



Ecophysiologie de la production végétale l'exemple du blé

B. Bodson, A. Falisse¹

PROBIO-REVUE, 19 (1996), n° 1-2

1. Introduction

La production végétale choisie comme exemple est celle du blé. Le terme "blé" est utilisé pour désigner la céréale principalement consommée par les hommes dans une région donnée.

Dans nos régions, il s'agit du froment "*Triticum aestivum*" et plus particulièrement du froment d'hiver qui occupe la terre pendant neuf à dix mois.

Cette plante est cultivée pour sa graine riche en amidon et en protéines (gluten).

La production de froment d'hiver est réalisée en plein champs, la culture est pratiquée soit dans des exploitations agricoles produisant uniquement de grandes cultures, soit dans des exploitations dites mixtes où se mêlent productions animales et végétales.

Un champ de blé est un monde vivant. Les plantes de blé s'y développent (vont progressivement passer par des stades différents, végétatifs dans un premier temps, puis de reproduction par la suite) et y croissent (produisent et accumulent de la matière). Elles se partagent l'espace et les ressources avec la faune et la flore du sol, la flore adventice (mauvaises herbes), de nombreux insectes et animaux ainsi que des champignons, bactéries et virus inféodés ou non à la culture.

Le champ est donc un écosystème particulier où l'agriculteur va veiller à ce que les plantes de blé trouvent les meilleures conditions pour se développer et croître; si d'autres espèces se développent exagérément au point de présenter un danger important pour le blé, il met en oeuvre des techniques qui visent à contrôler le développement de cette population.

Le champs n'est heureusement pas un milieu aseptisé où on isole les plantes de blé, loin de là, elles ont besoin de la majorité de ces "cohabitants", notamment pour que les équilibres naturels entre espèces empêchent la multiplication excessive des quelques espèces qui peuvent devenir nuisibles.

2. Besoins de la plante

Pour croître et se développer, le blé, comme toute plante a besoin:

- d'O₂;
- de CO₂;
- de lumière;
- de chaleur;
- d'eau;
- d'éléments nutritifs variés mais notamment de N, P, K (éléments principaux), de Mg, Ca, S (éléments secondaires) de Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B (oligo-éléments).

Ces besoins sont à la fois d'ordre quantitatif mais aussi qualitatif.

¹ I I F R Phytotechnie des Régions Tempérées - F.U.S.A.Gx - Tél. 081/62 21 43 - 62 21 40

3. Description et développement de la plante

3.1 PHASE SEMIS → LEVÉE

Une graine mise dans le sol à l'automne a besoin pour germer:

- d'eau: pour imbiber la semence, déclencher la germination et les processus enzymatiques de mise à disposition du germe des réserves de la graine ainsi que pour fournir l'eau nécessaire à la jeune plantule;
- d'O₂;
- de chaleur: chez le froment d'hiver, le **zéro de croissance** (la température à laquelle l'activité dans la plante est figée) est de 0 °C (chez le maïs: 6°C). Plus la température est élevée, (avec une limite supérieure à ± 30°C) et plus la croissance est rapide.

Lorsque la plante a ces trois éléments en suffisance, le germe va donner naissance à une **tigelle**, appelée **coléoptile** et à cinq **racines primaires** qui vont essentiellement approvisionner la graine jusqu'au stade 3-4 feuilles.

Le coléoptile va se frayer un chemin au travers des mottes de terre pour arriver jusqu'à la lumière. A partir de l'émergence du sol, la **première feuille** va alors grandir et pouvoir, grâce à la photosynthèse, subvenir aux besoins consécutifs à la croissance de la plantule.

Pour que cette phase se déroule correctement, l'agriculteur va devoir déposer les semences:

- dans un sol fait d'un empilement de mottes pas trop grosses pour que le coléoptile puisse se frayer le passage, suffisamment tassées pour que l'eau puisse imbiber la graine par contact avec la terre et par remontée capillaire dans les interstices du sol, mais pas trop entassées pour que les échanges gazeux avec l'atmosphère puissent être maintenus (besoins en O₂ et en chaleur);
- idéalement à 1 ou 2 cm de profondeur.

