sur un fait singulier de la physiologie des racines, leur pénétration dans le mercure (*Ann. scienc. nat.*, 3^e sér., 1845, t. III, p. 210).

E

- EINHOF. Extrait d'un mémoire sur la végétation, imprimé dans le *Nouveau journal de chimie*, de MM. Klaproth, Gehlen, etc., traduit par H. A. Vogel (*Ann. de chim.*, an XIII, t. LV, p. 309).

F

- FILHOL. Études sur l'absorption et l'élimination de l'arsenic dans les végétaux (extrait *Journ. chim. méd.*, t. XXIV, p. 548, et *Journ. pharm.*, et thèses de la Faculté de médecine).
- FOURCROY. *Système des connaissances chimiques*, brumaire, an IX.
- FRANCK (J. P.). *Système de police médicale*, 3 vol.

G

- GOEPPERT (H. R.). Sur l'irritabilité des étamines du *Berberis vulgaris* (*Ann. des sciences nat.*, 1828, 1^{re} série, t. XV, p. 69).
- Recherches sur l'action de l'acide cyanhydrique et de quelques autres substances sur les plantes (*Ann. des sciences nat.*, 1828, 1^{re} série, t. XIV, p. 384).
 - De acidi hydrocyanici vi in plantis commentatis (1827).
- GALEATI. Sur l'existence du fer dans les corps (*Mém. de l'Acad. de Bologne*, t. X, p. 283).
- GASPARIN (comte de). Cours d'agriculture. Paris, 1843.
- GEOFFROY. Trouver des cendres qui ne contiennent aucune parcelle de fer (*Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1705, p. 362).
- GIRARDIN. Nouvelles expériences sur le chaulage du blé (*Compt. rend.*, 1845, t. XXI, p. 1140).
- Recherche de l'arsenic et du cuivre dans les blés chaulés avec l'acide arsénieux et le sulfate de cuivre (Supplément au précédent mémoire, 1845, t. XXI, p. 1330).
- GRIS. Note relative à l'action des composés solubles ferrugineux sur la végétation (*Compt. rend.*, 1843, t. XVII, p. 679).
- Nouvelles expériences sur l'action des composés ferrugineux solubles appliqués à la végétation, et spécialement au traitement de la chlorose et de la débilité des plantes (*Compt. rend.*, 1844, t. XIX, p. 1118).
 - De l'action des sels ferrugineux solubles appliqués à la végétation, et spécialement au traitement de la chlorose et de la débilité des plantes (*Compt. rend.*, 1845, t. XXI, p. 1386).
 - *Idem* (*Compt. rend.*, 1846, t. XXIII, p. 53).
 - *Idem* (*Compt. rend.*, 1847, t. XXV, p. 276).
- GRIS (Émile). De l'action des composés ferrugineux solubles sur la végétation (2^e édition, Paris, 1843).
- GUSMAN (Dominique). Mémoires de l'Académie de Boulogne (collection académique, t. X, p. 283).

H

- HENCKEL (Jean-Frédéric). Flora saturnisana, allemand, 1722; traduction par Charas (Paris, 1760).
- HUMBOLDT (Fredericus-Alexander). *Floræ friburgensis specimen accedunt aphorismi ex doctrinis physiologiæ chemicæ plantarum Berolini* (1793).
- Versuche über die gereifte Muskel und Nervenfasern (t. XXI, p. 423).

J

- JÆGER. Dissertatio inauguralis de affectibus arsenici in varios organismos (Conclusions, voir Marcet, Tubingue, 1808).
- JÆGER. Einige Beobachtungen über die Wirkungen verschiedener Gasarten auf Pflanzen (*Büchner's Repertorium für die Pharm.*, Bd. II, S. 169-184).
- JOBARD. Cuivre employé pour détruire les cryptogames (*Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1844, t. XIX, p. 1405).
- JOHN. Ueber die Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen, und der Ursprung der Pottasche und anderer Salze, etc. (Berlin, 1819).

JOHNSON (Henry). Sur l'existence générale d'une propriété nouvellement observée dans les plantes et son analogie avec l'irritabilité des animaux (*Ann. des scienc. nat.*, 1835, t. IV, p. 321).

K

KRAFFT (G.-W.). De vegetatione plantarum experimenta et consectoria novi commentarii Academiae scientiarum imperialis petropolitanae ad annum 1749, t. II.

L

LANGLOIS. Du cuivre dans les végétaux et dans le corps de l'homme, ainsi que de l'arsenic dans l'eau des sources ferrugineuses (*Bull. de l'Acad. de méd.*, t. XIII, p. 142).

