



LE BLÉ, UNE PLANTE MODÈLE POUR ÉTUDIER LA BIOLOGIE VÉGÉTALE AU LYCÉE

Claire Casnin, Jean-François Madre, Hervé
Levesque

(enseignants-associés à l'Ifé-ENS de Lyon)



I - DE LA GRAINE À LA PLANTE ADULTE

Le Blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée

Le grain de blé

A propos du grain de blé et des autres céréales, Camille Moule (1980) a écrit : « Elles apportent sous un petit volume, une matière première très riche en calories, facilement transportable et conservable. Elles constituent un aliment concentré. »

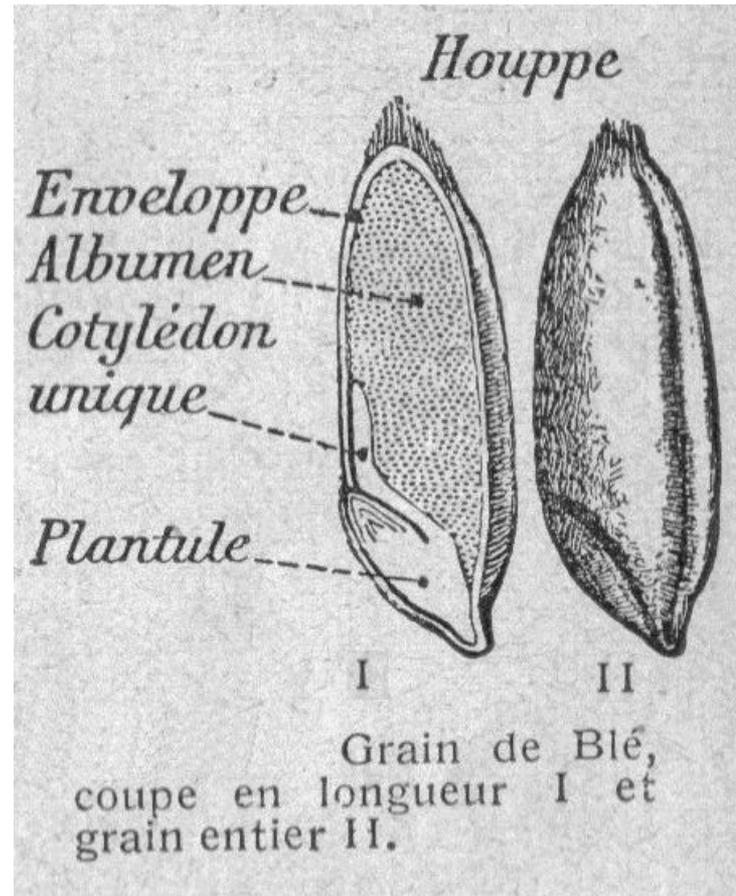


L'anatomie du grain de blé

La houppe est le reste du stigmate.

L'enveloppe comprend des tissus d'origine maternelle (provenant du fruit, essentiellement l'enveloppe externe du fruit, le péricarpe, les autres tissus ayant été digérés lors du développement du grain, ce qui fait du grain de blé un caryopse).

L'albumen contient les réserves, essentiellement amylacées.

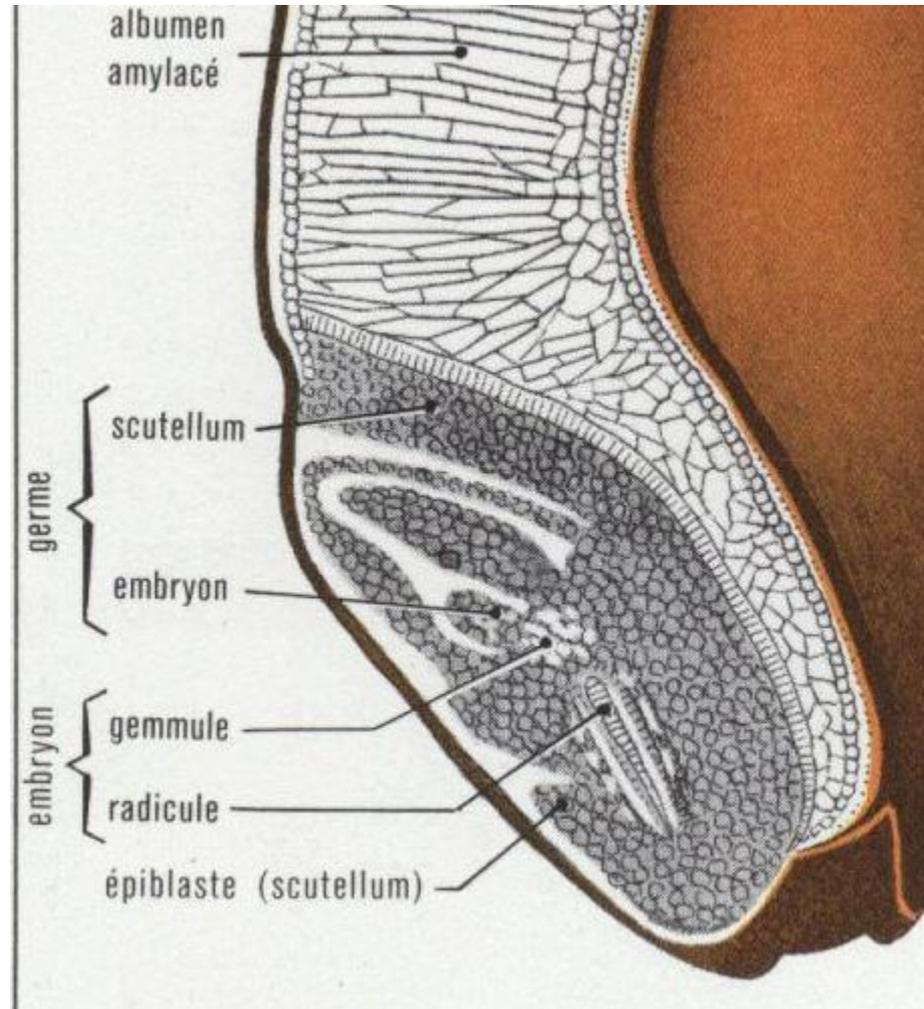


<http://environnement.ecole.free.fr>

L'anatomie du grain de blé

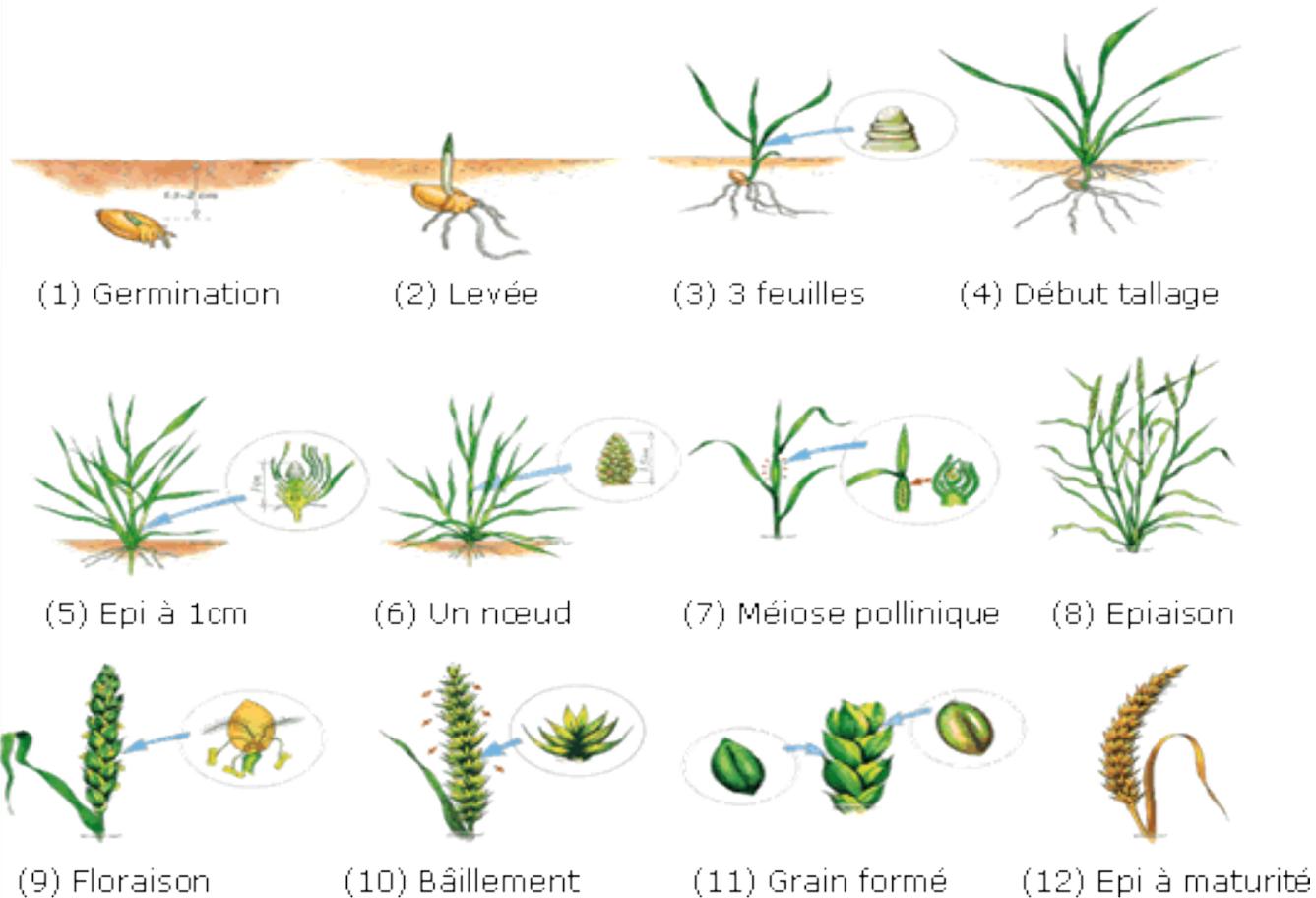
Le cotylédon unique (la plante est une angiosperme monocotylédone, dont la graine ne comporte qu'un seul cotylédon), est appelé le scutellum.

La plante en miniature, la plantule, est également appelée germe ou embryon.