3.2 DEVELOPPEMENT VEGETATIF

Après la levée, la plante va émettre régulièrement, à partir de son apex, des feuilles (entre 10 et 15 feuilles, selon la date de semis) au rythme d'une chaque fois qu'elle a accumulé une quantité de chaleur équivalente à 100 degrés jours (degré jour reçu=

$$\sum_{i=1}^{i=j} (T_m - T_0)_i, T_m = \text{moyenne de la journée}, T_0 = \text{zéro de croissance}.$$

En même temps que l'émission de la quatrième feuille, à l'aisselle de la première feuille, va se développer à partir d'un bourgeon secondaire, une tige secondaire que l'on appelle **talle** et qui va suivre le même développement que la tige primaire, appelée **maître brin**.

Lorsque ce maître brin a cinq feuilles, il y a émission d'une deuxième talle à l'aisselle de la deuxième feuille, lorsque la première talle a quatre feuilles, apparaît la première talle secondaire à l'aisselle de la première feuille de la talle primaire.

L'apparition de la première talle coïncide avec le développement, à partir de cette zone de bourgeonnement, appelée "**plateau de tallage**", du **système racinaire secondaire** qui, très rapidement, va croître en profondeur et se ramifier pour explorer le sol à la recherche de l'eau et des éléments nutritifs et en particulier de l'azote qui, souvent, est l'élément le plus limitant dans la production.

Le nombre de talles qui va être émis par chaque plante va être dépendant de:

- l'approvisionnement de la plante en lumière, en eau, en éléments nutritifs: à ce

niveau, la concurrence entre les plantes peut être un facteur limitant;

- la durée du processus de tallage.

En effet, à condition que la plante ait été **vernalisée** (c'est-à-dire ait subi des périodes de froid suffisantes) et lorsque la longueur du jour est suffisante (**photopériodisme**), on va assister sur les talles les plus développées à l'élongation des différents **entre noeuds**.

A partir de ce moment, la demande de la culture en éléments nutritifs, en eau, en lumière devient très importante. Entre les différentes tiges, va s'installer une concurrence très vive dont vont émerger le maître brin et une à deux talles par plante dans un peuplement normal de 200 plantes par m².

Le maître brin et les talles primaires ont, alors, un avantage de développement foliaire et racinaire qui leur permet d'asseoir leur **dominance** sur les autres talles qui vont, à partir de ce moment, arrêter leur croissance et régresser.

3.3 LA MISE EN PLACE DES GRAINS

L'inflorescence, ici un épi, va se développer progressivement pendant que la tige va s'allonger. L'**épi** est constitué d'un certain nombre d'**épillet**s (15 à 30) qui sont disposés alternativement sur la tige. Chaque épillet comprend entre ces deux **glumes** deux à six **fleurs** protégées par les **glumelles** dont les organes vont se différencier progressivement pendant leur croissance.

La **méiose pollinique** apparaît en moyenne dix jours avant l'épiaison.

L'**épiaison** est le moment où l'épi émerge de la gaine de la dernière feuille.

La **fécondation** est **autogame** et a lieu en commençant par les épillets du milieu de l'épi et par les fleurs latérales de l'épillet qui ont été les premières formées.

En cas de mauvaises conditions de croissance ou de concurrence trop forte entre tiges, les fleurs des épillets du haut et du bas de l'épi ainsi que les fleurs centrales des épillets peuvent être insuffisamment formées et donc stériles.

Lorsque la fécondation de la fleur a eu lieu, les glumelles s'entrouvrent pour laisser passer les étamines dont le filet s'allonge. C'est ce que l'on appelle la **floraison**.

Le pollen est alors émis des sacs polliniques dans l'atmosphère et peut venir éventuellement féconder (de manière allogame) des fleurs, en principe rares, qui ne l'auraient pas encore été par voie autogame.

Tout cette phase est très critique, elle va en effet déterminer en grande partie le nombre de grains par épi.

Il faut, durant cette période, un rayonnement solaire suffisant. Il ne peut y avoir des températures inférieures à 2 à 4°C sous peine d'inactivation du pollen.

Il faut d'autre part que les plantes trouvent en suffisance eau et azote. Il ne peut pas y avoir trop de concurrence entre les tiges. En fonction des conditions, chaque épi donnera de 25 à 60 grains.

