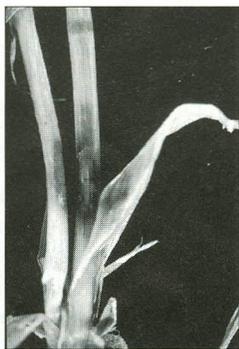


Blé d'hiver : contourner les maladies du pied et des racines

Alain CAVELIER (INRA RENNES/URIGC), Nathalie COLBACH (INRA DIJON/AGRONOMIE)

Les maladies du pied et des racines de blé d'hiver (piétin-échaudage, piétin-verse, rhizoctone...) peuvent entraîner de lourdes pertes de récoltes. Pour les prévenir en agriculture biologique, il n'existe malheureusement pas de variétés résistantes. L'INRA a cependant mis en évidence certains facteurs sur lesquels l'agrobiologiste peut intervenir. Principaux enseignements.*

L'agrobiologiste est confronté au problème suivant : **comment assurer la réduction maximale du risque d'expression dommageable (1) du piétin-échaudage, du piétin-verse, du rhizoctone (et éventuellement des "fusarioses") dans une culture de blé d'hiver (2), en l'absence de tout traitement chimique ?** La réponse n'est pas facile, loin de là, car de nombreux facteurs interagissent (voir encart), facteurs que nous vous proposons de décortiquer ensemble.



Le piétin-verse, l'une des maladies du complexe parasitaire du pied et des racines

Le complexe parasitaire du pied et des racines

Les maladies les plus importantes du complexe parasitaire du pied et des racines sont bien connues individuellement, quoique pas toujours faciles à discriminer au champ : piétin-échaudage sur les racines, piétin-verse, rhizoctone et fusarioses (1) à la base du pied. Le risque d'infestation est très différent selon les régions puisque la probabilité qu'y soient réunies des conditions climatiques favorables n'y est pas la même. En outre, dans le cas du piétin-échaudage, certains sols sont considérés comme "résistants" à la maladie, celle-ci ne s'y exprimant pas (ou peu), quelles que soient les conditions climatiques du moment. Globalement, les régions du nord de la Loire sous influence maritime sont plus exposées que les autres. Les recommandations qui suivent pourront donc être modulées en fonction de la prévalence régionale de chaque maladie.

Les agents de ce complexe parasitaire présentent un ensemble de caractéristiques communes qui les rendent fortement tributaires, non seulement des conditions pédoclimatiques difficiles à piloter, mais aussi du système de culture dans son ensemble, ce qui place entre les mains de l'agrobiologiste quelques bonnes cartes à jouer. Ces caractéristiques communes sont liées au fait que tous ces agents passent au cours de leur cycle biologique par une phase nécrotrophe (c'est-à-dire où ils se nourrissent de tissus morts) dans le sol. De ce fait, ce sont des agents peu mobiles (au contraire des maladies foliaires dispersées par spores au vent), dont la longévité est liée à celle des débris végétaux qui les hébergent dans le sol et dont la pérennité et l'agressivité sont en grande partie liées à l'histoire culturale et au peuplement de la parcelle.

Tout repose sur la relation entre l'inoculum présent dans le sol (abondance, capacité d'infection liée à l'âge), la plante (proximité des organes sensibles, stade de croissance, état physiologique) et certains agents de la microflore du sol (notamment des bactéries du genre *Pseudomonas spp.*). Les éléments sur lesquels l'agriculteur pourra jouer sont, hiérarchiquement, les suivants : la combinaison "anté-précédent, précédent, travail du sol", la date de semis, la densité de semis, la fertilisation azotée, la profondeur de semis et la compaction du sol. Nous insistons sur "**hiérarchiquement**": cela veut dire que l'effet d'un facteur n'est significatif que dans les cas où le ou les facteurs qui le précèdent dans cette liste autorisent eux-mêmes l'expression des maladies. Exemple : un semis précoce n'aura d'effet préjudiciable perceptible sur la santé de la plante que si le précédent ou l'anté-précédent était une plante-hôte, et si le travail du sol était de nature à remonter en surface les résidus de ce précédent ou de cet anté-précédent.

(1) Parmi les "fusarioses", qui regroupent une bonne douzaine d'espèces dont les symptômes sont indiscernables entre eux, *Microdochium nivale* se distingue par un comportement plus proche des agents des autres maladies du pied que du groupe des *Fusarium spp.*

* Les recommandations qui suivent procèdent des deux volets d'un programme de recherches réalisé par l'INRA de 1989 à 1995, comprenant une enquête nationale pluriannuelle (ITTECH) et des expérimentations pluriannuelles et multilocales visant à la modélisation des effets des systèmes de culture sur l'expression des maladies (thèse de Nathalie Colbach).

