



EXPLOITER LES EFFETS EXTRA-FONGICIDES

Ensemble, améliorons
le rendement et la qualité

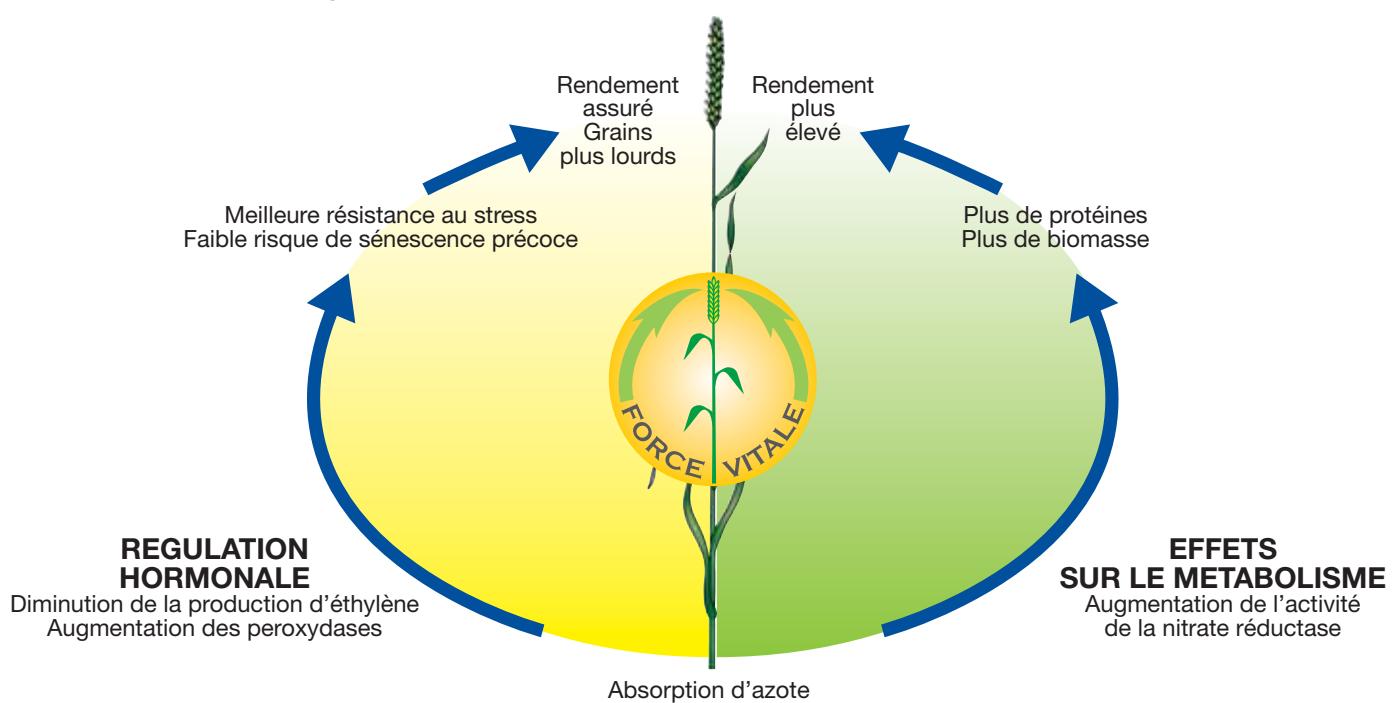
 **BASF**
The Chemical Company



EXPLOITER LES EFFETS EXTRA-FONGICIDES

BASF
The Chemical Company

Dès la découverte des strobilurines au début des années 90, les chercheurs et techniciens de BASF Agro ont observé dans leurs essais petites parcelles des effets physiologiques et des gains de rendement qui allaient au-delà des effets fongicides. Ils les ont baptisés « Effets extra-fongicides ».



Un réseau d'essais conduit depuis 3 ans sur des protocoles combinant les variétés, les doses et les stades d'application des strobilurines BASF a permis d'identifier les itinéraires techniques les plus avantageux en comprenant mieux les interactions entre les différents facteurs.

Pour permettre l'expression des effets extra-fongicides, les facteurs clés ont été identifiés :

- la **fertilisation azotée**, son fractionnement et son pilotage
- le **type de sol** et sa disponibilité en eau
- la **variété** et son comportement vis à vis de l'alimentation en azote.