3.4 LE REMPLISSAGE DES GRAINS ET MATURATION

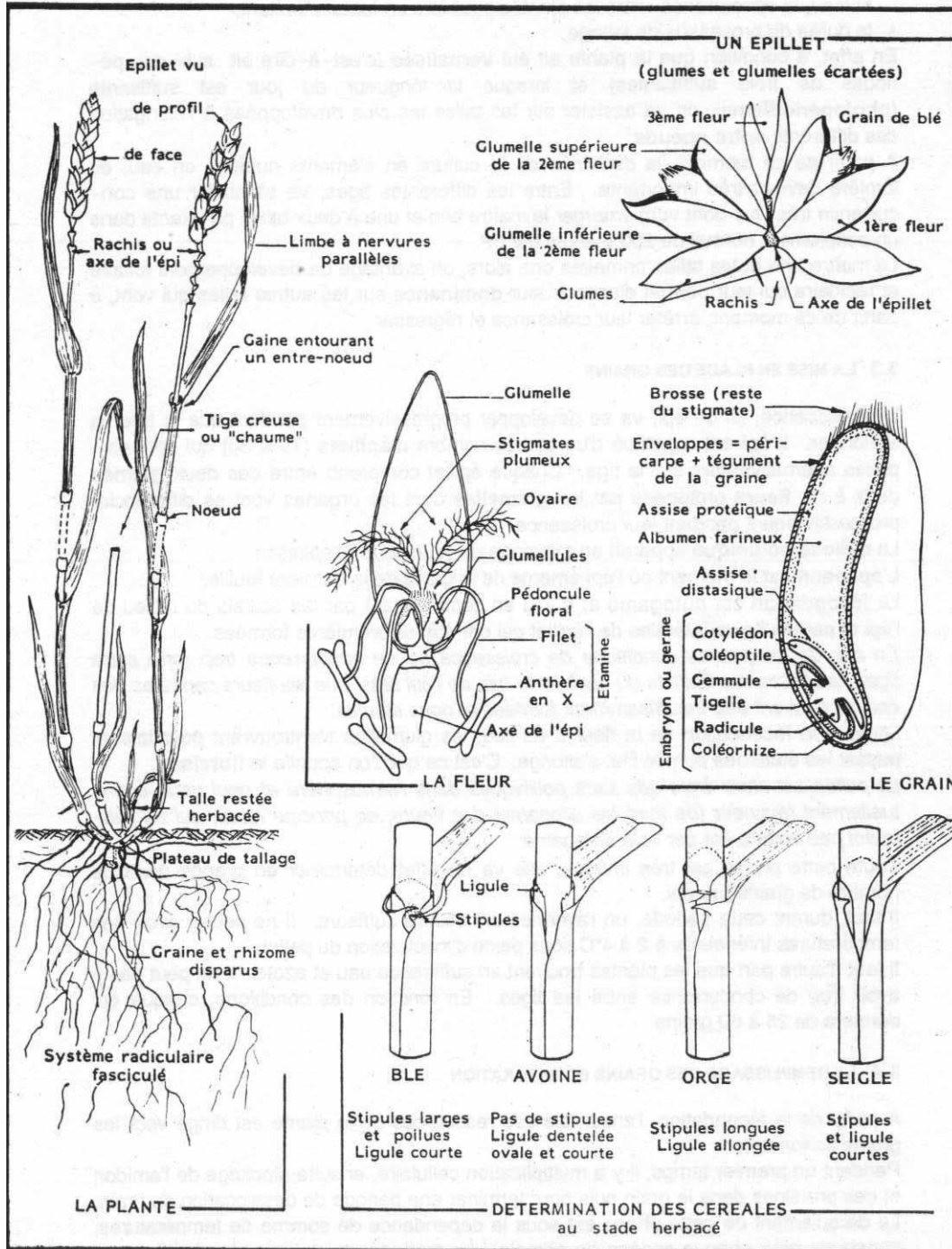
A partir de la fécondation, l'ensemble des ressources de la plante est dirigé vers les grains en formation.

Pendant un premier temps, il y a multiplication cellulaire, ensuite stockage de l'amidon et des protéines dans le grain puis pour terminer une période de dessiccation du grain.

Le déroulement de cette phase est sous la dépendance de somme de températures, constante pour chaque espèce de céréale. La maturité physiologique coïncide avec une teneur en eau moyenne de 40 %.