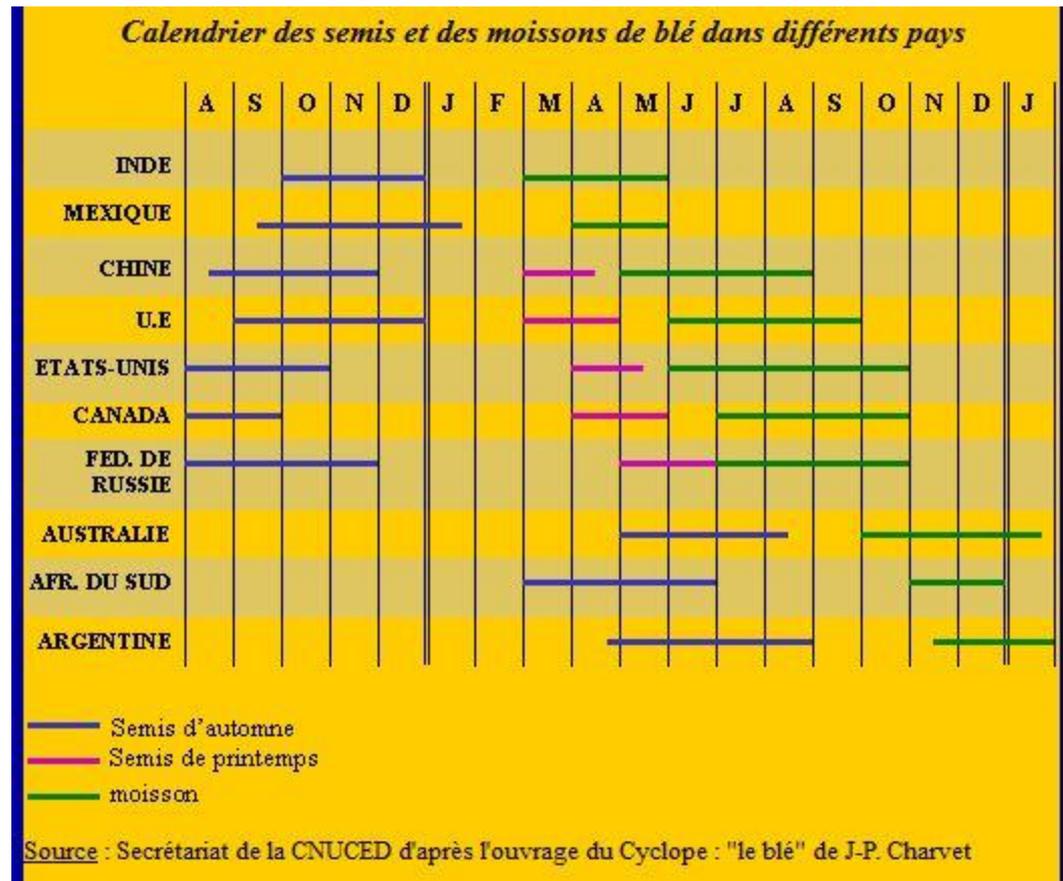
Le cycle de développement

Il faut une centaine de jours environ pour réaliser un cycle de développement complet de graine à graine, et donc passer d'une génération à la suivante, chez le blé.



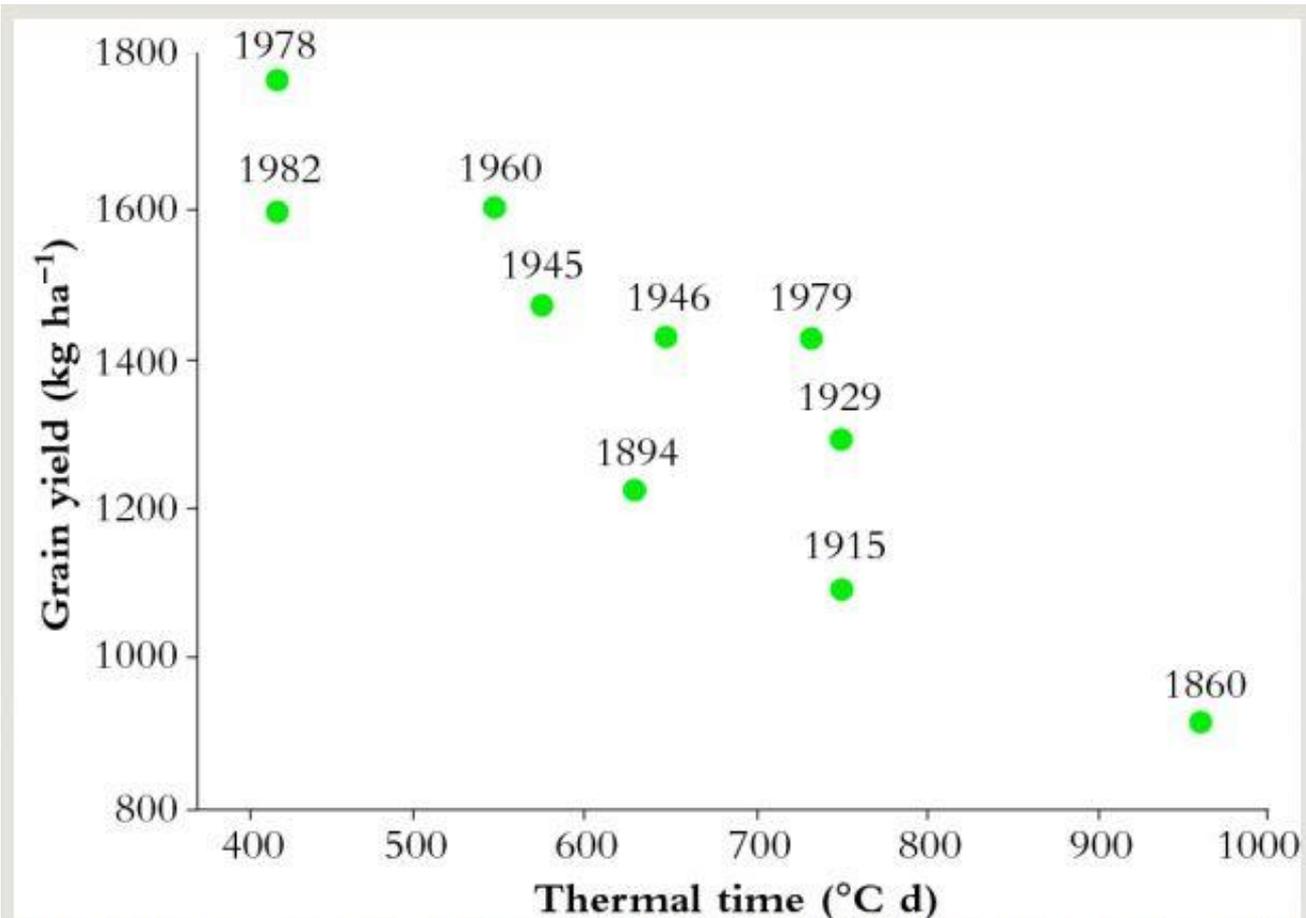
Le cycle de développement

Le cycle est un peu plus long pour un blé d'hiver semé en automne.



Le cycle de développement

La durée du cycle de développement tend à se réduire chez les variétés sélectionnées modernes.



A practical consequence of early flowering. Selection of Western Australian wheat varieties of higher yield over the past century has been highly successful, and associated with a reduction in thermal time (in degree-days, °C d) to the first stage of the flowering process. (Redrawn from Richards 1991)



LA GERMINATION

- Les conditions requises étant réalisées (température, humidité, etc.), le grain de blé va germer

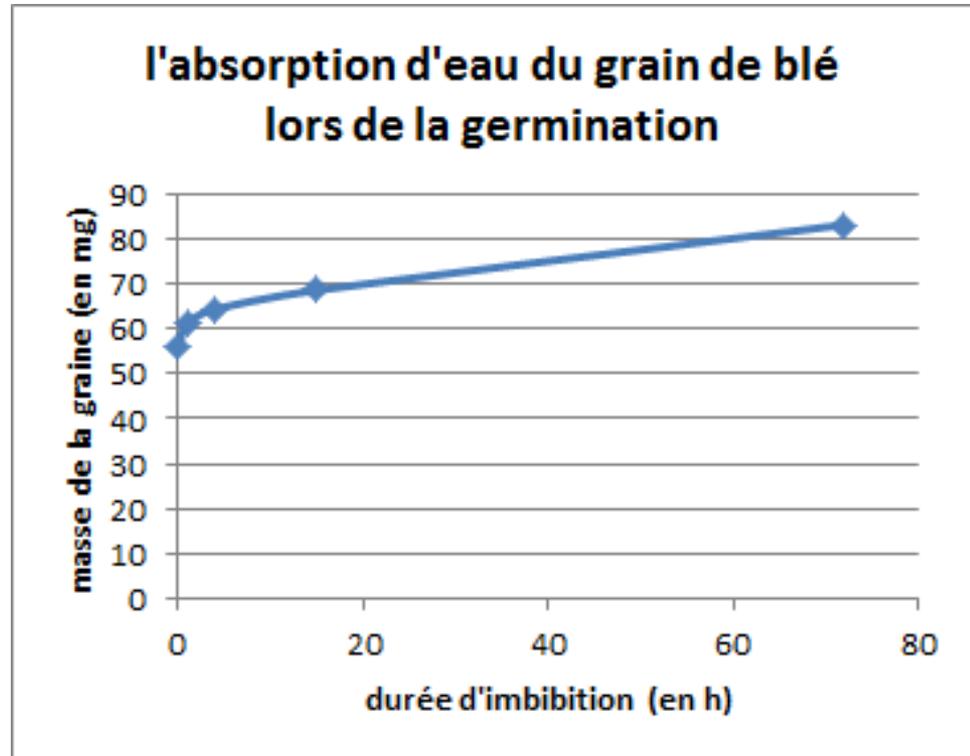
Un traitement préalable par le froid est parfois nécessaire, c'est la levée de dormance.

Condition obligatoire pour les blés dits d'hiver qui sont semés en automne.



La germination

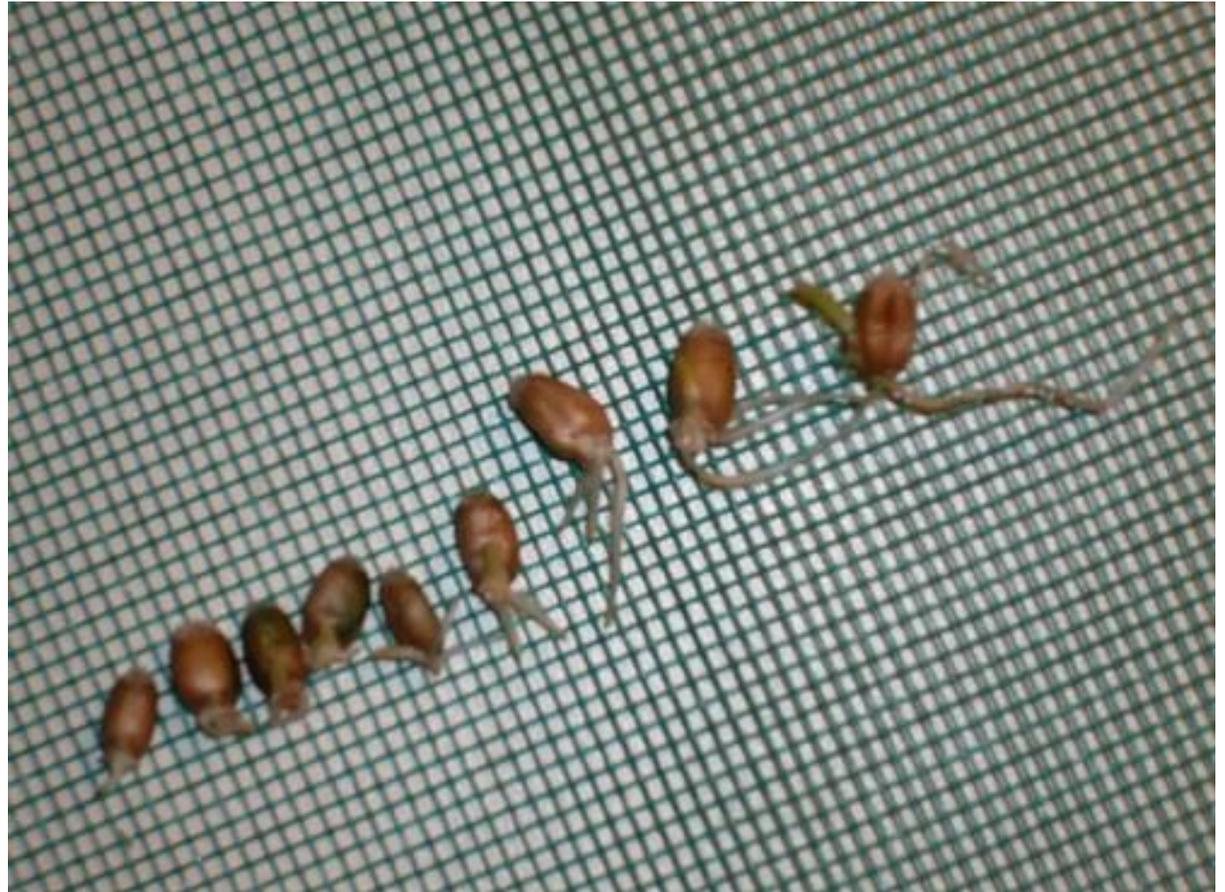
Le grain à l'état sec (seulement 10 à 15% d'eau) doit tout d'abord se procurer l'eau nécessaire à sa reprise d'activité, c'est l'imbibition.



