



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Biskra

Faculté des Sciences exactes et des sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences agronomiques

Cours de Physiologie Végétale

Destinés aux étudiants : 2^{ème} année SNV

Préparés par : Dr. Benaziza Abdelaziz

-4-

Année Universitaire 2019/2020



**DEUXIEME PARTIE : CROISSANCE ET
DEVELOPPEMENT DE LA PLANTE.**



CHAPITRE I : PHENOMENE DE GERMINATION

1-Germination des semences :

1-1-Définition :

C'est l'ensemble des processus qui vont du début de la réhydratation de la semence à la sortie de la radicule.

En 1957, Evenari proposa une définition plus restrictive : « La germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation et le tout début de la croissance de la radicule ». Tous les physiologistes adoptent actuellement cette définition. Tous s'accordent à considérer que la germination d'une semence est terminée quand la radicule perce les enveloppes. L'évolution ultérieure est un phénomène de croissance.

En réalité, le début de l'allongement de la radicule qui constitue le critère de fin de la germination fait déjà partie de ce phénomène de croissance

1-2-Déroulement du processus de germination :

Divers travaux démontrent que le processus de germination comprend en fait plusieurs phases physiologiques successives(Fig.)

1-2-1-La phase I ou phase d'imbibition : Elle correspond à une forte hydratation des tissus par absorption d'eau aboutissant au gonflement de la graine :

-Blé : 47 g d'eau pour 100 g de graines

-Haricot : 200 à 400 g d'eau pour 100 g de graines

La plus grande partie de cette eau, va à l'embryon ; l'appel d'eau se fait d'abord par le jeu des forces d'imbibition des colloïdes de la graine puis, lorsque les vacuoles sont édifiées, les forces osmotiques prennent le relais. Parallèlement, on assiste à une reprise de l'activité respiratoire intense. Cette phase est assez brève durant de 6 à 12 heures selon les semences.

1-2-2-Phase II ou phase de germination sensu-stricto : caractérisée par une stabilisation de l'hydratation et de l'activité respiratoire à un niveau élevé. Durant cette phase qui est relativement brève elle aussi (12 à 48), la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments.

1-2-3-Phase III : caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une élévation de la consommation d'oxygène, elle correspond en fait à un processus de croissance affectant la radicule puis la tigelle (marquée par un changement profond d'état physiologique). A ce niveau, on doit distinguer entre l'activité métabolique de la jeune plantule qui se développe à partir de l'embryon, qui a tendance à s'exalter, et celle du tissu de réserve (albumen, cotylédons), qui a tendance à décroître (Fig. phase III bis) par suite de l'épuisement des réserves. A ce stade, la déshydratation des tissus cause la mort de la semence. Le passage de la germination sensu-stricto à la croissance constitue donc l'étape la plus importante, c'est pourquoi les chercheurs essaient de préciser ce qui différencie ces deux phénomènes ;

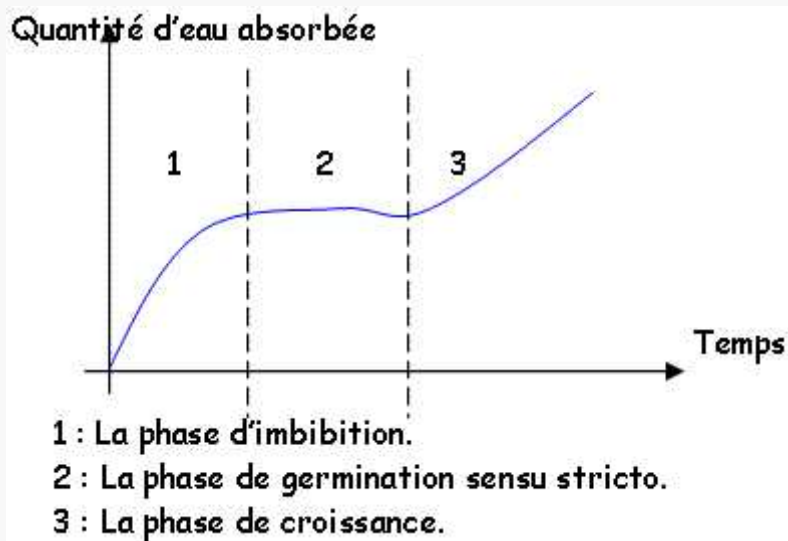


Figure n°28 : Courbe théorique d'imbibition des semences.

Dans la phase 1, l'eau va vers l'embryon : on assiste à la reprise des activités métaboliques (il faut de l'énergie). Dans ce cas, la respiration est très active. Chez certaines graines, l'énergie vient de la fermentation.

La seconde phase se termine par la sortie de la radicule. Cette sortie marque le passage d'un état physiologique réversible à un état irréversible.

La troisième phase : on assiste à la croissance et au développement des racines et de la tige.

Les réserves sont mobilisées dès la première phase (on a des synthèses d'hormones comme les gibberellines).

1-3-Différences entre germination sensu-stricto et croissance :

1-3-1-Sensibilité à l'oxygène :

En 1975, Rollin, en travaillant sur les akènes de *Bidens radiata*, obtint que les fortes pressions partielles d'O₂ inhibent la germination sensu-stricto, mais pas sur la croissance.