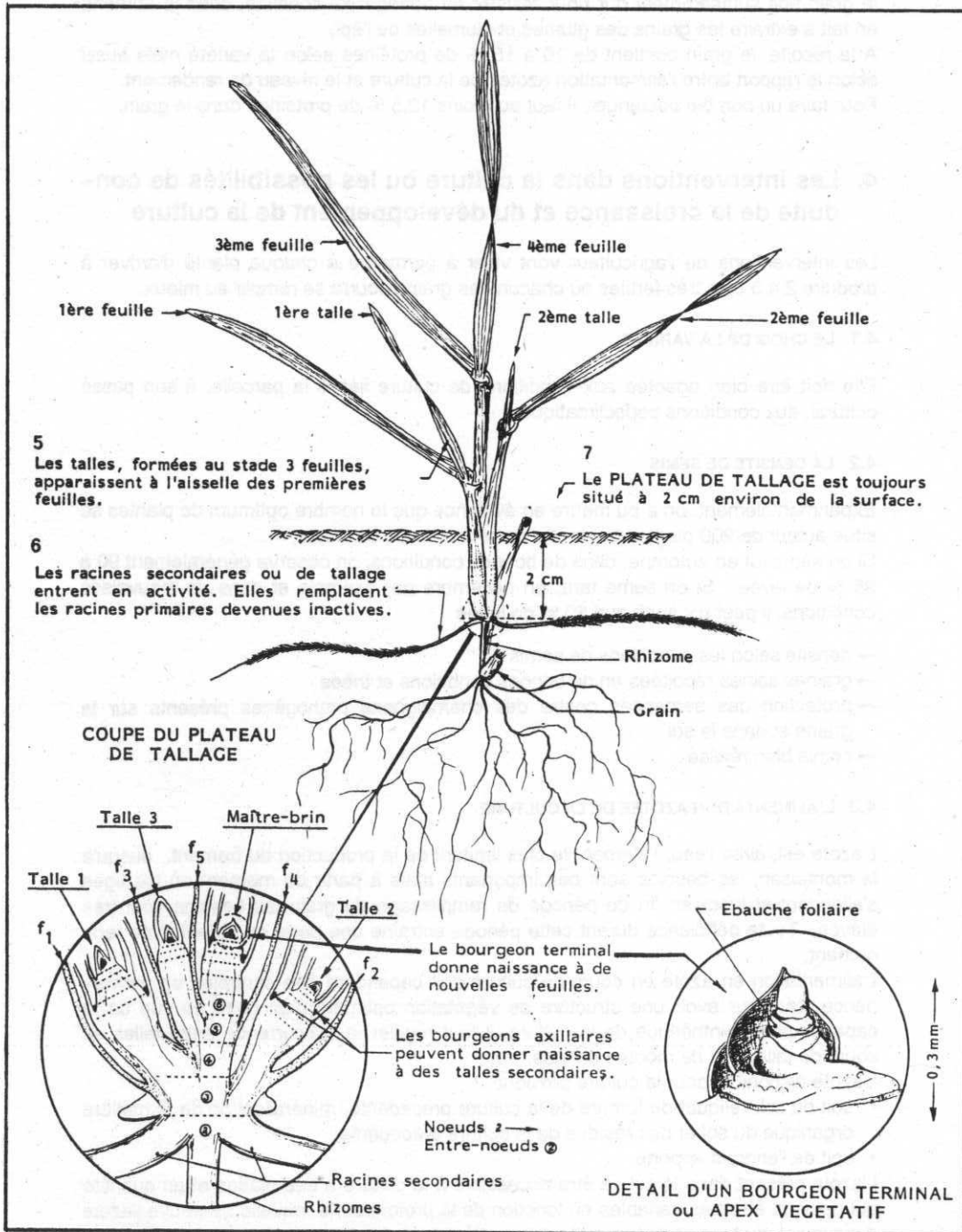
Le remplissage du grain va se faire à partir des réserves stockées dans la tige et les feuilles mais surtout à partir des sucres et protéines photosynthétisées dans les feuilles (principalement les deux dernières) et dans les parties vertes de l'épi (tiges, glumes glumelles).

LA MORPHOLOGIE DU BLÉ



Figures tirées de Soltner: *Les grandes productions végétales* (1990)

PÉRIODE VÉGÉTATIVE LE TALLAGE AU STADE 4 FEUILLES



La maturité de récolte se situe idéalement autour d'une teneur de 15 % d'eau pour que le grain soit suffisamment dur pour résister au battage qui consiste, chez le froment; en fait à extraire les grains des glumes et glumelles de l'épi.

A la récolte, le grain contient de 10 à 15 % de protéines selon la variété mais aussi selon le rapport entre l'alimentation azotée de la culture et le niveau de rendement.

