

Comment les plantes vivaces sortent de terre au printemps

Author(s): Jean Massart

Source: *Bulletin du Jardin botanique de l'État a Bruxelles*, Vol. 1, Fasc. 4 (Sep., 1903), pp. 143-179

Published by: {nbgb}

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3666436>

Accessed: 18-02-2016 14:56 UTC

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.



Nationale Plantentuin van België is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Bulletin du Jardin botanique de l'État a Bruxelles*.

<http://www.jstor.org>

COMMENT LES PLANTES VIVACES SORTENT DE TERRE AU PRINTEMPS

par JEAN MASSART,

professeur à l'Université de Bruxelles, conservateur au Jardin botanique.

Sommaire.

	Pages.
I. Les divers modes de sortie	144
A. Feuilles passant dans un conduit formé par d'anciennes feuilles	145
B. Organes présentant leur pointe	145
1. Feuilles assimilatrices dressées et pointues	146
2. Écailles dressées et pointues	147
3. Tiges portant des feuilles dressées et pointues	148
4. Tiges portant des écailles apprimées	148
C. Organes courbés	150
1. Feuilles enroulées en crosse	151
2. Feuilles courbées en crochet	151
3. Tiges courbées en crochet	151
II. Liste systématique des modes de sortie	152
III. Réflexes qui interviennent dans la sortie	162
Conditions qui facilitent la sortie	162
Méthode	163
A. Sortie par des feuilles présentant leur pointe	164
<i>Ornithogalum umbellatum</i> , p. 164; <i>Hyacinthus orientalis</i> , p. 167; <i>Tulipa</i> <i>Gesneriana</i> , p. 167.	
B. Sortie par des écailles présentant leur pointe	168
<i>Crocus vernus</i> , p. 168; <i>Colchicum autumnale</i> , p. 169.	
C. Sortie par la tige portant des écailles apprimées.	170
<i>Rubia tinctorum</i> , p. 170; <i>Stachys Sieboldi</i> , p. 170; <i>Alstroemeria auran-</i> <i>tiaca</i> , p. 171; <i>Mnium rostratum</i> , p. 171.	
D. Sortie par les feuilles enroulées en crosse	172
<i>Blechnum Spicant</i> et <i>Polypodium vulgare</i> , p. 172.	
E. Sortie par les feuilles recourbées en crochet	172
<i>Sanguisorba canadensis</i> , p. 172; <i>Dicentra formosa</i> , p. 173; <i>Ægopodium</i> <i>Podagraria</i> , p. 173; <i>Acanthus mollis</i> , p. 175.	
F. Sortie par les tiges recourbées en crochet	175
<i>Bryonia dioica</i> , p. 175; <i>Vicia oroboides</i> , p. 175; <i>Lathyrus pannonicus</i> , p. 176; <i>Pachysandra procumbens</i> , p. 176; <i>Mercurialis perennis</i> , p. 177.	
Résumé et conclusions	178
Figures.	

Pendant tout l'hiver les plantes vivaces semblent endormies. Elles travaillent pourtant : elles transforment leurs réserves en substances immédiatement utilisables, — et dès que le soleil réchauffera de nouveau la terre, elles pourront tout de suite faire pousser les feuilles et les fleurs, ébauchées depuis l'été précédent, mais qui ont dû attendre, à l'état de léthargie apparente, que le travail intime d'appropriation des réserves soit accompli.

Seulement, avant l'hiver, le végétal s'est retiré sous terre; tous les organes aériens ont disparu pour ne laisser subsister que la souche et les bourgeons qu'elle porte. Comment la plante réussira-t-elle à frayer un passage à ses jeunes organes tendres et délicats, encore dépourvus de tissus mécaniques et ne devant leur rigidité qu'à la turgescence, au travers du sol lourd et résistant, tout parsemé de graviers et de pierres coupantes?

Nous examinerons d'abord, au point de vue morphologique, les procédés par lesquels les végétaux reviennent au jour; puis nous donnerons la liste systématique des plantes étudiées, avec l'indication de leur mode de sortie; enfin, nous verrons quels sont les excitants internes et externes qui provoquent les multiples réactions par lesquelles se fait la sortie.

I. — Les divers modes de sortie.

Chez quelques plantes, ce sont les feuilles de l'année précédente qui limitent un canal par lequel passent les jeunes feuilles. Mais, le plus souvent, les jeunes organes ont à se forcer eux-mêmes un passage. Tantôt ils poussent leur pointe en avant, tantôt ils sont courbés au-dessous du sommet et présentent une surface arrondie, lisse, résistante. Les organes qui appuient contre le sol par la pointe sont des feuilles ordinaires, ou des écailles qui préparent le chemin aux feuilles assimilatrices, ou enfin des tiges garnies soit de feuilles, soit d'écailles. Quant aux organes recourbés, ce sont ou bien des feuilles ou bien des tiges. Nous pourrions donc classer les modes de sortie de la façon suivante :

A. Feuilles passant dans un conduit formé par d'anciennes feuilles.

B. Organes présentant leur pointe.

1. Feuilles assimilatrices ordinaires (fig. 1).
2. Écailles (feuilles réduites et spécialisées) (fig. 2).
3. Tiges avec feuilles assimilatrices.
4. Tiges avec écailles (fig. 3).

C. Organes recourbés.

1. Feuilles enroulées en crosse.
2. Feuilles courbées en crochet (fig. 4 et 5).
3. Tiges courbées en crochet (fig. 6 et 7).

A. — FEUILLES PASSANT DANS UN CONDUIT FORMÉ PAR D'ANCIENNES FEUILLES.

Chez beaucoup de plantes vivaces — et aussi de plantes bisannuelles — les racines se contractent en automne, ramenant ainsi sous terre le bourgeon principal. Plusieurs de ces végétaux gardent vivantes les feuilles anciennes, de telle façon que les pétioles ou les gaines de ces feuilles forment un canal dans lequel glisseront sans peine les jeunes feuilles au printemps. C'est le cas, notamment, pour *Ulmaria Filipendula*, *Plantago lanceolata*, *Digitalis lanata*, etc. Chez les *Statice* et chez *Blechnum*, les feuilles de l'année précédente sont déjà mortes ou mourantes au printemps. Il y a aussi pas mal d'espèces dont les feuilles anciennes ne passent jamais l'hiver : le canal est alors limité par le squelette fibreux du pétiole ou de la gaine ; il est comme un petit puits dont les parois sont protégées contre l'éboulement par une armature de fibres. C'est le cas notamment pour les *Rheum*, *Gentiana thibetica* et pour diverses Ombellacées : *Molopospermum*, *Laserpitium gallicum*, *Meum athamanticum*, etc.

On comprend que le conduit formé par les vieilles feuilles ne peut servir qu'aux feuilles du bourgeon terminal. Quant aux nouveaux bourgeons latéraux, ils ont à pourvoir eux-mêmes à leur sortie. Ainsi, chez *Rheum* et *Plantago media*, les bourgeons latéraux ont des écailles qui s'allongent jusqu'au niveau du sol ; chez *Gentiana thibetica*, ils ont des feuilles à limbe pointu, dont les pétioles sont soudés en une longue gaine.

B. — ORGANES PRÉSENTANT LEUR POINTE.

Peu nombreuses sont, en somme, les espèces qui procurent à leurs jeunes feuilles un canal tout préparé. Presque toujours les organes printaniers sont astreints à faire eux-mêmes un trou à travers la couche de terre qui les sépare de l'air et du soleil. Chez certaines espèces, la tige reste entièrement souterraine, et ce sont les feuilles et les inflorescences qui doivent successivement sortir de dessous la terre, tandis que chez d'autres une tige s'élève au printemps sur la souche souterraine et amène dans l'air les organes d'assimilation et de reproduction. Comparons, par exemple, la Jacinthe au Lis. Chez la première, les entrenœuds de la tige (bulbe) restent courts et les organes aériens ont tous une insertion souterraine ; le second forme chaque année sur son bulbe une tige à entrenœuds allongés, poussant dans l'air les feuilles et les fleurs : la Jacinthe sort donc de terre par les feuilles ; le Lis, par la tige. Une autre distinction s'impose : en effet, quand la tige reste souterraine, ce ne sont pas toujours les feuilles assimilatrices elles-mêmes qui ont à se créer une issue vers le haut ; d'autre part, les tiges dont les entrenœuds s'accroissent et poussent jusque dans l'air, comme chez le Lis, ne sont pas toujours garnies d'écailles à leur base. Ainsi, pour prendre encore

des exemples dans la famille des Liliacées, le Colchique commence par former sur son tubercule une écaille (feuille réduite à la gaine) qui s'élève jusqu'à fleur de sol et par le canal de laquelle les feuilles ultérieures passeront aisément; tandis que les *Polygonatum*, quoique ayant une tige qui s'allonge vers le haut, ne possèdent pas d'écailles en dessous de leurs feuilles assimilatrices et doivent donc percer le sol à l'aide de celles-ci.

Suivant que ce sont les organes foliaires ou les organes caulinaires qui s'accroissent et suivant qu'il s'agit de feuilles normales ou d'écailles, nous aurons donc à classer en quatre groupes les espèces qui présentent la pointe. Est-il nécessaire de dire que cette classification n'a rien de rigide? Il n'y a pas de différence radicale entre une feuille et une écaille; les entrenœuds souterrains peuvent souvent s'allonger un peu. Malgré ces imperfections inhérentes à tout classement naturel et sincère des phénomènes biologiques, je crois utile de maintenir les quatre subdivisions.

B1. *Feuilles assimilatrices dressées et pointues.* — Chez ces plantes, c'est donc par la croissance des feuilles assimilatrices que la plante va devoir se déterrer au printemps. Pour n'être pas écrasées par le poids de la terre qu'elles ont à refouler, il faut que les feuilles serrées les unes contre les autres fassent une masse compacte, lisse, cylindrique ou prismatique, pointue vers le haut. Le plus souvent les feuilles sont enroulées les unes autour des autres, par exemple : *Triglochin*, *Hyacinthus*, *Senecio Doria*, *Cichorium Intybus*, *Taraxacum*. Aussi longtemps qu'elles sont sous terre, elles restent parallèles; dans leur partie aérienne, elles s'écartent pour s'offrir à la lumière. Chez *Senecio* et *Cichorium*, les premières feuilles sont légèrement plus petites que les suivantes; elles se rapprochent donc des écailles, mais elles verdissent tout comme les feuilles normales. Chez *Taraxacum*, elles sont aussi moins découpées; les découpures, ainsi d'ailleurs que celles des feuilles suivantes, sont dirigées vers le bas de façon à ne pas accrocher au passage les particules du sol.

Les feuilles de *Hyacinthus*, *Ornithogalum*, *Cichorium*, etc., sont de même largeur partout, et leur partie souterraine ne diffère de leur partie aérienne que par la verticalité et par l'absence de chlorophylle. Ailleurs, par exemple *Tulipa*, *Erythronium*, *Ophioglossum*, les feuilles ont un limbe large et étalé, bien distinct du pétiole étroit et vertical; le limbe est ici enroulé sur lui-même pendant la sortie et ne s'étale que lorsqu'il est libre.

Toutes les plantes précédentes ont ceci de commun que la croissance de leurs feuilles est basilaire. C'est la partie supérieure qui est donc la plus ancienne; les cellules y ont les parois les plus épaisses et le tissu mécanique y est plus développé: aussi est-ce par là que la plante appuie contre la terre pour la repousser vers le haut. De plus, le sommet est

souvent garni d'un capuchon pointu, à faces arrondies très lisses et relativement dures, bien visible chez *Hyacinthus* et chez *Cichorium*.

Il y a encore un autre groupe de végétaux où les feuilles doivent elles-mêmes créer, au moins en partie, le conduit par lequel passera ultérieurement la tige florale; ce sont de nombreuses Ombellacées, par exemple : *Anthriscus*, *Foeniculum*, *Heracleum*, *Chaerophyllum*, où les feuilles de l'année précédente sont complètement détruites. La plante possède bien des écailles, mais celles-ci s'allongent trop peu pour atteindre le sol. Les feuilles doivent donc prendre part au travail d'exhumation, quoiqu'elles soient très divisées et que leurs segments soient dirigés vers le haut; seulement les segments sont solidement appliqués les uns contre les autres et forment un tout rigide qui est poussé en avant par la croissance du pétiole.

B2. *Écailles dressées et pointues.* — Souvent la mission de faire le canal que traverseront les organes d'assimilation et de reproduction est dévolue, non aux premières feuilles assimilatrices, mais à des feuilles spécialisées en vue de cette fonction : écailles pointues, à croissance basilaire. Chaque écaille est ordinairement constituée par la gaine d'une feuille.

Pour mieux percer la terre, l'ensemble des écailles a une forme conique. Les écailles internes, produites en dernier lieu, deviennent les plus longues : elles profitent de l'effort déjà fait par leurs devancières. Lorsque la plante est placée à la profondeur normale, la dernière écaille arrive au niveau du sol; parfois elle le dépasse de 1 ou 2 centimètres (par exemple *Eremurus*), ou même de 5 à 10 centimètres (*Amorphophallus*). Les feuilles n'ont donc plus de terre à traverser; pourtant, il serait inexact de croire que leur sortie n'est pas accompagnée de quelques difficultés : en effet, le conduit que leur offrent les écailles est en général fort étroit, et la pression de la terre environnante l'empêche de s'élargir. Pour pouvoir s'y glisser, les feuilles doivent donc se plier ou s'enrouler. Ainsi, chez *Sanguinaria canadensis*, la feuille unique est étroitement roulée autour du bouton floral; chez les *Rumex* les feuilles enroulent leurs bords en arrière.

