

Le rôle de la lumière dans l'assimilation chlorophyllienne III.

Autor(en): **Collaer, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **51 (1941)**

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35127>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Le rôle de la lumière dans l'assimilation chlorophyllienne. III.

Par *Paul Collaer*, Bruxelles.

Manuscrit reçu le 24 décembre 1940.

A la suite de travaux dont il a été rendu compte dans le Bulletin de la Société Suisse de Botanique (1934, 1940) nous avons été amené à penser que :

- 1° aussi bien qu'il existe la nécessité d'un certain minimum d'intensité lumineuse au-dessous duquel l'élaboration chlorophyllienne et l'assimilation ne se font pas, il existe un maximum d'intensité au delà duquel ces mêmes fonctions sont rendues impossibles. Les valeurs de ces minima et maxima varient suivant les espèces et variétés;
- 2° l'action de la lumière n'est pas seulement déterminée par son intensité, mais aussi par sa composition, les rayons rouges et les violets exerçant dans la photosynthèse des rôles différents.

Les essais dont il est question ci-après ont un double but :

- a) examiner l'action de la lumière en neutralisant les facteurs température et humidité;
- b) tâcher de suivre avec une certaine minutie la progression des modifications observées dans le parenchyme foliaire lorsqu'on le soumet à un éclairage dont l'intensité dépasse la valeur optima.

Essais sur *Tradescantia viridis*.

Nous avons pris, sur une même plante de *Tradescantia viridis*, poussant vigoureusement à l'ombre, sous les tablettes d'une serre, deux pousses enracinées que nous avons mises chacune dans un pot de 8 cm dans la même terre franche, et que nous avons soumises aux mêmes arrosages.

Les pousses ont 6 cm de longueur; leurs tiges ont des diamètres de 1,5 à 2 mm; elles sont pourvues de 4 feuilles bien vertes, présentant la même nuance; ces feuilles ont de 36 à 40 mm de long et 18 mm de large. Les deux exemplaires sont donc identiques au moment de leur mise en observation.

L'un d'eux est exposé au Sud, de façon à recevoir la lumière directe du soleil. L'autre est laissé en serre, à l'ombre. L'arrosage est mené de telle manière que la terre reste constamment humide jusqu'à

la surface. L'observation, commencée le 3 juillet à 13 heures, prend fin le 6 juillet à 17 heures, en tenant compte de la température de l'air et de celle de la terre contenue dans les deux pots. Le temps est beau, aucun nuage n'apparaît pendant ces journées.

L'exemplaire resté à l'ombre ne subit aucune modification, ni de forme ni de couleur. Par contre l'exemplaire porté au soleil se modifie profondément. Voici le résultat de ces observations :

Tableau 1.

	Ombre		Soleil		Modifications constatées sur l'exemplaire au soleil
	t° air	t° terre	t° air	t° terre	
3 juillet 13 h. . .	21.5	18	21.5	26	changement de coloration déjà perceptible
16.15 h. . .	23.5	24	23.5	26	
18.30 h. . .	22.5	—	21.5	—	
4 juillet 8 h. . .	15	—	17	—	destruction du parenchyme de la feuille inférieure; changement de coloration s'accroît
13 h. . .	21.5	—	23.5	—	
16 h. . .	25	—	24	—	commencement de destruction du parenchyme de la 2 ^{me} feuille; la pointe de la feuille est détruite la première
20 h. . .	19	—	18	—	
5 juillet 8 h. . .	16	—	16	19	le parenchyme restant est olive
12.30 h. . .	22	19	23	26	
17 h. . .	26	24	24.5	24	la couleur verte se maintient le plus longtemps le long des nervures
20 h. . .	20	20.5	19	19.5	
6 juillet 8 h. . .	15.5	16.5	19.5	22	destruction complète de toutes les feuilles
12 h. . .	23.5	22	26	30	
17 h. . .	28.5	25	26.5	30	

Afin de compléter ces observations, nous avons fait des coupes transversales dans l'épaisseur des feuilles. Ces coupes ont été traitées à l'Iode + Chloral pour déceler l'amidon.

Tableau 2.

5 juillet 20 h. . .	ombre fig. 1	peu d'amidon dans parenchyme; les grains les plus gros sont au voisinage des vaisseaux ligneux		
6 juillet 8 h. . .	ombre fig. 2	grains petits dans couches supérieure et moyenne; assez gros dans couche inférieure	soleil fig. 3	grains petits couche supérieure; couche moyenne uniformément bourrée d'amidon; couche inférieure gros grains, bourrée au voisinage des vaisseaux
17 h. . .	ombre fig. 4	grains petits; beaucoup de cystolithes	soleil fig. 5	comportement très irrégulier dans couche supérieure; couches moyenne et inférieure bourrées d'amidon; peu de cystolithes

Deux nouveaux exemplaires sont mis en observation le 6 juillet à 20.30 h., dans les mêmes conditions que les précédents. Les choses se passent comme dans le premier essai. Dès le 7 juillet au soir, les deux feuilles inférieures de l'exemplaire exposé au soleil sont détruites, tandis que les deux feuilles supérieures sont encore en bon état.

L'observation de l'amidon, le 8 juillet à 17 h., nous fournit le même renseignement que précédemment :

Tableau 3.

ombre fig. 6	grains d'amidon petits, cystolithes nombreux
soleil fig. 7	couche supérieure irrégulièrement pourvue d'amidon; certaines plages en sont bourrées, d'autres sont vides, peu de cystolithes

De plus, nous avons examiné les feuilles sous faible grossissement, en plan, à travers l'épiderme supérieur, afin de voir l'emplacement de la chlorophylle dans la couche supérieure du parenchyme.