[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

La germination

Quelques jours plus tard apparaît la première manifestation importante de la jeune plante en développement, une sorte d'acte de naissance : le pointement de la radicule (la jeune racine déjà présente dans l'embryon).



[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

La germination

Toutefois, chez le blé le pointement de la radicule n'est pas aussi nettement séparé du pointement de la tigelle (ou gemmule) comme on peut l'observer chez d'autres espèces.



b787384 [RM] © www.visualphotos.com

La germination

Enfin, dans les conditions du champ cultivé, tout cela se produit sous la surface et ne devient visible que lorsque la tigelle (jeune tige feuillée, elle aussi déjà présente dans l'embryon) va émerger (c'est le stade de la levée).



michelc.overblog.com



LE DÉVELOPPEMENT PRÉCOCE

De la graine à la plante adulte

Un suivi de croissance sur 1 mois



Hervé Levesque, laboratoire de SVT, Lycée JP Vernant, Sèvres (92)



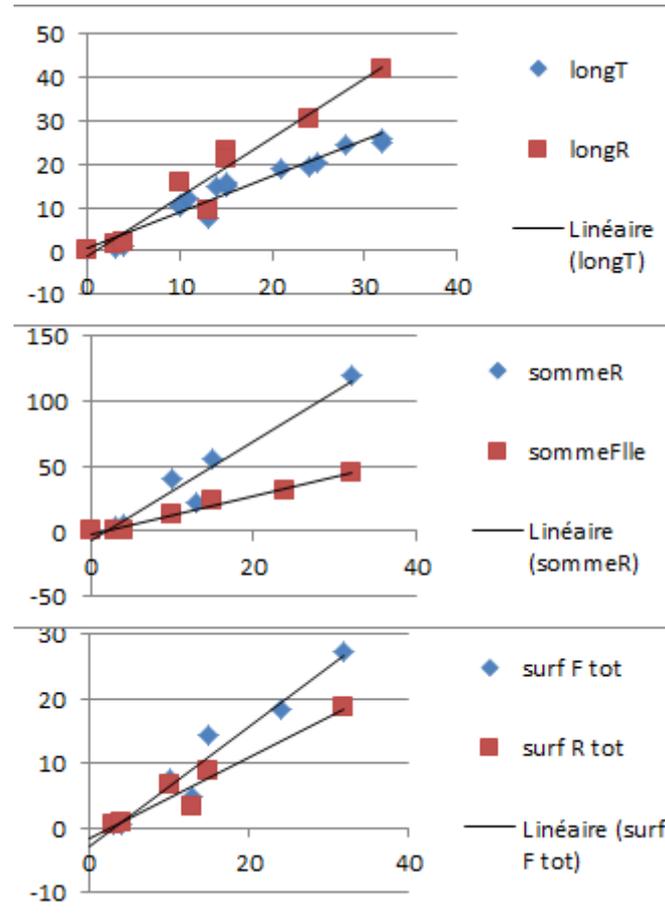
L'ANCRAGE AU SOL

De la graine à la plante adulte

Primauté donnée à la racine

Un acte essentiel pour la plante est de s'accaparer un coin de terre pour s'y ancrer et s'y nourrir, les réserves contenues dans la graine n'étant pas illimitées!

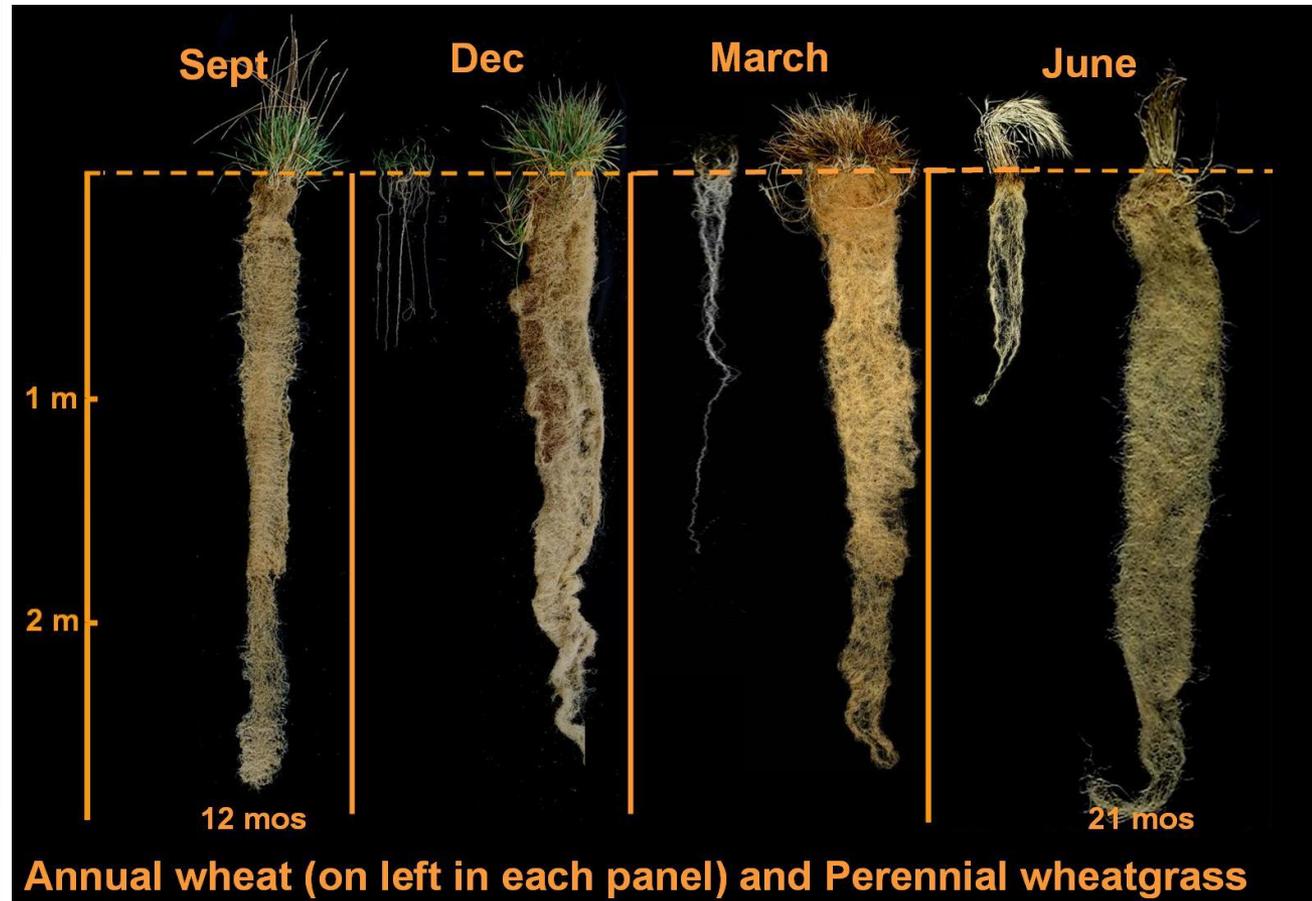
Sa croissance est alors plus importante que celle de la tige feuillée : croissance plus importante en longueur, en ramification, en surface...



[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

L'ancrage au sol

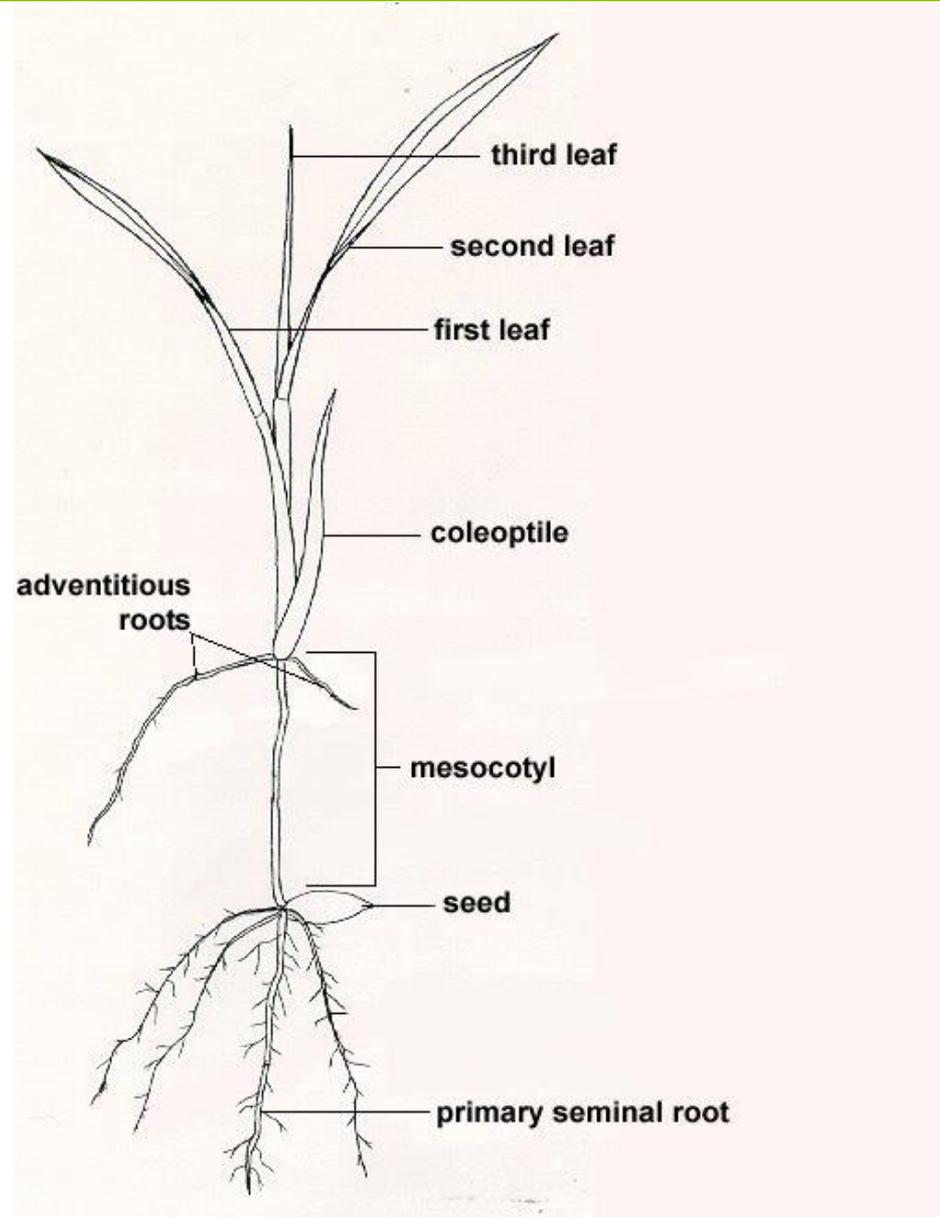
L'importance de l'enracinement ressort tout particulièrement si l'on compare une Poacée annuelle comme le blé à une Poacée pérenne.