(1) L'objectif de l'agriculteur est bien de réduire un dommage économique (perte de rendement) causé directement ou indirectement par la maladie. Mais cette notion de dommage est difficile à lier à l'observation des symptômes : l'importance des nécroses constatée visuellement n'explique pas à elle seule un effet sur le rendement, la maladie entrant en interaction avec d'autres facteurs tels que l'alimentation minérale ou hydrique de la plante, les déterminants du risque de verse...

(2) Les considérations qui suivent peuvent être étendues aux autres céréales à paille d'hiver (orge, seigle, triticale) bien que de légères différences puissent apparaître entre ces espèces selon les maladies. Elles ne sont pas extrapolables à l'avoine ni aux céréales de printemps.

Effets précédents... corrigeables avec les façons culturales

On a identifié 3 types de précédents : les cultures hôtes, les cultures non hôtes et les cultures amplificatrices (ou encore "table d'hôtes") (voir encart). Par culture amplificatrice, on entend celle d'une plante qui n'héberge pas le champignon agent de la maladie, mais qui favorise néanmoins l'expression de cette maladie sur les céréales l'année suivante, sans doute par son interaction avec certains aspects de la microbiologie du sol. Le problème est qu'on n'a pu tester qu'un nombre limité de plantes et qu'on ignore si des plantes *a priori* non-hôtes sont ou non amplificatrices (ex : sarrasin). Pour d'autres, on a des doutes (colza).

Suivant la combinaison antéprécédent/précédent à laquelle succède la culture de l'année, on peut donc s'attendre soit à une amplification de l'inoculum, soit à sa réduction, soit au *statu quo*. Sans doute faudrait-il remonter plus haut que l'anté-précédent pour cerner complètement le problème, mais la baisse d'activité de l'inoculum avec l'âge limite l'intérêt d'une telle investigation (les successions hôte/hôte et hôte/amplificatrice sont bien sûr celles à risque maximal, tandis que les moins dommageables sont les successions non hôte/non hôte).

A titre d'exemple, le risque de piétin échaudage, de piétin verse ou de rhizoctone est accru dans tous les cas avec une succession de céréales à pailles (1), et plus encore si elles sont d'hiver. Et l'introduction d'une culture amplificatrice entre deux blés peut entraîner un risque aussi élevé qu'une succession de céréales à pailles... il existe à cet égard quelques différences entre les diverses maladies (voir encart "table d'hôtes").

Le travail du sol module considérablement l'effet succession par rapport au retournement :

En effet, si le précédent était un hôte, un labour, en enfouissant les résidus,

(1) Nous ne traitons pas ici du cas particulier des monocultures, rares en agriculture biologique, où s'observe après quelques années un phénomène de déclin, tant du piétin-échaudage que du piétin-verse

La table d'hôtes...

	piétin-échaudage	piétin-verse	rhizoctone
hôtes	toutes céréales à pailles, sauf avoine, nombreuses graminées sauvages	céréales à paille d'hiver, nombreuses graminées sauvages	toutes céréales à pailles, nombreuses graminées sauvages
hôtes faibles		avoine, orge de printemps, ray-grass	
non hôtes	avoine, dicotylédones, sorgho	dicotylédones, sorgho	dicotylédones
amplificatrices*	maïs, ray-grass	colza (?), maïs	maïs, ray-grass, sorgho

**La notion de "culture amplificatrice" est nouvelle et n'a été testée que sur un très petit nombre d'espèces : luzerne, maïs, pois, ray-grass, sorgho, tournesol. Pour le moment, seules des graminées se sont montrées amplificatrices. Mais ce caractère reste à vérifier pour toutes les autres espèces susceptibles d'intervenir dans le système de culture. L'enquête ITITECH révèle une fréquence moins grande du piétin-verse en l'absence de précédent pois, mais on ne peut exclure une confusion d'effet avec l'importance des reliquats azotés (lesquels n'étaient pas mesurés dans l'enquête), puisque les essais de N. Colbach identifient nettement le pois comme non amplificateur. Par contre, aucune corrélation ne ressort avec le précédent colza dans ITITECH.*

éloigne l'inoculum, d'où une diminution du risque. Par contre, le passage du chisel, en laissant les résidus en surface, maintient un risque maximal.