Tableau 4.

a)	ombre fig. 8	toutes les cellules sont vert foncé; les cellules vides de chlorophylle sont rares
b)	soleil, feuille olive fig. 9	loin des vaisseaux, nombre assez élevé de cellules vides de chlorophylle. Il y a même des plages où la structure est brouillée, malgré que l'épiderme soit intact. Le long des vaisseaux, toutes les cellules sont vert foncé
c)	soleil, feuille brune fig. 10	toutes les cellules sont vides de chlorophylle

La feuille du cas *b*) est ensuite examinée en coupe transversale après traitement à l'Iode-Chloral. Tout le parenchyme est bourré d'amidon, sauf la couche supérieure à proximité immédiate des vaisseaux (fig. 11).

Le 8 juillet, un troisième essai est entrepris à 12 h. Cette fois, nous n'avons pas pris deux pousses sur une même plante située à l'ombre. Nous avons pris une pousse sur une plante à l'ombre et une autre sur une plante qui se trouve à mi-ombre. Les deux pousses sont exposées au plein soleil.

Le 9 juillet à 8 h. la pousse provenant de l'ombre commence à subir certaines destructions, tandis que celle qui provient de la mi-ombre résiste bien.

Le même jour à 20 h. la destruction de la pousse prise à l'ombre est très avancée (partant toujours de la feuille inférieure vers la supérieure). La pousse venant de la mi-ombre présente à la face supérieure des feuilles des piqûres brunes.

Le 10 juillet, ces piqûres brunes s'élargissent en plaques. Le soir, la pousse est détruite.

Au cours de cet essai nous avons à nouveau mesuré les températures de l'air et de la terre. De plus, nous avons mesuré au psychromètre le degré d'humidité de l'air qui entoure les feuilles des deux pousses.

Tableau 5.

10 juillet	Pousse provenant de					
	mi-ombre			ombre		
	t° air	t° terre	humid.	t° air	t° terre	humid.
12 h.	22	23	91	20.2	21.4	89
15 h.	21.2	26	63	20	25.1	61
17.30 h.	20.8	25.6	62	20.8	25.2	65

En même temps nous avons examiné sur coupe transversale une feuille de la pousse provenant de la mi-ombre, traitée à l'Iode-Chloral. Nous avons pu en établir trois dessins :

fig. 12 vue d'ensemble d'un fragment présentant une partie intacte et une partie partiellement détruite;

fig. 13 détail de la partie intacte;

fig. 14 détail de la partie en voie de destruction.

Ces dessins montrent que dans la partie intacte la couche supérieure du parenchyme contient de l'amidon en quantité normale, tandis que les couches sous-jacentes en sont bourrées, sauf sous les faisceaux. Inversement, à la partie endommagée, ce sont les couches supérieures qui sont bourrées d'amidon, alors que la couche inférieure semble en être pourvue de façon normale.

Discussion.

En quelle mesure avons-nous réussi à atteindre le premier but de ce travail ? Il s'agissait de maintenir autour des exemplaires comparés les températures et le degré d'humidité de l'air et de la terre aussi semblables que possible, de ne pas tolérer de différences de valeurs telles qu'elles puissent déterminer un changement de comportement perceptible.

Si nous suivons l'ordre des mesures données dans les tableaux 1 et 5, nous voyons que les différences pour les deux exemplaires comparés sont :

a) Température de l'air : 0, 0, 0, 2, 2, 1, 1, 0, 1, 1.5, 1, 4, 2.5, 2, 1.5, 1.2, 0;

b) température de la terre : 8, 2, 7, 0, 1, 5.5, 8, 5, 1.6, 0.9, 0.4;

c) humidité de l'air (en degrés psychrométriques) : 2, 2, 3;

d) humidité du sol : non mesurée. Toutefois, il est permis de croire que les conditions étaient presque identiques. En effet, la composition de la terre était la même dans les deux cas. Il en était de même pour les dimensions et la nature des pots, ainsi que pour leur drainage. Les arrosages étaient menés de la même façon. Les différences de température de la terre étaient insuffisantes pour provoquer une différence appréciable dans le degré de saturation de la terre.

Les différences mesurées pour les facteurs a), b) et c) sont inférieures aux variations quotidiennes subies par la plante située à l'ombre sous la tablette de la serre, où elle végète de façon normale. Les modifications observées ne peuvent donc leur être attribuées.

Pour le facteur d), les arrosages copieux ont été faits en vue d'empêcher que les pousses meurent par dessiccation aux racines. D'autre

part, le drainage a empêché l'excès d'eau. La terre étant la même que celle où pousse la plante-mère, dans la serre humide tempérée, les conditions d'humidité du sol n'ont pas dû subir des changements notables. Ceux-ci furent en tous cas très inférieurs aux variations d'humidité que supporte *Tradescantia* dans les conditions de culture habituelles.

Par contre, la différence de l'intensité d'éclairage dans les deux premiers essais, entre les deux exemplaires comparés, était considérable. L'intensité de l'éclairage était mesurée à l'actinomètre selon la méthode de Wiesner, conformément aux explications que nous avons données dans notre premier compte rendu (1934).