Jerry Glover, en.wikipedia.org

L'ancrage au sol

Pour optimiser son enracinement le blé dispose d'un double système, les racines séminales (associées à la graine) et les racines adventives (associées au collet). En outre, ultérieurement au stade du tallage de nouvelles racines s'ajouteront pour accroître l'emprise de la « touffe » herbacée.





L'ABSORPTION RACINAIRE

- Outre la fonction d'ancrage au sol, la racine exerce une fonction d'absorption des éléments minéraux (eau, gaz et ions minéraux dissous)

L'absorption racinaire

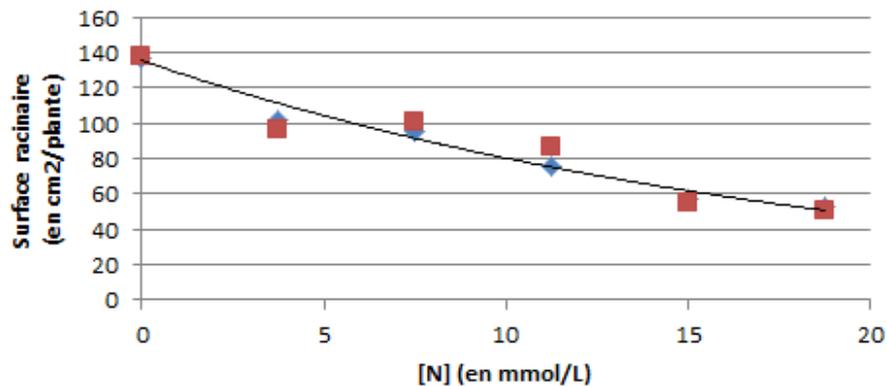
Un élément minéral essentiel pour la plante est l'azote. Son absorption peut être mise en évidence à l'aide d'un indicateur coloré, ici le Rouge de Méthyle : l'ion nitrate est absorbé via un cotransport avec $2H^+$; le résultat est une alcalinisation du milieu (l'absorption de l'ion ammonium conduit à l'inverse à une acidification).



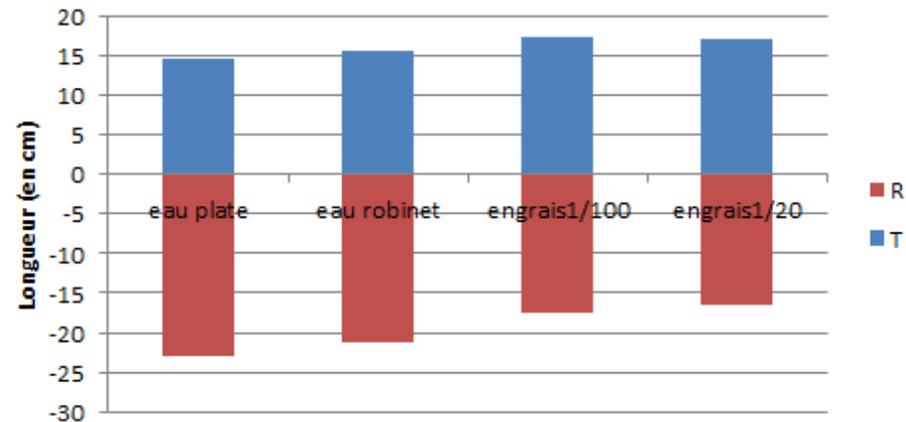
[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

Cultivé en présence d'une concentration élevée en azote, la plante modifie son développement et réduit la taille de son appareil racinaire.

Effet de l'azote sur le développement racinaire de deux variétés de blé tendre (d'après Shangguan et al 2004)



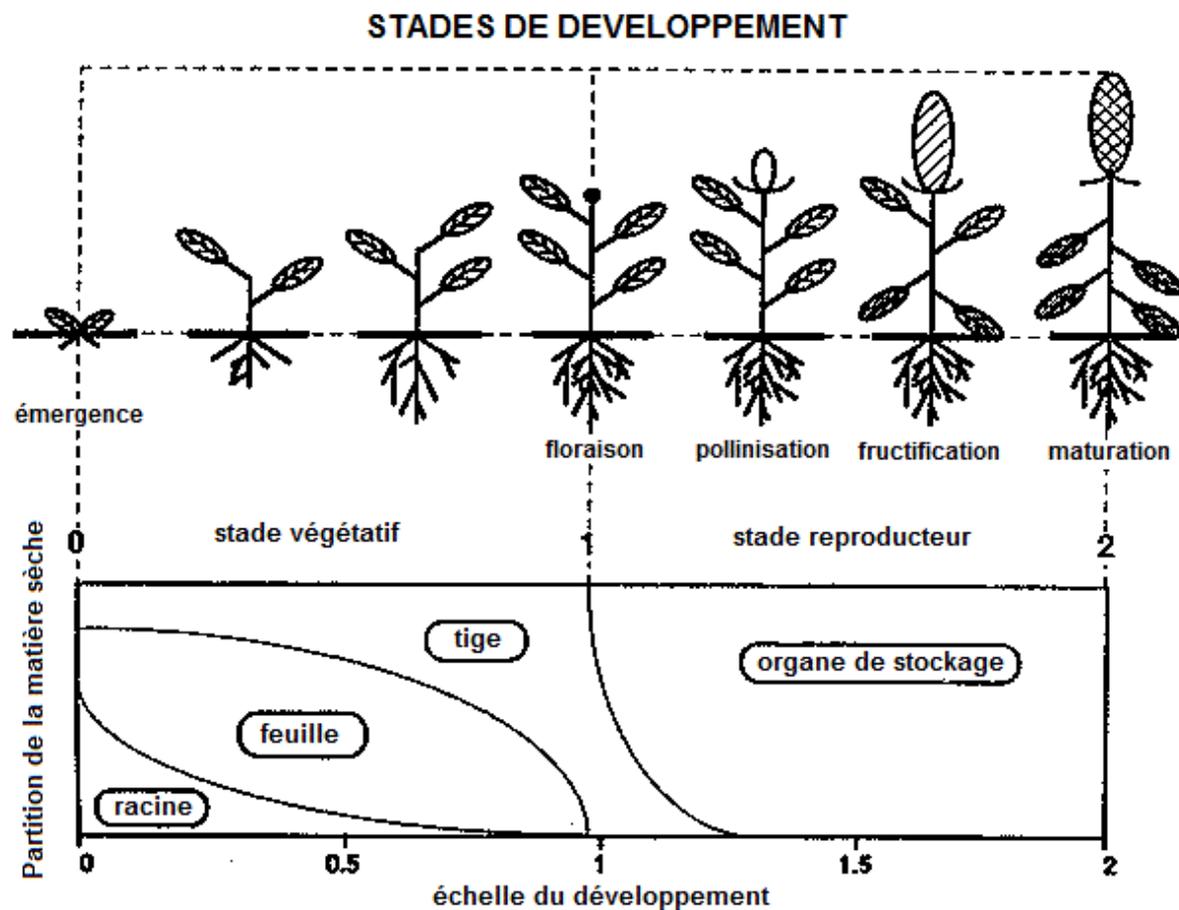
Effet de l'azote sur la croissance du blé (cultures âgées de 15 j)



[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

L'allocation de ressources

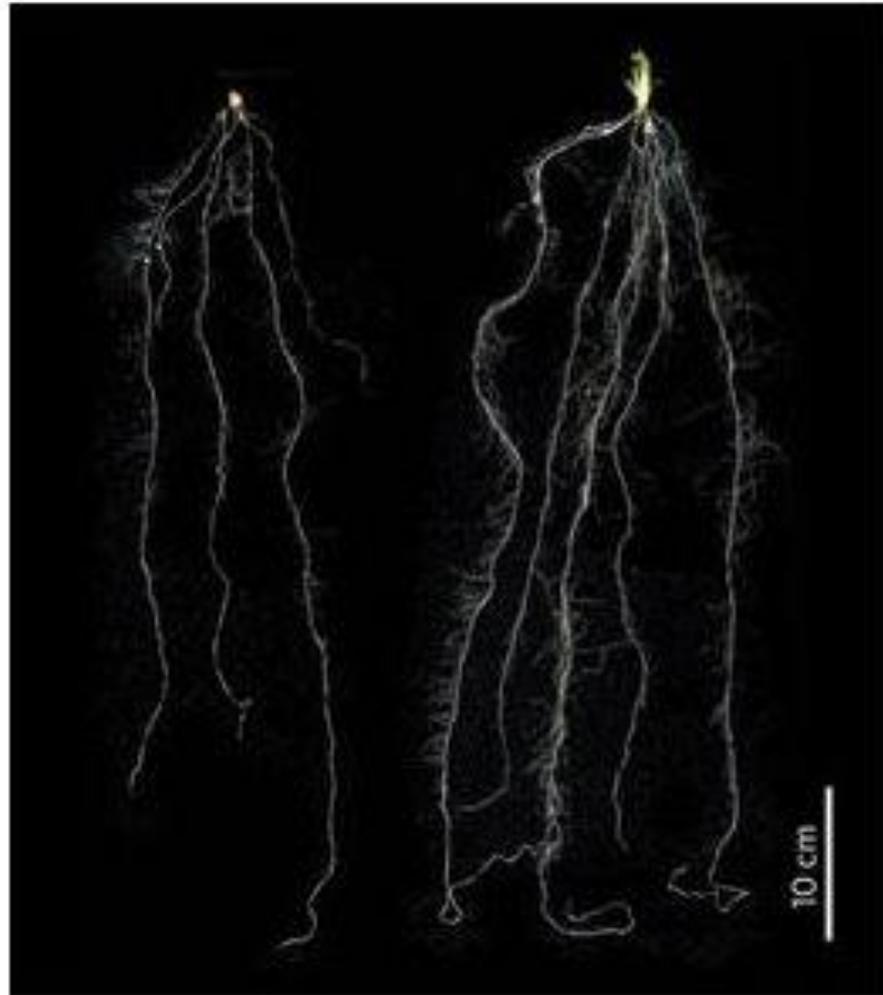
L'allocation de biomasse aux différents organes de la plante au cours de son cycle se traduit pour l'appareil racinaire par une réduction progressive de la biomasse au bénéfice de l'appareil aérien.