1-3-2-Sensibilité à la température :

Perino sur l'embryon de pommier a obtenu que la germination sensu-stricto et la croissance sont différemment sensibles à la température.-Les embryons (débarrassés de leurs téguments), germent bien entre 5°C et 20°C mais très difficilement entre 25°C et 30°C (Fig.28).

Pour déterminer si la température de 30°C empêche la germination S.stricto ou la croissance, Perino a placé des embryons à 15°C pendant des durées variables mais insuffisantes pour que la croissance démarre, puis il a transféré ces embryons à 30°C. Plus les embryons restent longtemps à 15°C, plus leur germination se poursuit facilement à 30°C (Fig.). C'est donc la germination S.stricto et non la croissance qui est inhibée à 30°C.

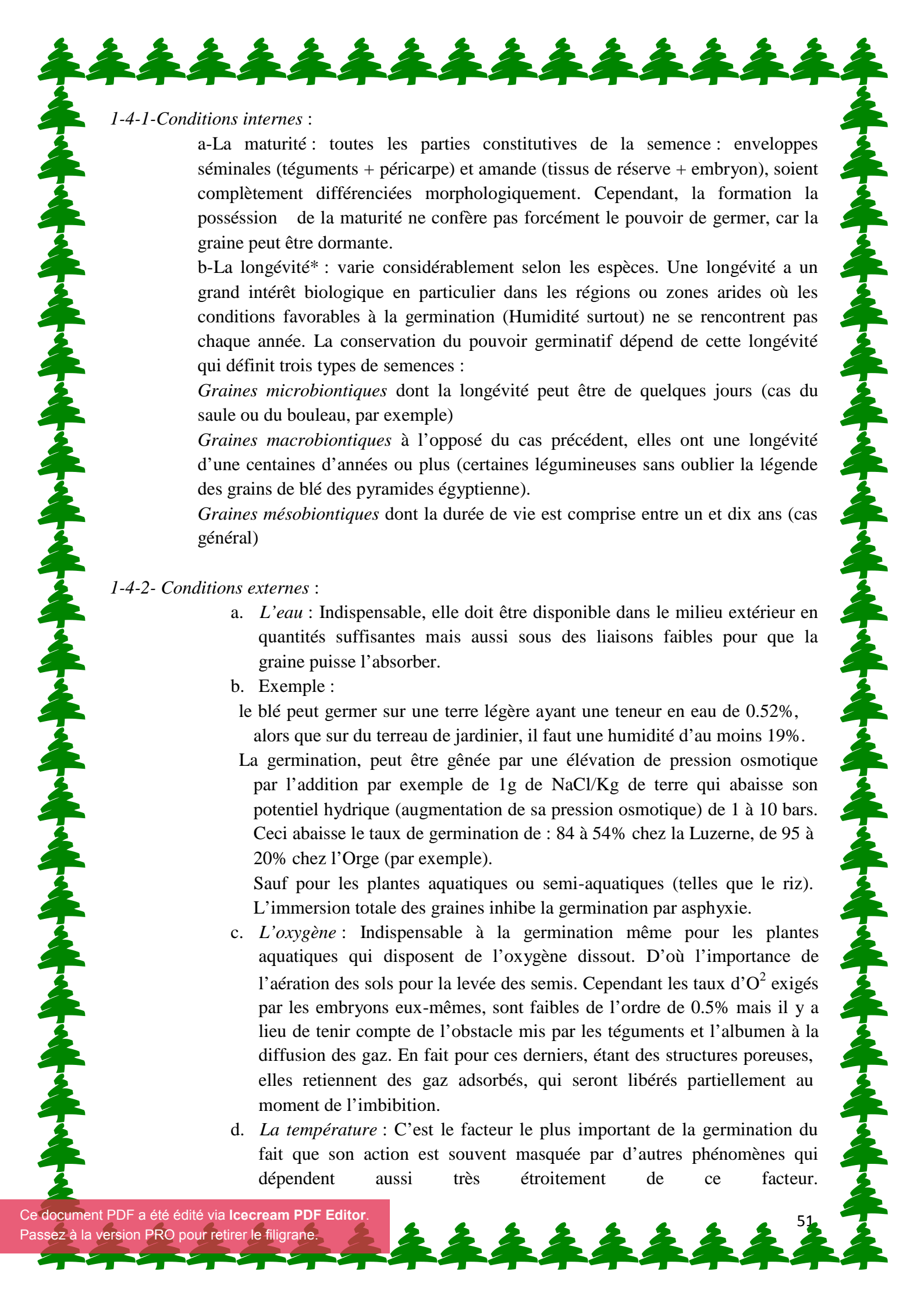
1-3-3-Sensibilité aux inhibiteurs de la respiration :

Pendant la phase de germination S.stricto, le cycle des pentose-phosphates prédomine sur le cycle de Krebs alors que c'est l'inverse qui se produit pendant la croissance.

Ainsi, les inhibiteurs de la glycolyse, du cycle de Krebs ou de la chaîne des oxydations respiratoires stimulent la germination S.stricto, mais ils inhibent la respiration. Or, ils favorisent le fonctionnement du cycle des pentose-phosphates.

1-4-Conditions de réalisation de la germination :

Il y a deux types de conditions à remplir pour qu'une semence germe



1-4-1-Conditions internes :

a-La maturité : toutes les parties constitutives de la semence : enveloppes séminales (téguments + péricarpe) et amande (tissus de réserve + embryon), soient complètement différenciées morphologiquement. Cependant, la formation la possession de la maturité ne confère pas forcément le pouvoir de germer, car la graine peut être dormante.

b-La longévité* : varie considérablement selon les espèces. Une longévité a un grand intérêt biologique en particulier dans les régions ou zones arides où les conditions favorables à la germination (Humidité surtout) ne se rencontrent pas chaque année. La conservation du pouvoir germinatif dépend de cette longévité qui définit trois types de semences :

Graines microbiontiques dont la longévité peut être de quelques jours (cas du saule ou du bouleau, par exemple)

Graines macrobiontiques à l'opposé du cas précédent, elles ont une longévité d'une centaines d'années ou plus (certaines légumineuses sans oublier la légende des grains de blé des pyramides égyptienne).

Graines mésobiontiques dont la durée de vie est comprise entre un et dix ans (cas général)

1-4-2- Conditions externes :

a. *L'eau* : Indispensable, elle doit être disponible dans le milieu extérieur en quantités suffisantes mais aussi sous des liaisons faibles pour que la graine puisse l'absorber.

b. Exemple :

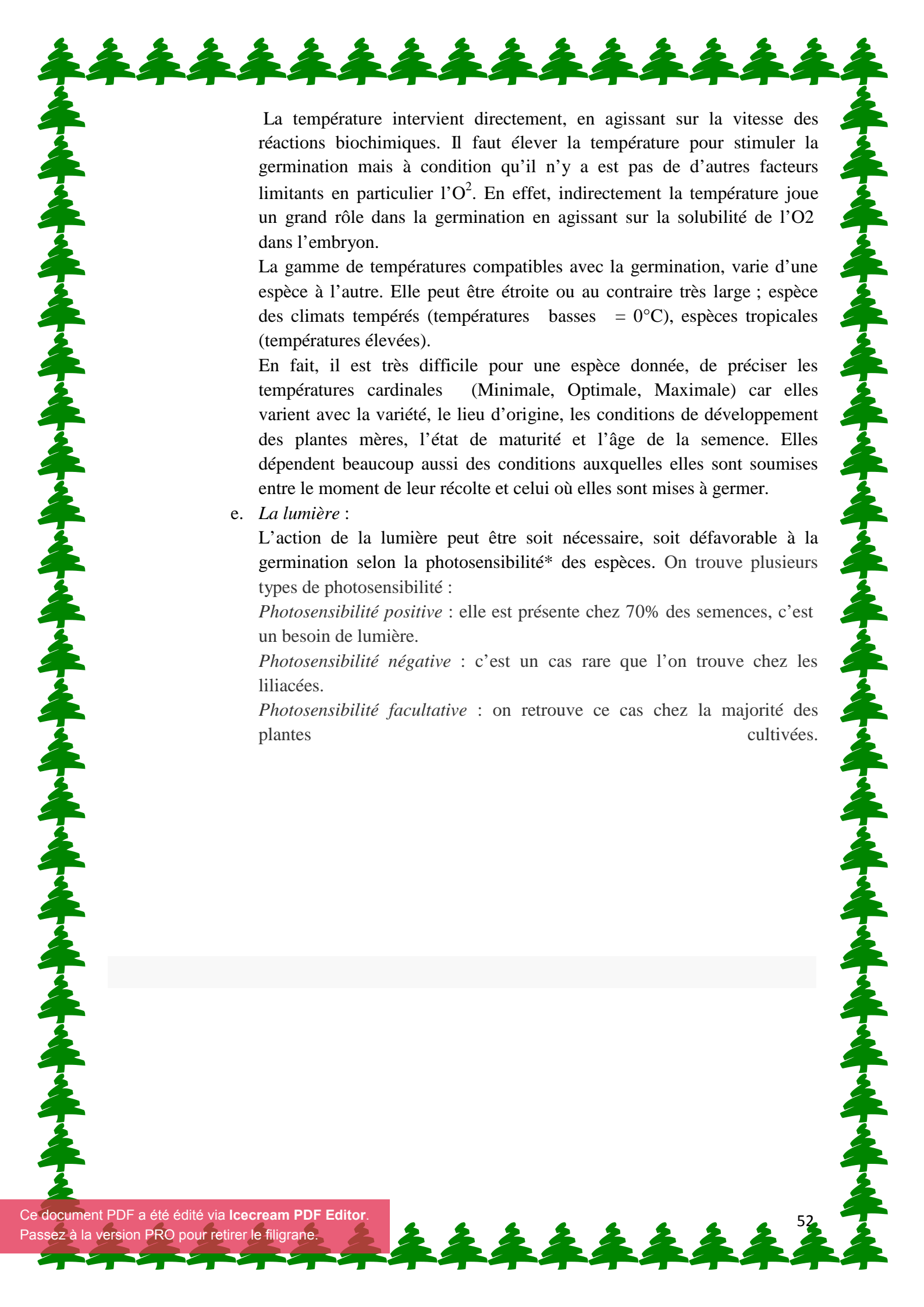
le blé peut germer sur une terre légère ayant une teneur en eau de 0.52%, alors que sur du terreau de jardinier, il faut une humidité d'au moins 19%.

La germination, peut être gênée par une élévation de pression osmotique par l'addition par exemple de 1g de NaCl/Kg de terre qui abaisse son potentiel hydrique (augmentation de sa pression osmotique) de 1 à 10 bars. Ceci abaisse le taux de germination de : 84 à 54% chez la Luzerne, de 95 à 20% chez l'Orge (par exemple).

Sauf pour les plantes aquatiques ou semi-aquatiques (telles que le riz). L'immersion totale des graines inhibe la germination par asphyxie.

c. *L'oxygène* : Indispensable à la germination même pour les plantes aquatiques qui disposent de l'oxygène dissout. D'où l'importance de l'aération des sols pour la levée des semis. Cependant les taux d'O² exigés par les embryons eux-mêmes, sont faibles de l'ordre de 0.5% mais il y a lieu de tenir compte de l'obstacle mis par les téguments et l'albumen à la diffusion des gaz. En fait pour ces derniers, étant des structures poreuses, elles retiennent des gaz adsorbés, qui seront libérés partiellement au moment de l'imbibition.

d. *La température* : C'est le facteur le plus important de la germination du fait que son action est souvent masquée par d'autres phénomènes qui dépendent aussi très étroitement de ce facteur.



La température intervient directement, en agissant sur la vitesse des réactions biochimiques. Il faut élever la température pour stimuler la germination mais à condition qu'il n'y a est pas de d'autres facteurs limitants en particulier l'O². En effet, indirectement la température joue un grand rôle dans la germination en agissant sur la solubilité de l'O₂ dans l'embryon.

La gamme de températures compatibles avec la germination, varie d'une espèce à l'autre. Elle peut être étroite ou au contraire très large ; espèce des climats tempérés (températures basses = 0°C), espèces tropicales (températures élevées).

En fait, il est très difficile pour une espèce donnée, de préciser les températures cardinales (Minimale, Optimale, Maximale) car elles varient avec la variété, le lieu d'origine, les conditions de développement des plantes mères, l'état de maturité et l'âge de la semence. Elles dépendent beaucoup aussi des conditions auxquelles elles sont soumises entre le moment de leur récolte et celui où elles sont mises à germer.

e. *La lumière :*

L'action de la lumière peut être soit nécessaire, soit défavorable à la germination selon la photosensibilité* des espèces. On trouve plusieurs types de photosensibilité :

Photosensibilité positive : elle est présente chez 70% des semences, c'est un besoin de lumière.

Photosensibilité négative : c'est un cas rare que l'on trouve chez les liliacées.

Photosensibilité facultative : on retrouve ce cas chez la majorité des plantes cultivées.



CHAPITRE II : CROISSANCE

INTRODUCTION :

Le développement (en physiologie végétale) étudie toutes les modifications qualitatives et quantitatives chez une plante (de la fécondation à la mort).

Les modifications quantitatives représentent la croissance (les modifications irréversibles se produisant au cours du temps). On a, par exemple, l'augmentation de taille, de volume, de masse.

On parle de différenciation quand la part prise par les modifications qualitatives va prédominer : c'est l'acquisition de propriétés morphologiques et fonctionnelles.

Chez les organismes pluricellulaires, la croissance est obtenue non seulement par le grandissement des jeunes cellules, mais aussi par l'augmentation de leur nombre ; ce qui suppose que le développement de l'organisme ou d'un de ses organes, implique trois processus dans l'ordre de leur mise en œuvre : La mérése, l'auxèse et la différenciation.

2-1-La mérése :

C'est une prolifération cellulaire qui consiste en une succession de divisions cellulaires ou mitoses, qui s'opèrent dans des régions localisées : les méristèmes (à l'exception des feuilles où elles se répartissent sur toute la surface du limbe).

2-2-L'auxèse :

C'est une augmentation des dimensions des cellules. Elle peut être

Isodiamétrique : précise une croissance à diamètres égaux quelque soit la forme (circulaire, carrée ou rectangulaire), exemple du parenchyme de la feuille, de l'écorce ou des organes de réserve.

Longitudinale (élongation) : cas le plus général.

Radiale : croissance en épaisseur.

Ce phénomène présente chez les végétaux des caractères particuliers du fait de la présence de la paroi pectocellulosique.

2-3-La différenciation :