LASSAIGNE. Recherches sur l'action qu'exercent les sels de fer dans l'acte de la germination et de la végétation, suivies d'un procédé simple pour apprécier les petites quantités d'oxyde de fer que renferment les cendres d'autres plantes (*Compt. rend.*, 1852, t. XXXIV, p. 587).

LEFÈBURE. Expériences sur la germination des plantes (Strasbourg, an IX).

LEUCHS. *Ann. der Physik v. Poggendorf* (1830, n° 11, p. 488).

LEGRIFF. Sur l'absorption des sels métalliques par les végétaux, et sur le danger de récolter sur des terres qui ont longtemps subi le chaulage avec des plantes vénéneuses (*Journ. chim. méd.*, t. I, 3^e série, p. 370).

— De l'innocuité du blé dont la semence a subi le chaulage arsénieux (*Journ. de chim.*, 1844, t. X, p. 254).

LEPETIT (L.). Sur l'absorption de l'acide arsénieux par les plantes (Thèses de l'École de pharmacie, 1846).

LIEBIG (Justus). Chimie organique appliquée à la physiologie végétale (traduit par Ch. Gerhardt, 2^e édition. Paris, 1844).

LINK (H. F.). Sur les trachées des plantes (*Ann. des sciences nat.*, 1831, 1^{re} série, t. XXIII, p. 144).

— *Elementa philosophiae botanicæ* (editio altera Berolini, 1857).

— Bulletin des sciences de Ferussac. Sur la résorption des plantes (t. XIX, p. 56).

LOUYET. Lettre à M. Dumas sur l'absorption de l'acide arsénieux (*Compt. rend.*, 1844, t. XIX, p. 336).

— Note sur l'absorption des poisons par les plantes (*Journ. de pharm.*, t. IX, p. 94).

— Mémoire sur l'absorption des poisons métalliques par les plantes (Bruxelles, 1841).

M

MACAIRE PRINCES. Mémoire sur l'influence des poisons sur les plantes douées de mouvement excitable (*Ann. de chim. et de phys.*, 1828, t. XXXIX, p. 85).

— Mémoire pour servir à l'histoire des assolements (*Ann. de chim. et de phys.*, t. LII, p. 225).

MACQUER, CADET, LAVOISIER, BAUMÉ, BUCQUET, CORNETTE. Rapport fait à l'Académie des sciences par la classe de chimie, le 21 août 1779 (*Mém. de l'Acad. roy. des sciences*, 1778, p. 584).

- MALAGUTI, DUROCHER et SARZEAU. Recherches sur la présence du plomb, du cuivre et de l'argent dans l'eau de la mer, et sur la présence de ce dernier métal dans les êtres organisés (*Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1849, t. XXIX, p. 780).
- MALAGUTI et DUROCHER. Recherches sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal (*Compt. rend.*, 1856, t. XLIII, p. 446).
- MALPIGHI (Marcellus). *Opera omnia* (Lugduni Batavorum, 1687. De seminum vegetatione, 106).
- MARCET (F.). De l'action des poisons sur le règne végétal (*Ann. de chim. et de phys.*, 1825, t. XXIX, p. 202).
- MATHIEU (de Vitry en Perthois). Cinq cents observations expérimentales sur les divers chaulages du blé (*Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1855, t. XL, p. 837).
- MEISSNER. Sur la présence du cuivre dans les cendres des végétaux (*Ann. chim. et phys.*, 1817, t. IV, p. 106).
- MÉYEN (J.). Rapport sur les progrès de la physiologie végétale pendant l'année 1836 (travaux de Unger, 1838, p. 87).
- MULDER. Expériences sur l'action des poisons sur les plantes dites sensibles (*Bull. des sciences nat.*, 1828, t. XIV, p. 77).

N

NEUMANN. Zwei Berichte üb. eigentl. Beschaffenh. u. Erzeug. der Bestandtheile in den Getreidearten (Berlin, 1800).

P

- PAYEN. Instruction pratique sur le chaulage des grains (*Journ. pharm.*, t. XXI, p. 369).
- PHILLIPS. Effets du cuivre sur la végétation (*Ann. chim. et phys.*, 1821, t. XIX, p. 76).
- PLENCK (Joseph-Jacobi). *Physiologia et pathologia plantarum* (Viennæ, 1794).
- PLUCHE. *Spectacle de la nature* (Paris, 1735).
- PONSARD. Destruction de la cuscute par le sulfate de fer (*Journ. d'agricult. nat.*, 1858, t. II, p. 139).