Stades de développement et évolution de la répartition de la matière sèche au cours du cycle d'une culture. (D'après Lovenstein et al., 1995)

De nouveaux enjeux pour les racines

La réduction de l'appareil racinaire est aussi une caractéristique de variétés sélectionnées modernes dont la performance est alors dépendante d'apports en azote élevés et de traitements herbicides pour éliminer la concurrence des « mauvaises herbes ». Une tendance inverse est en train de se dessiner au vu des nouveaux enjeux d'une agriculture plus durable.



A wheat line with increased root growth (right) is being tested for higher yield.

M. Watt, CSIRO



L'ACQUISITION DE L'AUTOTROPHIE

- La confrontation des données de morphologie et de croissance permet de préciser le stade où la plante passe d'un régime hétérotrophe (le développement de l'organisme dépendant des réserves de l'albumen) à un régime autotrophe (grâce à la mise en place de l'appareil photosynthétique).

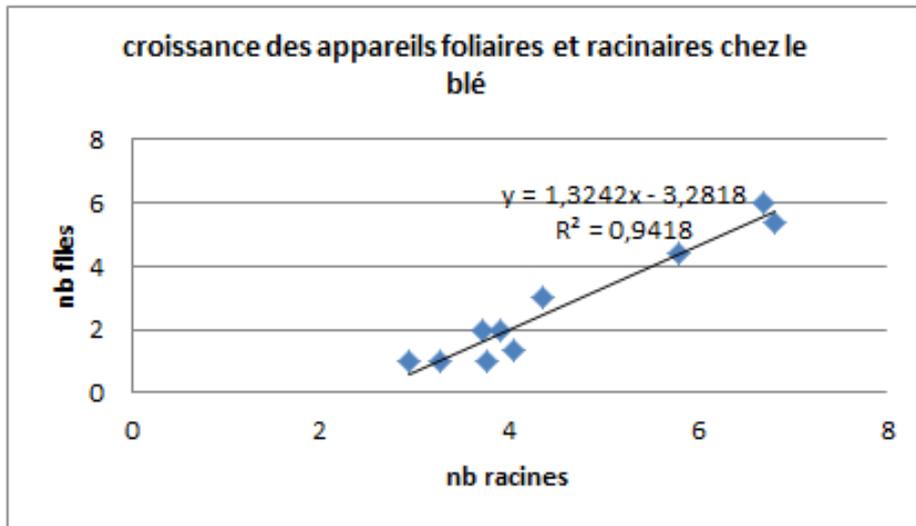
Le « temps de la feuille »

La tige feuillée va rattraper son retard et mettre en place l'appareil photosynthétique.

Pour une croissance en longueur comparable, la feuille qui exploite une géométrie plane produit une plus grande surface que la racine qui exploite une géométrie de cylindre :

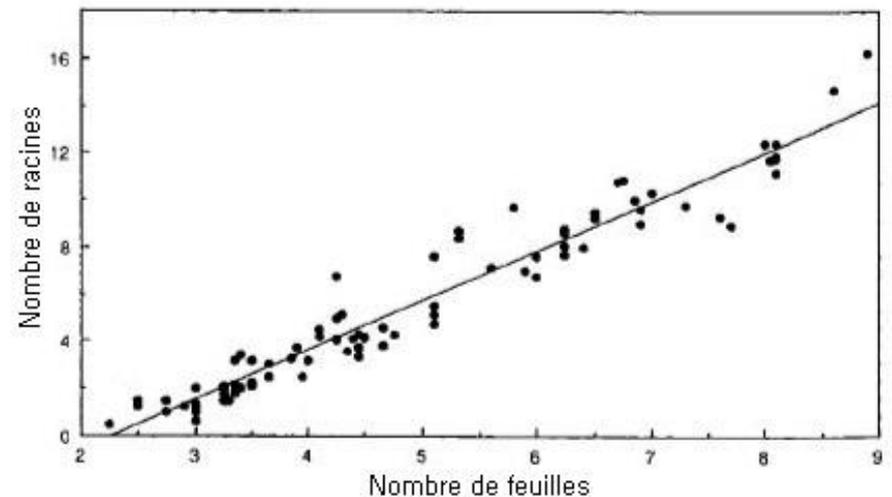
- ✓ **la racine peut être assimilée à un cylindre dont le diamètre moyen est à ce stade approximativement 0,5 mm ;**
- ✓ **formule de la surface d'un cylindre $S = 2 \pi R h$, R rayon moyen des racines, h longueur totale des racines (L_{rac}) ;**
- ✓ **Surface file = $2 \times L_{file} \times larg > Surface\ rac = 2 \times \pi \times R \times L_{rac}$, larg étant égal à 3 mm en moyenne à ce stade et R à 0,25 mm ;**
- ✓ **soit exprimé en cm^2 , Surface file = $0,6 L > Surface\ rac = 0,157 L$.**

Avec le calcul précédent, on constate que pour avoir une surface égale, il faudrait 3,8 racines par tige feuillée de même longueur. Les données de la littérature montrent que ce rapport est davantage de l'ordre de 1,5.



[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

Relation entre le nombre de racines et le nombre de feuilles d'un plant de blé



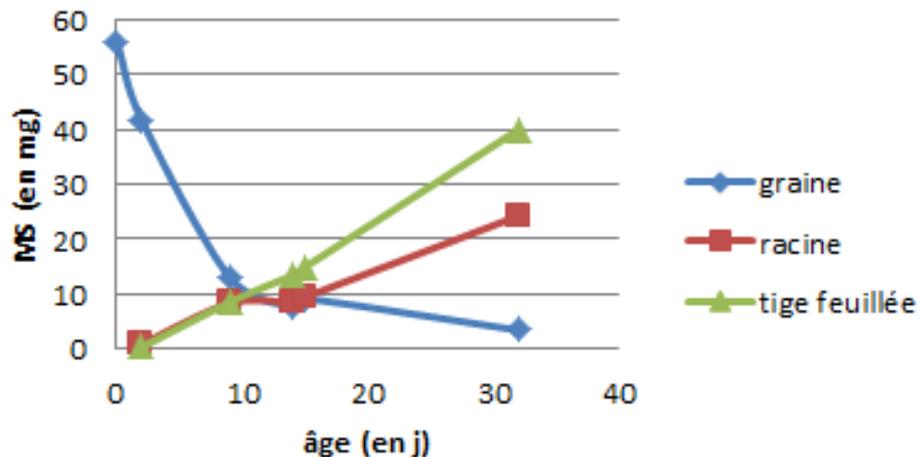
Lovenstein et al 1995

L'acquisition de l'autotrophie

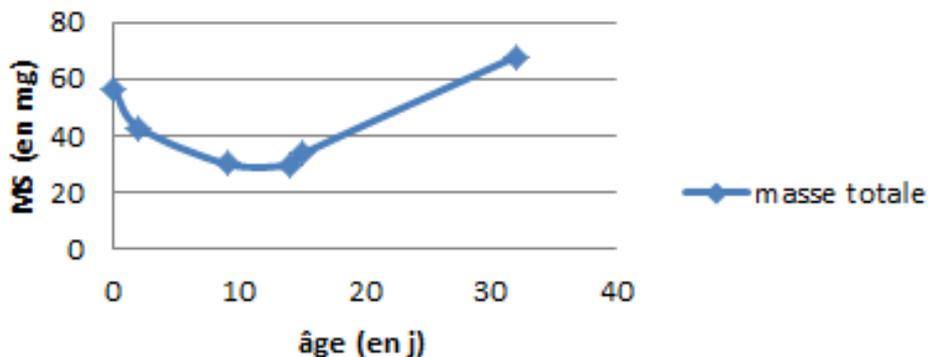
Dans nos conditions, la transition de l'hétérotrophie à l'autotrophie s'opère entre 10 et 15 jours après le semis.

A ce moment, la masse sèche totale augmente alors qu'elle diminuait depuis la germination.

Dvpt précoce chez le blé



Dvpt précoce chez le blé

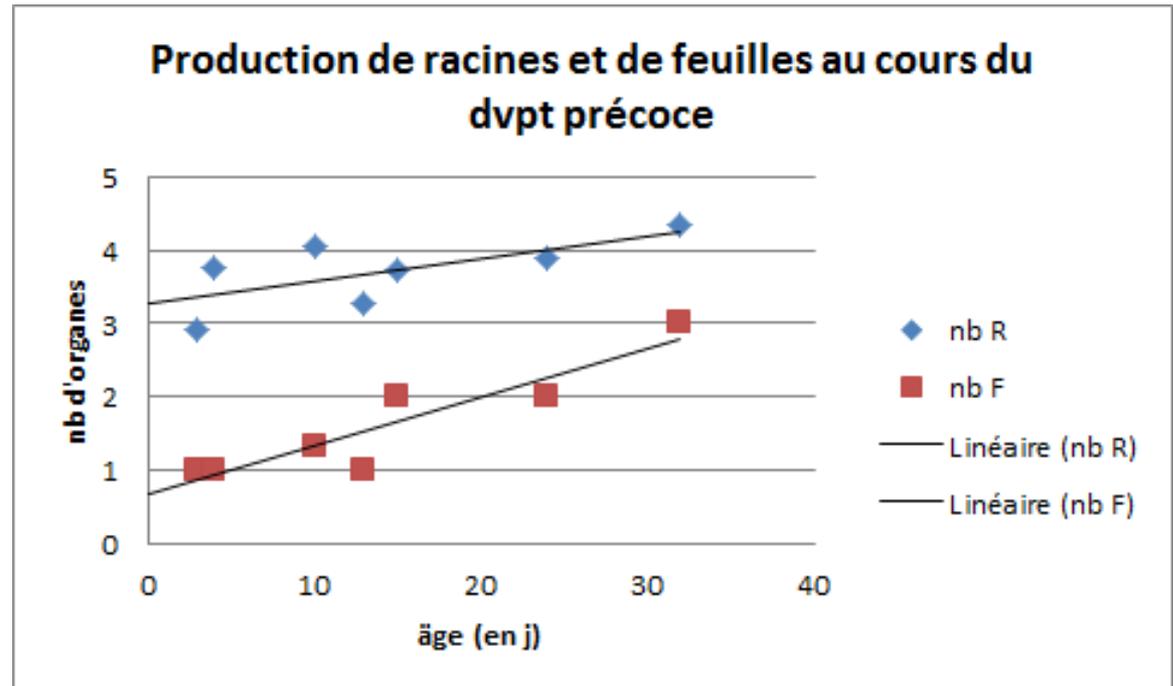


[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

L'acquisition de l'autotrophie

La plantule possède alors 1 à 2 feuille(s). L'autotrophie n'est donc pas acquise dès la première feuille.

Dès lors la plantule est autonome. La graine dont le contenu n'est pas tout à fait totalement épuisé finit par se détacher.