Plus complexe, mais tout aussi logique : s'il s'agit du deuxième labour depuis la culture d'un anté-précédent hôte, il y a remontée des résidus anciens déjà enfouis et accroissement du risque ; s'il ne s'agit que du premier labour depuis la culture de l'anté-précédent, il enfouit les résidus restés en surface pour la culture précédente et le risque est réduit. Toutefois l'inoculum ancien d'un anté-précédent présente un risque moindre que celui d'un précédent et, bien entendu, si le précédent était lui-même une culture hôte, on est ramené au cas... précédent !

Les choix des semis

Date de semis : mieux vaut tard

La date de semis n'est importante que si des résidus actifs sont présents en surface du sol l'année de la culture. Dans ce cas, un semis précoce augmente toujours les risques pour le piétin-verse, le piétin-échaudage, le rhizoctone et *Microdochium nivale*. En effet, la probabilité de conditions climatiques favorables à la rencontre entre l'inoculum et la plante est accrue. De plus, avant la montaison, la colonisation des tissus des premières gaines par le mycélium du champignon est sans doute favorisée. Dans les conditions à risque, il convient

donc de semer aussi tardivement que les conditions pédo-climatiques l'autorisent, afin de réduire les risques de contamination et d'installation des maladies. Par contre, dans les situations saines, on peut se permettre de tirer parti des avantages du semis précoce : portance, facilité de travail du sol et qualité de l'enracinement.

Semer plutôt peu dense

L'abondance des talles forme un obstacle naturel à l'accession au brin maître par le mycélium du champignon, qui progresse de la périphérie vers l'intérieur. Or, plus la densité de semis est élevée, plus le volume de tallage est faible.

Un semis peu dense demeure donc une bonne précaution initiale.

Semer pas trop profond

La profondeur de semis n'intéresse que les maladies qui contaminent la plante par progression mycélienne : piétin-échaudage et rhizoctone. Le risque paraît d'autant plus grand que le semis est profond. Il faut donc éviter de trop enfouir les graines. Notons au passage que la compaction du sol agit légèrement sur les mêmes champignons, peut-être à cause d'un taux en CO₂ plus élevé en sol compacté, qui gêne le développement des champignons... Cependant nous n'irons pas jusqu'à conseiller de compacter le sol pour réduire le piétin-échaudage et le rhizoctone : l'effet est trop ténu, et les inconvénients sous d'autres aspects sont trop importants.

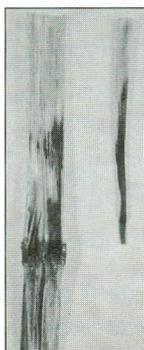
L'azote minéral : un facteur conséquent

Le rôle de l'azote est un élément déterminant de la hiérarchisation des facteurs d'expression des maladies. L'azote organique apporté dans les fertilisations agrobiologiques ne devient assimilable qu'après minéralisation, ce qui justifie l'intérêt des informations obtenues sur les produits minéraux (1).

L'expression de toutes les maladies du pied (piétin-verse, rhizoctone, fusarioses) est d'autant plus forte que la culture dispose d'une plus grande quantité d'azote mesurée dans le sol. C'est plus compliqué pour le piétin-échaudage, l'azote favorisant l'installation du champignon sur le système séminal, puis le contrariant sur le système coronal, sans doute par stimulation de la microflore antagoniste installée entre temps.

La forme de l'azote au semis joue aussi : l'azote ammoniacal réduit le risque d'expression de toutes les maladies, plus notablement pour le piétin-échaudage, par stimulation de la microflore antagoniste.

Rappelons enfin que, à l'intérieur de la gamme la plus courante des pH du sol (4,5 à 9,5), les amendements calcaires, en élevant le pH, ont un effet réducteur très net du risque de piétin-échaudage, là aussi sans doute en favorisant les bactéries antagonistes. Cet effet ne s'étend pas aux autres maladies.



Les symptômes des différentes espèces de *Fusarium* se distinguent mal entre eux

(1) Dans un sol conduit en agrobiologie, il faudrait prendre en compte deux paramètres supplémentaires : la dynamique d'évolution de l'azote, plus complexe, et la modification du fonctionnement micro-biologique du sol. Prochains sujets de recherche ?

Raisonner son système de cultures

Pour donner des ordres de grandeur de l'impact du système de culture sur l'expression des maladies, voici un aperçu chiffré (1).

- Dans une rotation blé/non blé, le remplacement du maïs par du pois ou du tournesol réduit de 70% l'expression du rhizoctone, de 30 % celle du piétin-verse et de 20% celle du piétin-échaudage.
- Dans une rotation blé/non céréale (où l'on ne joue pas sur la fertilisation azotée), un semis de début novembre suivant un travail du sol sans retournement réduit le piétin-verse de 90%, le rhizoctone de 40% et le piétin-échaudage de 20% en comparaison d'un semis de mi-octobre suivant un travail du sol avec inversion.
- En agriculture conventionnelle, les risques d'expression du piétin-verse ont été accrus de 33%, ceux du rhizoctone de 18% et ceux du piétin-échaudage de 8% avec les critères suivants d'intensification des années 80 : semis avancé de 3 semaines, densité de semis augmentée de 30%, fertilisation azotée augmentée de 15%.

Mieux que des recettes, ces éléments permettront à l'agrobiologiste de fixer les principes d'organisation de son système de culture, dans les situations où tel ou tel élément du complexe parasitaire s'exprime couramment.

(1) Travaux de N. Colbach

Réduire l'inoculum à la source

L'idéal, évidemment, dans une optique de non-traitement, est de viser à réduire au maximum l'inoculum présent dans le sol, sachant que ces champignons sont très peu mobiles et que des réinfestations depuis l'extérieur des parcelles sont peu à craindre. Dans ce cas, il convient : d'espacer autant que faire se peut la culture des plantes hôtes ; d'éviter les successions à risques ; de ne pas faire précéder une plante hôte d'un précédent amplificateur lorsque celui-ci est lui-même précédé d'une culture hôte ; d'éviter la présence d'adventices hôtes dans l'ensemble du cycle cultural ; et de travailler le sol de façon à ne pas remonter de résidus hôtes trop récents. Cela implique obligatoirement des modèles de rotation assez longs, dans lesquels les cultures non hôtes et non amplificatrices auront la part belle, et les cultures non hôtes mais amplificatrices seront judicieusement placées. Le système peut être assoupli par l'introduction d'un hôte faible, tel que l'avoine, mais attention aux graminées adventices hôtes... Dans ce contexte, le pouvoir nettoyant du sarrasin présente un intérêt non négligeable.

Une telle réduction "à la source" de l'inoculum, en jouant sur la succession, présente évidemment le grand avantage de libérer en partie l'agrobiologiste du casse-tête d'un raison-

nement fin de la conduite de l'itinéraire technique pour réduire l'expression des maladies. Mais s'il n'a pas été possible d'obtenir cette réduction, les choix se réduisent, et leur efficacité devient nettement moins évidente.

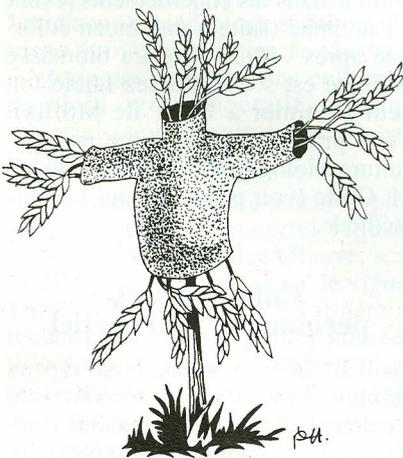
Le choix le plus déterminant porte évidemment sur la date de semis, qui doit être modulée en fonction de l'importance du risque et de l'objectif de rendement. Si, par exemple, le risque de piétin-verse est élevé, il vaut mieux semer aussi tardivement que possible (par exemple vers le 10 novembre), ce qui est difficile à gérer sous les climats les plus océaniques. Le rendement est alors assuré par la fertilisation azotée. Si les contraintes pédo-climatiques (ou simplement d'organisation du travail) imposent de semer précocement, il faut réduire la fertilisation azotée et revoir en baisse l'objectif de rendement : moins 25 q/ha pour un semis du 25 octobre.

La réduction de la densité et de la profondeur de semis n'auront quant à eux que de faibles effets, différenciés selon la maladie, et non constants au long de la culture. Il vaut mieux cependant préférer un effet défavorable précoce à pas d'effet du tout.

Au cas où l'on envisagerait de placer un engrais vert en culture dérobée, il faudrait évidemment en raisonner le choix, la technique de préparation du sol et celle d'enfouissement en fonc-

tion des principes énoncés ici (en n'oubliant pas que l'engrais vert a aussi un effet sur la fertilisation azotée). L'introduction périodique d'une jachère cultivée pourrait élargir la gamme des cultures non hôtes disponibles (ex : *Phacelia spp*, sous réserve de vérifier son caractère non amplificateur)... A moins que les agrobiologistes n'adhèrent bientôt à la mode du colza destiné aux "bio" carburants ?... Certaines sources bibliographiques donnent le précédent colza comme favorable au piétin-verse, ce qui ne transparait pas au travers de l'enquête ITITECH. Et gare aux adventices hôtes dans la jachère !

L'approche que nous proposons ici a ses limites : le raisonnement ne concerne que les maladies des céréales d'origine tellurique, et pas les maladies aériennes (sans doute cependant moins sensibles au système de culture du fait de leur origine exogène) (1). Les maladies des autres cultures de la rotation, notamment du pois (anthracnose, *Sclerotinia sp*) et des crucifères (*Sclerotinia sp*) n'ont pas non plus été étudiées. Le travail de relativisation et de hiérarchisation réalisé sur céréales reste à faire sur l'ensemble des cultures de la rotation... Les agrobiologistes pourraient sans doute interroger les services de recherche et d'expérimentation concernés, afin de mettre au point un corps de règles de décision intéressant l'aspect sanitaire de l'ensemble du système de culture en agriculture biologique.



(1) Mais il existe pour la plupart de ces dernières la possibilité d'utiliser des variétés plus ou moins résistantes, et des recherches sont en cours sur l'effet des mélanges variétaux vis-à-vis des rouilles

Commission GRANDES CULTURES du Nord de la France : une synergie naissante entre les régions

Voici un an que la commission a vu le jour. Ces travaux ont commencé en avril 95 à la suite de l'Assemblée générale de l'ITAB, devant la demande pressante des régions.

5 rencontres à Paris et du travail en parallèle ont permis de mettre en place une synergie entre les régions.

L'objectif de l'année a été de mettre en commun et construire des outils de travail nous permettant d'être plus efficaces sur le terrain.

Les itinéraires techniques

Comment parler le même langage et comparer les pratiques sans un outil commun de collecte d'information ?

C'est une des premières tâches de la commission : cela a abouti à une fiche de suivi de parcelles. Elle permet d'analyser les itinéraires sous trois angles : la fertilisation, le désherbage et la qualité (pour les céréales essentiellement). Elle est disponible auprès des animateurs des régions et à l'ITAB.

Les programmes d'expérimentation

Tout d'abord, il a fallu rassembler les références établies depuis 1992 (date à laquelle est sorti le document ITAB sur les céréales biologiques (1)). Cela a permis d'aboutir à la mise en forme d'un document compilant les essais et démonstrations menés sur la France entière de 1992 à 1994 et classés par thème. Une trentaine de thèmes sont recensés.

D'autre part, cela a été l'occasion de prévoir les programmes de 1996 en place actuellement et de commencer notamment pour les programmes concernant la fertilisation azotée à mettre en commun les protocoles expérimentaux.

La sélection variétale de blé adaptée à la production biologique

C'est le projet le plus ambitieux du groupe, et il est déjà en cours.

Actuellement, les producteurs biologiques se trouvent devant la situation de voir disparaître des variétés adaptées à la culture biologique et d'être obligés d'utiliser des variétés nouvellement sélectionnées sur des critères peu adaptés à nos situations.

Le point de départ de ce travail a été le contact entre des producteurs (du Nord) et un obtenteur, ce dernier ayant répondu présent pour essayer de résoudre ce problème. Il s'agit des Établissements Lemaire Desfontaine.

Le travail de la commission a été de définir par ordre de priorité les critères d'évaluation d'une variété de blé tendre.

Charge ensuite à l'obteneur de mettre à disposition du matériel génétique de type F4 F5 sur des sites en agriculture biologique : 8 sites sont concernés avec deux types de protocoles et plus de 30 variétés sont traitées (issues de divers croisements qui ne nous sont pas communiqués aujourd'hui).

Les meilleures variétés de cette année seront reprises dans de nouveaux essais l'année prochaine.

Une initiative et une expérience qui mériteraient d'être encouragées et reproduites avec d'autres obtenteurs. C'est Henri Flourez du GABNOR qui assure la coordination de ce dossier.

Pour le moment, la commission n'a pas eu l'occasion de travailler sur le cahier des charges et ses annexes. La dernière réunion de la commission a eu lieu le 21 mai à l'ITAB et a donné lieu à une discussion sur le programme de notre prochaine campagne sur la sélection variétale. Cette commission n'attend que de nouveaux partenaires pour renforcer cette synergie entre les régions et être encore plus efficace.

(Laurence DUVERT, Biociel)

(1) Voir bon de commande en page 31