Pour faire un bon blé boulanger, il faut au moins 12,5 % de protéines dans le grain.

4. Les interventions dans la culture ou les possibilités de conduite de la croissance et du développement de la culture

Les interventions de l'agriculteur vont viser à permettre à chaque plante d'arriver à produire 2 à 3 épis très fertiles où chacun des grains pourra se remplir au mieux.

4.1 LE CHOIX DE LA VARIETE

Elle doit être bien adaptée aux conditions de culture liés à la parcelle, à son passé cultural, aux conditions pédoclimatiques

4.2 LA DENSITE DE SEMIS

Expérimentalement, on a pu mettre en évidence que le nombre optimum de plantes se situe autour de 200 plantes par mètre carré à la sortie de l'hiver.

Si on sème tôt en automne, dans de bonnes conditions, on observe généralement 90 à 95 % de levée. Si on sème tard, en décembre par exemple et dans de mauvaises conditions, il peut n'y avoir que 50 % de levée

- densité selon les conditions de semis
- graines saines récoltées en de bonnes conditions et triées
- protection des semences contre des champignons pathogènes présents sur la graine et dans le sol
- semis bien réalisé

4.3 L'ALIMENTATION AZOTEE DE LA CULTURE

L'azote est, avec l'eau, l'élément le plus limitant de la production du froment. Jusqu'à la montaison, les besoins sont peu importants mais à partir du moment où les tiges s'allongent et jusqu'en fin de période de remplissage du grain les besoins sont très élevés. Toute déficience durant cette période entraîne une perte du potentiel de rendement.

L'alimentation en azote en cours de culture doit cependant être contrôlée en permanence, car pour avoir une structure de végétation optimale d'un point de vue de la capacité photosynthétique de la culture, il faut réguler la concurrence entre talles en cours de tallage et de montée en épis.

L'azote disponible pour la culture provient

- soit du sol: reliquat de fumure de la culture précédente, minéralisation de la matière organique du sol et des résidus de la culture précédente;
- soit de l'engrais apporté.

L'azote présent dans le sol va être accessible à la culture à des stades et en quantité qui peuvent être très variables en fonction de la profondeur à laquelle se trouve l'azote dans le sol, du type et de la qualité des matières organiques présentes susceptibles de minéraliser, de la température et de l'humidité du sol surtout au début du printemps.

Pour pouvoir être bien ajustée, les engrais azotés (la fumure azotée) vont être apportés en trois fractions:

- une première en sortie de l'hiver (mi-mars);
- une seconde au moment où les tiges commencent à s'allonger (fin avril);
- au stade dernière feuille juste avant l'épiaison (fin mai).

A chaque fois, l'agriculteur va raisonner la dose d'engrais à apporter en fonction des disponibilités prévisibles du sol et de l'état de la culture (stade de développement, densité de végétation).

Pour l'aider dans son raisonnement, la recherche a mis au point un mode de calcul de la dose à apporter, basée sur le fruit d'observations et de mesures réalisées dans une large expérimentation, et qui fait appel à des informations ou observations simples et facilement disponibles.

Ce système est vulgarisé depuis neuf ans maintenant et très largement utilisé avec succès par les agriculteurs. Il permet d'obtenir un rendement optimal à la fois d'un point de vue **économique**, **quantitatif** (rendement élevé) **qualitatif** (teneur en protéines suffisante), **environnemental** (les reliquats azotés après culture sont très faibles, la majeure partie de l'engrais apporté ayant été utilisée par la culture).

4.4 LA PROTECTION DE LA CULTURE CONTRE LA VERSE

La verse est un accident cultural qui consiste en un affaissement des tiges les unes sur les autres qui peut aller jusqu'à la position couchée de toutes les tiges. Il peut survenir depuis le stade dernière feuille jusqu'à la récolte. Cet accident est d'autant plus dommageable qu'il survient tôt. En effet, d'une part la capacité photosynthétique est fortement réduite et, d'autre part, lorsque la tige est pliée, les flux dans la plante sont limités.

La verse est provoquée par des conditions climatiques tels que grand vent et pluies abondantes et est consécutive à:

- une attaque parasitaire (rare);
- à un excès de densité de végétation (le plus souvent)

Cet excès de végétation peut être évité par:

- une densité de semis correcte;
- une fumure azotée non excessive en début de végétation permettant de limiter le tallage et la montée en épi;
- le choix de variétés résistantes.