[Hervé Levesque, Ifé-ENS Lyon]

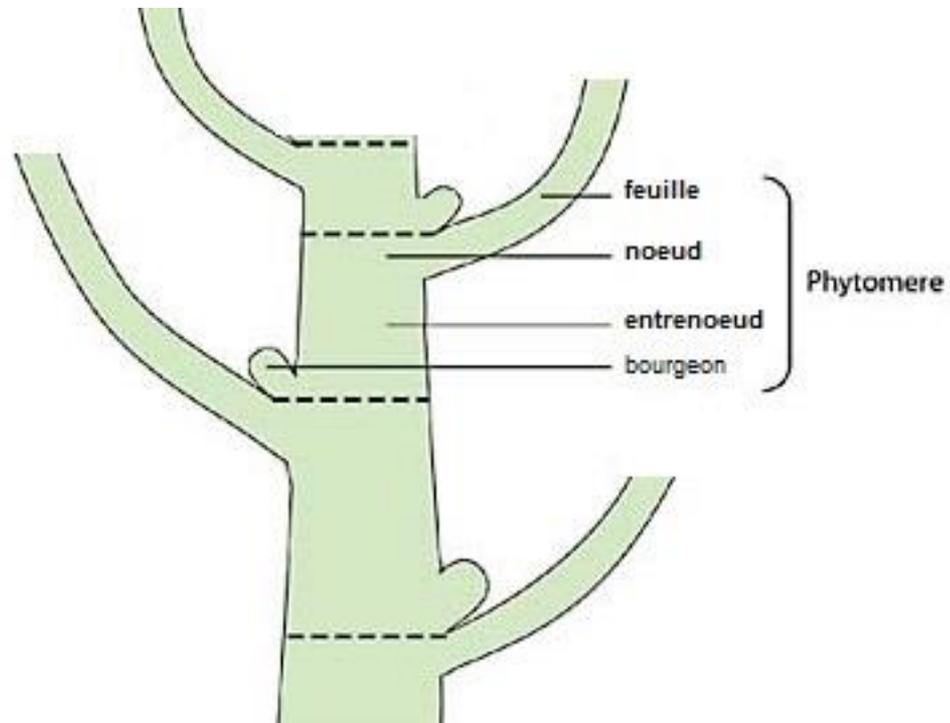


LE DÉVELOPPEMENT AÉRIEN

De la graine à la plante adulte

L'unité de végétation

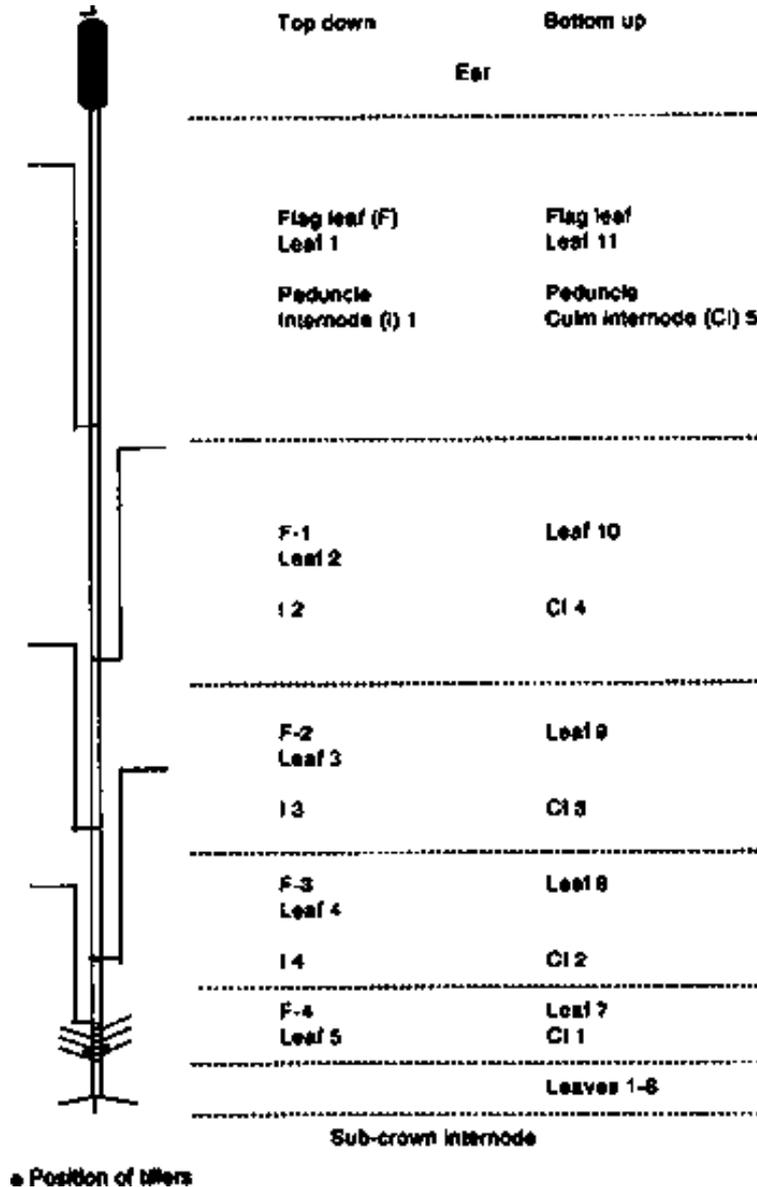
La tige feuillée est une structure métamérique constituée d'une unité de construction appelée phytomère. Elle comprend un nœud au niveau duquel se trouve le méristème, un bourgeon attaché au nœud et un entrenœud assurant l'essentiel de la croissance en hauteur.



Adapté de <http://quizlet.com/13544188/shoots-flash-cards/>

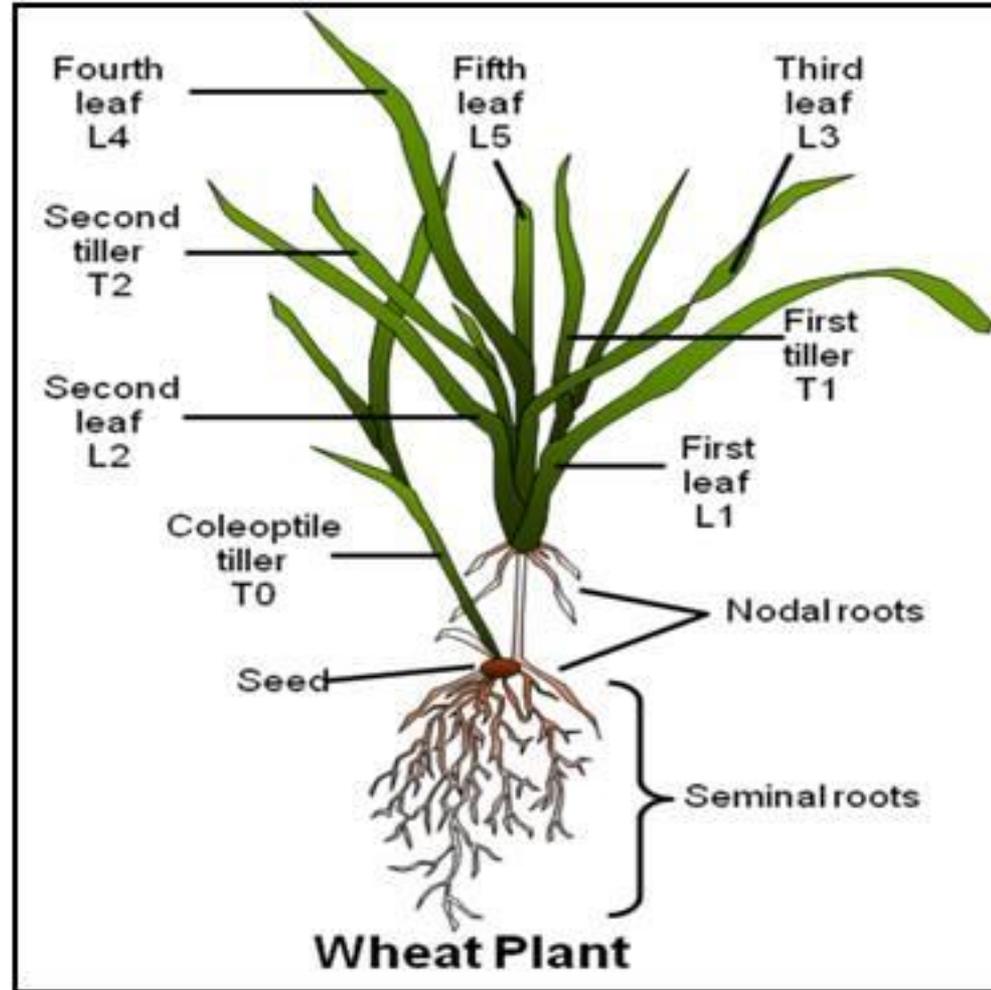
L'appareil aérien

A maturité, un plant de blé possède en général une tige formée d'une douzaine de phytomères dont seule la moitié va subir une élongation et participer ainsi à la « montaison ».



Le tallage

Outre l'axe principal, le plant de blé produit des axes secondaires appelés talles (n. f.). Les bourgeons des premiers nœuds (essentiellement ceux qui ne participent pas à la montaison) vont produire de nouveaux rameaux végétatifs qui pourront à leur tour en donner des nouveaux, d'où des talles tertiaires voire quaternaires...



D'après Rickman and Klepper, USDAARS, Pendleton

L'appareil aérien

Cette propriété de tallage intéressante dans les conditions naturelles pour affronter la compétition d'autres plantes est peu mise à profit pour les cultivars de blé qui produisent le plus souvent 1 à 2 axes secondaires en plus de l'axe principal.