A titre d'exemple, signalons que le 6 juillet à 12 h. l'intensité d'éclairage à l'ombre sous les tablettes de la serre valait environ $\frac{1}{300}$ de l'intensité totale en plein soleil. Le 7 juillet, à 12.30 h., cette valeur était de $\frac{1}{180}$.

Pour le troisième essai, où furent exposés au soleil un exemplaire venant de l'ombre et un venant de la mi-ombre, notons que la plante qui poussait à mi-ombre bénéficiait d'un éclairage de 20 à 30 fois plus intense que la plante située à l'ombre.

Ces fortes différences d'éclairage peuvent donc être considérées comme ayant causé les phénomènes que nous avons décrits.

Or, ces phénomènes sont : virage de la teinte verte à l'olive; destruction de la chlorophylle; accumulation d'amidon dans les cellules où la chlorophylle est détruite. Ils sont exactement les mêmes que ceux que nous avons observés sur *Picea excelsa* à sa limite supérieure dans les Alpes (cf. Collaer, 1934), sur *Fagus silvatica*, sur *Rhododendron ponticum* soumis à un éclairage trop intense (cf. Collaer, 1940).

Dans un premier travail touchant cette question, nous avons attribué l'apparition de ces phénomènes et l'arrêt de la végétation de *Picea* à l'excès d'intensité lumineuse. Une deuxième étude nous avait fourni des contre-épreuves confirmant notre manière de voir.

Le présent travail nous paraît confirmer expérimentalement les résultats des deux premiers.

Ayant réussi à déterminer la cause des troubles de l'assimilation chlorophyllienne décrits dans ces trois essais, il importe maintenant de saisir l'ordre dans lequel ces troubles se manifestent.

Dans le processus de l'assimilation, nous distinguons deux phases; la photosynthèse proprement dite, jusqu'à la constitution de l'amidon; ensuite la transformation de l'amidon en produits solubles par l'action de la diastase.

Nous avons montré au cours de nos recherches précédentes (cf. loc. cit.) que l'une des deux phases peut être arrêtée alors que l'autre se poursuit : soit que la photosynthèse ne se produise plus, tandis que se poursuit la transformation de l'amidon déjà formé; soit que la photo-

synthèse se poursuive, tandis que la transformation de l'amidon en produits solubles est arrêtée.

Le premier cas se produit lorsque la chlorophylle est détruite ou inactivée. Pour que le second se produise, il faut envisager la destruction ou l'inactivation de la diastase.

Les questions que nous cherchons à résoudre sont les suivantes :

- 1° Sous l'effet d'un éclairage trop intense, la destruction de la chlorophylle et de la diastase se fait-elle simultanément ou successivement ?
- 2° Dans ce dernier cas, la chlorophylle est-elle toujours détruite la première, ou inversement ?
- 3° Faut-il attribuer la destruction de ces deux agents de l'assimilation à la totalité de la lumière reçue, ou bien y a-t-il action spécifique d'une certaine région du spectre ?

Avant d'aborder expérimentalement l'étude de ces problèmes, nous nous sommes assignés, comme deuxième but du présent travail, de déterminer la succession des étapes dans les modifications observées, et de les localiser avec une approximation plus grande que celle à laquelle nous avons atteint précédemment.

* * *

I. Des fig. 8, 9 et 10, il ressort que la chlorophylle n'est pas détruite brusquement, d'un seul coup sur toute la surface foliaire. La disparition de la chlorophylle se fait par cellules. Elle commence dans les cellules qui sont les plus éloignées des faisceaux libéro-ligneux. De là, de proche en proche, elle gagne les autres cellules. La chlorophylle résiste le plus longtemps dans les cellules avoisinant les faisceaux.

Or, les cellules de la couche supérieure du parenchyme sont exposées au même éclairage, tant au voisinage des faisceaux qu'à une certaine distance de ceux-ci.

Peut-on admettre que la chlorophylle, une fois formée, n'est pas un produit qui demeure sur les chromatophores sans subir de modifications, mais au contraire qu'elle s'y forme et transforme continuellement, comme les autres produits de la cellule ? Wiesner a déjà défendu cette façon de voir.

Pringsheim (1881) a traité la question, et Ernest Stahl (1909, p. 92) dit : « Und doch tritt, wie leicht zu beobachten ist, bei fortgesetzter intensiver Besonnung, ein zunehmendes Erbleichen verschiedener Grünalgen ein, die fast weiss werden können und bei schwächerer Belichtung wieder allmählich ergrünen. Hier findet also tatsächlich eine Zerstörung des Chlorophylls statt... Die Pflanze ist fähig, den Chlorophyllgehalt zu steigern und zu verringern... Die rasche Zerstörung des Chlorophylls in konzentriertem Sonnenlicht... hat im Verein mit theoreti-

schen Erwägungen Veranlassung gegeben zu der von verschiedenen Forschern vertretenen Annahme, dass auch beim Assimilationsvorgang das Chlorophyll fortlaufend eine Zersetzung und Regeneration erfahre.» Le même auteur signale également (ibid. p. 79) : « Batalin (Ueber die Zerstörung des Chlorophylls in den lebenden Organen. Bot. Zeitung 1874, S. 433) ist wohl der erste gewesen, welcher die bei intensiver Besonnung sich einstellende Abnahme des Chlorophyllfarbstoffes in der lebenden Pflanze näher untersucht hat. Er sah die Körner zuerst blassgrün und später bei mehreren Pflanzen (besonders Koniferen) ganz gelb werden. Diese Verfärbung erscheint nach ihm, bei klarem Himmel und genügend hoher Temperatur, nach Verlauf von 5—10 Tagen und kann den ganzen Sommer über erhalten bleiben. Neu sich entfaltende Teile nehmen unter der Wirkung des Sonnenlichtes die gleiche gelbe Färbung an. Nach Batalin kann sich die lebhaft grüne Farbe, wenn die Triebe gegen das Sonnenlicht geschützt werden, bei Sommertemperatur nach Verlauf von 10—15 Tagen wiederherstellen. »

Dans ce cas, une explication serait possible : arrêt des échanges par excès d'éclairage. Cet arrêt commencerait dans les cellules les plus éloignées des vaisseaux ligneux, et s'étendrait progressivement jusqu'aux vaisseaux. Il y aurait donc encore formation de chlorophylle aux abords de ces derniers, alors qu'il n'y aurait plus de formation dans les cellules qui en sont éloignées. Cet arrêt serait provoqué par une accumulation excessive d'amidon due à l'inactivation, la destruction ou le manque de production de la diastase. Ceci correspond aux observations d'Arthur Meyer (1895) qui constate que plus il y a d'amidon dans la cellule, moins il y a de diastase (p. 220); que l'accumulation des produits de solution de l'amidon empêche la continuation de l'action de la diastase (p. 170). Cette dernière subirait donc une inhibition avant que la chlorophylle soit détruite.

A cette hypothèse correspond le fait observé que dans la couche supérieure du parenchyme, là où la chlorophylle est détruite, il y a précisément engorgement d'amidon. La présence d'amidon en grande quantité signifie qu'il y a encore eu photosynthèse alors que la transformation de l'amidon ne se faisait plus ou était ralentie.

II. La fig. 11 montre que dans les cellules du parenchyme au voisinage des vaisseaux ligneux, où subsiste encore la chlorophylle, il n'y a pas engorgement d'amidon, alors que celui-ci comble toutes les autres cellules du parenchyme. Il y a donc là encore présence de diastase, alors qu'il n'y en a plus aux points du parenchyme éloignés des vaisseaux. Or, nous savons que la diastase se forme à chaque instant au cours des échanges cellulaires. J. Reynolds Green (1901), traduit par Windisch (p. 8) dit : « Die Umsetzungen können der Anlass sein, dass Material in die aktive Substanz des Protoplasmas eingelagert und in-

folgedessen verschiedene Reste aus letzterem abgespalten werden. Auf diese Weise scheinen die verschiedenen Enzyme, so z. B. auch die Diastase, zu entstehen; auch die Bildung von Fett, Stärke und andern Verbindungen, die in den verschiedenen Zellen angetroffen werden, kann auf diese Weise bewirkt werden. » Que ces échanges soient ralentis ou arrêtés, la production de diastase en sera influencée. Cela ressort clairement d'observations faites par Czurda, et rapportées dans E. Küster (1935, p. 252) : *Spirogyra varians*, placé dans un milieu nutritif riche, est le siège d'échanges très actifs; la cellule est vide d'amidon. Par contre, si on la place dans un milieu nutritif épuisé (donc si les échanges sont très ralentis) la cellule devient riche en gros grains d'amidon.

Le renseignement donné par la fig. 11 milite en faveur de l'hypothèse de l'arrêt des échanges à partir des cellules éloignées pour finir dans celles qui sont voisines des faisceaux.

Si tel est le processus, l'existence de la chlorophylle imprégnant les chloroplastes serait donc liée à l'existence de la diastase ? L'arrêt des échanges, en provoquant l'arrêt de la production de diastase et l'envahissement des chloroplastes par l'amidon, entraînerait la disparition de la chlorophylle ? L'arrêt de l'action diastatique entraînerait celle de la photosynthèse ?

En attendant le résultat d'expérimentations destinées à examiner cette question, qu'il nous soit permis de dire qu'une éventuelle confirmation de cette façon de voir apporterait aussi une solution à diverses questions groupées par Küster (loc. cit., p. 260) : « Mit Pfeffer dürfen wir annehmen, dass keinem grünen Plastiden die Fähigkeit zur C-Assimilation abgeht, dass aber durch Umstände verschiedener Art die Chloroplasten zeitweilig inaktiviert werden können... Sehr merkwürdige Verhältnisse hat Czurda (1929, p. 200) bei *Caulerpa* angetroffen; der genannte Forscher nimmt an, dass im *Caulerpa*-Protoplasma, also in *einer* Zelle, Chloroplasten und Leukoplasten nebeneinander auftreten : diese bilden Stärke, jene sind stets stärkefrei. Ebenso scheinen die Verhältnisse bei *Udotea Desfontainei* zu liegen und vielleicht auch bei dem von Ernst (1903) behandelten *Dichotomosiphon tuberosus*, für welchen dieser Forscher eine höchst eigenartige Stärkebildung durch Umwandlung der Chloroplastensubstanz in *Amylum* feststellen zu können geglaubt hat. Czurdas Beobachtungen an *Caulerpa* legen eine Fülle von Fragen nach Entwicklung und Herkunft der beiden Plastidensorten nahe : tritt eine Arbeitsteilung ein, indem die grünen Zucker, die farblosen Stärke aufbauen ? Sind die beiden Plastidensorten ineinander überzuführen ?... » « Renner (1934) spricht von der Möglichkeit einer Mutation der Plastiden und erörtert eine solche im Hinblick auf die panaschierten Gewächse. »

III. Les fig. 8, 9, 10 montrent que sous l'influence d'une lumière trop forte la destruction opérée à la face supérieure des feuilles, sous l'épiderme, se présente à l'œil nu sous forme de piqûres qui s'étendent en taches brunes si l'intensité croît encore ou sous l'action persistante d'une lumière trop forte. Cette observation concorde avec celle de piqûres brunes sur les aiguilles de *Picea*, à la limite supérieure dans les Alpes; ces piqûres, là aussi, sont limitées aux parties exposées au plein soleil. A la même altitude, les aiguilles de *Larix* et de *Pinus Cembra* en sont dépourvues. Nous avons vu par ailleurs que les phénomènes de l'assimilation, dans ces deux espèces, ne sont pas modifiés à leur limite supérieure par la lumière, contrairement à ce qui se passe pour *Picea*. Le comportement des aiguilles de *Picea* est donc en tous points identique à celui des feuilles que nous étudions présentement.

IV. La fig. 12 nous offre, sous faible grossissement, une coupe transversale assez étendue dans une feuille provenant de la mi-ombre et exposée au plein soleil depuis plus de 48 heures. Nous avons vu qu'une telle feuille est plus résistante qu'une autre venant de l'ombre complète. Cette coupe a été traitée à l'Iode-Chloral, et montre la localisation de l'amidon. On peut y discerner trois sections : à gauche du dessin, une partie où la chlorophylle avait presque entièrement disparu; au centre, une zone de destruction totale indiquée par une flèche; à droite enfin, une plage encore assez verte.

- a) Section de droite : La photosynthèse se poursuit dans la couche supérieure du parenchyme, de même que l'action diastatique. Les couches inférieures sont bourrées d'amidon. En effet, à lumière intense, la photosynthèse a été très énergique depuis plusieurs jours. L'action diastatique, tout en se maintenant, n'est pas assez rapide pour transformer l'amidon avec la même vitesse qu'il est formé. (Brown et Morris, cités dans A. Meyer, loc. cit. p. 223, ont montré que la sécrétion de diastase est forte à l'obscurité et très faible en plein soleil). Les produits solubles ont encore émigré pendant la nuit vers les couches inférieures, mais là ils se concentrent de plus en plus sous forme de réserves d'amidon (cf. A. Meyer, loc. cit. p. 170 : « Da die Diastasewirkung gehindert wird, wenn sehr starke Anhäufung der Lösungsprodukte der Stärke eintritt... »).
- b) Section de gauche : Conséquence de la persistance de l'état que nous venons de décrire. Il y a eu continuation de la photosynthèse, mais l'action diastatique étant inhibée à la couche supérieure, il n'y a plus transformation et migration des produits vers les couches inférieures.
- c) Section centrale : A la face supérieure la chlorophylle est détruite à son tour. Il n'y a donc plus de photosynthèse. L'action diasta-

tique pouvant encore se poursuivre, même lentement, à la face inférieure, la couche inférieure du parenchyme commence à se dégorger.

Les détails de la répartition de l'amidon sont visibles, pour *a)* sur la fig. 13, pour *b)* sur la fig. 14.

Cette dernière figure présente encore un stade plus avancé :

- d)* Destruction complète du contenu cellulaire à la couche supérieure du parenchyme, sous l'épiderme supérieur, détruit lui aussi. Ces cellules du parenchyme contiennent un liquide jaune sans structure visible.

Le processus est suffisamment clair pour nous faire admettre que dans la couche supérieure du parenchyme, qui reçoit directement les rayons du soleil, l'action diastatique a été arrêtée avant la destruction de la chlorophylle. Cette constatation appuie l'hypothèse émise plus haut (cf. p. 10).

V. La fig. 11 nous montre encore que, si nous parlons des cellules qui restent le plus longtemps normales lorsqu'elles sont situées près des faisceaux, il s'agit des vaisseaux ligneux, et non du liber. Or ce sont les vaisseaux ligneux qui apportent les substances nouvelles pouvant contribuer à la formation constante des produits cellulaires, donc de la diastase et de la chlorophylle. Cette observation milite également en faveur de notre hypothèse.

VI. Il est remarquable que la suite des phénomènes observés correspond à celle que présentent les arbres lors de la chute automnale des feuilles : la chute commence sur les branches les plus basses pour se terminer par les plus hautes; les feuilles perdent la chlorophylle; cette dernière persiste le plus longtemps le long des nervures.

Or Stahl a montré (cf. loc. cit. p. 134) que le jaunissement automnal correspond à la migration des produits de décomposition de la chlorophylle. Mais, lorsque les feuilles automnales jaunies tombent, elles ne contiennent plus d'amidon. Il a, lui aussi, émigré vers le tronc (ibid. p. 134—135). La diastase peut donc agir encore après disparition de la chlorophylle.

Entre le jaunissement automnal et l'action d'un excès de lumière, il y a la différence que dans le deuxième cas l'amidon reste dans la feuille. L'explication nous paraît maintenant aisée : à forte lumière, faible production de diastase. A un certain degré d'intensité, celle-ci est détruite (Green, loc. cit. p. 408; Combes I, p. 93), surtout par les rayons violets et ultraviolets (confirmé par Czapek I, p. 436). Dès lors les tissus sont mal nourris, à cause de la circulation ralentie. Ce ralentissement ne permet plus aux substances nouvelles de pénétrer dans la cellule et dans le chloroplaste pour y reconstituer de nouvelle chloro-

phylle, celle qui y était ayant été décomposée par la lumière excessive (Küster, loc. cit. p. 276).

Cette manière de voir explique aussi les constatations de Chodat : « Chez certaines algues unicellulaires, les chloroplastes se transforment facilement en chromoplastes accumulant du carotène. Chodat a montré qu'en général cette transformation n'a lieu que dans des conditions de nutrition anormales. La disparition de la chlorophylle et l'accumulation du carotène sont liées ici à une trop grande richesse de la cellule en glucides provenant soit du milieu de culture, soit d'une photosynthèse trop active. » (Combes I, p. 166.)

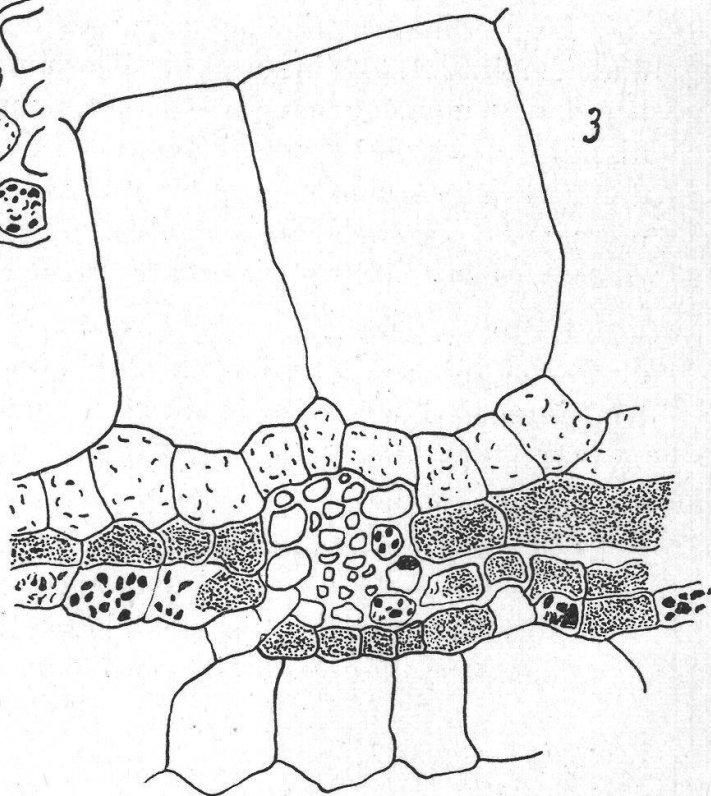
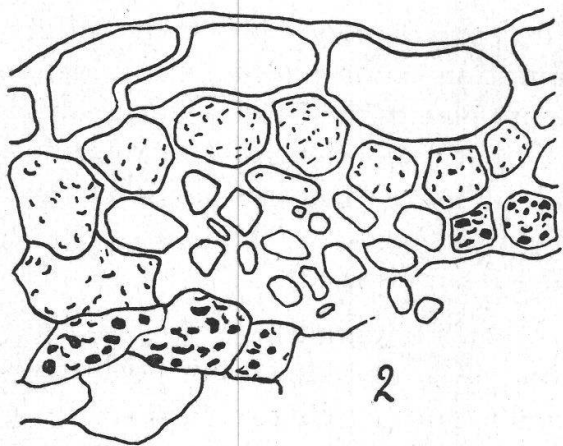
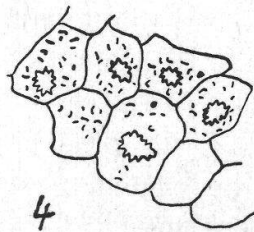
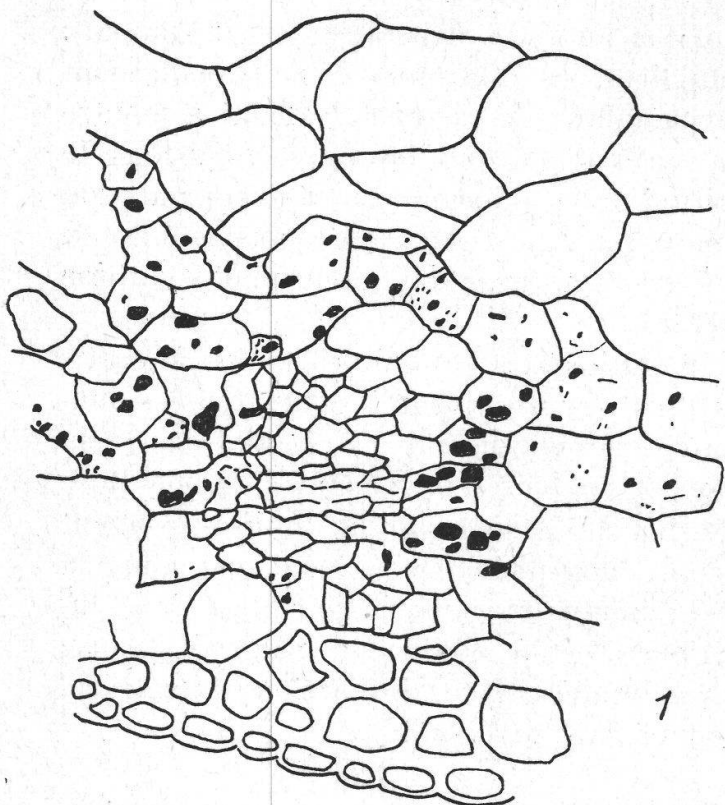
L'arrêt progressif de la circulation des produits solubles à partir des cellules les plus éloignées des nervures jusqu'à celles qui les longent, doit forcément avoir une répercussion sur la circulation de la sève ascendante dans les vaisseaux du bois. Les constatations de Bose sur le ralentissement de l'ascension de la sève par la lumière trouvent leur place naturelle dans la suite des phénomènes telle que nous la concevons. Toutefois, l'action « stimulus » attribuée par Bose à la lumière, notion vague et mystérieuse, est à remplacer par une cause mieux définissable : l'arrêt, par la lumière vive, de l'action diastatique. (Bose, *Physiology of the Ascent of Sap*, p. 47—50.)

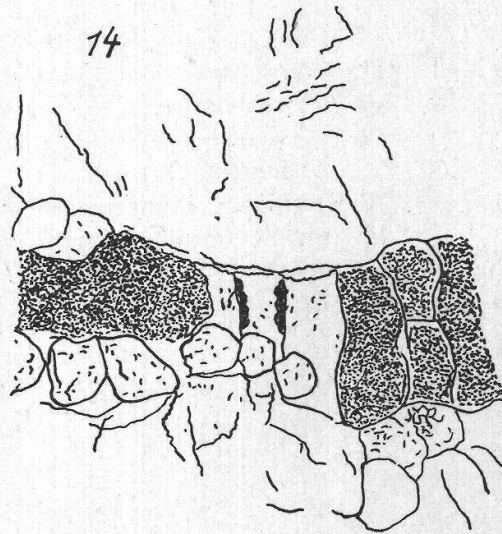
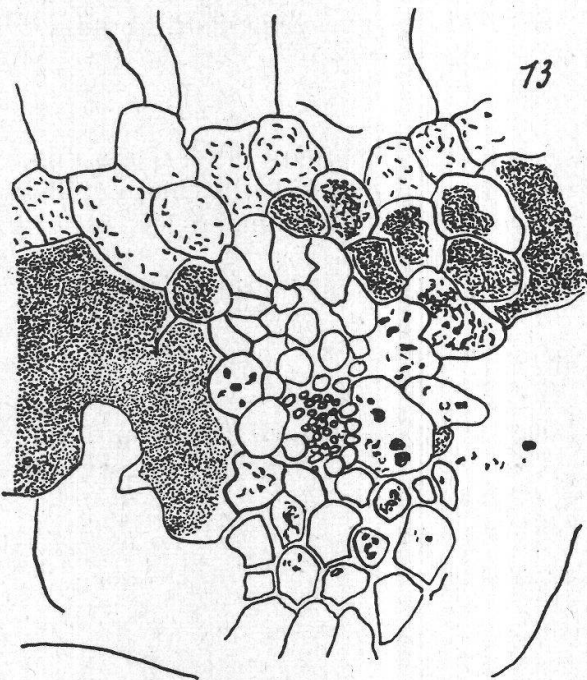
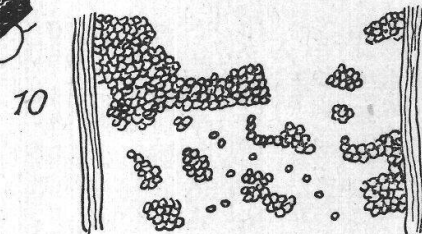
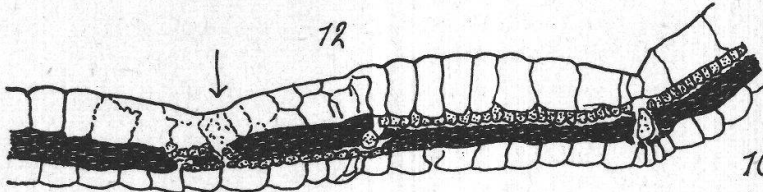
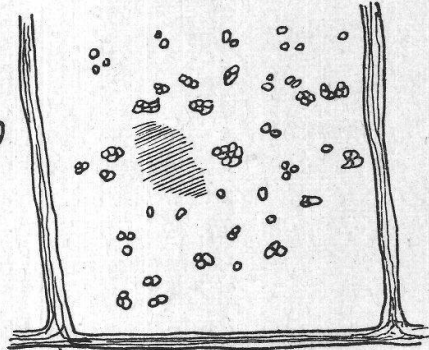
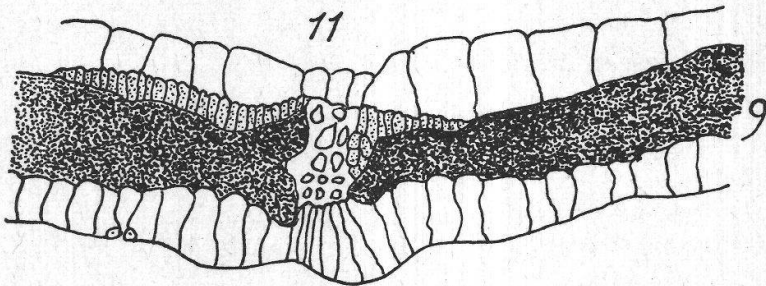
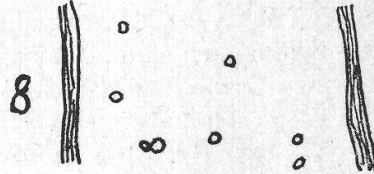
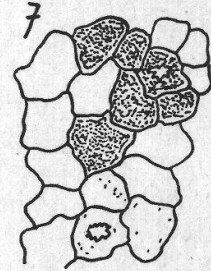
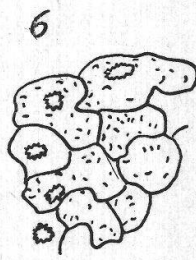
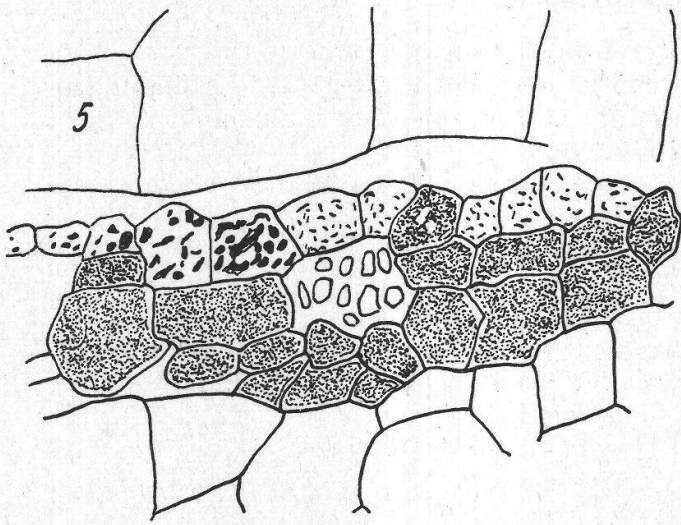
Conclusion.

Le présent travail nous a permis de confirmer nos idées sur l'effet d'un éclairage trop intense sur l'assimilation chlorophyllienne. L'identité des phénomènes observés expérimentalement sur *Tradescantia viridis* avec ceux observés sur *Picea* à sa limite supérieure de végétation dans les Alpes confirme qu'il faut voir dans la trop grande intensité lumineuse une cause importante de l'établissement de la limite supérieure des forêts d'*Epiceas* dans les Alpes suisses.

Il nous a permis de suivre avec une certaine minutie la progression de l'arrêt de l'assimilation chlorophyllienne sous l'effet d'un éclairage trop intense. La discussion de cet examen nous incite :

- 1° à croire que l'arrêt de l'action diastatique précède l'arrêt de la photosynthèse;
- 2° à émettre l'hypothèse que l'existence de la chlorophylle et de la diastase sont étroitement solidaires; que ces deux produits se forment et se détruisent à chaque instant, et qu'un arrêt dans les échanges intercellulaires provoque leur disparition.





Bibliographie.

- 1923 J. Ch. Bose. The Physiology of the Ascent of Sap.
1934 P. Collaer. Le rôle de la lumière dans l'établissement de la limite supérieure des forêts. Bulletin de la Soc. suisse de Botanique.
1940 — Id. : Nouvelles observations. Ibid.
1933 R. Combes. La Vie de la Cellule végétale. I. La Matière vivante.
1922 F. Czapek. Biochemie der Pflanzen.
1901 J. R. Green-Windisch. Die Enzyme.
1935 E. Kuster. Die Pflanzenzelle.
1895 A. Meyer. Untersuchungen über die Stärkekörner.
1881 Pringsheim. Untersuchungen über das Chlorophyll. V. Abt. Monatsberichte der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.
1909 E. Stahl. Zur Biologie des Chlorophylls.
1877 Wiesner. Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze.

Tradescantia viridis.

- Figure 1. Coupe transversale d'une feuille dans la région voisine d'une nervure. Exemple situé à l'ombre. 5 juillet, au soir.
- » 2. Id. 6 juillet, à 8 heures.
 - » 3. Id. 6 juillet, à 8 heures, exemplaire exposé au plein soleil.
 - » 4. Cellules du parenchyme, exemplaire situé à l'ombre. 6 juillet, 17 heures. Cystolithes nombreux.
 - » 5. Coupe transversale d'une feuille dans la région d'une nervure. Exemple exposé au soleil. 6 juillet, 17 heures.
 - » 6. Cellules du parenchyme. Exemple à l'ombre. 8 juillet, 15 heures. Amidon uniformément réparti, en quantité minime.
 - » 7. Id. Exemple au soleil. 8 juillet, 15 heures. Certaines cellules sont bourrées d'amidon, d'autres sont vides.
 - » 8. Feuille vue par le dessus, à travers l'épiderme supérieur. 8 juillet, exemplaire à l'ombre.
 - » 9. Id., mi-ombre.
 - » 10. Id., soleil.
- Les dessins 8, 9 et 10 représentent les contours de nervures très fines et ceux des cellules du parenchyme qui sont vides de chlorophylle.
- » 11. Coupe transversale dans un fragment de feuille mi-ombragée. 8 juillet, 15 heures.
 - » 12. Id. feuille venant de la mi-ombre, exposée au plein soleil. 10 juillet, 15 heures.
 - » 13. Détail de la précédente; partie non attaquée.
 - » 14. Id. Secteur fortement attaqué. Epiderme détruit.

1 agr. 245; 2, 3, 5 agr. 235; 4, 6, 7 agr. 240; 8—10 agr. 55; 11 agr. 40; 12 agr. 20; 13, 14 agr. 235.