

**ANNALES**  
DE LA  
**SOCIÉTÉ LINNÉENNE**  
DE LYON

---

*Année 1899*

(NOUVELLE SÉRIE)

TOME QUARANTE - SIXIÈME

---

**LYON**  
**H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR**  
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU  
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

**PARIS**  
**J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, ÉDITEURS**  
119, RUE HAUTEFEUILLE

1900

# VÉGÉTATION DÉFECTUEUSE ET CHLOROSE

DES PLANTES SILICICOLES EN SOLS CALCAIRES

PAR

**J.-A. CL. ROUX**

LICENCIÉ ÈS SCIENCES  
SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA SOCIÉTÉ LINNÉENNE  
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE LYON

---

Présenté à la Société Linnéenne de Lyon.

---

La chlorose des plantes n'a encore été l'objet d'aucune étude scientifique complète. Seuls, quelques rares traités de pathologie végétale présentent une analyse sommaire des causes présumées et des caractères extérieurs de ce complexus morbide. Quant aux nombreux articles sur la chlorose insérés dans les journaux d'agriculture et de viticulture, ils sont presque tous uniquement consacrés aux traitements et aux remèdes.

Le carbonate de chaux ou calcaire a été justement accusé d'être l'agent provocateur principal de la chlorose des vignes; mais on n'a pas étudié à ce même point de vue la flore spontanée ou sauvage, car si les botanistes ont depuis longtemps distingué des plantes calcicoles et silicicoles, bien peu, que je sache, ont songé à confirmer leurs observations par des expériences de culture en sols de composition variée.

J'ai donc entrepris, depuis plusieurs mois, sous la direction de M. le professeur D<sup>r</sup> Ant. Magnin, de Besançon, des expériences dans le but d'étudier et de démontrer les effets nuisibles du calcaire sur les plantes dites silicicoles ou calcifuges.

## I. DISPOSITIF DES EXPÉRIENCES

Je ne puis entrer ici dans le détail de mes expériences; je ne fais qu'en indiquer brièvement les grandes lignes et les conclusions générales, me réservant de les développer et de les discuter complètement dans un travail plus étendu qui paraîtra ultérieurement.

**SOLS DE CULTURES.** — Pour obtenir des sols de composition bien déterminée, j'ai recueilli d'une part en terrain vierge et inculte, au lieu de la Croix-de-l'Orme, près Pomeys (Rhône), une terre gneissique presque totalement dépourvue de calcaire, puisque les dosages au calcimètre ont tous donné zéro, et l'analyse chimique<sup>1</sup> a seulement révélé des traces infinitésimales de carbonate calcaire.

D'autre part, la pulvérisation du calcaire mollassique de Saint-Paul-trois-Châteaux (Drôme), m'a fourni une terre dosant 96 0/0 à 96,50 0/0 de calcaire.

En outre, j'ai recueilli dans la région granitique de Charbonnières et La Tour-de-Salvagny (Rhône), une très bonne terre de bruyère dosant 0 au calcimètre.

Toutes ces terres ont été soigneusement tamisées : la terre de bruyère à 2 millimètres, la terre gneissique à 1<sup>mm</sup> 1/4 et la terre calcaire à 1 millimètre.

Enfin, j'ai également recueilli, à titre comparatif, une terre argilo-calcaire (15,50 0/0 au calcimètre), dans une carrière de calcaire à entroques sur le flanc ouest du mont Cindre, près Saint-Cyr-au-Mont-d'Or (Rhône).

Cette dernière terre a été laissée telle quelle, sans aucun mélange avec les autres.

Quant aux terres de bruyère, gneissique et calcaire, j'ai

<sup>1</sup> Les analyses chimiques complètes de tous mes sols ont été exécutées par M. Collet, docteur ès-sciences, et sont publiées intégralement dans le travail en préparation.

composé, en les mélangeant en proportions convenables, des sols aussi homogènes que possible, dosant de 0 à 32 0/0 de calcaire; j'ai établi trois autres mélanges dosant 50, 75 et 96 0/0 et, enfin, j'ai réservé deux lots à 0 0/0 devant servir de témoins, l'un formé uniquement de terre gneissique, l'autre de terre gneissique additionnée de 10 0/0 de terre de bruyère.

RÉCIPIENTS. — Les sols dosant de 0 à 32 0/0 ont été disposés, sans tassement, dans de grandes caisses en bois préalablement bien nettoyées. Quant aux mélanges dosant 50, 75 et 96 0/0, je les ai placés simplement dans des pots en terre cuite.

ESPÈCES EXPÉRIMENTÉES. — Dans les différents sols ainsi constitués, j'ai semé, du 25 mars au 15 avril, les espèces suivantes :

*Teesdalia nudicaulis*, *Hypericum humifusum*, *Hyp. pulchrum*, *Orobus tuberosus*, *Trifolium arvense*, *Lupinus polyphyllus*, *Ornithopus perpusillus*, *Ornith. sativus*, *Scleranthus perennis*, *Jasione montana*, *Jas. perennis*, *Galeopsis ochroleuca*, *Digitalis purpurea*.

J'ai repiqué, en outre, les espèces suivantes recueillies par moi du 1<sup>er</sup> au 10 mai, à la Tour-de-Salvagny et à Vaugneray : *Teesdalia nudicaulis*, *Orobus tuberosus*, *Galeopsis ochroleuca*, *Roripa pyrenaica*, *Scleranthus perennis*, *Ornithopus perpusillus*, *Jasione montana*, *Anarrhinum bellidifolium*.

A titre accessoire, j'ai semé aussi dans chaque sol deux ou trois grains de blé, maïs et haricot, et transplanté des *Sempervivum tectorum*.

ENTRETIEN DES CULTURES. — Toutes mes cultures ont été et sont encore arrosées uniquement avec de l'eau distillée et sont placées à l'air libre, dans des conditions égales de chaleur, lumière, exposition, etc.

J'ai noté soigneusement, pour chaque espèce semée ou transplantée, les phases successives de végétation dans les divers sols.

## II. VÉGÉTATION DES PLANTES SILICICOLES EN SOLS CALCAIRES

### Plantes semées.

a) **Germination.** — 1° Les graines des plantes silicicoles, même des calcifuges les plus exclusives, ont toutes très bien germé dans tous les sols, calcaires ou non ; c'est à peine si j'ai pu constater un léger retard dans les sols les plus calcaires.

Le *Galeopsis ochroleuca* seul a fait exception ; il n'a germé nulle part, probablement par suite du mauvais état des graines.

2° A l'apparition des plantules, les cotylédons ont persisté pendant plusieurs mois sans se résorber, dans les sols très calcaires.

C'est d'abord dans les sols siliceux ou à peine calcaires que les premières feuilles se sont développées. Dès l'origine donc, et malgré une germination à peu près simultanée, il y a un retard sensible de végétation dans les sols calcaires.

b) **Végétation post-germinative.** — 1° Dès que les plantules sont parties, c'est-à-dire sont entrées en accroissement végétatif rapide, le développement se fait à peu près normalement dans les sols siliceux ; je dis à *peu près*, car l'eau distillée est loin de valoir l'eau ordinaire pour l'arrosage des plantes.

2° En sols calcaires, le développement des plantes calcifuges est extrêmement *lent et défectueux* ; la plupart des plantules de mes cultures ont péri ; celles qui ont persisté n'ont donné que des individus grêles, chétifs, à *feuilles atrophiées*, et, fait très important à noter, presque tous *nettement chlorosés*.

Voici quelques exemples :

Les *Ornithopus*, *Lupinus*, *Scleranthus*, *Trifolium*, *Jasione*, ont atteint dans les sols siliceux normaux à 0 ou 20/0, une taille trois à quatre fois plus forte que dans les sols calcaires.

Les plantes indifférentes, blé, maïs, haricot, ont végété à peu près partout également.

Quand à la *chlorose*, elle s'est manifestée d'abord par une teinte générale plus claire, d'un vert moins foncé, moins franc, dans les sols calcaires ; cette décoloration générale s'est accusée sur la plupart des feuilles dont le limbe a commencé à jaunir d'abord

autour des nervures, puis totalement ; les feuilles très chlorosées se flétrissent peu à peu et tombent successivement.

La chlorose est surtout manifeste sur *Orobus tuberosus*, *Lupinus*, les *Ornithopus*, *Jasione*, *Hypericum*, *Scleranthus*.

Elle est moins prononcée, quoique très nette, pour les autres espèces telles que *Digitalis purpurea*, *Teesdalia nudicaulis*, *Trifolium arvense*.

Les *Lupinus*, *Orobus*, *Ornithopus*, périssent tous dans les sols contenant plus de 15 à 20 0/0 de calcaire.

3° Non seulement la chlorose est manifeste et le développement ralenti pour les calcifuges en sols calcaires, mais la formation des organes reproducteurs paraît singulièrement défectueuse. En sols calcaires, les fleurs des plantes silicicoles apparaissent en général bien plus tardivement qu'en sols siliceux ; ces mêmes fleurs, en sols calcaires, sont peu nombreuses, petites et comme atrophiées.

C'est ainsi que j'ai obtenu depuis la mi-juin, en sols siliceux, des fleurs nombreuses et bien formées sur les *Ornithopus*, *Jasione*, *Trifolium arvense*, etc., tandis que ces mêmes plantes ne sont pas encore fleuries actuellement dans les sols dépassant 6 à 9 0/0 de calcaire.

### Plantes transplantées.

Parmi les calcifuges que j'ai transplantées en sols calcaires, quelques-unes n'ont pu végéter et n'ont pas tardé à périr ; d'autres ont persisté, mais sans accroissement sensible ; d'autres enfin ont bien résisté et se sont adaptées à leur nouveau substratum.

Voici des exemples :

Dans mes sols témoins à 0 0/0 de calcaire, toutes les espèces transplantées ont repris et végètent parfaitement.

*Teesdalia nudicaulis*, transplanté déjà fructifié, a péri partout au-dessus de 6 0/0.

Des graines tombées ont germé ensuite, mais disparaissent successivement.

*Scleranthus perennis*, *Jasione montana*, *Anarrhinum bellidifolium*, ont péri au bout de quelques jours, après avoir jauni, dans les sols contenant plus de 12 pour 100 de calcaire.

*Orobus tuberosus* végète mal et se chlorose plus ou moins à

partir de 6 ou 9 pour 100 ; au-dessus de 32 pour 100, à 50, 75 et 96 pour 100, il a péri complètement. Nulle part les fleurs ne se sont formées jusqu'à ce jour.

*Ornithopus perpusillus* a végété en se chlorosant plus ou moins, et il persiste encore dans quelques sols calcaires, mais sans manifester le moindre accroissement. Deux individus transplantés en pleine floraison dans les caisses à 20 et 32 pour 100 n'ont pas fructifié.

*Roripa pyrenaica* a été transplanté en fleurs. Dans les sols calcaires, les tiges et les petites feuilles caulinaires ont complètement jauni et se sont desséchées en quelques jours ; les fleurs n'ont pas donné de graines ; mais au bout de quelques semaines, j'ai vu apparaître partout les feuilles radicales, qui persistent encore et sont bien vertes, sauf un petit nombre qui se chlorosent et périssent. D'autre part, ces feuilles radicales, apparues après transplantation, sont bien plus grandes et plus vertes en sols siliceux qu'en sols calcaires.

*Galeopsis ochroleuca* a été transplanté avant floraison. Cette espèce a bien repris partout ; au début pourtant, quelques feuilles se sont chlorosées et quelques pieds même ont péri dans les sols calcaires ; mais presque tous les individus ont résisté et, actuellement ils sont très beaux, bien verts et en pleine floraison depuis 0 jusqu'à 20 pour 100. A 25, 32, 75 pour 100, ils sont plus chétifs et ne possèdent que peu de fleurs. Néanmoins, c'est cette espèce qui montre la plus grande résistance au calcaire.

*Sempervivum tectorum* prend une teinte vert clair à partir de 20 ou 25 pour 100 ; à 50, 75 et 95 pour 100, les feuilles périphériques sont complètement jaunies.

En définitive, il résulte de ces expériences de transplantation, que les plantes siliceoles résistent mieux au calcaire par transplantation que par semis ; ces mêmes plantes paraissent résister mieux lorsqu'on les transpose à l'état adulte qu'à l'état jeune, mais néanmoins elles végètent moins bien qu'en sols normaux, puisque leur accroissement diminue ou s'arrête même.

### Conclusions.

En réunissant les résultats fournis par les semis et les transplantations, on peut affirmer, sauf exceptions toujours possibles,

que les plantes révélées calcifuges par l'observation, sont confirmées telles par l'expérience. Si ces plantes calcifuges ne s'observent pas dans les sols calcaires, ce n'est point parce que leurs graines n'ont pu germer, mais parce que leur nutrition se fait mal, leur développement est lent et défectueux, la floraison retardée et leurs organes verts sont généralement atteints de chlorose plus ou moins accusée. Dans ces conditions, cela se comprend, les plantes silicicoles qui s'aventurent en sols calcaires ne tardent pas à être étouffées et expulsées par les calcicoles et les indifférentes, quand elles ne périssent pas par chlorose ou insuffisance constitutionnelle.

Quelles sont les causes intimes de la répugnance des plantes silicicoles pour le calcaire? Nous ne les connaissons pas encore, bien que la chimie des matières vivantes ou *chimie biologique*, qu'il ne faut pas confondre avec la chimie organique, s'efforce (vainement jusqu'à ce jour) de pénétrer les secrets de la vie. Certains botanistes, parmi lesquels M. le D<sup>r</sup> Saint-Lager, croient pouvoir distinguer parmi les plantes silicicoles, d'une part les *calcifuges vraies* pour lesquelles le calcaire est nocif, d'autre part des silicicoles *kaliphiles* qui, sans redouter peut-être le calcaire, vivent en sols siliceux parce que là seulement elles trouvent la quantité de potasse qu'elles exigent. Je partage entièrement cette manière de voir qui demanderait, je l'avoue, à être appuyée par des expériences. On s'expliquerait ainsi comment certaines silicicoles, comme *Roripa pyrenaica*, *Galeopsis ochroleuca*, etc., peuvent vivre accidentellement en sols calcaires.

### III. CARACTÈRES DE LA CHLOROSE DES PLANTES

L'un des caractères de la chlorose végétale, on le sait depuis longtemps, consiste dans la disparition plus ou moins complète de la chlorophylle.

Comment s'effectue cette disparition de la chlorophylle? C'est ce qu'il nous est impossible de préciser, et voici pourquoi: d'abord, nous ne connaissons pas encore la composition exacte des diverses chlorophylles, puisque les nombreux chimistes qui se sont occupés de cette question sont tous arrivés à des résultats différents. D'autre

part, nous ne pouvons suivre les sels minéraux, et le calcaire en particulier, depuis leur absorption à la surface des radicelles jusqu'à leurs transformations successives dans les diverses parties de la plante. Enfin, comme je l'ai déjà dit plus haut, la chimie est encore impuissante à dissocier les réactions complexes qui se passent dans le laboratoire vivant et mystérieux de la cellule végétale.

Nous en sommes donc réduits à des *constatations* que nous poussons aussi loin que possible, sans pouvoir fournir, pour le moment, ni analyse, ni synthèse complète.

Si nous examinons l'extérieur des organes chlorosés, des feuilles spécialement, nous constatons les caractères suivants : 1° la chlorose atteint les plantes vasculaires les plus variées, angiospermes, gymnospermes, fougères ; 2° la chlorose envahit tantôt la plante entière, tantôt quelques-unes de ses feuilles seulement ; 3° sur chaque feuille malade, la teinte, d'abord vert tendre, puis jaune, puis crèmeuse, caractéristique de la chlorose, se manifeste presque toujours, en premier lieu, le long des nervures, ce qui prouve que la chlorose est due à une altération de la sève ; quelquefois aussi la teinte chlorotique apparaît sur une partie du limbe éloignée des nervures principales, et, dans ce cas, il me semble que la cause de la chlorose ne réside plus dans les liquides du système vasculaire ; 4° les feuilles et les pétioles, en devenant jaunes, ne perdent pas leur turgescence et leur vie, mais semblent devenir seulement un peu moins résistants ; 5° la plante chlorosée peut continuer à vivre sans que la mort soit la terminaison nécessaire de la chlorose.

Si maintenant nous étudions au microscope les organes chlorotiques, voici ce que nous constatons :

1° Les grains de chlorophylle au début de l'altération perdent la régularité de leurs contours et deviennent plus ou moins diffus et comme gélifiés ;

2° Les grains de chlorophylle sont déjà altérés dans un grand nombre de cellules avant que la coloration jaune se manifeste à l'extérieur ;

3° A mesure que la chlorose s'accroît, les grains de chlorophylle deviennent tous amorphes, puis disparaissent peu à peu ;

4° La chlorophylle s'altère indistinctement dans toute l'épaisseur du mésophylle, sans débiter toujours et nécessairement par le tissu en palissade.

5° L'amidon et la plupart des leucites disparaissent complètement.

6° A un état de chlorose très avancé, les cellules paraissent privées de corps figurés, leurs membranes deviennent minces, flasques et transparentes.

Outre ces caractères, l'étude microscopique des tissus chlorosés m'a révélé constamment la présence, dans un grand nombre de cellules privées ou non de chlorophylle, de très nombreux *microorganismes* très mobiles, se rapportant à plusieurs formes différentes : microcoques, organismes ovoïdes et bactéries. Ces microorganismes tournoient autour des leucites qu'ils semblent désagréger et qu'ils font mouvoir au moyen de leurs cils vibratiles.

Les microcultures que j'ai entreprises sur les indications de MM. les D<sup>rs</sup> A. Magnin et Gabriel Roux ne tarderont pas, je l'espère, à fixer l'identité de ces microorganismes.

Toutes les plantes chlorosées contiennent ces microorganismes.

Outre les plantes de mes cultures, je les ai trouvés dans des feuilles chlorosées d'un grand nombre d'espèces, telles que : *Hedera helix*, *Thuja*, *Cephalotaxus*, *Abies Douglasii*, *Robinia pseudo-acacia*, *Ailanthus glandulosa*, *Ampelopsis hederacea*, *Convolvulus*, *Vitis* (notamment *Gamay-Riparia* et *Gamay-Vialla*), *Daucus carota*, *Acer*, *Pirus*, *Cydonia*, *Malus*, *Quercus*, *Tropeolum majus*, etc., etc.

Toutefois, je m'empresse d'ajouter que ces microorganismes existent aussi dans les feuilles d'un très grand nombre de plantes ne paraissant pas chlorosées ; mais bien que ces feuilles ne paraissent pas chlorosées à l'extérieur, le microscope permet de constater que les cellules envahies par les microorganismes ont généralement leur contenu cellulaire plus ou moins altéré, et leur chlorophylle en particulier.

#### IV. ACTION DU CALCAIRE ET DES MICROORGANISMES

1° Le calcaire est absorbé à l'état de bicarbonate soluble par toutes les plantes : calcicoles, calcifuges ou indifférentes.

En se répandant dans tout l'organisme végétal, il intervient chimiquement et directement ; par ses combinaisons avec les acides

organiques des plantes, tels que les acides oxalique, tartrique, malique, citrique, etc., il forme des oxalate, tartrate, malate, citrate de calcium, en dégageant de l'acide carbonique.

Le calcaire, non seulement par sa seule présence, mais aussi par ses combinaisons avec les acides, tend à alcaliniser les sucs cellulaires, à entraver la vie normale du végétal, et conséquemment sa nutrition.

À cet égard, l'action du calcaire, complexe et variable, s'exerce surtout en rapidité, intensité et durée sur les plantes dites calcifuges. L'action du calcaire, bien qu'imparfaitement connue, est donc réelle, chimique et directe, et c'est bien le carbonate de chaux qui, par les troubles qu'il apporte dans la vie des plantes calcifuges, est la cause primordiale de la **chlorose constitutionnelle**, caractéristique des plantes silicicoles végétant en sols calcaires.

2° Puisque la présence anormale du calcaire dans les plantes silicicoles rend leurs sucs alcalins et affaiblit leurs organes, les germes microbiens, trouvant dès lors un terrain spécialement favorable, peuvent, d'indifférents (?) qu'ils étaient normalement, devenir nocifs ou pathogènes, à la façon de certaines bactéries du tube digestif de l'homme ; à travers les membranes malades, ils passent de cellule en cellule et envahissent peu à peu le limbe et même les pétioles. Dans ces conditions, ces microorganismes, par leurs sécrétions ou leurs produits solubles, sont probablement toxiques pour le végétal, et cette intoxication peut se propager sans doute à distance par circulation ou diffusion. Il n'est pas impossible non plus que certains de ces microorganismes soient le point de départ de phénomènes de fermentation et de décomposition dans les tissus envahis. Peut-être aussi fixent-ils alors à leur profit et au détriment de la plante, certains principes tels que le carbone, l'azote, l'oxygène, etc.

Nous ne pouvons encore, à cet égard, que risquer des hypothèses, mais je suis persuadé que ces microorganismes jouent dans les feuilles, chlorosées ou non, un rôle important et complexe que les recherches futures mettront sans doute en lumière.

Quoi qu'il en soit, puisque ces microorganismes existent dans toutes les plantes chlorosées en sols calcaires ; puisque d'autre part ils existent aussi dans des plantes ne paraissant pas chlorosées extérieurement, nous pouvons conclure :

α. Qu'ils s'établissent toujours dans les plantes calcifuges chlorosées en sols calcaires;

β. Qu'ils s'établissent aussi fréquemment dans des plantes plus ou moins saines sur lesquelles ils peuvent occasionner, à la faveur de circonstances encore mal connues, des chloroses partielles (feuilles jaunies disséminées sur beaucoup de végétaux, etc.), que l'on peut appeler **chloroses infectieuses**.

Enfin, pour être complet, j'ajouterai que les chloroses constitutionnelles ou infectieuses sont sujettes à des exceptions, à des variations multiples, dues à des causes accessoires intrinsèques (hérédité, tempérament, vulnérabilité, réceptivité et immunité morbides, etc.), ou extrinsèques (agents extérieurs physiques, chimiques ou mécaniques).

Ces causes aggravantes ou atténuantes extrinsèques sont bien mieux connues que les intrinsèques, et ont même été indiquées par de nombreux observateurs et praticiens comme causes principales.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

En résumé, les faits nouveaux acquis et démontrés jusqu'à ce jour par mes recherches et mes expériences sont au nombre de quatre :

1° *La germination des graines des plantes silicicoles s'effectue indifféremment dans tous les sols, calcaires ou siliceux, toutes autres conditions réalisées d'ailleurs;*

2° *En sols calcaires, le développement végétatif de la plupart des plantes silicicoles est très ralenti et défectueux, et beaucoup d'entre elles sont atteintes de chlorose constitutionnelle plus ou moins manifeste;*

3° *La reproduction des silicicoles en sols calcaires est sérieusement compromise, car la floraison et la fructification sont très retardées et défectueuses;*

4° *Beaucoup de végétaux, peut-être la presque totalité, silicicoles ou non, donnent asile, dans leurs tissus verts, à de*

nombreux microorganismes : microcoques, bactéries, corps ovôïdes, très mobiles et extrêmement petits.

Ces microorganismes, dont la présence générale est révélée par moi pour la première fois, exercent probablement dans les organes des plantes des effets multiples et importants qui seront dévoilés par les recherches ultérieures des biologistes et des chimistes.

Toutefois, ces microorganismes deviennent probablement nocifs, dans certains cas, pour les plantes déjà affaiblies sous d'autres influences, et peuvent occasionner ainsi des chloroses infectieuses localisées.

(Travail communiqué à la Société Linnéenne de Lyon  
aux séances des 10 et 24 juillet 1899.)