<http://extension.udel.edu>

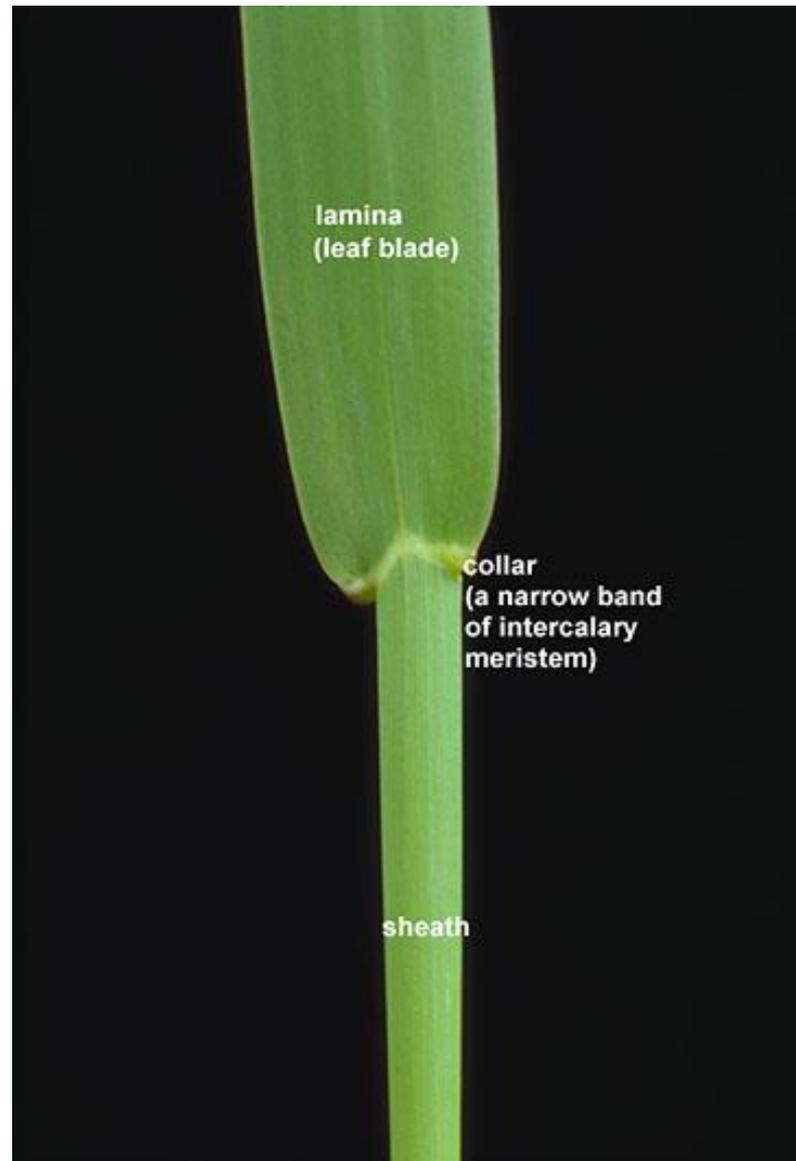


L'APPAREIL PHOTOSYNTHÉTIQUE

De la graine à la plante adulte

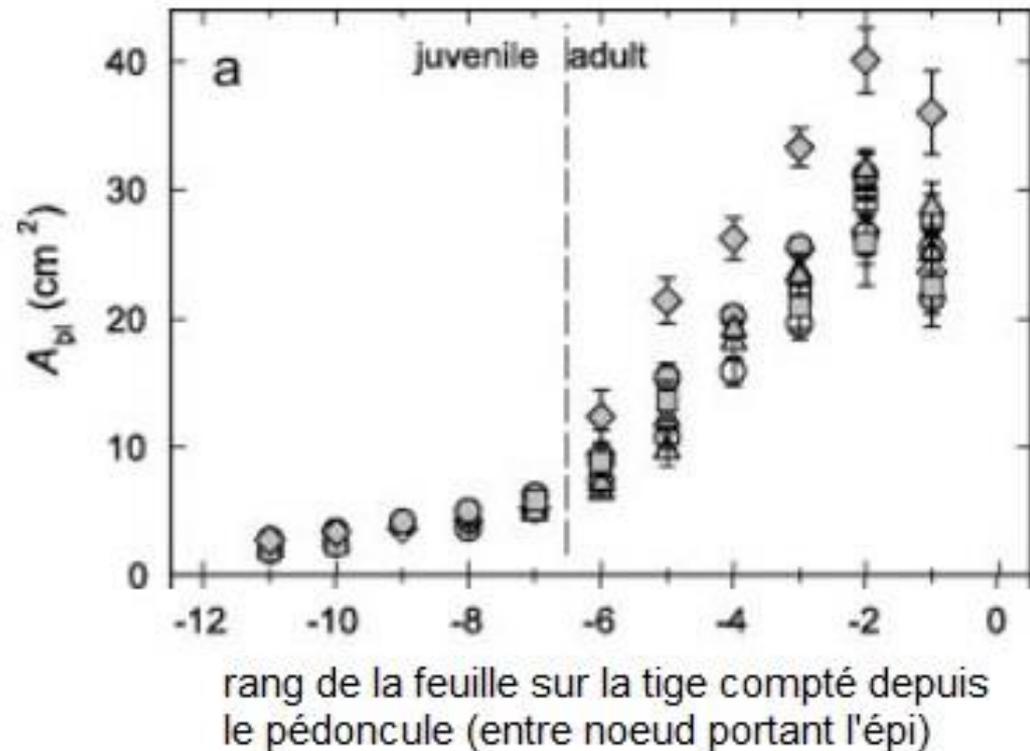
La feuille de blé

La feuille des Poacées est composée de deux parties : une gaine qui entoure la tige et qui, depuis le nœud où elle est fixée, couvre la quasi-totalité de l'entrenœud ; un limbe qui se déploie lorsque la feuille atteint sa taille adulte. A maturité le plant de blé possède une douzaine de feuilles sur l'axe principal et un peu moins pour chaque axe secondaire.



La feuille de blé

La taille de la feuille croît avec sa position sur la tige, la feuille étendard (ou feuille drapeau) étant souvent la plus grande. Elle est d'environ 30 cm², et à maturité le plant de blé dispose d'environ 1,5 à 2 m² de « voilure ».





L'APPAREIL REPRODUCTEUR

De la graine à la plante adulte

La vernalisation

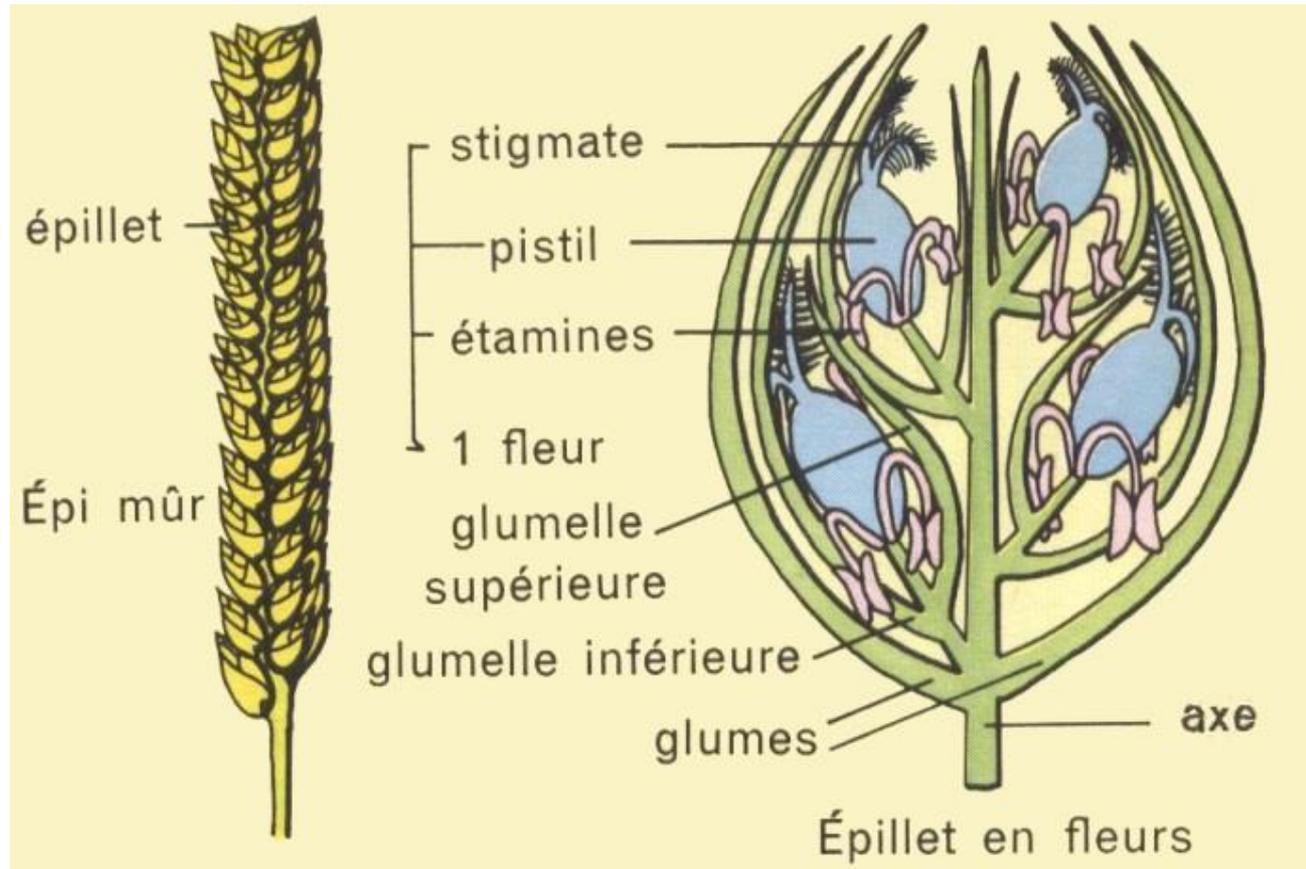
Le froid nécessaire pour lever la dormance de la graine peut l'être aussi pour permettre la transition du stade végétatif au stade reproducteur, traitement appelé vernalisation puisqu'il est acquis au cours de l'hiver.



La fleur du blé

L'épi est une inflorescence c'est-à-dire un ensemble de structures florales (les épillets) regroupées sur un axe appelé rachis.

A l'image de la tige métamérisée, l'épi est une structure métamérique dont l'unité de base, l'épillet, est elle-même constituée de plusieurs fleurs.