**F500 : une force vitale pour la plante,
un gain de rendement et de qualité**





Le réseau d'essais mis en place par BASF

1. Ses objectifs

Optimiser la conduite des céréales

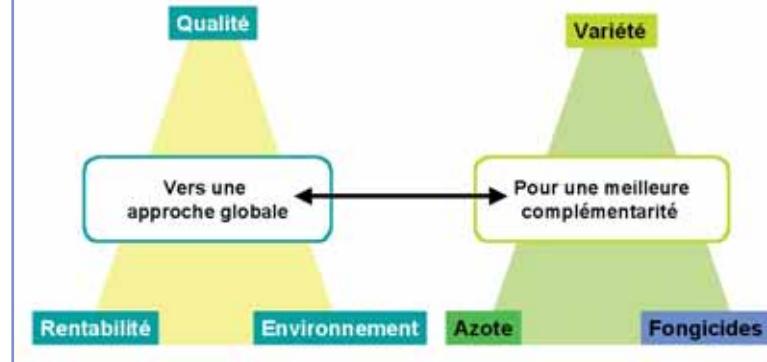
(relation variétés, type de sol, protection fongicides) en :

- Apportant régulièrement un gain de rendement (même en absence de maladies)
- Régularisant la qualité (teneur protéines)

Valoriser les strobilurines dans le cadre des doses pratiques préconisées par BASF face à

- 3 enjeux :
- efficacité maladies
 - effets extra-fongicides
 - environnement et qualité

Pour répondre aux exigences du marché



■ Les enjeux économiques, réglementaires et environnementaux vont influer sur la fumure azotée des céréales
=> recherche d'un nouvel équilibre fumure azotée/
environnement/rendement/qualité.

2. Sa mise en œuvre

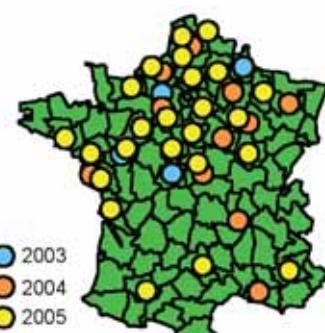
La fertilisation azotée

Le réseau d'essais utilisés pour l'analyse des effets extra-fongicides des strobilurines BASF regroupent les essais réalisés depuis 2003.

Il regroupe plus de trente essais sur l'ensemble de la France avec de nombreux partenaires (distributeurs et prestataires techniques).

Les protocoles ont été élaborés en faisant varier les paramètres suivants :

- la fertilisation azotée par type de sol (avec 3 niveaux de fertilisation : X-50, X, X+50)
- le comportement des variétés à l'azote (typologie en 3 classes)
- le nombre et à la positionnement des strobilurines BASF dans le programme.





EXPLOITER LES EFFETS EXTRA-FONGICIDES

Protection fongicide

	Nombre d'applications	T1	T2	T3	Nombre de strobilurines
2003	2 ou 3	Ogam 0,8	Opéra 1,2		0, 1 ou 2
2004	3	Ogam 0,5	Opéra 0,75 + Opus 0,5		0, 1 ou 2
2005	2	Ogam 0,5 ou Ogam 0,8	Opéra 0,75 + Opus 0,5 ou Opéra 0,3 + Opus 0,4		0, 1 ou 2
2005	3		Opéra 0,75 + Opus 0,5 ou Opéra 0,3 + Opus 0,4	DMX55-61 1,2	0, 1 ou 2
2006	2 ou 3		Comet 0,2 à 0,3 + Opus 0,6	DMX55-61 1,2	0, 1 ou 2

En comparaison avec Opus à dose d'époxiconazole équivalente.

3. Les grandes variables

Code prog	nb d'essais
T1 et T1+T2	21
T2	30
T3 et T2+T3	8
Dose d'azote	nb d'essais
X-50	29
X	30
X+50	30
Total	30

Les modalités fongicides ont évolué avec les connaissances sur les effets extra-fongicides mais aussi en fonction des doses pratiques. Depuis 2005, les applications de DMX en T3 ont été introduites dans les protocoles.

Les itinéraires techniques les plus propices à l'optimisation des effets extra-fongicides ont été analysés et ont permis d'identifier les clés du raisonnement.