Beaucoup de plantes de ce groupe ont une tige de grande dimension (par exemple : *Rumex*, *Symphytum*, *Sisymbrium strictissimum*, *Tradescantia virginiana*, surtout *Cyperus Papyrus*) et l'on pourrait s'étonner de les voir classées auprès de plantes qui n'ont pas de tige proprement dite (par exemple *Crocus*, *Colchicum*). Cette réunion est justifiée : la sortie est bien réellement due à la croissance des écailles, et c'est seulement après que celles-ci sont au niveau du sol que les feuilles et la tige s'élèvent à leur tour. Ceci n'exclut pas cependant que les entrenœuds puissent déjà croître un peu avant que les écailles aient terminé leur croissance.

Nous avons vu que chez *Cichorium* et *Taraxacum* les premières feuilles

sont plus petites que les suivantes, tout en gardant leurs caractères de feuilles assimilatrices. La plupart des autres Liguloïdées vivaces, chez lesquelles la souche n'est d'ailleurs qu'à 1 ou 2 centimètres de profondeur, ont les premières feuilles beaucoup plus réduites : elles ne sont plus guère que des écailles, reliées aux feuilles assimilatrices par toutes les transitions imaginables. Les mêmes intermédiaires entre les feuilles et les écailles se retrouvent chez *Serratula*, *Inula*, *Symphytum*, *Valeriana*, *Narthecium*, *Typha*, etc.

Ailleurs, la limite entre la dernière écaille et la première feuille est des plus tranchées, par exemple : *Anemone Pulsatilla*, *A. virginiana*, *Butomus* et beaucoup de Liliiflorales : *Camassia*, *Convallaria*, *Narcissus*, *Crocus*. Ces écailles, nettement distinctes, sont en nombre fort variable : d'ordinaire multiples (*Allium*, *Veratrum*, *Anticlea*), elles sont réduites à trois chez *Crocus*, et à une chez *Camassia*, *Colechicum*, *Scilla hispanica*.

B3. *Tiges portant des feuilles dressées et pointues.* — Dans les deux groupes précédents, nous venons d'étudier les plantes à la sortie desquelles contribuent seulement les organes foliaires (feuilles et écailles) qui par leur croissance repoussent la terre et font ainsi un tunnel vertical servant au passage des organes suivants. Mais nous savons aussi que certaines espèces allongent quelque peu les entrenœuds de leur tige. Ce phénomène devient beaucoup plus important chez d'autres plantes, où la croissance de quelques entrenœuds basilaires (par exemple, *Orchis*) ou d'un seul entrenœud (*Listera*, *Paris*) joue un rôle prépondérant. Il y a aussi quelques Dicotylédonées qui sortent de terre de cette façon (par exemple : *Parietaria officinalis*, *Lychnis chalcedonica*), mais la croissance de la tige y est moins accusée; elle est même tout à fait secondaire, et il n'est pas certain qu'elle intervienne toujours.

Encore un mot, au sujet de *Tulipa*. Nous avons vu que sa sortie est effectuée par la croissance des feuilles. Mais cela n'est exact que pour les individus encore jeunes qui ne fleurissent pas. Ceux qui vont fleurir se font aider par la croissance de la hampe florale, portant une ou deux feuilles.

B4. *Tiges portant des écailles apprimées.* — C'est de tous les modes de sortie celui qui est le plus répandu. Non seulement la majorité des Phanérogames vivaces sortent ainsi de terre, mais il en est également ainsi pour les Ptéridophytes dont les rhizomes souterrains supportent des tiges dressées, et même pour les Bryophytes qui ont des rhizomes souterrains (*Rhodobryum*, *Mnium*, *Calobryum*).

La tige est généralement assez forte. Son sommet est recouvert par des écailles pointues ou arrondies dont le rôle consiste à perforer la terre et à abriter le point végétatif pendant qu'il est poussé en avant; au fur et à mesure que ces organes protecteurs sont mis hors d'usage par l'écrasement qu'ils subissent, de nouvelles écailles naissent à l'abri des précé-

dentes et viennent prendre leur place au moment opportun. Nous avons donc ici le même système mécanique que dans les cas précédents : une pointe lisse et solide, poussée par la croissance des parties situées derrière elle. Dans la portion cylindrique de la tige, les écailles restent apprimées, de manière à ne pas gêner son mouvement ascensionnel à travers le conduit percé par la pointe.

La fonction essentiellement protectrice des écailles se montre le plus nettement chez les Asparagoidées sans feuilles assimilatrices. Les *Ruscus* et *Semele androgynus* ont sur la base de la tige de grandes écailles convexes qui en recouvrent le sommet; elles passent dans la portion aérienne aux minuscules écailles axillantes des cladodes. De même, chez *Asparagus officinalis*, les écailles souterraines sont beaucoup plus grandes que les écailles aériennes; enfin, chez les *Asparagus* volubles, tels que *A. plumosus*, les écailles aériennes, assez grandes, sont pourvues d'un appendice dirigé obliquement vers le bas et servant de grappin pour accrocher les tiges; ces grappins manquent naturellement aux écailles protectrices de la base des tiges.

Quand la plante a sa souche à la profondeur normale, les écailles n'occupent que la partie souterraine de la tige et les premières feuilles sont au niveau du sol. Quand la profondeur est exagérée, l'allongement de la portion garnie d'écailles ne suffit pas à amener la plante à l'air, et il y a aussi une ou plusieurs feuilles qui restent sous terre. Ce fait se voit très bien chez les plantes qui maintiennent leur niveau en courbant vers le haut leurs stolons souterrains (voir le travail précédent) : les stolons profonds ont toujours sous terre quelques vraies feuilles plus ou moins atrophiées par le manque de lumière; au contraire, les stolons les plus superficiels sont déjà dans l'air avant que toutes les écailles ne soient employées, et quelques-unes d'entre elles, étant éclairées, verdissent, sans néanmoins se développer davantage. Il y a aussi des plantes où normalement il y a dans l'air une portion de tige garnie d'écailles; c'est le cas notamment pour *Mnium undulatum*, *Costus*, *Trientalis* et *Polygonum cuspidatum*; cette dernière plante ne porte des feuilles qu'à partir d'une hauteur de 10 à 12 centimètres, alors que les feuilles d'autres espèces, par exemple *P. alpestre*, commencent au ras du sol.

Le nombre des écailles est fort variable suivant les plantes. Il est en général considérable, mais certaines plantes (par exemple : *Stachys Sieboldi*) ne possèdent que deux paires d'écailles. Il n'est, du reste, pas toujours facile de les compter : vers le bas, elles se confondent insensiblement avec les écailles qui protégeaient le bourgeon pendant l'hiver; vers le haut, elles passent aux feuilles.

Les écailles typiques sont d'ordinaire réduites au pétiole élargi (*Clematis*, *Mentha*, *Sambucus*, *Cynanchum*, *Scrophularia*, *Euphorbia*), ou à la gaine (Graminacées, Ombellacées), ou³ au pétiole et aux stipules (Papilionacées). Leur configuration varie dans un même groupe. Ainsi, *Gentiana Pneumonanthe* a des écailles petites, ne se touchant pas par les

bords, tandis que *G. lutea*, *G. saponaria*, *G. thibetica* ont des écailles longues, pointues, connées, dont chaque paire constitue donc un canal complet. Chez les Rubiacées vivaces, les écailles sont aussi fort changeantes : *Crucianella glauca* porte à chaque nœud souterrain six écailles égales, tout comme il y a aux nœuds aériens deux feuilles et quatre stipules égales aux feuilles ; *Asperula odorata*, *A. cynanchica*, *Galium verum*, *G. boreale*, *G. purpureum* ont aux nœuds souterrains deux écailles foliaires et seulement deux écailles stipulaires. Enfin, chez *Rubia*, les nœuds souterrains ne portent que des écailles foliaires, et les stipules n'apparaissent que dans la portion aérienne : d'abord petites, elles deviennent de plus en plus semblables aux feuilles.

La disposition des écailles est semblable à celle des feuilles : l'angle de divergence est le même pour les écailles et pour les feuilles de *Lilium* ; les écailles des Urticacées et des Labiacées sont opposées-décussées ; celles des *Selaginella* (par exemple *S. caulescens*) sont sur quatre rangs, comme les feuilles (mais les rangs sont égaux et également écartés, tandis que les rangs des feuilles assimilatrices sont de taille inégale et rapprochés de la face supérieure du rameau) ; les écailles des Graminacées, des *Zingiber*, des *Maranta*, des *Amomum*, des *Vicia*, des *Lathyrus*... sont distiques.

C. — ORGANES COURBÉS.

A diverses reprises, nous avons vu que les écailles ne s'allongent pas toujours jusqu'au niveau du sol ; d'un autre côté, les plantes dont la sortie se fait par la croissance des entrenœuds inférieurs de la tige n'amènent pas toujours la partie feuillée jusque dans l'air ; enfin, il peut arriver que le conduit formé par les feuilles de l'année précédente se remplisse plus ou moins de terre. Dans tous ces cas, les feuilles auront une grande résistance à vaincre avant d'être à la lumière. Or, les feuilles ne forment pas toujours un faisceau assez serré ou ne sont pas assez étroitement appliquées contre la tige pour pouvoir refouler la terre si elles restent dressées : elles appuieraient irrégulièrement contre le sol résistant et seraient écrasées par la poussée de la tige ou des pétioles. La seule ressource de ces plantes est de recourber le limbe sur le pétiole, ou l'extrémité feuillée de la tige sur la partie écailleuse. De cette manière, c'est la convexité du crochet formé par le pétiole ou la tige qui est pressée contre la terre, et les feuilles sont tirées à reculons à travers le conduit laissé par le passage du crochet. Pour réduire encore davantage les difficultés de la sortie, il est avantageux que les feuilles occupent un petit volume, sinon le canal devrait s'élargir pour les laisser passer, ce qui n'est pas possible : aussi, les limbes restent-ils petits jusqu'après la sortie. On constate, de plus, que la partie recourbée du pétiole ou de la tige est beaucoup plus mince que la partie verticale, la seule qui exerce la poussée. — L'organe courbé se redresse dès qu'il est dégagé du sol.

C1. *Feuilles enroulées en crosse.* — Lorsque l'obstacle à écarter ne consiste qu'en feuilles mortes ou en vase, le recourbement ne se fait pas en crochet, mais en crosse, comme on le voit chez les Fougères et les Marsilacées. Faisons remarquer pourtant que les Fougères à rhizome profond, par exemple *Pteridium aquilinum*, ont les jeunes feuilles courbées en crochet pendant la sortie, et que la forme circinée n'apparaît nettement que lorsque la feuille est dans l'air.

C2. *Feuilles courbées en crochet.* — Ce mode s'observe chez pas mal de plantes où la sortie débute par la croissance d'écailles dressées et pointues, et se continue soit par la croissance du pétiole de feuilles dont le limbe est recourbé en crochet, soit par la croissance simultanée des pétioles et des entrenœuds sous-jacents (*Paeonia albiflora*, *Podophyllum peltatum* fleurissant).

Le nombre des écailles est généralement faible : il y en a deux chez *Siler trilobum*, trois chez *Podophyllum* ; elles sont plus nombreuses, mais courtes, chez *Ulmaria palustris*, *Epimedium*, *Aegopodium* ; elles manquent chez *Anemone nemorosa*.

Le plus souvent, c'est le sommet du pétiole, immédiatement sous le limbe, qui se courbe en crochet, de façon à rejeter tout le limbe en dedans (sur la face dorsale ou supérieure du pétiole). Chez *Podophyllum*, les choses sont autres : les individus stériles ont des feuilles peltées longuement pétiolées. Le pétiole est dressé et porte le limbe replié tout autour de lui comme un capuchon, de sorte que c'est le point d'insertion du limbe sur le pétiole qui supporte tout l'effort de la poussée. Chez les individus qui fleurissent, la tige s'allonge vers le haut, portant à son sommet le bouton floral conique et pointu, et, sous lui, deux feuilles sessiles à limbe replié vers le bas et collé contre la tige.

L'*Acanthus mollis* présente aussi une particularité intéressante. Pendant la sortie, les feuilles pennatiséquées ont tous les segments parallèles et dirigées en bas et en dehors (vers la face ventrale, inférieure, du pétiole). Le sommet seul de la nervure médiane est courbé en dedans, à 1 centimètre environ sous l'insertion du segment terminal.

C3. *Tiges courbées en crochets.* — Les tiges crochues sont moins fréquentes que les feuilles crochues. D'ordinaire, la partie inférieure droite de la tige est garnie d'écailles ; les feuilles n'existent que sur le bout distal ; la courbure siège le plus souvent au-dessus des écailles. Les feuilles forment donc comme un pinceau qui est tiré à reculons par le sommet crochu de la tige. Chez les *Epimedium*, les feuilles et les tiges sont également courbées en crochets.

II. — Liste systématique des modes de sortie.

Dans la liste suivante j'indique, pour toutes les plantes que j'ai étudiées, les modes de sortie rangés d'après la classification adoptée dans le premier chapitre (p. 144).

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées.	B ₂ . Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ . Tiges écailleuses.	C ₁ . Feuilles cirquées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
BRYOPHYTES.								
HÉPATIQUES.								
Calobryum Blumei Nees	..	..	..	..	+	..	..	..
MOUSSES.								
Rhodobryum roseum (Weis) Limpr.	..	..	..	..	+	..	..	..
Mnium rostratum Schrad., M. undulatum Weis	..	..	..	..	+	..	..	..
PTÉRIDOPHYTES.								
<i>Filicales.</i>								
Polypodium, Pteridium	..	..	..	..	..	+	..	..
Nephrodium spinulosum Desv., N. Filix-Mas Rich., Blechnum.	+	..	..	..	..	+	..	..
Pilularia, Marsilea	..	..	..	..	..	+	..	..
Ophioglossum vulgatum L.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Equisétales</i>	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Lycopodiales.</i>								
Selaginella caulescens Spring	..	..	..	..	+	..	..	..
PHANÉROGAMES.								
MONOCOTYLÉDONÉES.								
<i>Pandanales.</i>								
Typha	..	..	+	..	..	..	..	..
Sparganium	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Helobiales.</i>								
Aponogeton distachyus Edg.	..	..	+	..	..	..	..	..
Triglochin palustre L., T. maritimum L.	..	+	..	..	..	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B. Feuilles dressées.	B _a . Écailles.	B _s . Tiges feuillées.	B _t . Tiges écaillées.	C ₁ . Feuilles écinées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
<i>Alisma Plantago</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Butomus umbellatus</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Glumiflorales.</i>								
Toutes les Graminacées	..	..	..	..	+	..	..	..
Toutes les Cypéracées	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Principales.</i>								
<i>Chamaerops humilis</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Rhapis flabelliformis</i> L'Hérit.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Calamus</i>	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Spathiflorales.</i>								
<i>Acorus Calamus</i> L., <i>A. gramineus</i> Ait.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Calla palustris</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Amorphophallus</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Hydrosme Rivieri</i> Engler.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Zantedeschia aethiopica</i> Spreng.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Arum maculatum</i> L., <i>A. italicum</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Sauromatum guttatum</i> Schott.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Farinosales.</i>								
Toutes les Broméliacées terrestres	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Tradescantia virginiana</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Liliiflorales.</i>								
<i>Juncus</i> , <i>Luzula</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Narthecium ossifragum</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Zygadenus elegans</i> Pursh.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Veratrum album</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Uvularia grandiflora</i> Sm.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Tricyrtis hirta</i> Hook	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées.	B ₂ . Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ . Tiges écaillueses.	C ₁ . Feuilles ébréchées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
<i>Colechicum autumnale</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Asphodelus</i> , <i>Asphodeline</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Eremurus</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Hosta</i> (<i>Funkia</i>), <i>Hemerocallis</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Gagea</i>	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Allium</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Lilium</i>	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Fritillaria Meleagris</i> L.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Tulipa</i> (individus stériles).	..	+	..	..	..	..	..	..
— (— florifères)	..	..	..	+	..	..	..	..
<i>Erythronium</i>	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Scilla hispanica</i> Mill.	..	..	+	..	..	..	..	..
— <i>non-scripta</i> (<i>Endymion</i> Garcke).	..	..	+	..	..	..	..	..
— <i>sibirica</i> Andr., <i>S. bifolia</i> L., <i>S. pratensis</i> W. & K.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Puschkinia scilloides</i> Adams.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Hyacinthus orientalis</i> L.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Muscari moschatum</i> L., <i>M. comosum</i> L.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Cordyline congesta</i> Stend.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Asparagus officinalis</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Danae</i> , <i>Semele</i> , <i>Ruscus</i>	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Polygonatum multiflorum</i> All., <i>P. verticillatum</i> All.	..	..	..	+	..	..	..	..
<i>Convallaria majalis</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Rohdea japonica</i> Roth.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Aspidistra elatior</i> Blume	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Paris quadrifolia</i> L.	..	..	..	+	..	..	..	..
<i>Trillium grandiflorum</i> Salish.	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Philesia buxifolia</i> Lam.	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B. Feuilles dressées.	B ₂ Écailles.	B ₃ Tiges feuillées.	B ₄ Tiges écaillues.	C ₁ Feuilles circonv.	C ₂ Feuilles courbées.	C ₃ Tiges courbées.
Smilax rotundifolia L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Toutes les Amaryllidacées	..	..	+	..	..	..	..	..
Dioscorea macroura Harns, D. alata L. . .	..	..	..	..	..	..	..	+
Toutes les Iridacées.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Scitaminales.</i>								
Musa	..	..	+	..	..	..	..	..
Thalia, Amomum, Costus, Zingiber, Maranta.	..	..	+	..	..	..	..	..
Canna	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Microspermales.</i>								
Cypripedium spectabile Salish., C. Calceolus L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Ophrys, Orchis, Listera	..	..	..	+	..	..	..	..
DICOTYLÉDONÉES.								
<i>Pipérales.</i>								
Saururus cernuus L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Urticales.</i>								
Humulus Lupulus L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Urtica dioica L., U. cannabina L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Parietaria officinalis L.	..	..	..	+	..	..	..	..
Boehmeria nivea Gaud.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Aristolochiales.</i>								
Asarum europaeum L., A. grandiflorum Klotsch.	..	..	..	..	+	..	..	..
Aristolochia Clematidis L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Polygonales.</i>								
Rumex.	..	..	+	..	..	..	..	..
Rheum.	+	..	..	..	..	..	..	..
Polygonum	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Centrospermales.</i>								
Hablitia tamnoides Bieb.	..	..	..	..	+	..	..	..
Mirabilis	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	Bt. Feuilles dressées.	Ba. Écailles.	Bc. Tiges feuillées.	Bd. Tiges écaillées.	Ct. Feuilles cirdées.	Ca. Feuilles courbées.	Cc. Tiges courbées.
Phytolacca	..	..	..	..	+	..	..	..
Boussingaultia baselloides H. B. et K.	..	..	..	..	+	..	..	..
Lychnis chalcidonica	..	..	..	+	..	..	..	..
Melandryum	..	..	..	..	+	..	..	..
Saponaria	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Ranales.</i>								
Nelumbium, Nymphaea, Nuphar	..	..	+	..	..	..	..	..
Paeonia	..	..	..	..	..	..	+	..
Caltha palustris L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Trollius altaicus C. A. Mey	..	..	..	..	..	..	+	..
Helleborus niger L.	..	..	..	..	..	..	+	..
Eranthis hiemalis Salisb.	..	..	..	..	..	..	+	..
Actaea spicata L.	..	..	..	..	..	..	+	..
A. dahurica Turcz. (Actinospora)	..	..	..	..	..	..	+	+
Delphinium nudicaule Torr. et Gray	..	..	..	..	+	..	..	..
Aconitum	..	..	..	..	..	..	+	..
Anemone Pulsatilla L., A. virginiana L., A. pratensis L.	..	..	..	..	+	..	..	..
A. nemorosa L.	..	..	..	..	..	..	+	..
Clematis	..	..	..	..	+	..	..	..
Ranunculus	..	..	..	..	+	..	..	..
Thalictrum	..	..	..	..	+	..	..	..
Adonis vernalis L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Podophyllum	..	..	..	..	..	..	+	..
Epimedium alpinum L.	..	..	..	..	..	..	+	+
Menispermum canadense L., M. virgini- cum L.	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Rhéadales.</i>								
Sanguinaria canadensis L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Chelidonium majus L.	..	..	+	..	..	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées.	B ₂ Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ Tiges écaillées.	C ₁ . Feuilles creinées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
<i>Dicentra spectabilis</i> Lem., <i>D. formosa</i> Walp.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Corydalis solida</i> Sw.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Lepidium amplexicaule</i> Willd., <i>L. graminifolium</i> L., <i>L. latifolium</i> L.	..	..	..	+	..	..	..	..
<i>Sisymbrium strictissimum</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Crambe maritima</i> L.	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Nasturtium Armoracia</i> Fries	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Sarracéniales.</i>								
<i>Drosera</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Rosales.</i>								
<i>Sedum Telephium</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Astilbe japonica</i> A. Gray (<i>Hoteia</i> Morren et Decaisne)	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Potentilla Anserina</i> L., <i>P. reptans</i> L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Geum montanum</i> L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Dryas octopetala</i> L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Ulmaria Filipendula</i> F. Hill (<i>Spiraea Filipendula</i> L.)	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>U. palustris</i> Mönch. (<i>Spiraea Ulmaria</i> L.)	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>U. palmata</i> Pall. (<i>Spiraea</i>)	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Alchemilla vulgaris</i> L., <i>A. pentaphylla</i> L., <i>A. alpina</i> L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Agrimonia Eupatoria</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Sanguisorba officinalis</i> L., <i>S. canadensis</i> L.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Cassia marylandica</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Thermopsis fabacea</i> Torr.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Baptisia australis</i> R. Br.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindley.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Ononis spinosa</i> L., <i>O. repens</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Medicago sativa</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Trifolium</i>	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées.	B ₂ . Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ . Tiges écaillées.	C ₁ . Feuilles cirquées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
<i>Galega officinalis</i> L., <i>G. orientalis</i> Lem.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Coronilla varia</i> L.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>C. coronata</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Vicia Cracca</i> L., <i>V. Gerardi</i> Vill.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>V. oroboides</i> Wulf	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>L. pannonicus</i> Garcke	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Geraniales.</i>								
<i>Geranium</i>	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Oxalis Acetosella</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Linum perenne</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Peganum Harmala</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Ruta graveolens</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Dictamnus Fraxinella</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Mercurialis perennis</i> L.	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Euphorbia Esula</i> L., <i>E. palustris</i> L., <i>E. amygdaloides</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Sapindales.</i>								
<i>Pachysandra procumbens</i> Michaux.	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Malvales.</i>								
<i>Althaea officinalis</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Parietales.</i>								
<i>Hypericum perforatum</i> L., <i>H. Androsaemum</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Begonia boliviensis</i> A. Dc.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Myrtiflorales.</i>								
<i>Lythrum Salicaria</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Chamaenerium angustifolium</i> Schur. (<i>Epilobium spicatum</i> Lam.)	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées	B ₂ . Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ . Tiges écaillueses.	C ₁ . Feuilles circlinées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
<i>Circaea lutetiana</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Gunnera</i>	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Ombelliflorales.</i>								
<i>Aralia racemosa</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Hydrocotyle vulgaris</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Astrantia major</i> L.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Eryngium maritimum</i> L., <i>E. planum</i> L. . .	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Chaerophyllum hirsutum</i> L.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>C. aromaticum</i> L.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Myrrhis odorata</i> Scop.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Molopospermum cicutarium</i> De.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Physospermum commutatum</i> Spreng. . .	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Falcaria Rivini</i> Host.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Ægopodium Podagraria</i> L.	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Seseli gummiiferum</i> Sm.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Enanthe fistulosa</i> L.	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	+	..	..	..	..	..	+	..
<i>Siler trilobum</i> Crantz	..	..	..	..	..	..	+	..
<i>Laserpitium gallicum</i> L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>L. hispidum</i> Bieb.	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Ericales.</i>								
<i>Pyrola minor</i> L., <i>P. rotundifolia</i> L. . . .	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Primulales.</i>								
<i>Primula officinalis</i> L., <i>P. Auricula</i> L. . .	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>P. denticulata</i> Sm.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Soldanella alpina</i> L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Lysimachia vulgaris</i> L., <i>L. thysiflora</i> . .	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées.	B ₂ . Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ . Tiges écaillueses.	C ₁ . Feuilles circonvées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
Dodecatheon Meadia L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Trientalis europaea L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Plumbago Larpentæ Lindl., P. europaea L. .	..	..	..	..	+	..	..	..
Statice purpurata L.	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Contortales.</i>								
Gentiana thibetica King.	+	..	..	..	+	..	..	..
G. lutea L., G. saponaria L., G. Pneumonanthe L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Limnanthemum nymphaeoides Hoffing et Link.	..	..	..	..	+	..	..	..
Amsonia tabernæmontana Walt.	..	..	..	..	+	..	..	..
Vinca major L., V. minor L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Apocynum venetum L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Asclepias Cornuti A. Gray	..	..	..	..	+	..	..	..
Cynanchum Vincetoxicum Pers.	..	..	..	..	..	..	..	+
<i>Tubiflorales.</i>								
Convolvulus, Calystegia	..	..	..	..	+	..	..	..
Phlox paniculata L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Polemonium caeruleum L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Hydrophyllum virginicum L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Caccinia glauca Savi	..	..	..	..	+	..	..	..
Symphytum officinale L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Scutellaria, Nepeta, Physostegia	..	..	..	..	+	..	..	..
Phlomis tuberosa L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Lamium, Stachys	..	..	..	..	+	..	..	..
Horminum pyrenaicum Georgi	+	..	..	..	..	..	..	..
Melissa, Mentha, Lycopus	..	..	..	..	+	..	..	..
Atropa Belladonna L.	..	+	..	..	..	..	..	..
Scopolia, Physochlaena	..	..	..	..	+	..	..	..
Physalis	..	..	..	..	+	..	..	..

	A. Anciennes feuilles.	B ₁ . Feuilles dressées.	B ₂ . Écailles.	B ₃ . Tiges feuillées.	B ₄ . Tiges écailleuses.	C ₁ . Feuilles cirrinées.	C ₂ . Feuilles courbées.	C ₃ . Tiges courbées.
Verbascum	+	..	..	..	..	..	..	..
Linaria Linaria Wettst. (L. vulgaris Mill.) .	..	..	..	..	+	..	..	..
Scrophularia, Pentastemon, Gratiola . . .	..	..	..	..	+	..	..	..
Veronica virginica L., V. spicata L., V. Bec- cabunga L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Wulfenia carinthiaca Jacq.	+	..	..	..	..	..	..	..
Digitalis	+	..	..	..	..	..	..	..
Incarvillea Olgæ Regel	..	..	..	..	+	..	..	..
Lathraea clandestina L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Ramondia pyrenaica Rich	+	..	..	..	..	..	..	..
Pinguicula vulgaris L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Acanthus mollis L.	..	..	..	..	..	+	..	..
<i>Plantaginales.</i>								
Plantago lanceolata L., P. major L., P. media L., P. Coronopus L	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Rubiales.</i>								
Crucianella glauca A. Rich.	..	..	..	..	+	..	..	..
Asperula, Galium, Rubia	..	..	..	..	+	..	..	..
Sambucus Ebulus L.	..	..	..	..	+	..	..	..
Valeriana officinalis L., V. dioica	..	..	+	..	..	..	..	..
<i>Campanulales.</i>								
Bryonia dioica Jacq.	..	..	..	..	..	..	..	+
Campanula, Adenophora, Phyteuma . . .	..	..	+	..	+	..	..	..
La plupart des Compositacées	..	..	..	..	+	..	..	..
Inula Helenium L.	..	..	+	..	..	..	..	..
Senecio Doria L.	..	+	..	..	..	..	..	..
Serratula altissima D. C.	..	..	+	..	..	..	..	..
Cichorium Intybus L.	..	+	..	..	..	..	..	..

On est frappé, dans cette liste, de l'indépendance complète des procédés de sortie vis-à-vis des affinités systématiques. Le mode de sortie n'est en relation qu'avec la constitution de l'appareil aérien. Les plantes dont la hampe florale naît après les feuilles, sortent de terre par la croissance de feuilles ou d'écailles; celles qui produisent tout de suite une tige, utilisent la croissance de celle-ci. Ainsi les Graminacées, dont la tige est précoce, allongent leurs entrenœuds inférieurs, tandis que les Cypéracées où la tige ne s'élève qu'après la formation de plusieurs feuilles, se frayent un passage à travers la terre par des écailles pointues. Aucun groupe n'est plus caractéristique que celui des Asparagoïdées : à part les feuilles circinées, les feuilles courbées en crochet et les feuilles dressées, tous les modes de sortie y sont représentés. La diversité des formes que présentent leurs organes aériens rend compte de la diversité des moyens par lesquels ces organes arrivent à la lumière : de même que les autres particularités végétatives, les modes de sortie sont phylogéniquement récents.

Un fait qui montre mieux encore que les procédés de sortie sont d'acquisition récente, c'est que dans un même genre les espèces qui ont une souche souterraine possèdent des moyens de sortie, tandis que celles qui ne se retirent pas sous terre en automne n'ont rien de semblable. Par exemple, les *Sanguisorba officinalis* et *canadensis* recourbent en crochet leurs jeunes feuilles, le *S. minor*, dont la souche est superficielle, laisse ses jeunes feuilles droites; le *Lysimachia vulgaris* sort de terre par des tiges couvertes d'écailles; le *L. Nummularia* ne produit pas d'écailles; même différence pour *Veronica spicata* et *V. serpyllifolia*, pour *Linaria* et *L. Cymbalaria*, etc.

III. Réflexes qui interviennent dans la sortie.

Maintenant que nous savons par quelles modifications morphologiques la plante vivace sort de terre et comment les divers procédés se répartissent au point de vue systématique, nous pouvons nous demander quels excitants internes et externes sont les points de départ des réflexes qui assurent la sortie du végétal à travers une couche de terre souvent épaisse.

Conditions qui facilitent la sortie.

Indiquons d'abord rapidement les principales conditions que la plante doit remplir pour pouvoir sortir de terre :

a) Il est avantageux que dans leur trajet souterrain les organes soient verticaux, puisque c'est ainsi qu'il arriveront le plus rapidement à la surface;

b) Il est avantageux que les organes qui s'élèvent à travers la terre forment un ensemble compact et solide; cette condition est réalisée de soi-même quand il s'agit d'une tige; elle doit l'être également par les

feuilles ou les écailles : aussi constate-t-on que celles-ci se disposent en un faisceau serré ;

c) Il est avantageux que la tige ou le faisceau de feuilles ou d'écailles appuie contre la terre par une surface lisse, arrondie ou pointue : c'est ou bien le sommet proprement dit, ou bien la convexité d'une courbure ;

d) Il est avantageux que les nouvelles cellules destinées à allonger l'organe ne se forment pas à son sommet, réel ou apparent, car ces cellules méristématiques n'auraient pas la solidité voulue pour supporter la poussée. Il résulte de cette disposition que le maximum de croissance siège assez loin du sommet et peut même être basilaire ;

e) Il est avantageux que les parties souterraines n'aient pas d'aspérités latérales qui pourraient les arrêter dans leur mouvement d'ascension : les feuilles ont leurs segments appliqués étroitement les uns sur les autres ; les écailles sont apprimées ; les feuilles ne s'étalent que lorsqu'elles se sont dégagées.

Il m'a paru intéressant d'étudier les réflexes qui déterminent : 1° la verticalité des organes pendant leur trajet souterrain ; 2° la réunion des feuilles en un faisceau serré ; 3° leur étalement quand elles sont devenues libres ; 4° la croissance des entrenœuds inférieurs des tiges ; 5° la transformation des feuilles souterraines en écailles ; 6° la courbure en crochet des feuilles ou des tiges ; 7° l'effacement de la courbure et l'étalement des feuilles, au-dessus du sol.

Méthode.

Les plantes furent mises dans des pots à fleurs, en automne 1902. De chaque espèce, il y avait trois séries de pots : 1° les plantes à la surface de la terre ; 2° les plantes à 3-4 centimètres de profondeur ; 3° les plantes à 7-10 centimètres de profondeur. Tous les pots furent disposés dans une couche froide. Lorsque l'enracinement fut complet, quelques individus de chaque espèce furent placés dans une serre froide, puis dans une serre chaude. La culture en serre était destinée à hâter le développement des plantes et l'exécution des expériences, de manière à pouvoir refaire des essais complémentaires avec les exemplaires restés dans la couche. Malgré ces précautions, certaines questions sont restées sans réponse, parce qu'au moment où elles ont surgi, les plantes de la couche étaient déjà trop avancées pour pouvoir servir à de nouvelles expériences.

Les recherches avaient principalement pour but d'étudier l'influence de l'intensité et de la direction de la lumière, de la direction de la pesanteur, ainsi que de la pression exercée par la terre que la plante doit refouler. L'intensité de la lumière était modifiée à volonté par la culture à l'ombre ou dans une caisse noire. L'influence directrice de la lumière et de la pesanteur était anéantie en plaçant les plantes sur le clinostat à axe horizontal. Pour supprimer à la fois l'action directrice de la lumière et de la gravitation et l'influence de l'intensité de la lumière, je cultivais

les végétaux dans une chambre noire fixée sur le clinostat. Enfin, pour déterminer une pression analogue à celle de la terre tout en laissant libre jeu à la lumière, je plaçais la plante dans un large cylindre en verre rempli à une hauteur variable de perles de verre d'une transparence parfaite. La comparaison des feuilles cultivées sous les perles avec les feuilles développées librement à l'air montre que la teinte verte est égale dans les deux lots, ce qui prouve que les perles ne retenaient pas sensiblement la lumière.

A. — SORTIE PAR DES FEUILLES PRÉSENTANT LEUR POINTE.

1. *Ornithogalum umbellatum* (Dame d'onze heures). — La sortie est fort simple. Le bulbe est normalement à 3-4 centimètres sous terre. Les feuilles linéaires, canaliculées, sortent en un faisceau étroit; elles restent parallèles jusqu'à ce qu'elles se soient élevées de 30 à 40 millimètres au-dessus de la surface : alors chacune d'elles s'écarte de ses voisines et s'incline vers le dehors. A mesure qu'elles s'allongent par la croissance de leur partie basilaire souterraine, le point d'inflexion s'éloigne de plus en plus du sommet pour se maintenir toujours au niveau du sol. Les feuilles ont à peu près la même largeur dans toute leur étendue; elles restent légèrement enroulées et canaliculées dans leur partie libre. Quand les bulbes sont placés à la surface du sol, ils donnent des feuilles courtes et restant sensiblement parallèles.

Les seuls phénomènes que nous ayons à étudier sont la position verticale dressée des feuilles dans leur trajet souterrain et leur courbure vers le dehors dans la partie aérienne, la brièveté des feuilles chez les plantes superficielles et leur parallélisme persistant.

Il suffit de cultiver les plantes à l'obscurité pour voir pourquoi les feuilles exposées complètement à la lumière restent si courtes. En effet, à l'obscurité, tous les bulbes, qu'ils soient superficiels ou qu'ils soient profonds, portent des feuilles de 120 à 150 millimètres de longueur, tandis qu'à la lumière, les plantes placées à la profondeur normale donnent dans mes expériences des feuilles de 80 à 100 millimètres et celles qui étaient mises à la surface, des feuilles de 40 millimètres. L'explication est celle-ci : la zone de forte croissance et le méristème qui produit les nouvelles cellules sont tous deux basilaires. Leur fonctionnement dépend sans aucun doute en premier lieu d'excitants internes, mais il est influencé aussi par la lumière : celle-ci ralentit leur activité et finit même par l'arrêter. Lorsque, dès le début, les facteurs internes et les facteurs externes sont mis en conflit, les feuilles n'atteignent qu'une longueur de 40 millimètres. Chez la plante cultivée à la façon habituelle, le méristème et la zone de croissance maximale restent à l'obscurité et les feuilles ont jusqu'à 100 millimètres : leur croissance continue toujours à la base pendant qu'elle est arrêtée dans les portions qui arrivent successivement à la lumière. Enfin, quand la plante est à

l'obscurité et que l'action inhibitrice des rayons lumineux ne peut à aucun moment s'exercer, les feuilles deviennent encore plus longues. Mais leur allongement n'est pas indéfini : il arrive un moment où les excitants internes cessent d'agir efficacement et où la croissance s'arrête, quoique les réserves soient loin d'être épuisées. D'autre part, nous voyons que même à une forte lumière, les excitants internes de la division cellulaire et de la croissance provoquent le développement de la feuille et que celle-ci atteint une quarantaine de millimètres de longueur. En d'autres termes, tout se passe comme si les excitants internes, très puissants au début et capables de vaincre l'action inhibitrice de l'éclairement, perdaient graduellement de leur efficacité jusqu'à devenir tout à fait nuls.

Pourquoi les feuilles sont-elles fasciculées sous terre? Si le bulbe était exactement vertical et si les feuilles ne rencontraient pas d'obstacles capables de les faire dévier, elles n'auraient qu'à pousser tout droit pour rester verticales. Mais ces conditions ne sont jamais réalisées dans toute leur perfection idéale. Aussi les feuilles se laissent-elles guider par un facteur extérieur, la pesanteur : elles sont anagéotropiques ⁽¹⁾ (c'est-à-dire qu'elles vont en sens inverse de la direction que la pesanteur tend à leur imprimer), et comme toutes répondent de la même façon à la gravitation, elles restent groupées en un faisceau serré. Si l'on supprime l'influence directrice de la pesanteur en cultivant la plante sur le clinostat, on voit que les feuilles, d'abord droites et contiguës, se séparent aussitôt et s'en vont dans toutes les directions. On comprend que pendant leur croissance, les feuilles subissent inévitablement de petites déviations; dans les conditions habituelles, ces petits écarts sont immédiatement redressés par le géotropisme; sur le clinostat, l'action régulatrice de la pesanteur ne se fait plus sentir, et chaque feuille suit ses propres impulsions. Ce phénomène est quelque peu comparable à la course d'une bicyclette : aussi longtemps qu'elle est montée par un cycliste, elle roule en ligne droite, malgré des oscillations continues; si on la fait rouler seule, le moindre caillou la fait dévier, et comme rien ne la remet dans la bonne direction, elle ne tarde pas à s'égarer.

Comment se fait-il que l'anagéotropisme des feuilles ne s'oppose pas à leur étalement dans leur partie libre? C'est parce qu'un nouveau phénomène intervient : l'exonastisme, courbure de la feuille vers sa face externe, qui a pour résultat d'écarter les feuilles les unes des autres. Ce réflexe a pour point de départ ce même agent extérieur que nous avons déjà vu produire un effet d'inhibition : la lumière. En effet, il ne se

⁽¹⁾ Pour la terminologie des réflexes (tropisme, nastisme, etc.), voir JEAN MASSART, « Essai de classification des réflexes non nerveux », *Annales de l'Institut Pasteur*, août 1901. — Reproduit dans le *Recueil de l'Institut botanique de Bruxelles*, vol. 5.

manifeste que chez les individus cultivés à la lumière, et manque complètement chez ceux qui sont mis à l'obscurité.

Quand un de ces derniers est porté ensuite à la lumière, l'exonastisme ne se montre pas de suite ; il tarde jusqu'à ce que la feuille ait eu le temps de verdier. Or, la chlorophylle ne se forme pas chez *Ornithogalum* à une température inférieure à 7° C., quoique la croissance soit assez rapide ; les individus cultivés d'abord à l'obscurité, puis à la lumière dans une serre froide, gardent donc leurs feuilles dressées, jusqu'à ce que, à la faveur d'un jour plus chaud, la température soit montée à environ 10° C. : la chlorophylle apparaît et le réflexe s'exécute. Le verdissement débute par le bout supérieur, — le plus âgé, — et c'est aussi par là que débute l'exonastisme. La nécessité de cette condition interne (la présence de chlorophylle) pour qu'un excitant externe (la lumière) puisse déterminer le réflexe, ressort plus nettement encore de l'expérience suivante : une plante dont le bulbe était à 3-4 centimètres de profondeur et dont le bout des feuilles dépassait déjà de 10 millimètres la surface du sol, fut mise en serre dans la caisse noire ; la croissance fut rapide et il y eut bientôt des feuilles longues de 100 millimètres, chlorotiques dans toute la partie qui s'était formée à l'obscurité ; comme l'excitant indispensable, la lumière, faisait défaut au moment voulu, le bout vert restait dressé ; mais il suffit d'exposer la plante pendant huit heures à la lumière, dans la serre froide où la température était d'environ 6° C., pour voir le bout vert se courber en dehors. Cette expérience fait encore voir que l'absence d'exonastisme chez les plantes chlorotiques, mises à la lumière à 6° C., tient uniquement à l'absence du tonus nécessaire, tonus que la présence de chlorophylle peut seule donner, et non à un empêchement que le réflexe rencontrerait de la part du froid.