R

- RAINEY (G.). Recherches expérimentales sur la cause de l'ascension et du mouvement de la sève dans les végétaux (Liechtal, 1843, 508).
- RASPAIL. Nouveau système de physiologie végétale (Paris, 1837).
- RÉGNARD (Césaire). Du chaulage des grains (*Journ. chim. méd.*, t. XX, p. 532).
- REICHER. *Dissertatio de vasis plantarum spiralibus* (Lips., 1758, 4).
- ROCHÉ. De l'action de quelques composés du règne minéral sur les végétaux (Thèses de l'École de pharmacie, 1862).
- ROSSIGNON. Sur le cuivre contenu dans les tissus organisés d'un grand nombre de végétaux et d'animaux, pour servir à confirmer l'existence du cuivre dans le corps humain à l'état normal (*Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, t. XVII, p. 514).
- ROUDAUD (Hautes-Pyrénées). Chaulage du blé (*Journ. chim. méd.*, t. XXI, p. 102).

S

- SALM-HOBTMAR. Recherches sur la nutrition de l'avoine, particulièrement en ce qui concerne les matières inorganiques et qui sont nécessaires à cette nutrition, traduit de l'allemand par Barras et Laverrière (*Ann. chim. et phys.*, 3^e sér., 1851, t. XXXII, p. 461).
- SARZEAU. Sur la présence du cuivre dans les végétaux et dans le sang (*Journ. pharm.*, 4^{re} sér., t. XVI, p. 320).
- SAUSSURE (Théodore de). Recherches chimiques sur la végétation. Paris, an XII, 1804.
- SÉGUIN (A.). Premier mémoire sur la végétation (*Ann. chim.*, 1814, t. LXXX, p. 89).
- SENEBIER (Jean). Physiologie végétale générale, 1 vol., an VIII.
- SEPTALIUS (Manfredi). Observations sur du vif argent trouvé auprès des racines des plantes (*Transactions physiologiques de la Société royale de Londres*, 1667, n^o 27).
- SOUBEIRAN (Ed.). Rapport fait à la Société de pharmacie sur la thèse de M. Bernard Vever (*Journ. pharm.*, 1843, t. IV, p. 109).
- SOUBEIRAN. Rapport fait à l'Académie de médecine sur un mémoire de M. Audouard, si les poisons métalliques, et en particulier l'acide arsénieux, pénètrent dans les plantes, entre autres dans les céréales (*Bull. Acad. de méd.*, t. VIII, p. 868).
- SPRENGEL. Sur les principes chimiques du *Chrysanthemum segetum* (*Bull. des scienc. math.*, avril 1830, p. 154).
- STEIN. De la présence de l'arsenic dans les organes des plantes (*Journ. chim. méd.*, t. XXVII, p. 281; *Journ. pharm.*, t. XXX, p. 299).
- Sur la présence de l'arsenic dans les plantes (*Journ. chim. méd.*, t. XXVII, p. 750; *Journ. pharm.*, t. XV, p. 320).

T

- TARGIONI-TOZZETTI. Expériences qui excluent la possibilité d'absorption de l'acide arsénieux par les plantes saines et vivantes (*Ann. scienc. nat.*, 3^e sér., t. V, p. 177; *Giornale botanico italiano di Filippo Parlatore*, anno 1, t. I, p. 1, 1845, p. 270-283).
- THAER. Principes raisonnés d'agriculture, 1831.
- TREVIRANUS (R. G.). *Nordisch. Archiv*, 1. Band, 2. Th., S. 268.
- TRINCHINETTI. *Atti della Reunioni degl. se in Lucca L. C. Sulla facolta assorbente delle Radici dei vegetabili*, Milano, 1843.
- TOWERS (I.). Sur la faculté que possèdent les plantes [d'absorber par leurs racines les infusions colorées] (*Ann. scienc. nat.*, 2^e sér., 1836, t. VI, p. 288).

U

- UNGER. *L'Institut*, 1838, p. 37.

V

- VEVER. Thèse, Rapport de M. Soubeiran (*Journ. pharm.*, t. IV, p. 109).

VOGEL. Sur la germination des graines dans différentes substances minérales, notamment dans les terres, les oxydes métalliques et les sels (*Journ. pharm.*, 1^{re} sér., t. XVI, p. 405).

VOGEL (père). Sur l'absorption des sels par les plantes vivantes et sur le soufre des plantes (*Journ. pharm.*, t. III, p. 373).

W

WIEGMANN. Sur la présence du cuivre dans diverses espèces de trèfle (*Ann. scienc. nat.* 2^o sér., 1837, t. VII, p. 288).