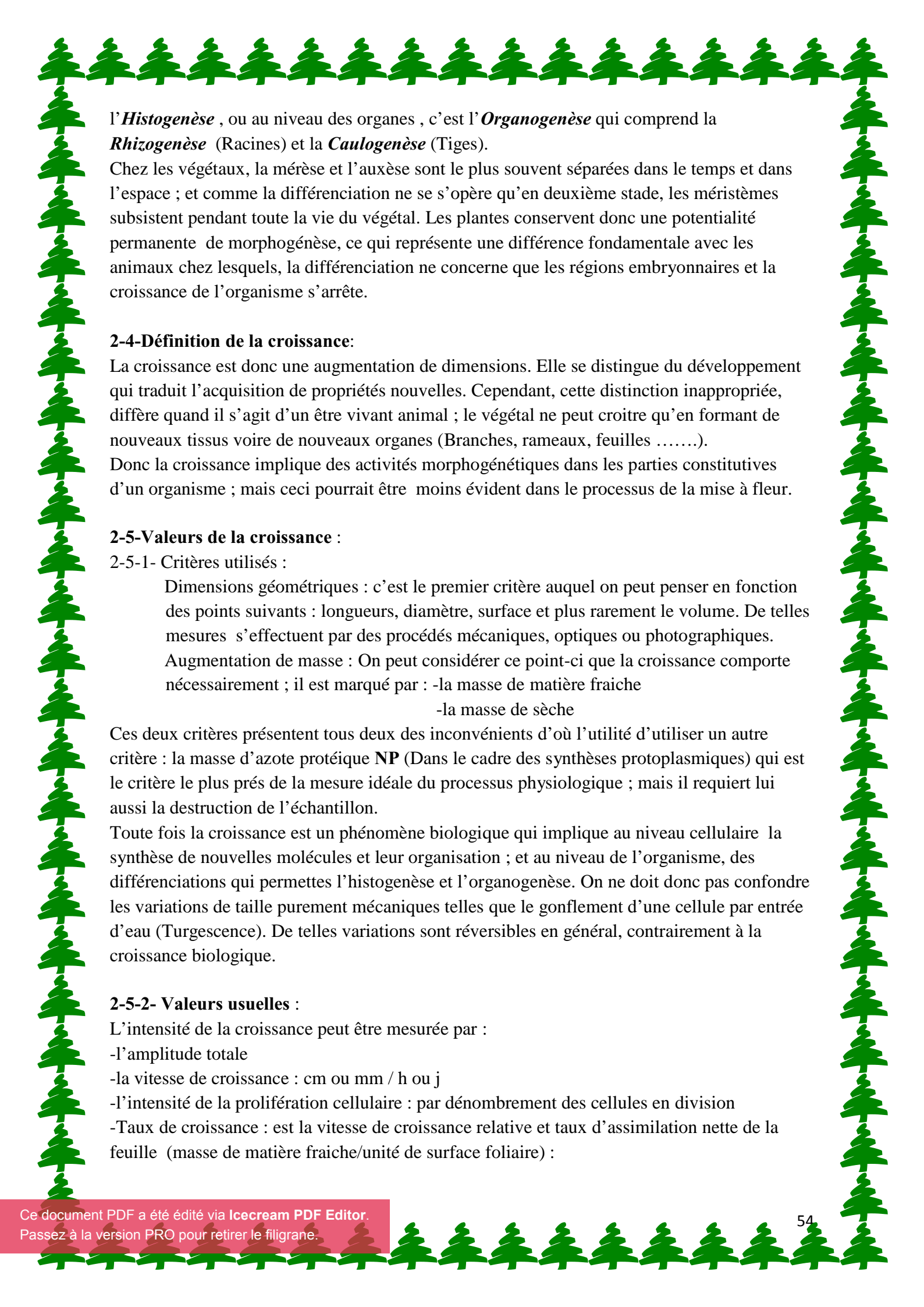
C'est le processus qui permet aux cellules d'acquérir des caractères morphologiques particuliers, différents suivant les tissus. Ce phénomène est moins marqué chez les végétaux que chez les animaux où il s'agit d'une spécialisation plus poussée. Elle porte sur :

La structure de la paroi (dépôt de cellulose, de lignine et de subérine)

Sur le pouvoir de synthèse (tissus assimilateurs, sécréteurs et de réserve).

Sur l'acquisition de potentialités physiologiques nouvelles telles que le virage floral (la mise à fleur).

On peut faire assimiler ce phénomène de différenciation à la morphogenèse qui est l'élaboration de nouvelles structures laquelle s'exprime au niveau des tissus, c'est



l'*Histogenèse* , ou au niveau des organes , c'est l'*Organogenèse* qui comprend la *Rhizogenèse* (Racines) et la *Caulogenèse* (Tiges).

Chez les végétaux, la mèresse et l'auxèse sont le plus souvent séparées dans le temps et dans l'espace ; et comme la différenciation ne se s'opère qu'en deuxième stade, les méristèmes subsistent pendant toute la vie du végétal. Les plantes conservent donc une potentialité permanente de morphogénèse, ce qui représente une différence fondamentale avec les animaux chez lesquels, la différenciation ne concerne que les régions embryonnaires et la croissance de l'organisme s'arrête.

2-4-Définition de la croissance:

La croissance est donc une augmentation de dimensions. Elle se distingue du développement qui traduit l'acquisition de propriétés nouvelles. Cependant, cette distinction inappropriée, diffère quand il s'agit d'un être vivant animal ; le végétal ne peut croître qu'en formant de nouveaux tissus voire de nouveaux organes (Branches, rameaux, feuilles).

Donc la croissance implique des activités morphogénétiques dans les parties constitutives d'un organisme ; mais ceci pourrait être moins évident dans le processus de la mise à fleur.

2-5-Valeurs de la croissance :

2-5-1- Critères utilisés :

Dimensions géométriques : c'est le premier critère auquel on peut penser en fonction des points suivants : longueurs, diamètre, surface et plus rarement le volume. De telles mesures s'effectuent par des procédés mécaniques, optiques ou photographiques.

Augmentation de masse : On peut considérer ce point-ci que la croissance comporte nécessairement ; il est marqué par : -la masse de matière fraîche

-la masse de sèche

Ces deux critères présentent tous deux des inconvénients d'où l'utilité d'utiliser un autre critère : la masse d'azote protéique **NP** (Dans le cadre des synthèses protoplasmiques) qui est le critère le plus près de la mesure idéale du processus physiologique ; mais il requiert lui aussi la destruction de l'échantillon.

Toute fois la croissance est un phénomène biologique qui implique au niveau cellulaire la synthèse de nouvelles molécules et leur organisation ; et au niveau de l'organisme, des différenciations qui permettent l'histogenèse et l'organogenèse. On ne doit donc pas confondre les variations de taille purement mécaniques telles que le gonflement d'une cellule par entrée d'eau (Turgescence). De telles variations sont réversibles en général, contrairement à la croissance biologique.

2-5-2- Valeurs usuelles :

L'intensité de la croissance peut être mesurée par :

-l'amplitude totale

-la vitesse de croissance : cm ou mm / h ou j

-l'intensité de la prolifération cellulaire : par dénombrement des cellules en division

-Taux de croissance : est la vitesse de croissance relative et taux d'assimilation nette de la feuille (masse de matière fraîche/unité de surface foliaire) :

Tr/Ta=Rendement foliaire,

Qui est plus important chez les plantes herbacées que chez les arbres, chez les plantes en C4 que chez les plantes en C3 et plus élevé chez les arbres à feuilles caduques que chez les arbres résineux.

A .Sites et formes de croissance.

1 .Au niveau de la plante et des organes.

Grâce aux méristèmes, la croissance d'une plante est en générale indéfinie (notion de taille adulte pour des organes). Une plante est soumise à deux types de croissance :

La croissance primaire : c'est l'élongation. Elle a lieu au niveau des méristèmes apicaux (organogènes). Ce type de développement est remarquable chez tous les végétaux : c'est le port herbacé des plantes.

La croissance secondaire : c'est l'augmentation en épaisseur. Elle a lieu au niveau des cambiums ou de zones génératrices (histogènes). Ce développement n'a lieu que chez les plantes ligneuses.

La croissance d'une plante présente des caractères commutatifs et itératifs (qui se répètent plusieurs fois).

Une plante a un développement indéfini, mais la capacité d'extension des organes est éphémère et leur grandissement se produit selon des gradients plus ou moins nets et diversement orientés suivant les organes et les espèces.

La racine : l'élongation est réalisée par les méristèmes primaires (zone de croissance) qui permettent l'avancée dans le sol. Cette croissance (primaire) est localisée et polarisée. L'élargissement (croissance secondaire) se produit très en arrière de la coiffe.

La tige : on ne trouve pas d'axe continu, mais des unités successives (les primarium + les ébauches foliaires). Ces unités permettent l'élongation simultanée sur plusieurs entre-nœuds successifs. Au niveau de la tige, on a un étagement du gradient de croissance qui est due à la persistance de cellules méristématiques résiduelles, juste au-dessus de chaque entre-nœuds.

Les feuilles : l'augmentation est bidirectionnelle. L'accroissement en épaisseur est très réduit par rapport à la surface foliaire.

Les fruits : c'est le résultat d'une hypertrophie due, dans le cas de la pomme de terre, à la croissance primaire, ou, à la croissance secondaire dans le cas du radis.

2 .Au niveau cellulaire.

L'extension symplastique est effectuée avec interposition constante de cellules isodiamétriques (isotropes) et cylindriques (anisotropes).

L'extension apicale est intrusive ou extrusive.

L'extension symplastique est constante : les cellules augmentent comme un ensemble solidaire, en maintenant leurs liaisons et leurs communications.

Le cas des extensions extrusives et intrusives : la cellule acquière une autonomie plus ou moins importante par rapport aux cellules voisines.

Extension extrusive : les cellules épidermiques (ou du rhizoderme) vont donner des poils (ex : les fibres du coton).

Extension intrusive : elle se déroule vers l'intérieur des organes, au niveau de la lamelle moyenne (ex : les fibres de lin). L'augmentation du nombre d'individus (cellules) entraîne une augmentation des dimensions (surface, masse, ...) d'un composé particulier. Pour la majorité des végétaux, on observe une augmentation de quelques centimètres par jour, avec toutefois, quelques exceptions : les asperges, 30cm/j ; les bambous, 60cm/j ; les champignons, 5mm/min.

La vitesse de croissance est donnée par la formule : $v=(dl/dT)$ (l est un paramètre choisi).

Le taux de croissance est donné par la formule : $R=V/L_0$ (L_0 représente les dimensions initiales).

La courbe de croissance : son allure est sigmoïde. Cette courbe traduit une évolution de la plante. On peut observer quatre phases distinctes (Fig.29):

1. La phase de latence.
2. La phase accélérée (ou phase exponentielle) : $L=L_0 \cdot e^{(RT)}$. V est proportionnelle à L, R=constante.
3. La phase linéaire : V est constante. Cette phase est parfois virtuelle, importante, ponctuelle.
4. La phase de ralentissement : c'est une phase de sénescence.