Ce serait une grave erreur de supposer que les feuilles vertes, exposées à la lumière, ont perdu la faculté de sentir la pesanteur et d'y répondre par une courbure. L'exonastisme ne supprime pas le géotropisme. En effet, la plante cultivée sur le clinostat à la lumière écarte ses feuilles beaucoup plus largement que la plante cultivée de la façon habituelle : le géotropisme étant alors supprimé, le nastisme peut se donner libre carrière. La position oblique des feuilles, telle que nous la connaissons chez la plante normale, est donc un *modus vivendi* entre l'exonastisme qui tend à écarter les feuilles, et l'anagéotropisme qui tend à les relever. Rappelons aussi que la lumière est l'excitant du nastisme et qu'elle agit par son intensité, non par sa direction, puisque la courbure nastique n'est pas orientée vis-à-vis de la direction de l'excitant. Nous pouvons donc graduer à volonté l'effet du nastisme : à une lumière faible, les feuilles sont peu écartées ; au plein soleil, elles sont presque horizontales. Bien plus, leur position n'est pas la même le jour et la nuit : elles sont beaucoup plus dressées pendant la nuit.

Les différences de l'intensité lumineuse sont-elles le seul facteur qui

détermine la verticalité et le parallélisme des feuilles dans leur partie souterraine, et leur écartement dans leur partie libre ? On pourrait penser aussi à la pression : forte dans la partie souterraine, elle est nulle dans l'air. Quand on cultive les *Ornithogalum* sous les perles de verre, on constate que sous terre (pression et obscurité) les feuilles sont parallèles, tandis que sous les perles (pression et lumière) elles sont écartées. L'angle est pourtant plus petit que lorsqu'elles sont libres, ce qui s'explique en partie par l'absorption inévitable de lumière de la part des perles, et en partie par la difficulté que les feuilles éprouvent à les déplacer ; il ne peut en tout cas rester aucun doute sur l'inefficacité de la pression comme excitant.

Enfin, un dernier point : pourquoi la courbure exonastique fait-elle défaut chez les *Ornithogalum* mis au-dessus de terre ? Lorsque la question s'est posée devant moi, la saison était déjà trop avancée pour pouvoir entreprendre des expériences sur ce sujet.

2. *Hyacinthus orientalis* (Jacinthe). — Nous retrouvons ici les mêmes phénomènes que chez *Ornithogalum* : brièveté des feuilles (35 millimètres) chez les individus cultivés à la lumière au-dessus de terre, et allongement exagéré (205 millimètres) à l'obscurité ; verticalité et disposition serrée des feuilles dans leur partie libre et écartement de la partie libre et éclairée (exonastisme) ; enfin, augmentation de l'écartement quand on supprime le géotropisme par la culture sur le clinostat à la lumière. En outre, nous rencontrons ici un phénomène nouveau. Dans la portion souterraine, les feuilles sont enroulées : leurs bords sont fortement courbés vers la face supérieure ; dans la partie libre, cette courbure s'efface et la feuille devient presque plane. Cet homalonastisme (*homalos* = plat) qui aplatit la feuille en faisant disparaître la courbure en forme de gouttière, est tout différent de l'exonastisme qui écarte la feuille de l'axe de l'individu. En effet, les feuilles mises sous les perles à la lumière, exécutent le réflexe exonastique, mais elles restent courbées en gouttière.

Pour que l'homalonastisme se montre, il faut donc que la feuille ne subisse pas de pression latérale ; la lumière est également indispensable : à l'obscurité, la courbure en gouttière persiste indéfiniment. Seulement, malgré l'obscurité, ces feuilles sont légèrement écartées à la base. Contrairement à ce qui a lieu chez *Ornithogalum*, l'exonastisme de la Jacinthe n'est donc pas exclusivement provoqué par la lumière ; si celle-ci fait défaut, elle peut être remplacée partiellement par un excitant interne, dépendant sans doute de l'âge : on observe effectivement que l'exonastisme à l'obscurité est tardif et d'ailleurs incomplet. Nous verrons plus loin (chez *Ægopodium*, *Mercurialis*, etc.) des exemples plus frappants d'excitants internes spéciaux aux organes âgés.

3. *Tulipa Gesneriana* (fig. 1). — La Tulipe diffère assez notablement des plantes précédentes.

Les feuilles d'un même individu naissent successivement, de sorte qu'elles ne peuvent pas faire un faisceau. Mais chaque feuille jeune est étroitement enroulée, pointue et verticale. Lorsqu'elle s'est élevée de 20 à 30 millimètres dans l'air, elle commence à s'étaler à partir de la pointe; en même temps elle s'incline légèrement vers le dehors. L'homalonastisme et l'exonastisme s'éloignent de plus en plus du sommet à mesure que de nouvelles portions, formées sous terre, s'ajoutent à celles qui sont déjà aériennes. Pendant qu'elle se déroule, la partie libre croît dans la direction transversale, de sorte qu'elle s'élargit et s'aplanit à la fois. La partie inférieure souterraine garde sa forme enroulée et son étroitesse primitive et constitue une sorte de pétiole.

Quand le bulbe est mis au-dessus de terre, les feuilles s'étalent dès qu'elles ont une longueur de 30 à 40 millimètres et comme l'homalonastisme atteint finalement leur base même, elles sont privées de pétiole. Contrairement à ce que nous avons vu chez *Ornithogalum* et chez *Hyacinthus*, la feuille est aussi grande chez la Tulipe dont le bulbe est à l'air et à la lumière que chez celle dont le bulbe est souterrain.

À l'obscurité, les feuilles s'allongent beaucoup (jusque 175 millimètres); elles deviennent aussi larges qu'à la lumière. Quant à l'homalonastisme et à l'exonastisme, ils apparaissent aussi, mais seulement quand les feuilles sont âgées. Chez les feuilles cultivées sous les perles, à la lumière, l'exonastisme se produit, mais l'homalonastisme fait défaut.

De ces diverses expériences, nous pouvons conclure que l'allongement et l'élargissement des feuilles sont à peu près les mêmes à la lumière et à l'obscurité; que l'exonastisme déterminé d'habitude par la lumière, peut l'être aussi à l'obscurité par un excitant interne; enfin que l'étalement du limbe foliaire, provoqué par la lumière quand la plante est dans les conditions habituelles, peut également être provoqué par un excitant dérivant de la plante même. Mais quelles que soient les conditions d'éclairement, l'homalonastisme ne se manifeste qu'en l'absence de pression latérale.

En somme, d'*Ornithogalum* à *Hyacinthus* et à *Tulipa*, nous assistons à une intervention de plus en plus manifeste des excitants internes dans les phénomènes nastiques : alors que les feuilles d'*Ornithogalum* ne s'écartent qu'à la lumière, celles de la Jacinthe manifestent aussi l'exonastisme à l'obscurité; mais leur étalement n'est provoqué que par la lumière; enfin, chez la Tulipe, l'homalonastisme, aussi bien que l'exonastisme, peut être induit par un excitant interne.

B. — SORTIE PAR DES ÉCAILLES PRÉSENTANT LEUR POINTE.

1. *Crocus vernus* (fig. 2). — Chez la plante normale, dont le tubercule est d'environ 2.5 à 3 centimètres en terre, on voit apparaître une écaille engainante, pointue et dressée, puis une seconde plus longue, enfin une troisième qui atteint le niveau du sol. Maintenant apparaissent, à peu

près en même temps, les pointes de deux, trois ou quatre feuilles qui s'élèvent par la cavité de la troisième écaille. Ces feuilles s'écartent dès qu'elles dépassent de 20 millimètres le sommet de l'écaille. Elles continuent alors à croître dans la direction oblique jusqu'à ce qu'elles aient une longueur de 50 à 70 millimètres au-dessus du sol (soit une longueur totale d'une centaine de millimètres).

Quand la plante est cultivée au-dessus de terre, la plus longue des écailles n'a que 17 millimètres; les feuilles restent également plus courtes (50 millimètres). Les plantes placées à une profondeur de plus de 35 millimètres ne parviennent pas à amener le sommet de la troisième écaille jusqu'à l'air : les feuilles ont alors à fournir un certain trajet à travers la terre; elles réussissent en général à se dégager. A l'obscurité, les phénomènes sont les mêmes pour les individus enterrés et pour les individus superficiels : la longueur des écailles ne dépasse pas 35 millimètres; celle des feuilles va jusqu'à 100 millimètres (comme à la lumière). L'écartement est le même qu'à la lumière.

Il résulte de ces expériences que les écailles facilitent réellement la sortie des feuilles dans les conditions normales, mais que leur croissance est insuffisante dès que la profondeur dépasse 35 millimètres. D'autre part, à la lumière complète, elles ont 17 millimètres. La différence de longueur des feuilles varie beaucoup plus : 50-70 millimètres à la lumière complète, 250-260 millimètres à l'obscurité. Ceci revient à dire que la croissance des écailles est régie par des facteurs internes qui sont assez puissants pour ne laisser que peu de jeu à la lumière. L'écartement des feuilles est, lui aussi, provoqué par des causes internes. Le seul excitant externe qui doit intervenir dans la sortie du *Crocus* est en somme la pesanteur. C'est grâce à leur géotropisme que les écailles et les feuilles se maintiennent verticales et s'acheminent par la voie la plus courte vers l'air et la lumière. Encore faut-il ajouter que la faculté géotropique ne persiste que peu de temps. Quand la plante mise trop haut est attirée vers le bas par la contraction d'une racine, la descente est d'ordinaire unilatérale et la plante se penche obliquement : jamais les écailles ni les feuilles, devenues trop âgées, ne se redressent.

2. *Colchicum autumnale*. — Les phénomènes de la sortie sont sensiblement les mêmes que chez *Crocus*. L'écaille unique pousse son sommet jusqu'à fleur de terre et les jeunes feuilles n'ont qu'à sortir par sa pointe. Les feuilles, d'abord enroulées les unes autour des autres, s'étalent et s'écartent. Ces divers mouvements se font aussi complètement et aussi tôt à l'obscurité qu'à la lumière. Quant à l'allongement de l'écaille et des feuilles, il est aussi peu dépendant de la lumière que le développement des écailles de *Crocus*.

On peut dire que chez *Crocus* et chez *Colchicum* la sortie est presque entièrement régie par des excitants internes : c'est à peine si les réflexes

provoqués par ceux-ci se laissent influencer par les agents externes; parmi ces derniers, la pesanteur seule a de l'importance. Cette indifférence vis-à-vis de l'extérieur s'explique par le mode de sortie : il suffit que le tubercule se trouve non loin du niveau normal pour que la simple croissance géotropique des écailles assure la sortie. Les choses sont beaucoup plus compliquées et plus difficiles chez *Ornithogalum*, *Hyacinthus* et *Tulipa*. Ici le dégagement s'opère par des feuilles assimilatrices dont la spécialisation en vue de la sortie est temporaire, et qui doivent suppléer par la perfection de leur accommodabilité à l'insuffisance de leur organisation.

C. — SORTIE PAR LA TIGE PORTANT DES ÉCAILLES APPRIMÉES.

1. *Rubia tinctorum* (Garance) (fig. 3). — Les rhizomes ont une disposition assez irrégulière; les jeunes pousses auront donc à parcourir dans la terre des trajets variables : 2 à 10 centimètres. Entre ces limites, les tiges ont les dernières écailles au niveau du sol, et les premiers verticilles de feuilles et de stipules, qui succèdent aux écailles, sont déjà aériens. La partie inférieure est composée d'entrenœuds courts; elle porte les écailles qui protégeaient le bourgeon pendant l'hiver. Plus haut, les entrenœuds deviennent de plus en plus longs jusqu'aux feuilles; à partir d'ici, ils gardent sensiblement la même longueur. Le nombre des paires d'écailles est de 8 à 10; pendant la croissance souterraine de la tige, elles forment à son sommet un capuchon conique, pointu.

Lorsque la tige naît sur un rhizome situé dans l'air, le nombre des entrenœuds à écailles reste le même, mais ils sont tous très courts. Par contre, lorsque le rhizome est trop profond, les tiges ascendantes ont tous les entrenœuds, à part les deux ou trois inférieurs, fortement allongés, mais leur nombre n'est pas non plus modifié. A l'obscurité complète, les entrenœuds deviennent très longs; mais le nombre de paires d'écailles reste immuable : il est impossible de transformer des feuilles en écailles.

2. *Stachys Sieboldi* (Crosne du Japon). — Cette plante montre encore plus nettement que la Garance, que le nombre des écailles est régi par des lois rigides, tandis que la longueur des entrenœuds dépend dans une large mesure des conditions externes. Le *Stachys* ne possède au-dessus des écailles qui protégeaient le bourgeon hivernant que deux paires d'écailles typiques, auxquelles succèdent des feuilles avec un limbe d'ailleurs réduit. Les entrenœuds à écailles peuvent atteindre sous terre, donc à l'obscurité, une longueur de 50 à 60 millimètres. Si cet allongement démesuré ne suffit pas à amener le bourgeon terminal de la tige au-dessus de terre, les nœuds suivants porteront néanmoins des feuilles pourvues d'un petit limbe, et non plus des écailles.

3. *Alstroemeria aurantiaca*. — Cette plante avait été choisie pour la sûreté avec laquelle on peut y distinguer les écailles des feuilles : celles-ci ont, en effet, un limbe tordu à la base de façon à présenter vers le haut sa face inférieure. De même que dans les cas précédents, la plante cultivée à l'obscurité produit des entrenœuds allongés qui portent d'abord des écailles, puis quand le nombre des écailles est épuisé, des feuilles; celles-ci ont un petit limbe qui se courbe à sa base jusqu'à ce que sa face inférieure soit tournée vers le haut : la seule différence avec les feuilles éclairées est donc que le retournement est obtenu par courbure et non par torsion.

En définitive, les plantes qui sortent de terre par l'allongement de leurs tiges règlent la longueur des entrenœuds d'après le trajet qu'elles ont à parcourir sous terre, mais elles ne peuvent pas modifier le nombre des écailles, qui est préétabli et immuable. L'allongement des entrenœuds, ainsi que la petitesse des feuilles souterraines sont déterminés par l'obscurité.

Nous voyons que toutes les plantes de ce groupe ont la faculté de réduire à l'obscurité les dimensions de leurs feuilles, tandis que le même facteur provoque, au contraire, l'allongement des feuilles chez les plantes des groupes précédents. La petitesse et l'allongement des feuilles étiolées sont donc en rapport avec la façon dont la plante sort de terre, et non, comme on le croit d'habitude, avec les affinités systématiques. L'idée d'après laquelle les feuilles de Monocotylédonées s'allongent à l'obscurité, tandis que celles des Dicotylédonées se réduisent, est erronée. De même, il est inexact de dire que les Monocotylédonées étiolées ont des entrenœuds courts, et les Dicotylédonées, des entrenœuds longs. Toutes ces différences tiennent à la façon dont les plantes sortent de terre, puisque les Monocotylédonées qui sortent par la croissance de la tige (*Alstroemeria*, *Cordylina*, *Lilium*, etc.) forment à l'obscurité de petites feuilles et de longs entrenœuds, et que les Dicotylédonées qui sortent par la croissance des feuilles (*Cichorium*, *Senecio Doria*, etc.) produisent à l'obscurité des longues feuilles et des courts entrenœuds.

4. *Mnium rostratum*. — Dans les conditions normales, les tiges nées sur les rhizomes souterrains sont dressées dans leur partie basilaire, et munies de feuilles réduites; quand elles ont atteint une hauteur de 5 à 10 millimètres, elles se courbent et deviennent dorsiventrales. A l'obscurité, les jeunes tiges s'allongent fortement et les feuilles restent aussi petites qu'à l'état normal; ces tiges étiolées penchent bientôt par leur propre poids, et je n'ai pas pu m'assurer si elles devenaient ou non dorsiventrales. Sur le clinostat, à la lumière, la plante se montre très phototropique (elle est trop petite pour qu'il soit possible de la soustraire à l'influence directrice de la lumière). Elle semble se laisser guider uniquement par la lumière : la tige est d'abord garnie de petites feuilles, puis elle forme des feuilles normales et devient dorsiventrals.

D. — SORTIE PAR LES FEUILLES ENROULÉES EN CROSSE.

Blechnum Spicant et *Polypodium vulgare*. — Il est certain que l'enroulement en crosse des jeunes feuilles des Filicinées et des Hydroptéridinées est due exclusivement à des excitants internes; elle se fait aussi bien sur le clinostat que lorsque la plante est soumise à l'influence directrice de la pesanteur, aussi bien chez les espèces où les jeunes feuilles naissent à la lumière (*Pilularia*, *Marsilea*, Fougères épiphytes à longs rhizomes telles que *Drymoglossum*) que chez celles où les jeunes feuilles sont d'abord à l'obscurité, soit entre les feuilles anciennes, soit sous terre.

Sur *Blechnum Spicant* et *Polypodium vulgare* mis à l'obscurité, les feuilles allongent beaucoup leur rachis; le déroulement de cette portion de la feuille se fait normalement. Mais les segments latéraux restent très courts et enroulés. Ces feuilles étiolées ont une légère teinte verte, aussi bien dans les segments que dans le rachis.

Quant à l'exonastisme basilaire des feuilles de *Blechnum*, il ne se produit pas à l'obscurité.

E. — SORTIE PAR LES FEUILLES RECOURBÉES EN CROCHET.

1. *Sanguisorba canadensis* (fig. 4). — Le développement débute par la croissance d'écailles qui représentent les bases engainantes des feuilles. Les écailles n'atteignent pas la surface du sol. Puis les feuilles se montrent; aussi longtemps qu'elles sont sous terre, leur pétiole est dressé, mais il se courbe immédiatement au-dessous de l'insertion du limbe de manière à refléchir les segments du limbe sur sa face interne, tournée vers l'axe du végétal. Le limbe est petit et ses segments, étroitement serrés, sont inclinés vers le sommet de la feuille. Lorsque, par sa croissance, la feuille a amené son limbe dans l'air, le pétiole se redresse au bout et les segments commencent à croître. Aussitôt après, ils se séparent et s'étalent. En même temps le pétiole se courbe vers le dehors, au niveau du sol, et écarte la feuille de ses voisines.

Les questions qui se posent sont les suivantes : par quoi sont déterminés, d'abord la croissance verticale, la courbure en crochet du pétiole et la petitesse du limbe pendant que la feuille est souterraine, — puis l'effacement de la courbure en crochet, l'accroissement et l'étalement du limbe, — enfin la courbure en dehors de la base du pétiole lorsque la feuille est dans l'air?

La croissance verticale est due au géotropisme; la petitesse du limbe et l'allongement du pétiole sont provoqués par l'obscurité. Chez les diverses plantes qui sortent de terre par la croissance de leurs pétioles courbés au sommet, l'obscurité détermine en effet la croissance exagérée d'une partie de la feuille (le pétiole) et l'arrêt de la croissance d'une autre partie (le limbe).

Au moment où la jeune feuille naît sur le point végétatif, elle est droite; mais à peine le futur pétiole est-il différencié qu'il se courbe vers le sommet de la tige (endonastisme); il est évident que ce phénomène se passe toujours à l'obscurité, au milieu des gaines foliaires. L'obscurité est-elle l'excitant du réflexe ou bien celui-ci est-il déterminé par un excitant dérivant de la plante même? Il n'est pas possible de répondre à cette question; mais on peut affirmer que l'endonastisme ne se conserve qu'en l'absence de lumière : dès que la feuille est éclairée, elle se redresse, ainsi qu'on le voit très bien sur les individus cultivés au-dessus de terre.

Jamais je n'ai observé l'effacement de la courbure à l'obscurité; la lumière apparaît donc comme l'excitant indispensable. Pourtant quand les feuilles restent trop longtemps à l'obscurité, la position de la courbure se déplace sur la nervure médiane de la feuille en se rapprochant de la pointe; les segments inférieurs finissent donc par être insérés en dessous de la courbure; ils changent alors le sens de leur inclinaison : au lieu de continuer à se diriger vers le sommet de la feuille, ils se tournent maintenant vers la base. C'est sous cet aspect que se présente la courbure sur les feuilles étiolées de la figure 4. Ces feuilles ont une longueur de 500 millimètres (alors que chez la plante cultivée au-dessus de terre, le redressement est déjà opéré quand le pétiole a 10 millimètres de longueur). Ces longues feuilles sans aucune rigidité retombent par leur poids, et naturellement le plan de courbure du crochet est jeté dans les directions les plus variées. Jamais on n'observe aucune tendance à changer la position de ce plan : la courbure en crochet est donc exclusivement du nastisme.

Enfin, l'accroissement du limbe, son homalonastisme et l'exonastisme de la base du pétiole font tous également défaut aussi longtemps que la plante reste à l'obscurité : la lumière est leur seul excitant.

2. *Dicentra formosa*. — Les réflexes qui assurent la sortie de cette plante concordent en tous points avec ceux que nous venons d'étudier, sauf en ceci : les feuilles qui restent à l'obscurité, au lieu de déplacer vers le haut le point de courbure, ce qui finirait par redresser la feuille, exagèrent, au contraire, leur endonastisme : les segments se courbent à leur tour et le sommet de la feuille finit par prendre la forme de crosse.

3. *Agopodium Podagraria* (fig. 5). — Cette plante est remarquable par la rapidité avec laquelle la lumière influence les divers réflexes : dès que les feuilles courbées pendant le trajet souterrain arrivent à la lumière, elles se redressent et s'étalent; tout aussitôt se montre aussi l'exonastisme basilaire de la partie libre du pétiole. Il est d'autant plus curieux de constater qu'à l'obscurité continue le pétiole efface sa courbure (exonastisme apical), le limbe reprend sa croissance et s'étale horizontalement. Pour tous ces réflexes, l'excitant lumineux est remplacé par un

excitant interne, qui est probablement l'âge, car ces réactions ne se produisent que lorsque le pétiole a atteint une centaine de millimètres de longueur. Le seul mouvement qui fait obstinément défaut est la courbure en dehors à la base du pétiole : l'exonastisme est vaincu par le géotropisme et les feuilles restent serrées en faisceau.

Sur le clinostat à l'obscurité, donc en l'absence de tout excitant extérieur, la courbure endonastique du sommet des jeunes feuilles s'exécute de façon normale. Puis l'exonastisme du pétiole se manifeste, non seulement à la base mais dans toute sa longueur (en dessous de la courbure en crochet). Quand la feuille a une centaine de millimètres de longueur, l'effacement de la courbure en crochet commence, puis les segments du limbe se remettent à croître et l'homalonastisme s'accomplit. Mais comme la sensation de pesanteur est supprimée, l'exonastisme se poursuit sans rencontrer de résistance; après que le pétiole proprement dit s'est courbé en dehors, le mouvement gagne le rachis, puis les pétioles, et à la fin les segments sont placés dans les positions les plus hétéroclites. Sur le clinostat à la lumière, ces diverses réactions sont encore exagérées. De ces expériences ressort clairement la notion déjà énoncée plus haut : la position qu'une feuille occupe d'habitude n'est que le résultat d'un compromis entre les sensations internes et les sensations externes ⁽¹⁾. Le géotropisme, s'il agissait seul, mettrait le pétiole vertical et le limbe horizontal; l'exonastisme, s'il n'était pas contrarié par le géotropisme, mettrait les feuilles en courbure forcée vers le dehors : le pétiole et le limbe deviendraient fortement convexes sur leur face dorsale. A ces deux actions antagonistes vient encore se mêler l'influence de l'éclairement : quand l'intensité lumineuse est grande, l'exonastisme est renforcé; dans le cas contraire, il reste faible. La position d'équilibre de la feuille n'est donc pas une et invariable; elle change sans cesse avec l'éclairement.

Si nous réfléchissons aux mouvements que la feuille exécute à l'obscurité, nous arrivons à l'idée que la plante normale attend de la lumière l'excitation qui doit mettre en train les diverses réactions destinées à amener le limbe dans sa position la plus favorable; mais si l'excitant lumineux se fait trop longtemps attendre, la plante trouve en elle-même les impulsions nécessaires à l'accomplissement des réactions qui amènent la croissance et l'étalement de la feuille. Même, si le végétal est privé de la sensation de pesanteur aussi bien que de la sensation de lumière, les réactions, devenues tout à fait désordonnées, dépassent le but et donnent à la feuille les positions les plus vicieuses.

Je m'étais demandé quels sont les rayons qui agissent pour hâter l'exonastisme apical du pétiole (effacement du crochet). Des *Ægopodium* furent plantés au fond de trois pots à fleurs de grande dimension, de

(1) Nous aurons encore à insister sur ce point dans le travail suivant.

telle façon qu'ils eussent à pousser pendant une vingtaine de centimètres avant d'atteindre le bord supérieur des pots. Par-dessus chaque pot, j'avais placé un grand cristallisoir dont l'un contenait une solution de sulfate de cuivre ammoniacal, l'autre une solution de bichromate de potassium, et le troisième, servant de témoin, de l'eau pure. Le redressement de la courbure en crochet se fit également vite dans la lumière blanche faible, dans la lumière bleue et dans la lumière rouge.

4. *Acanthus mollis*. — Chez cette espèce, la courbure siège dans la partie distale du rachis. La courbure et l'étalement des segments ont lieu aussi bien et aussi tôt à l'obscurité qu'à la lumière.

F. — SORTIE PAR LES TIGES RECOURBÉES EN CROCHET.

1. *Bryonia dioica*. — Dans les conditions naturelles, la pousse débute par deux ou trois entrenœuds avec écailles; cette portion, longue d'environ 10 millimètres, est verticale et droite. Puis se forment des feuilles qui restent petites aussi longtemps qu'elles sont souterraines; cette portion de la tige est également verticale, mais son extrémité est courbée en crochet, disposition qui se conserve jusqu'à ce que la tige soit arrivée au-dessus du sol; alors la pousse se redresse, grossit et donne des feuilles à grand limbe étalé horizontalement.

A l'obscurité on observe la même série de phénomènes : deux à trois entrenœuds inférieurs droits; puis le sommet courbé; enfin, après la sortie, redressement aussi rapide qu'à la lumière et complet étalement des feuilles. La seule différence est que les entrenœuds ont une longueur double et sont minces, et que les feuilles sont petites.