Pour aider la culture à résister aux orages, l'agriculteur utilise aussi un **régulateur de croissance**.

La partie la plus faible de la tige se situe au niveau des entre-noeuds inférieurs (donc à la base du bras de levier). L'intervention consiste donc à renforcer ces premiers entre-noeuds. A cet effet, on apporte à la plante au moment où ces entre-noeuds s'allongent, donc en début de montaison, un produit à action "antigibérellique" (le chlorméquat chlorure), qui momentanément va freiner l'élongation cellulaire et épaissir les parois des cellules. Cela a pour conséquences un raccourcissement de ces entre-noeuds et un épaississement de la tige à cet endroit.

4.5 LE CONTROLE DES MAUVAISES HERBES

En même temps que les plantes de blé, des mauvaises herbes vont aussi germer, lever, se développer et donc prélever de l'eau et des éléments nutritifs dans le sol et même plus tard porter ombrage à la culture ⇒ concurrence ⇒ nécessité de lutter contre les mauvaises herbes. *Ceci se fait en général, au début du printemps, lorsque les mauvaises herbes sont petites, encore peu enracinées car il faut des doses plus faibles d'herbicides et on intervient avant que la concurrence ait pu jouer de manière significative.*

4.6 LA PROTECTION CONTRE LES MALADIES

Dans nos conditions culturales, la culture de froment va être soumise à des infestations par des champignons pathogènes qui vont principalement envahir le feuillage et l'épi.

L'intensité des attaques par les maladies est fonction principalement:

- du climat (l'humidité et la chaleur jouent un grand rôle au niveau des possibilités de développement et de multiplication des champignons parasites);
- de la variété cultivée;
- de la conduite de culture: des densités de végétation et des fumures azotées excessives augmentent la sensibilité des plantes.

La lutte est d'abord préventive:

- par le choix de variétés pas trop sensibles;
- par une conduite de culture bien raisonnée.

Néanmoins, lorsqu'il y a présence importante de ces maladies, il est nécessaire d'effectuer, pour permettre la pleine expression du potentiel de rendement et obtenir des grains bien remplis et indemnes de maladies à la récolte, des traitements avec des produits fongicides. *Les fongicides permettent d'arrêter le développement du champignon, éventuellement de le tuer, mais n'ont pas d'action sur la plante elle-même (il n'y a donc pas de possibilités de récupération des tissus détruits par le champignon).*

La protection repose sur un traitement effectué lorsque 80 % des épis sont dégagés avec le plus souvent une association de matières actives fongicides qui couvrent l'ensemble du spectre de maladies. Ce traitement permet de protéger l'épi et le haut du feuillage. Ainsi on permet de maintenir intactes les capacités de photosynthèse de la plante et on évite la contamination des grains en formation. Certaines années, lorsque le climat est défavorable (absence d'hiver, pluies importantes durant le printemps), les maladies peuvent se développer intensément plus tôt, et dès lors, il peut s'avérer nécessaire d'éviter que le feuillage ne soit déjà abîmé avant que le traitement d'épiaison ne soit effectué, on traite alors dès que la dernière feuille est présente.

4.7 LA LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS ANIMAUX

Le ravageur le plus fréquent et donc en moyenne le plus dommageable est le puceron (en l'occurrence plusieurs espèces de pucerons, insectes piqueurs).

Les dommages à la culture sont de deux ordres:

1. l'inoculation de virus pendant l'automne et éventuellement l'hiver si celui-ci est particulièrement clément;
2. la succion de sève sur les feuilles et les épis (à partir de l'épiaison).

La lutte est réalisée sur base d'avertissements lancés par des spécialistes du Ministère de l'Agriculture qui, sur base d'un large réseau de champs d'observations, suivent:

- l'évolution des populations de pucerons (il existe des modèles de dynamique des populations en fonction des conditions climatiques);
- leur capacité virulifère (à l'automne);
- l'évolution des prédateurs naturels (larves de coccinelles, de syrphes, champignons et insectes parasites).

Lorsque les seuils d'infestations sont atteints, des avis de traitements sont lancés. Les insecticides anti-pucerons utilisés sont inoffensifs sur les insectes utiles.

Cette conduite raisonnée de la culture permet d'obtenir de $\pm 8 - 9$ tonnes/ha dans nos régions, alors que la moyenne mondiale est de ± 3 t/ha.