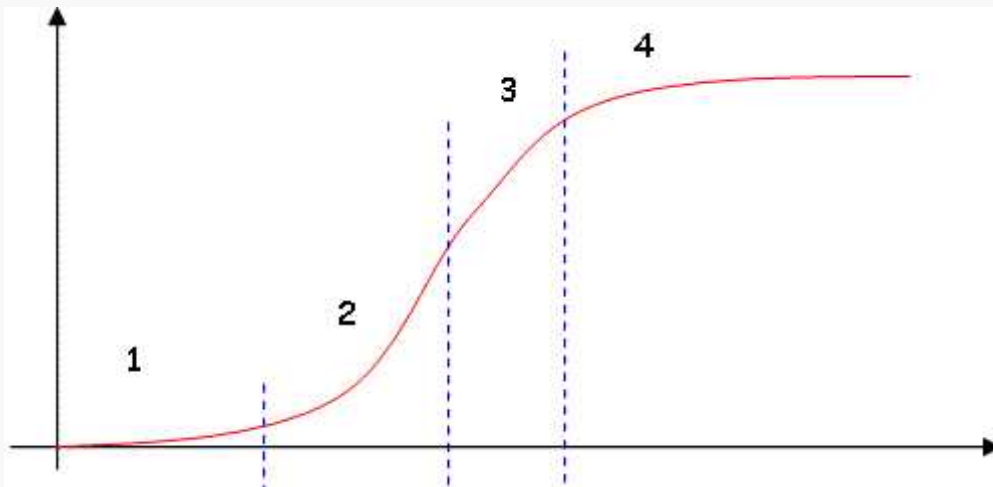


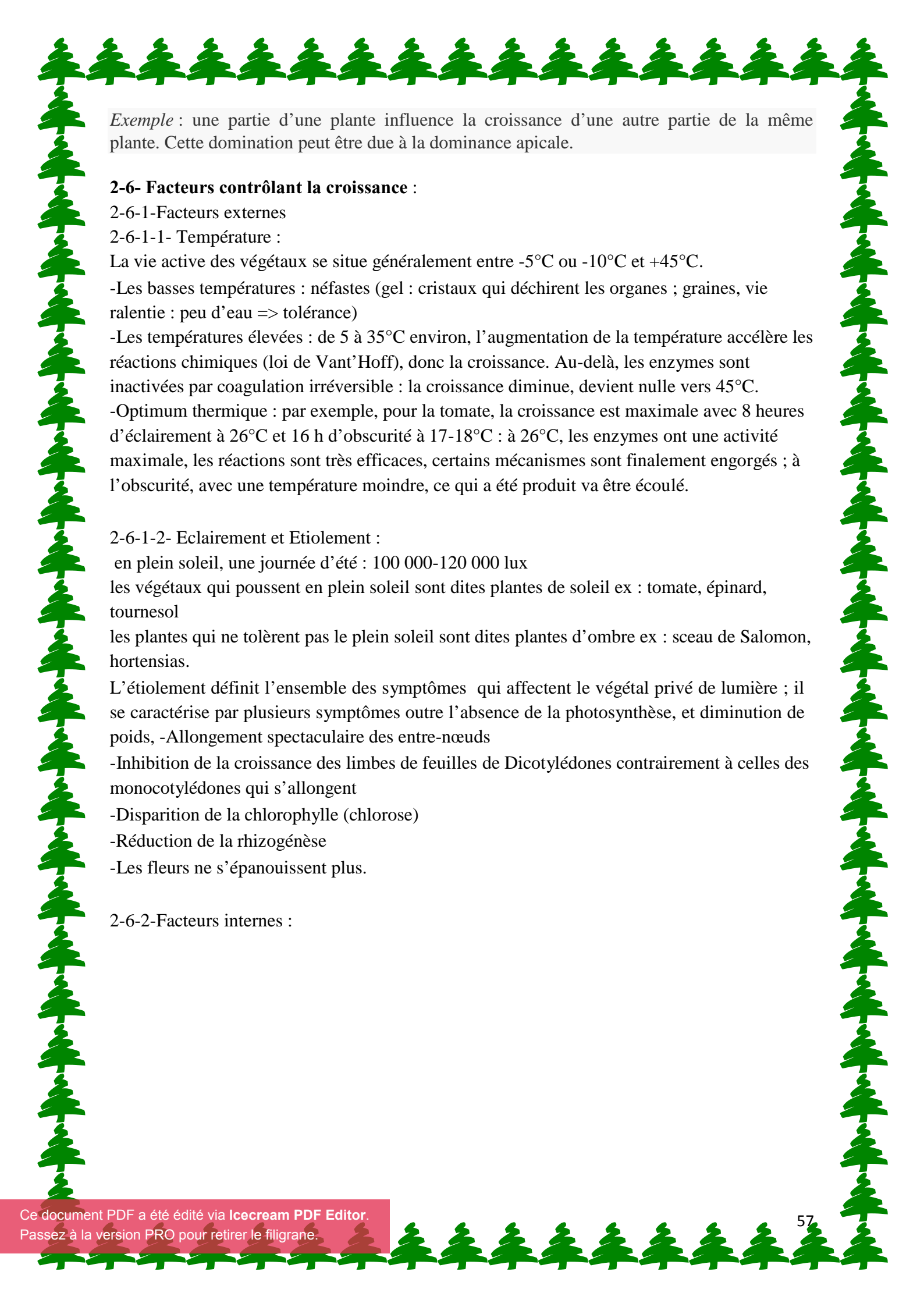
Figure n°29 : Courbe de croissance

B. Cinétique de croissance et variation dans le temps.

La cinétique de croissance de la plante varie dans le temps à cause de différents facteurs : température, éclairage, humidité... La périodicité de la cinétique est dépendante de facteurs externes.