— Influences des dissolutions chimiques sur les plantes (*Ann. scienc. nat.*, t. XVII, p. 374).

WALSER. Recherches sur les sécrétions des racines (*Ann. scienc. nat.*, 2^o sér., 1840, t. XIV, p. 100).

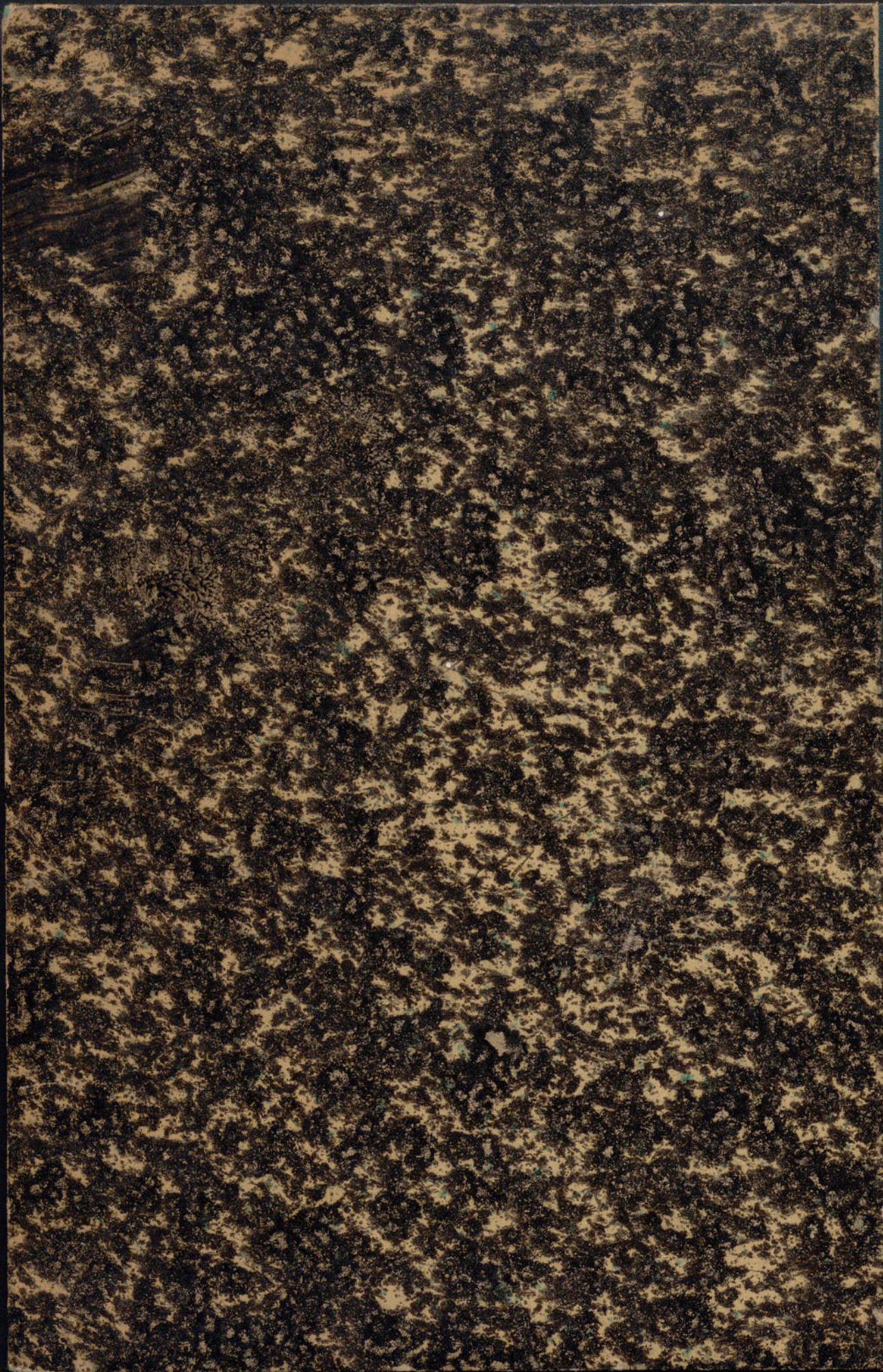
X

X... De la non-existence de l'arsenic dans le blé chaulé par l'acide arsénieux.

X... Sur l'effet de la solution de sublimé corrosif employée pour la conservation des bois (*Journ. agricult. prat.*, 1842-43, p. 142).

X... Engrais vénéneux (*Journ. agricult. prat.*, 1848).





SCD LYON 1