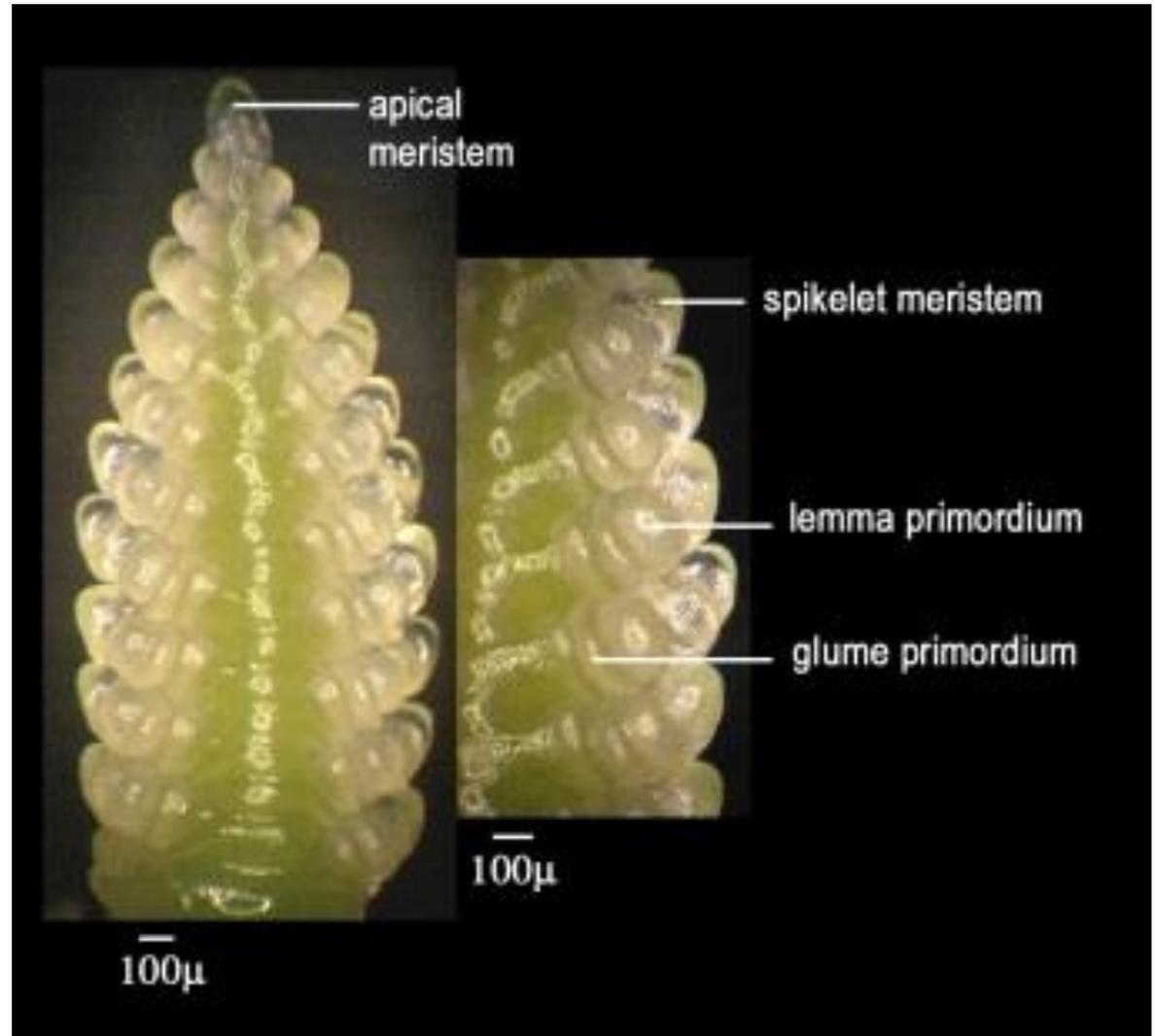


d'après un manuel scolaire

La fleur du blé

Un épi peut comporter d'une dizaine jusqu'à près de 40 épillets par épi, chacun pouvant renfermer jusqu'à 5 à 6 fleurs fertiles, soit un potentiel de plus de 200 grains par épi. En outre le nombre d'ébauches d'épillets comme de fleurs est encore bien plus élevé! Toutefois, en pratique, on observe tout au plus 80 à 90 grains par épi, et en moyenne entre 30 et 60.

[www.wheatbp.net]



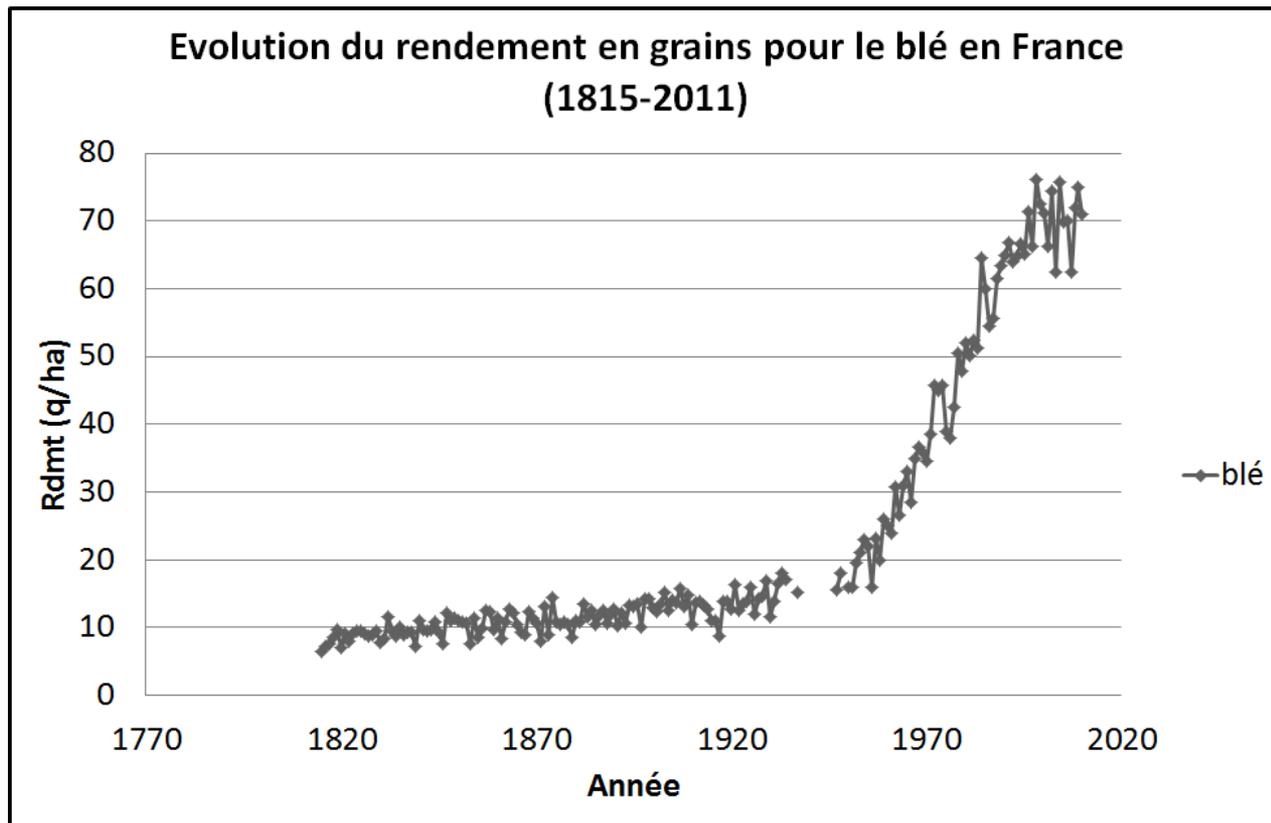


LA PRODUCTION DE GRAINS DE BLÉ

De la graine à la plante adulte

La production de grains de blé

Les rendements du blé n'ont pas cessé de croître tout au long des dernières décennies.

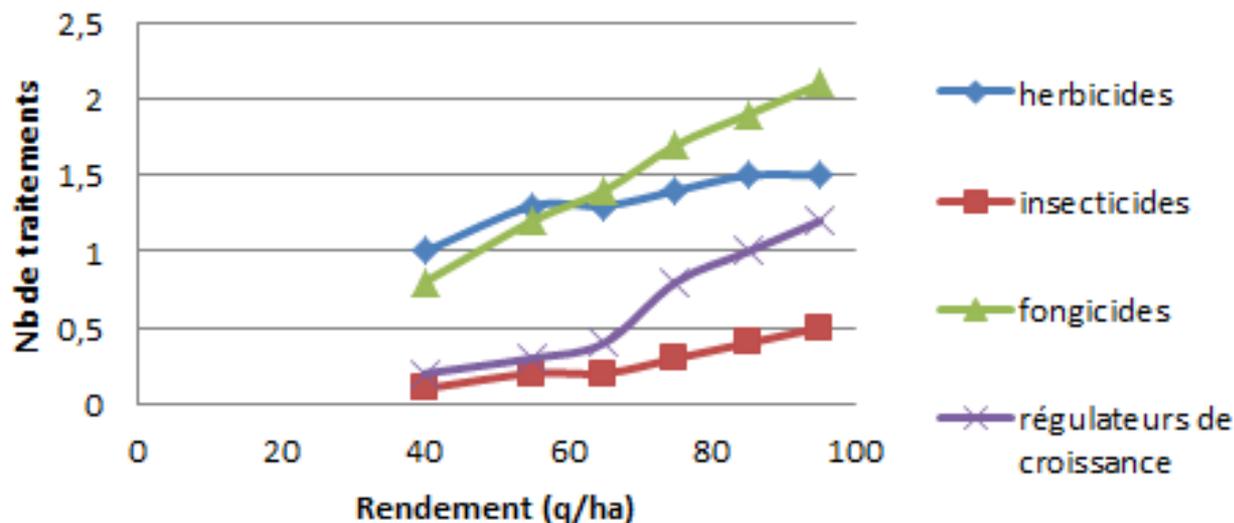


Compilation de données en particulier **Journal de la société statistique de Paris**, tome 77 (1936), pp.4-83

La production de grains de blé

Ces gains de rendement résultent de la mécanisation de l'agriculture, du travail du sol, des amendements, de l'emploi d'engrais, en particulier chimiques, et des traitements phytosanitaires. Mais aussi, et surtout, de l'amélioration génétique.

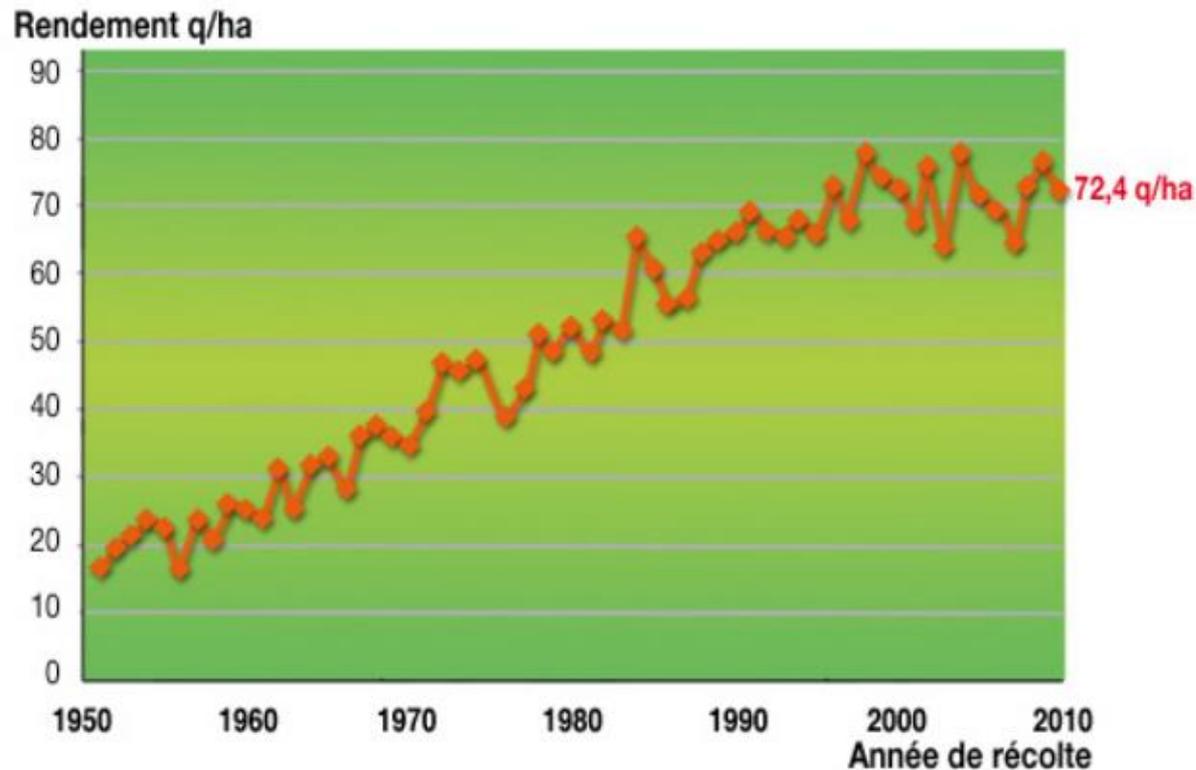
Application de phytosanitaires et rendement en grain du Blé



d'après Agreste Primeur N°210 mai 2008

La production de grains de blé

Toutefois des gains de rendements plus faibles sont apparus ces dernières années, ce qui soulève des inquiétudes dans la communauté des agronomes.





II - DE LA GRAINE À LA FARINE ET AU PAIN

Le Blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée