

Zeitschrift:	Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber:	Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band:	20 (1967)
Heft:	1
Artikel:	Recherches sur le développement des tissus végétaux cultivés in vitro dans ses rapports avec l'utilisation du glucose et l'action de la lumière
Autor:	Naef, Jaques
Kapitel:	I: Introduction
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-739382

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CHAPITRE PREMIER — INTRODUCTION

ABSORPTION DES GLUCIDES ET LEUR TRANSFORMATION INTRATISSULAIRE

Rôle de glucides

Les tissus prélevés sur un organe entier comme des fragments de racine ou de tubercule contiennent suffisamment de sucre en réserve pour proliférer sur un milieu de culture entièrement minéral. Les colonies tissulaires par contre ne croissent pas sans l'apport d'une source organique de carbone. Les glucides représentent la meilleure source de carbone, tout au moins certains d'entre eux. Les alcools et les acides organiques sont beaucoup moins utilisables quand ils ne sont même pas toxiques (Gautheret [15, 16, 19]; White [65]; Hildebrandt et Riker [35]; Nickell et Burkholder [54]; Straus et La Rue [63], etc.).

Gautheret mentionne [19] une vingtaine de glucides qui ont été essayés. Depuis lors Goris [30] a réalisé des expériences plus récentes sur l'utilisation de certains sucres comme le mélibiose. Tous ces travaux affirment que parmi les plus efficaces se trouvent le saccharose, le glucose, par ordre d'importance, puis le maltose et le raffinose. Certains glucides ne sont même pas utilisés par les tissus, comme le palatinose, homologue « synthétique » du saccharose que l'on a tenté de leur fournir (Goris [28]).

La concentration optimum d'un sucre qui provoque l'accroissement pondéral le plus élevé varie naturellement avec le tissu considéré, (tige de faible diamètre, organe charnu, cambium d'arbre, etc. et avec l'espèce). Gautheret [15] a montré par exemple, que l'accroissement maximum de tissus de Carotte cultivés sur un milieu contenant du saccharose s'obtenait avec une dose de l'ordre de 3%.

Les recherches de Goris [22,23] indiquent que les tissus de Carotte et plus particulièrement les fragments de racine épuisent leurs réserves glucidiques intratissulaires. L'acide β -indolyl-acétique accélère encore la chute des glucides intratissulaires. Cependant, sur un milieu fortement glucosé, la perte de sucre est compensée finalement au cours d'une expérience qui s'étend sur plusieurs semaines. Lioret [46,47] travaillant sur des tissus de tubercule et de Crown-gall de Scorsonère, a constaté au cours de la première semaine de culture que la teneur en glucides totaux est très élevée. Par contre, au début de la deuxième semaine les glucides totaux diminuent assez fortement puis cette diminution devient plus faible. Ces phénomènes sont dus à une évolution physiologique. Les tissus passent d'une phase de jeunesse à une phase d'équilibre.

Ce qui a été très bien mis en évidence par Goris [26] ce sont les transformations très rapides des sucres par les tissus. En effet, si l'on incorpore au milieu de culture du glucose ou du fructose, on retrouve une grande quantité de saccharose dans les tissus.

Dans le cas de la souche tissulaire de Carotte, le fructose est plus efficace que le glucose: en fin d'expérience, par exemple, on retrouve deux fois plus de saccharose dans les colonies placées sur fructose que dans celles qui ont absorbé du glucose. Mais par ailleurs le sucre du milieu s'accumule et s'interconvertit dans les tissus. C'est ainsi qu'après 128 jours de culture, pour une masse tissulaire correspondant à 100 g. de tissu sec initial, il y a 89 g. de fructose dosé dans les fragments cultivés sur glucose alors qu'il y a 303 g. de glucose dosé dans les fragments cultivés sur fructose. D'autres recherches effectuées par Goris et Duhamet [29] et portant sur des tissus de Topinambour montrent que ceux-ci enrichissent légèrement leur teneur en glucides réducteurs lorsque le milieu contient 5% de glucose. Ball [2] a constaté, en cultivant des tissus de *Sequoia sempervirens*, que le milieu contenait les mêmes sucres en fin de culture que les tissus. Barnoud [5] indique également que des sucres transformés par les tissus peuvent diffuser dans le milieu.

Il faut encore signaler l'intervention des glucides dans la synthèse des protides: dans des travaux effectués sur des feuilles entières, M^{me} Champigny a précisé que les glucides interviennent sur le plan matériel et sur le plan énergétique. L'azote minéral, en effet, est incorporé dans les molécules organiques surtout par l'acide α -cétoglutarique dérivant lui-même de l'oxydation des chaînes carbonées glucidiques ou protidiques. L'acide glutamique qui résulte des synthèses ultérieures se présente donc comme un lien entre le métabolisme des glucides et celui des protides. L'énergie de l'acide adénosine-triphosphorique qui intervient dans les mécanismes de la respiration et de la photosynthèse est mise à disposition de la synthèse protéique. La formation de la glutamine est également liée au métabolisme des glucides par les mécanismes d'oxydo-réduction et de phosphorylation.

Rôle des substances de croissance

Les substances stimulantes de la croissance et en particulier les auxines modifient la composition glucidique des colonies tissulaires de Carotte cultivées sur un milieu dépourvu de sucre en exaltant l'épuisement des réserves (Goris 22,23). L'auxine agit dans ce cas comme elle le ferait sur des fragments de racine prélevés en automne. Mais la présence d'auxine dans un milieu contenant du sucre se traduit assez paradoxalement par une augmentation de la quantité de sucre dans les tissus. Cette constatation a été confirmée par de nombreux auteurs qui utilisaient le même matériel ou des tissus de Tabac (Skoog et Robinson 61). L'équilibre glucidique intratissulaire est modifié par l'auxine mais les résultats varient selon le tissu considéré. Par ailleurs, Lioret (43,44) a constaté au contraire que l'acide naphtalène-acétique, spécialement à forte dose, tend plutôt à épuiser les glucides des tissus de tubercules de Scorsonère. L'action du lait de coco a été étudiée en détail par Goris et Duhamet [29]. Il apparaît que cette substance provoque une diminution très sensible de la teneur en sucre des tissus de Carotte et de Topinambour.

Echanges gazeux respiratoires

Lorsqu'on met un fragment de tissu en culture *in vitro*, il se produit un choc qui provoque une exaltation respiratoire. Cette exaltation est temporaire puisque l'on observe par la suite un régime stable qui peut être influencé par certaines substances incorporées au milieu de culture. Plantefol [56] en 1938 déjà, a constaté que des fragments de tissu cambial de Saule présentent un dégagement de CO₂ qui augmente entre le 4^{me} et le 8^{me} jour, puis diminue ensuite. Cette augmentation est très sensible sur un milieu glucosé mais on l'obtient aussi sur un milieu purement minéral. Lachaux [38,39] ayant cultivé de petits fragments de racine de Carotte et de tubercules de Topinambour a constaté que l'intensité respiratoire s'élève pendant quelques jours, en étant supérieure à celle de gros fragments, puis elle diminue plus tard. Cette intensité respiratoire est supérieure même si le milieu ne contient pas de sucre. Ces groupes de résultats ne semblent donc pas concorder entièrement. Lioret a utilisé, lors de ses recherches, les tissus du parenchyme vasculaire de racine de Scorsonère. Les fragments qu'il utilisait ne présentaient pas d'accroissement des échanges gazeux s'ils étaient simplement maintenus sur un milieu humide, mais seulement s'ils étaient cultivés sur un milieu sucré. Selon Lioret, l'augmentation de la respiration au cours des premières 24 heures après l'épluchage des explantats serait due à une dégradation plus rapide des chaînes carbonées et plus probablement glucidiques beaucoup plus qu'au traumatisme lui-même. De plus une absorption d'oxygène se manifeste par l'action des polyphenoloxydases. Par contre, la désinfection des fragments de tubercules par l'hypochlorite en dénaturant les enzymes superficielles détermine une baisse de l'intensité respiratoire.

Le repiquage des colonies tissulaires de Topinambour [Lachaux 37, 39] ou ceux de crown-gall de Scorsonère [Lioret 45, 46] provoque également une exaltation transitoire de la respiration. Elle passe par un maximum entre le 8^{me} et 15^{me} jour.

Les modificateurs de croissance jouent un rôle important sur la respiration. Lachaux a étudié l'action de l'acide indolyl-acétique sur les tissus de Carotte et de Topinambour. L'intensité respiratoire du xylème de Topinambour est fortement augmentée alors que celle des fragments de racine de Carotte n'est pas modifiée. Dans ce domaine, les travaux de Nickell sont parmi les plus significatifs. Cet auteur a étudié les relations entre l'auxine et la respiration sur des tissus de tumeurs virologiques d'Oseille. La plus forte prolifération et la plus grande intensité respiratoire sont déterminées par une forte dose d'acide indolyl-acétique. Par contre, en utilisant le 2,4 D¹) et l'acide naphtoxy-acétique, il observait une exaltation de l'intensité respiratoire pour une dose largement supérieure (100 fois plus forte) à celle qui stimule la prolifération. Cependant, le même auteur a obtenu des résultats analogues avec des substances inhibitrices comme la colchicine par exemple. L'exaltation de la respiration par les auxines s'est manifestée dans ces expériences pour de faibles doses.

¹ 2,4 D: Acide 2,4 Dichlorophénoxyacétique.

Au-dessus de 10^{-5} il observait par contre une inhibition. Mitchell, Burris, Riker [50] en étudiant les échanges gazeux de tissus de Tournesol ont constaté que de fortes doses d'auxines diminuent l'intensité respiratoire.

Les récents travaux de Lioret montrent que les interprétations de ces phénomènes sont assez complexes. Les réactions des tissus normaux de Scorsonère et des colonies de Crown-gall de cette même espèce sont différentes. L'acide naphtalène-acétique provoque une exaltation respiratoire du xylème de Scorsonère mais dans ce cas, l'exaltation la plus forte est obtenue avec la dose très élevée de 10^{-4} . Cette forte intensité respiratoire exprimée en mg de CO_2 par mg d'azote protéique est mise en relation par cet auteur avec le catabolisme et non avec la synthèse protéique comme l'indique la comparaison des résultats avec les témoins. Par contre, les tissus de Crown-gall ne semblent pas être influencés par l'auxine tout au moins à la dose de 10^{-6} .

Le lait de coco paraît avoir une action différente. Lioret [46] a constaté pendant la deuxième semaine qui suit le repiquage des colonies de Crown-gall de Scorsonère une élévation de l'intensité respiratoire. Pour lui, ceci exprime surtout une augmentation de matière vivante.

D'autres auteurs mentionnent l'augmentation de la respiration sous l'effet du lait de coco [Constabel 11], Steward et coll. [62] en particulier ont considéré les échanges respiratoires, le métabolisme respiratoire et la croissance des tissus de Carotte. Pour ces auteurs, le lait de coco intensifie davantage la respiration que la synthèse protéique. Il agirait alors comme une auxine en exaltant le catabolisme. L'interprétation des résultats paraît donc bien ne pas être la même d'un tissu à l'autre.

Notion de croissance et de rendement

Très judicieusement, Lioret [46] signale que la notion de croissance est éminemment variable et qu'elle ne peut être définie par un seul type d'accroissement pondéral. Si les constituants cellulaires varient au cours de l'étude d'un tissu considéré, ils ne varient pas nécessairement dans le même sens ni dans la même proportion. Lioret définit ainsi quelques possibilités de changements des critères considérés en fonction de divers facteurs de croissance, par exemple:

- Un accroissement portant à la fois sur le poids frais et le poids sec de manière parallèle.
- Une augmentation du poids frais et des protéines sans augmentation des matières inertes.
- Un accroissement de poids frais et une diminution de poids sec par disparition des réserves.
- Une augmentation du poids frais sans modification du poids sec.

C'est ainsi, par exemple, qu'il compare selon le poids frais, le poids sec et les protéines 6 lots différents de tissus de Scorsonère cultivés sur des milieux contenant diverses substances de croissance. Il constate que le lot cultivé en présence de 10^{-5}

d'acide naphtalène-acétique a le poids frais le plus élevé mais il a par contre un poids sec 5 fois plus faible qu'un lot cultivé en présence de 10 % de lait de coco et une teneur en protéines qui est de 20 % inférieure à ce dernier.

De son côté, Lance [40] a étudié des tissus de Scorsonère et a comparé la croissance relative du poids frais, du poids sec et de l'azote protéique. Il a remarqué que le poids sec et le poids frais ont des valeurs relativement parallèles. Par contre, l'azote protéique augmente dès le début de la culture assez fortement pour passer par un palier au bout d'un temps variable selon le tissu considéré, mais au moins après le 78^{me} jour. L'azote protéique indique donc une variation protoplasmique reflétant la vie cellulaire proprement dite et ce critère exprime le mieux les activités métaboliques. C'est sur la base de telles comparaisons que les deux auteurs définissent des périodes correspondant à des phases de latence, de croissance active et de sénescence. Lioret précise encore une phase de choc correspondant à la mise en culture, une phase de protéogenèse ou de jeunesse, une phase d'équilibre ou adulte dans laquelle les substances paraplasmiques augmentent, puis une phase de sénescence avec ralentissement des synthèses. Pour les tissus de racines de Scorsonère, les quatre phases se déroulent en trois semaines. Par contre, pour les colonies de crown-gall, ces phases s'étendent sur une durée beaucoup plus longue. La phase adulte commence dans ce dernier cas après 15 jours, soit au début de la sénescence des tissus de racine et se poursuit jusqu'à 6 semaines. Ceci illustre clairement que les explantats primitifs et les colonies tissulaires ayant subi de nombreux repiquages n'ont pas le même comportement. Il s'agit d'ailleurs, dans ce cas, d'un tissu tumoral qui a entre autres la particularité d'être insensible à l'auxine.

Indépendamment des critères de croissance, il faut considérer également le rendement de croissance. Parmi plusieurs quotients énergétiques, Kandler [36] a utilisé celui qu'il nomme coefficient d'efficacité synthétique, c'est-à-dire le rapport:

$$\frac{\text{Carbone assimilé}}{\text{Carbone oxydé en CO}_2}$$

Grâce à ce rapport, Kandler a pu montrer par exemple, que pour une mole de glucose absorbée, 0,27 mole était transformée en substance vivante. Ses expériences ont porté notamment sur les tissus de crown-gall de Vigne.

Action d'ensemble de la lumière et de la température sur les tissus

a) *Action de la lumière*

Lors des premiers travaux dans le domaine de la culture des tissus, certains auteurs obtenaient un développement favorable si les explantats étaient placés à la lumière, d'autres obtenaient des résultats équivalents en maintenant ceux-ci à l'obscurité. Il s'est avéré par la suite que le comportement des tissus est très variable. Celui d'un fragment de racine n'est pas exactement le même que celui de souches ayant subi de nombreux repiquages. Nous avons déjà rappelé que, quelles que soient les condi-

tions de culture, il faut fournir un sucre aux explantats pour qu'ils prolifèrent [Gautheret 16, 19].

Par ailleurs, la teneur en pigments photosynthétiques, quoique toujours faible, n'est pas la même d'un tissu à un autre; elle peut même varier selon les conditions de culture. De toutes façons cette teneur est insuffisante pour assurer aux tissus la carbo-autotrophie. Les dosages de chlorophylle que nous avons faits sur la souche de tissu cambial de Carotte [52] donnent par exemple, une quantité de chlorophylle *a* de 1,95 mg et de chlorophylle *b* de 0,96 mg pour 100 g de tissus frais âgés de 47 jours.

Indépendamment du rôle que peut jouer la lumière sur la photosynthèse, de Capite [8] a constaté que la lumière agit sur la croissance des tissus à des températures élevées, c'est-à-dire au-dessus de 26°. Cet auteur a démontré également que la croissance des tissus à la lumière varie en fonction de l'intensité de cette dernière. C'est ainsi qu'ayant utilisé un éclairement de 1620, 3760 et 8060 lux, la croissance la plus forte était obtenue avec un éclairement de 3760 lux.

L'alternance de la lumière et de l'obscurité a été étudiée par Enderle. La période obscure et la période éclairée ayant la même durée, il a comparé la croissance de cultures placées en chambre humide en mesurant les variations de surface. Il a ainsi pu constater que l'accroissement de la surface présente en général deux maximums: un au début de la période éclairée et un à la fin, ainsi qu'un minimum se situant à la fin de la nuit. Ces variations rythmiques sont le résultat de changements osmotiques et non pas de modifications directes de la croissance. Par ailleurs, le photopériodisme des tissus a fait l'objet d'une étude par Bünning et Welte [7]. Ces auteurs ont montré que l'intensité de la croissance augmente avec la longueur de la photopériode. Cependant il existe un minimum pour un éclairement de 16 heures. D'autre part, on obtient une croissance en jour court aussi rapide qu'en jour long à condition d'interrompre la période obscure pendant quelque temps.

Michejda [49] essayant de retrouver des changements saisonniers dans la croissance des tissus de Carotte, aboutit aux conclusions suivantes. Il n'y a pas de fluctuations saisonnières pour ce qui concerne le poids sec relatif, la respiration, la teneur en sucre et en azote ainsi que pour les valeurs osmotiques. Par contre, il y a des fluctuations annuelles du poids frais et du poids sec avec un maximum au printemps.

Goris a démontré l'influence de la lumière sur le contenu glucidique des tissus. Au cours de ses recherches il a constaté par exemple que chez les tissus de crown-gall de Vigne qui sont incolores, la lumière ne modifie pas beaucoup le contenu glucidique. D'autre part, les tissus de Carotte placés sur un milieu contenant 5% de glucose ont environ 2 fois plus de sucres totaux que ceux qui sont maintenus à l'obscurité après 128 jours de culture. Mais si le milieu contenait 2% de glucose, les tissus cultivés à la lumière renfermaient après 66 jours de culture, 1,5 fois plus de sucres totaux que s'ils étaient mis à l'obscurité.

Goris a étudié l'effet de la lumière sur les tissus de Carotte étiolés. Au cours d'une expérience qui a duré 30 jours, ces tissus devenus artificiellement blanchâtres

ont été cultivés sur glucose et sur fructose. La moitié des explantats se trouvait à la lumière, l'autre à l'obscurité. A la fin de l'expérience, les tissus cultivés à la lumière sur fructose n'avaient pas la moindre couleur verte tandis que ceux qui étaient cultivés sur glucose avaient repris quelques taches verdâtres. Or le contenu glucidique des tissus cultivés sur fructose est sensiblement le même, tant à la lumière qu'à l'obscurité, alors que celui des tissus cultivés sur glucose est un peu plus abondant en saccharose à la lumière qu'à l'obscurité. Malgré cette différence qui peut être attribuée en fin d'expérience à la faible synthèse de pigments, Goris conclut que la lumière, en l'absence de chlorophylle, n'exerce pas d'influence sur les transformations glucidiques intratissulaires.

C'est à une conclusion assez semblable que sont parvenus Roux et Tendille [57]. Ayant fait absorber pendant un temps très court du $^{14}\text{CO}_2$ à des tissus d'une souche chlorophyllienne de Carotte et à ceux de la souche caroténogène d'Eichenberger [13], ils firent l'analyse des corps qui contenaient du carbone radioactif. Ils retrouvèrent dans les premiers tissus du ^{14}C dans les glucides, les acides aminés et les acides carboxyliques, alors que dans les seconds, seuls les acides aminés et les acides carboxyliques étaient marqués. Ceci montre donc bien que les tissus chlorophylliens synthétisent des glucides à partir du CO_2 .

L'action de la lumière sur la synthèse des protides a été étudiée par M^{lle} Champigny [9] sur des feuilles entières de *Bryophyllum*. Or ses conclusions peuvent être envisagées ici. Indépendamment de la photosynthèse, l'action de la lumière se manifeste par trois effets portant sur la réduction de l'ion NO_3^- , l'incorporation dans les protides d'intermédiaires de la photosynthèse et sur la modification de la vitesse de synthèse des acides α -cétoniques. La lumière accélère considérablement la genèse des acides aminés. Elle est environ 20 fois plus rapide sous un éclairement de 5000 lux qu'à l'obscurité.

b) *Action de la température*

Des travaux portant sur le tissu cambial d'arbre sont dus à Gioelli [21]. D'autres ayant trait aux tissus tumoraux de Soleil et de Tabac ont été faits par Hildebrandt, Riker et Duggar [34]. Nikell et Burkholder ont utilisé des tissus tumoraux d'Oseille. Ces auteurs constatèrent l'existence d'un optimum de température agissant sur la prolifération. Il se situe selon le tissu considéré entre 24 et 32° C. Les travaux entrepris par de Capite [8] en phytotron sur 3 souches tissulaires sont très nets. Ayant utilisé des souches de tissus de *Parthenocissus tricuspidata*, de Carotte et de Crown-gall de Soleil, il constata que la plus forte prolifération se manifestait à 26° C pour la première souche et 23° C pour les deux autres, si elles étaient cultivées en lumière continue. Si les tissus étaient mis en serre en lumière naturelle pendant 8 heures avec une température nocturne de 6° C inférieure à la température diurne, le maximum de prolifération était obtenu pour une température plus élevée c'est-à-dire 30° C le jour et 23° C la nuit. Par contre, des tissus placés à l'obscurité à 26° C se développaient

moins que s'ils étaient en lumière artificielle continue. En comparant la température des tissus cultivés à l'obscurité et à la lumière, de Capite a constaté qu'en lumière continue et pour une température inférieure à celle qui correspond à l'optimum à l'obscurité, la croissance était peu influencée, mais pour des températures supérieures à cet optimum, la prolifération était fortement stimulée par la lumière.

Nous mentionnerons encore par extension qu'il existe des résultats se rapportant à des tissus traités par le froid. Pour Straus et La Rue [63], le fait de placer des tissus d'albumen de Maïs à 4°C pendant 20 jours puis à 25°C arrête le développement. Pour de Capite, un court séjour de fragments de racine de Carotte à 4°C provoque la production d'anthocyanes mais les tissus se développent très bien quoique le cal soit beaucoup plus lisse et compact que dans les conditions normales. Goris s'est servi plus récemment de souches tissulaires de Carotte. Ses résultats montrent que l'action du froid [4°C] est très complexe. Par exemple des explantats découpés 4 jours avant d'être repiqués et maintenus à 4°C dans un tube stérile et sans milieu se développent mieux que des explantats préparés au moment du repiquage et non soumis à l'action du froid.

c) *Interaction de la lumière et de la température*

La constatation la plus curieuse faite par de Capite réside dans le fait que la température des tissus augmente avec l'intensité lumineuse. Les mesures ayant été faites avec un thermocouple, la température des tissus cultivés à l'obscurité était la même que celle de la cabine à culture, alors que pour les tissus cultivés à la lumière artificielle continue, la température était toujours plus élevée. De Capite en a conclu dans ce dernier cas que l'augmentation de la température tissulaire semble être le résultat de la transformation en chaleur de l'énergie radiante interceptée, soit :

$$T_{td} = T_a \text{ à l'obscurité}$$

$$T_{tl} = T_a + T_{re} \text{ à la lumière}$$

où T_{td} = température tissulaire à l'obscurité

T_{tl} = température tissulaire à la lumière

T_a = température de l'air

T_{re} = différence de température causée par l'énergie radiante.

Lorsque la température ambiante est de 26°C, celle des tissus de Carotte est de 31,1°C, si ces derniers sont cultivés à la lumière, par exemple.

Enfin de Capite indique pour des températures inférieures à 26°C que la croissance semble être fonction de la température, mais pour des températures plus élevées, qu'elle est fonction de la lumière et de la température.

Les actions de la lumière et de la température jouent un grand rôle dans le développement des tissus cultivés *in vitro*. De plus elles peuvent donc se manifester en synergie dans certains cas.