Ce n'est donc pas l'obscurité qui détermine la courbure en crochet. L'expérience suivante montre que c'est la pression : on dégage une pousse encore courbée au moment où elle va percer la surface du sol et on le recouvre d'une cheminée en verre remplie de perles transparentes; la tige continue à croître, elle verdit de façon normale, mais son arcure persiste.

Les courbures des tiges de *Bryonia* ont les rayons de courbure les plus variables et l'on a l'impression qu'elles sont dues à une action purement mécanique, dans laquelle l'irritabilité ne joue aucun rôle : aussi longtemps que la tige ne porte que des écailles et que la résistance au passage est faible, elle reste droite; quand les feuilles apparaissent, les difficultés augmentent notablement, le sommet de la tige doit plier, et dorénavant les feuilles seront tirées au lieu d'être poussées, ce qui diminue beaucoup les résistances.

2. *Vicia oroboides*. — Les choses se passent exactement de la même façon que chez *Bryonia*, à ceci près que les feuilles formées à l'obscurité sont moins réduites : leur limbe est presque aussi grand qu'à la lumière.

3. *Lathyrus pannonicus*. — Dans les conditions normales, les entrenœuds inférieurs avec écailles sont droits; puis vient une portion avec feuilles et inflorescences dont le sommet est incurvé; enfin la courbure s'efface lorsque la tige est libre. On croirait donc, à première vue, que le cas est le même que celui de *Vicia oroboides*, mais l'analyse des phénomènes fait voir que l'analogie est purement apparente.

En effet, une pousse libre, à l'obscurité, après être restée droite pendant les dix premiers millimètres, exécute une courbure vers l'intérieur, c'est-à-dire vers la branche sur laquelle elle est née. L'endonastisme ne s'arrête pas quand la partie distale est devenue parallèle (courbure $= 1/2$ cercle); le mouvement continue, la courbure décrit bientôt trois quarts de cercle, puis un cercle complet, puis davantage. Lorsqu'une pareille tige est ensuite exposée à la lumière, on voit la courbure revenir sur elle-même et la boucle s'effacer. Mais ce redressement n'a lieu qu'après que la tige a verdi : si l'étiollement l'a trop fortement affaiblie, elle reste courbée et se flétrit. La présence de la chlorophylle est donc une condition indispensable pour que la lumière provoque l'orthonastisme, de même qu'elle est nécessaire pour l'exonastisme de la feuille d'*Ornithogalum*.

Pendant son trajet souterrain normal, la tige n'est courbée qu'en crochet simple (demi-cercle); ceci tient sans doute à la résistance que la terre offrirait à la continuation de la courbure.

La direction du plan de courbure ne dépend que d'un excitant interne : elle est déterminée par la position du rameau sur la branche-mère, et n'est pas influencée par la pesanteur.

4. *Pachysandra procumbens* (fig. 6). — Cette espèce ne nous intéresse que pour un phénomène que nous avons déjà rencontré plus haut : la courbure, qui s'efface immédiatement à la lumière, finit aussi par se redresser à l'obscurité continue.

La courbure est située au niveau des écailles supérieures, donc en dessous des feuilles. L'allongement des entrenœuds à écailles est beaucoup plus grand à l'obscurité. A la lumière, il est néanmoins suffisant pour porter les feuilles à une dizaine de centimètres au-dessus du sol. Comme les entrenœuds garnis de feuilles assimilatrices restent courts, il se forme une sorte de rosette foliaire au sommet de la tige. La brièveté des entrenœuds supérieurs se remarque aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière.

Je n'ai pas cultivé *Pachysandra* sur le clinostat, de sorte que j'ignore quelle serait la direction du crochet si la plante était soustraite à l'influence directrice de la pesanteur et de la lumière. Quand celle-ci agit normalement, le plan de courbure est toujours vertical, le bout distal de la tige étant tourné vers le bas; la courbure est d'un demi-cercle, c'est-à-dire que le bout distal du crochet est parallèle au bout proximal. Cette disposition parallèle se maintient sur des tiges obliques ou même

horizontales. Chez *Sanguisorba*, la courbure des feuilles est également d'un demi-cercle, mais le plan de courbure n'est pas influencé par la pesanteur. Chez *Lathyrus pannonicus*, le plan de courbure ne dépend que d'excitants internes, mais le rayon de courbure, tout à fait indéfini, augmente avec l'âge.

5. *Mercurialis perennis* (fig. 7). — Sur la plante normale on observe la suite de phases que voici : la pousse est d'abord rectiligne dans sa portion écailleuse (trois à quatre paires d'écailles); cette portion a environ 6 millimètres de longueur. Puis elle produit des jeunes feuilles et se courbe vers le bas. La courbure siège entre les écailles. Le crochet est poussé vers le haut, grâce à la croissance anagéotropique de sa partie inférieure, et il arrive bientôt dans l'air où il se redresse immédiatement. La tige continue à croître maintenant jusqu'à ce que les feuilles soient à une douzaine de centimètres de hauteur; pendant que se fait cet allongement, les feuilles se sont agrandies et étalées.

On pourrait supposer que le cas de *Mercurialis* est exactement l'opposé de celui de *Vicia* et que l'endonastisme qui est seul en jeu chez ce dernier, ne se manifeste pas chez *Mercurialis*. En réalité, il n'en est pas ainsi : quand la plante est mise à l'obscurité et soustraite à l'influence directrice de la pesanteur (dans la caisse noire, sur le clinostat), une courbure se produit au même moment et à la même place que la courbure ordinaire; seulement, elle est endonastique, tout comme chez *Vicia*. Ceci nous montre que dans les conditions habituelles, la jeune tige est sollicitée à la fois par l'endonastisme et par le géotropisme descendant. Dans ce conflit, c'est le réflexe provoqué par un facteur externe (géotropisme) qui l'emporte et la tige se courbe dans le plan vertical, avec son sommet vers le bas, quelle que soit son insertion sur la branche-mère.

Des expériences faites à la lumière colorée (voir plus haut) ont montré que le redressement de la courbure en crochet se fait également bien à la lumière bleue, à la lumière rouge et à la lumière blanche affaiblie.

Une autre question se pose encore : la courbure est-elle inévitable quelles que soient les conditions extérieures? La réponse est péremptoire : la courbure ne s'accomplit qu'à l'obscurité; les tiges qui naissent sur des rhizomes cultivés au-dessus de terre ne montrent jamais la moindre inclinaison ni endonastique ni catagéotropique. Il y a donc pour la jeune pousse de *Mercurialis*, deux états différents d'équilibre : l'un pour la lumière, l'autre pour l'obscurité; à la lumière, la tige reste droite; à l'obscurité, elle s'incline vers le bas ou vers la branche-mère, suivant qu'elle est ou n'est pas soumise à l'influence directrice de la pesanteur.

Ces états d'équilibre ne sont plus les mêmes dans la tige adulte : en effet, celle-ci se redresse même à l'obscurité complète. Il existe une

« tendance orthonastique » qui dans la tige jeune ne s'exteriorise qu'avec l'aide de la lumière, mais qui dans la tige âgée est devenue assez puissante pour se manifester aussi à l'obscurité. N'y a-t-il pas là quelque chose de comparable à ce que nous constatons pour l'éclosion des bourgeons après l'hiver ? Il existe chez les arbustes, déjà au début de l'hiver, une certaine « tendance à l'éclosion » ; mais pour que les bourgeons se développent, il faut donner à la plante une très forte chaleur. A mesure que l'hiver avance, la tendance interne se renforce et, au printemps, la température doit à peine s'élever pour que les bourgeons se mettent à pousser.

Pourtant, si la tige de *Mercurialis* se redresse à l'obscurité, le phénomène subséquent, l'étalement des feuilles, reste fort imparfait : le limbe essaie à la vérité de s'aplanir, mais le pétiole, au lieu de s'incliner vers le dehors, se courbe fortement au dedans, de sorte que les deux feuilles d'une même paire se croisent, chacune étant rejetée vers la face opposée de la tige. De plus, comme la nervure médiane subit la même courbure endonastique, la feuille devient concave vers sa face dorsale, maintenant inférieure. Cet état anormal ne disparaît à la lumière que s'il n'a pas encore été fixé définitivement par la croissance. Dans le travail suivant, nous verrons d'autres exemples de disposition vicieuse des feuilles et des rameaux par l'intervention de nastismes insuffisamment combattus par des tropismes.

Résumé et conclusions.

De cette étude se dégagent les conclusions suivantes :

1° Il y a la plus grande diversité dans les moyens que les végétaux emploient pour amener au jour leurs organes aériens et pour étaler leurs feuilles assimilatrices. Même lorsque les procédés de sortie paraissent identiques, une analyse plus détaillée fait voir que les phénomènes sont fort différents ;

2° Certaines particularités sont régies par des excitants internes, immuables, par exemple le nombre des écailles chez *Crocus*, *Stachys*, etc. et la direction du plan de courbure chez *Lathyrus pannonicus*. D'autres phénomènes sont influencés à la fois par des impulsions internes et par des impulsions externes ; ainsi l'allongement des entrenœuds est faible à la lumière, considérable à l'obscurité, mais il se maintient toujours entre certaines limites extrêmes qui sont fixées par les excitants internes, innés, de chaque espèce ;

3° Très souvent on constate qu'il y a conflit entre les excitants internes et les excitants externes. Ainsi la position normale de la feuille d'*Egopodium* est un compromis entre l'exonastisme qui tend à écarter la feuille de plus en plus vers le dehors, et le géotropisme qui tend à redresser le pétiole et à placer le limbe dans le plan horizontal. Chez

Mercurialis le nastisme tend au contraire à courber la feuille vers l'intérieur, et il faut l'intervention de la lumière pour qu'elle prenne sa position habituelle ;

4° On peut facilement soustraire la plante aux sensations externes et la livrer aux seules sensations internes : elle prend alors les aspects les plus hétéroclites ; jamais elle ne réussirait à sortir de terre et à disposer convenablement ses feuilles. La coexistence des excitations internes et des excitations externes est donc indispensable ;

5° Il n'est pas rare de voir qu'un excitant interne, insuffisant au début et obligé de se faire aider du dehors, finit par pouvoir se passer de toute aide extérieure. Ainsi les jeunes tiges de *Mercurialis* ne se redressent que si elles sont éclairées ; mais à mesure qu'elles vieillissent, les excitants internes se renforcent et finalement la tige efface sa courbure à l'obscurité ;

6° Enfin, l'opinion généralement accréditée d'après laquelle les Monocotylédonées étiolées à l'obscurité donnent des feuilles longues et des entrenœuds courts, tandis que les Dicotylédonées donnent dans les mêmes conditions des feuilles atrophiées et des entrenœuds longs, est tout à fait inexacte : ces différences dans la croissance ne sont en rapport qu'avec la façon dont le végétal sort de terre.

TABLEAU

des divers modes de protection des jeunes feuilles.

- A. Protection par des organes transitoires.
 - A1. Feuilles spécialisées.
 - A2. Stipules protégeant la feuille même.
 - A3. Stipules protégeant les feuilles suivantes.
 - A3a. Stipules libres.
 - A3b. — soudées, des feuilles alternes.
 - A3c. — soudées au pétiole.
 - A3d. — soudées, des feuilles opposées ou verticillées.
 - A4. Poils.
 - A4a. Feuilles adultes glabres.
 - A4b. — glabres à la face supérieure.
 - A4c. — restant velues sur les deux faces.
 - A5. Gommages et résines.
 - A6. Écran coloré.
 - A6a. Coloration uniforme.
 - A6b. — localisée.
 - A6c. — des poils.
- B. Protection par les feuilles âgées.
 - B1. Protection par les gaines.
 - B2. Protection par les limbes.
 - B2a. Plantes herbacées.
 - B2b. Tiges dressées.
 - B2c. Tiges horizontales ou obliques.
- C. Position verticale des jeunes limbes.
 - C1. Jeunes feuilles pendantes.
 - C1a. Courbure du rameau.
 - C1b. — du rachis.
 - C1c. — de la base du pétiole.
 - C1d. — du sommet du pétiole.
 - C1e. — du pétiolule des folioles.
 - C2. Jeunes feuilles dressées.
 - C2a. Courbure du rameau.
 - C2b. — du pétiole.
 - C2c. — du pétiolule des folioles.
 - C3. Jeunes feuilles placées de profil.
- D. Réduction de la surface exposée.
 - D1. Préfoliation circinée.
 - D2. — convolutée.
 - D3. — involutée.
 - D3a. Déroulement commençant par la base.
 - D3b. — — par le sommet.
 - D3c. — égal.
 - D4. Préfoliation révolutée.
 - D5. — condupliquée.
 - D6. — plissée.
 - D7. Juxtaposition des jeunes feuilles.
 - Feuilles ou folioles du même âge :
 - D7a. Jeunes feuilles se touchant par leur face supérieure.
 - D7b. — folioles — — inférieure.
 - D7c. — — appliquant leur face supérieure contre la face inférieure de la foliole suivante.
 - Feuilles d'âge différent :
 - D7d. Jeunes feuilles équitantes.
 - D7e. — enroulées.
 - D7f. — en rosette.