Les facteurs endogènes : par exemple, on trouve les inhibiteurs de croissance qui sont responsables de l'état de dormance d'une plante (à l'état de semence).

La variation dans l'espace : elle est due à des facteurs endogènes liés à l'inhibition par corrélation.



Exemple : une partie d'une plante influence la croissance d'une autre partie de la même plante. Cette domination peut être due à la dominance apicale.

2-6- Facteurs contrôlant la croissance :

2-6-1-Facteurs externes

2-6-1-1- Température :

La vie active des végétaux se situe généralement entre -5°C ou -10°C et $+45^{\circ}\text{C}$.

-Les basses températures : néfastes (gel : cristaux qui déchirent les organes ; graines, vie ralentie : peu d'eau => tolérance)

-Les températures élevées : de 5 à 35°C environ, l'augmentation de la température accélère les réactions chimiques (loi de Vant'Hoff), donc la croissance. Au-delà, les enzymes sont inactivées par coagulation irréversible : la croissance diminue, devient nulle vers 45°C .

-Optimum thermique : par exemple, pour la tomate, la croissance est maximale avec 8 heures d'éclairciment à 26°C et 16 h d'obscurité à $17-18^{\circ}\text{C}$: à 26°C , les enzymes ont une activité maximale, les réactions sont très efficaces, certains mécanismes sont finalement engorgés ; à l'obscurité, avec une température moindre, ce qui a été produit va être écoulé.

2-6-1-2- Eclairciment et Etiolement :

en plein soleil, une journée d'été : 100 000-120 000 lux

les végétaux qui poussent en plein soleil sont dites plantes de soleil ex : tomate, épinard, tournesol

les plantes qui ne tolèrent pas le plein soleil sont dites plantes d'ombre ex : sceau de Salomon, hortensias.

L'étiollement définit l'ensemble des symptômes qui affectent le végétal privé de lumière ; il se caractérise par plusieurs symptômes outre l'absence de la photosynthèse, et diminution de poids, -Allongement spectaculaire des entre-nœuds

-Inhibition de la croissance des limbes de feuilles de Dicotylédones contrairement à celles des monocotylédones qui s'allongent

-Disparition de la chlorophylle (chlorose)

-Réduction de la rhizogénèse

-Les fleurs ne s'épanouissent plus.

2-6-2-Facteurs internes :

Chapitre III: TROPISME

La croissance du végétal dans un milieu "anisotrope" = les facteurs n'ont pas les mêmes valeurs sur toutes les parties de la plante.

I-Définition orientation d'un organe, déclenchée par un facteur du milieu, ce facteur étant inégalement représenté dans le milieu. La réaction de l'organe est souvent une courbure.

1. Phototropisme

la tige n'est pas sensible au sens des rayons lumineux, mais à la différence d'éclairement.

radiations les + efficaces : bleu aux UV

intensité : 20 à 100 lux

facteur interne : auxine (test : extrémité de coléoptile sur gélose, une plaque de mica sépare la partie éclairée de la partie moins éclairée, on mesure la qté d'auxine sur les 2 parties de la gélose : au début, 50 / 50 %, ensuite + / -).

Les tiges ont un phototropisme positif, les racines un phototropisme négatif.

Le phototropisme résulte d'une inégale répartition de l'auxine : la lumière détruisant l'auxine, il y a donc plus d'auxine du côté moins éclairé = croissance plus importante des tiges, croissance moins importante des racines.

2. Géotropisme

stimulus = pesanteur

tiges : géotropisme négatif

racines : géotropisme positif

3. Thigmotropisme

stimulus : contact avec un support (thigmo = toucher)

4- Corrélation morphogénétique:

Dans une plante, le développement d'un organe ne dépend pas seulement des conditions ambiantes et de ses potentialités propres, mais largement du fonctionnement des autres organes. Cette dépendance entre deux organes différents est une corrélation .

Exemples :

– l'appareil racinaire influe sur l'appareil aérien en lui fournissant l'eau et les sels minéraux, mais aussi en synthétisant une substance, la cytokinine qui diffuse vers le lieu d'action ; tout ça en plus de son rôle d'organe de réserve (le seul et l'unique).

– Réciproquement, l'appareil aérien influence le développement du système racinaire qui reçoit non seulement les produit de le photosynthèse, mais aussi des substances oligodynamiques nécessaires à son métabolisme telles que les vitamines.

–Il y a corrélation entre bourgeons sous forme de compétition trophique, mais il existe une corrélation plus marquée traduite par la dominance apicale par laquelle le bourgeon situé à l'apex d'un rameau inhibe le développement des bourgeons axillaires sous jacents.

– Les organes végétatifs et les organes reproducteurs sont en corrélation ; il faut un développement suffisant des premiers pour qu'il y ait mise à fleur. Mais au-delà d'un certain seuil, il y a un certain antagonisme entre les développements végétatif et floral (d'où nécessité des tailles).

Ces exemples nous montrent qu'il existe deux types de corrélation qui peuvent être positives ou négatives