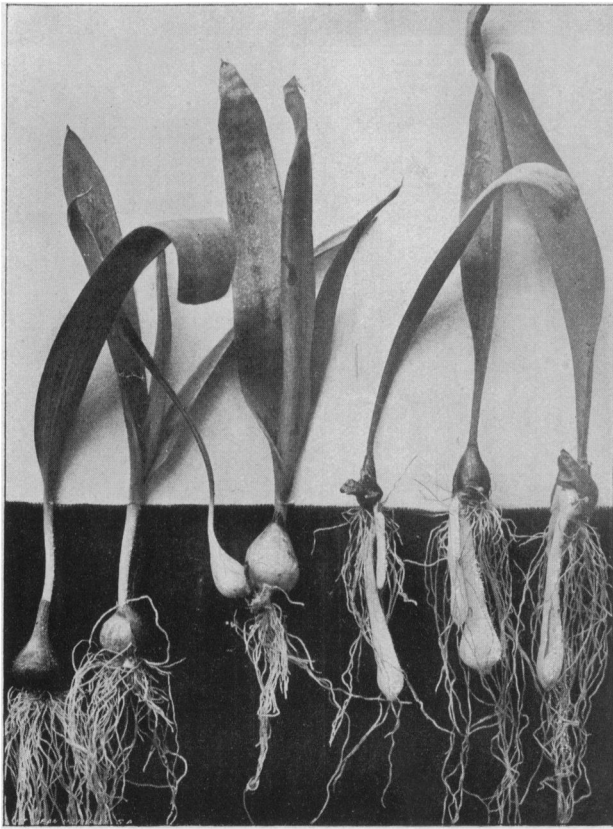


Fig. 1.

TULIPES, cultivées à diverses profondeurs.

La portion souterraine de la feuille est chlorotique, dressée, enroulée, étroite. La partie aérienne est verte, inclinée en dehors, plane, élargie.
(Les individus superficiels font de nouveaux bulbes qui sont poussés vers le bas par leur pédicule.)

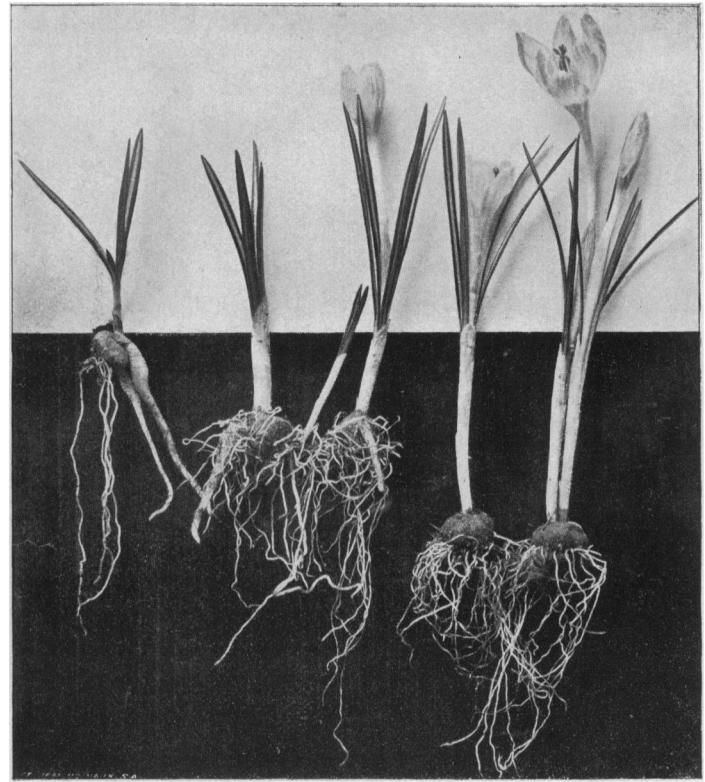


Fig. 2.

CROCUS, cultivés à diverses profondeurs.

Le tubercule produit d'abord trois écailles engainantes, — qui deviennent plus longues à l'obscurité qu'à la lumière, — puis des feuilles.

(Les plantes mises trop haut produisent des racines épaisses, dont la contraction abaisse le tubercule. La plante la plus superficielle a été mal placée pour la photographie : les racines contractiles devraient être verticales, et les feuilles inclinées vers la droite.)

Toutes les photographies ont été exécutées à l'Institut botanique de l'Université de Bruxelles par le préparateur, M. Félix Lambert.

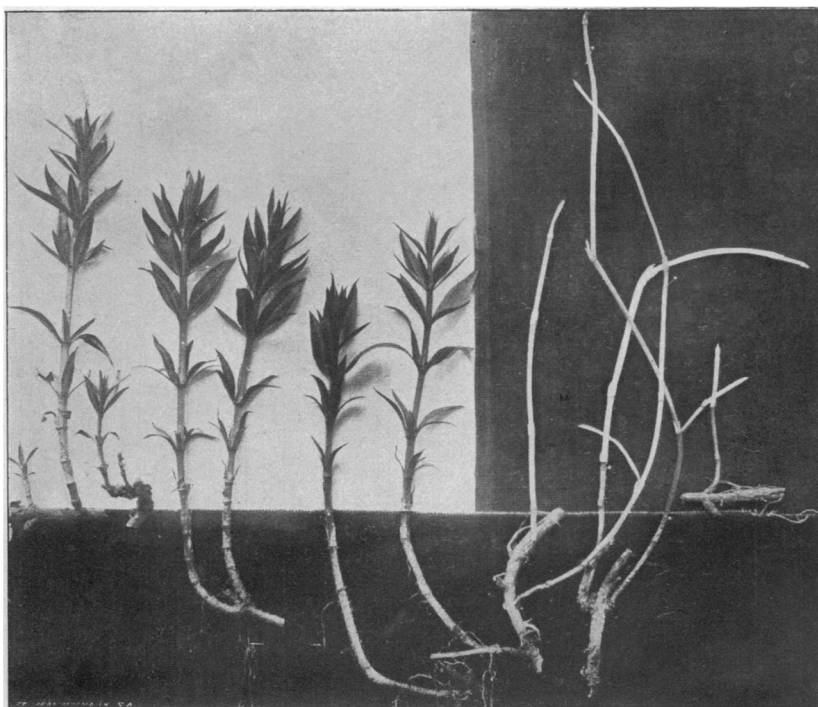


Fig. 3.

RUBIA TINCTORUM, cultivés à diverses profondeurs et à l'obscurité.

Les tiges produisent d'abord des paires d'écailles, puis des feuilles. Le nombre des paires d'écailles est immuable. Les entrenœuds deviennent beaucoup plus longs à l'obscurité.

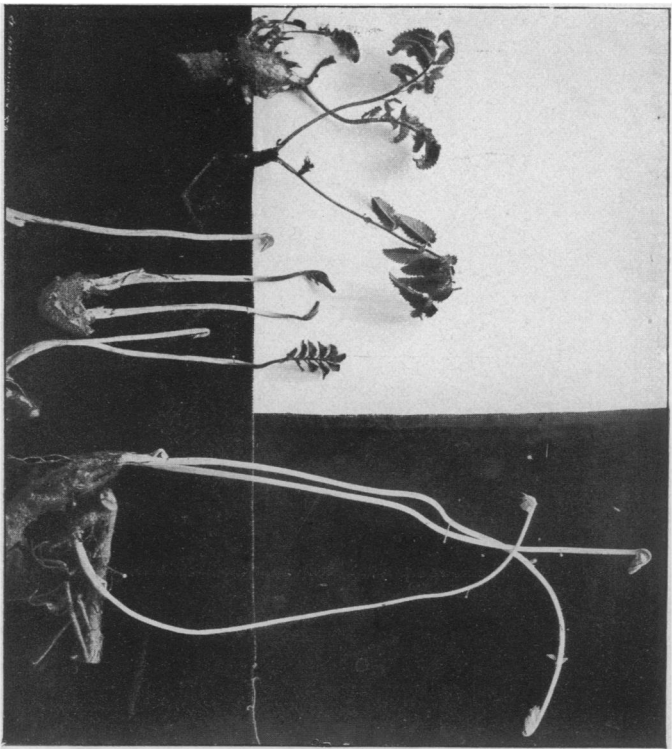


Fig. 4.

SANGUISORBA CANADENSIS, cultivée à divers profondeurs et à l'obscurité.

La partie souterraine du pétiole est dressée; la partie aérienne se recourbe en dehors. A l'obscurité, le limbe reste petit et infléchi sur le pétiole. Les longs pétioles produits à l'obscurité retombent dans tous les sens, mais leur limbe reste courbé vers la face interne du pétiole.

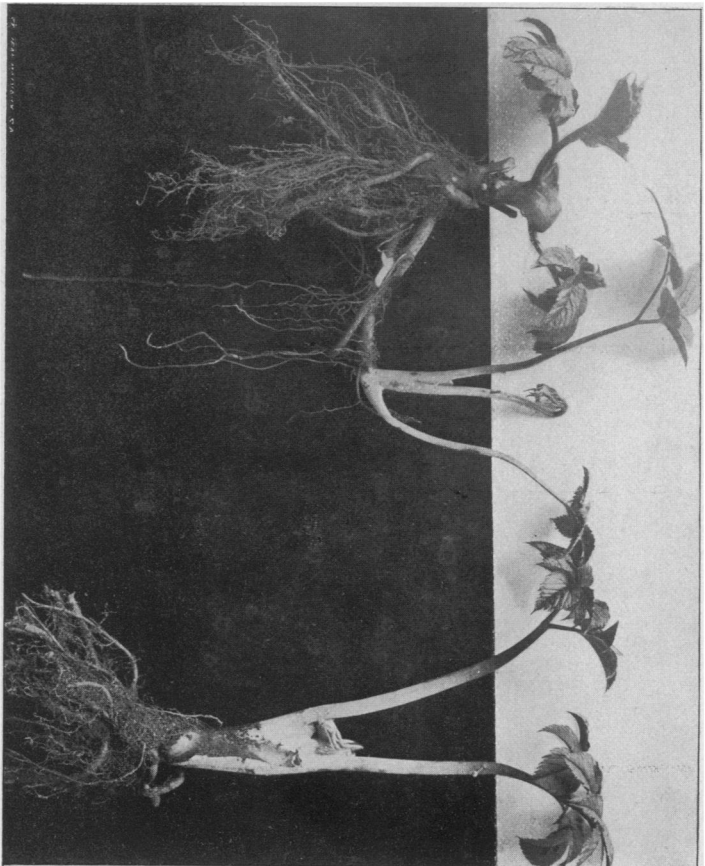


Fig. 5.

Egeopodium Podagraria, cultivée à divers profondeurs.

La partie souterraine du pétiole est dressée; la partie aérienne se recourbe en dehors.

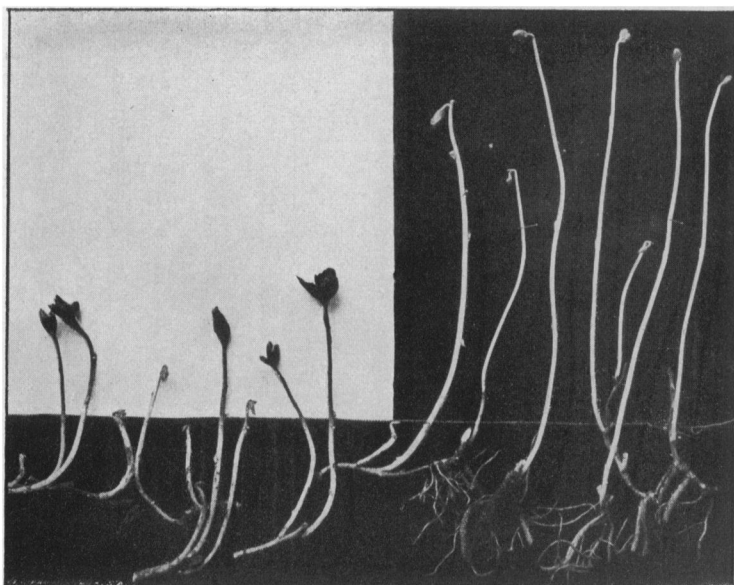


Fig. 6.

PACHYSANDRA PROCUMBENS, cultivés à diverses profondeurs
et à l'obscurité.

La tige dressée débute par des entrenœuds avec écailles, puis elle porte des feuilles, séparées par des entrenœuds courts; cette partie est courbée en crochet à l'obscurité; elle se redresse à la lumière; quand l'obscurité persiste trop longtemps, elle finit par se redresser.

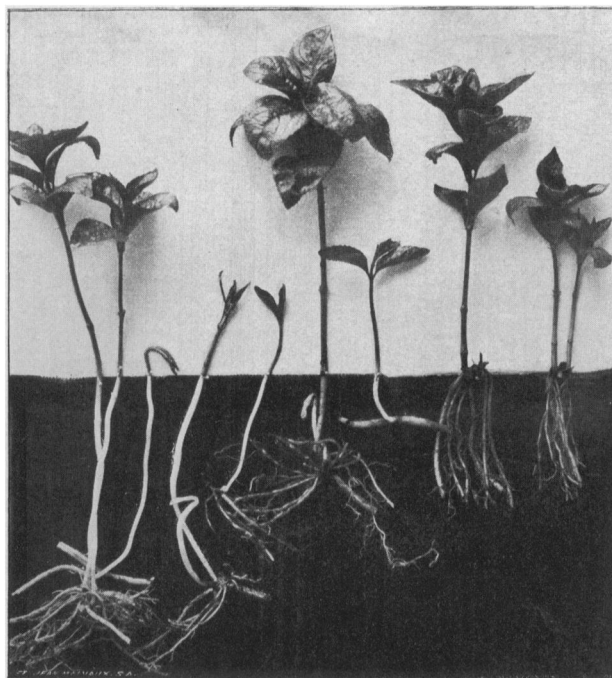


Fig. 7.

MERCURIALIS PERENNIS, cultivés à diverses profondeurs.

La tige dressée débute par des entrenœuds avec écailles. Puis elle porte des feuilles; cette partie est courbée en crochet dans son trajet souterrain. Quand la tige est à la lumière dès le début, elle reste droite. (C'est le cas pour la toute jeune tige qui naît sur la seconde plante à partir de la gauche.)