Les références acquises sur les 3 années d'essais par BASF Agro ont été obtenues à partir de données analysées et expertisées par ARVALIS – Institut du végétal.

Type variété	superficiel	Intermédiaire	Profond	nb d'essais
variété 1	1	1	1	3
variété 2	4	3	8	15
variété 3	2	5	5	12
Total	7	9	14	30



Remarque : Peu de modalités avec des variétés de type 1 (tableau ci-dessus), cela reflète aussi les semis car moins de 10 % des variétés semées en 2005 en France appartiennent au type 1 (dont majoritairement Soisson).



Comment exploiter au mieux les effets extra-fongicides du F500, KM et DMX* ?



Gains de rendement dus aux effets extra-fongicides



Les couleurs représentent le degré de valorisation des effets extra-fongicides.

3 facteurs clés principaux déterminent l'expression des effets extra-fongicides des strobilurines : la fertilisation azotée, le type de sol, la variété.

Ces 3 facteurs clés ont été classés en fonction de leur influence sur les gains de rendement dû aux effets extra-fongicides. Leur degré de valorisation a été défini en analysant un réseau de 30 essais conduits sur 3 années (combinaisons d'itinéraires basés sur 4 facteurs sol, variétés, fertilisation, protection fongicides avec ou sans F500, KM ou DMX) . Les recommandations qui en découlent sont les suivantes :

1. Bien piloter la fertilisation azotée

Carencée	Légèrement carencée	Optimale (pilotée)	Excès
----------	---------------------	--------------------	-------

Les applications de KM, F500 ou de DMX permettent de mieux valoriser la dose d'azote optimale prévue ou de minimiser les effets d'une dose d'azote limitante (par exemple objectif de rendement sous-estimé par rapport au rendement obtenu ou si les fournitures du sol ont été surestimées). En conclusion, elles permettent une certaine « sécurisation » par rapport aux aléas de la prévision de la fertilisation azotée.

2. Prendre en compte le facteur sol

Profond	Intermédiaire	Superficiel
---------	---------------	-------------

L'aspect sol est sous-tendu par l'aspect réserve utile disponible pour la culture pendant la phase de fin montaison remplissage. Les sols disposant d'une réserve en eau correcte (« profonds » et « intermédiaires ») vont permettre de mieux extérioriser les effets extra-fongicides.

3. Intégrer le comportement de la variété

Type 1**	Type 2	Type 3
----------	--------	--------

** données à confirmer

Une meilleure réponse est obtenue avec les variétés valorisant bien les apports tardifs contrairement aux variétés nécessitant davantage d'azote précocement. Les variétés de type 2 et 3 couplée à une fertilisation azotée adaptée valorisent bien l'expression des effets extra-fongicides. Par contre de part leur sensibilité à l'assimilation de l'azote (fractionnement et dose) les variétés de type 1 semblent moins susceptibles de favoriser ces effets.

4. Choisir le stade d'application de la strobilurine

Pieds	Feuilles	Épis
-------	----------	------

Les strobilurines sont préconisées pour des protections des feuilles et ou des épis, ce sont à ces stades que s'expriment le mieux les effets extra-fongicides.

* KM : krésoxim méthyl, F500 : pyraclostrobine, DMX : dimoxystrobine

Synthèse des éléments issus du réseau d'essais BASF

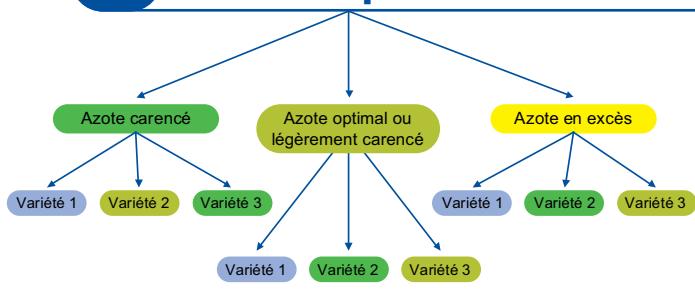
Les recommandations ont été établies à partir de la synthèse des gains de rendement et de l'analyse des rendements associés.



Les couleurs représentent le degré de valorisation des effets extra-fongicides.

Tous les résultats sont issus des comparaisons de programmes à base de strobilurines / triazoles seules avec une efficacité maladie équivalente.

En sol profond



Exemple : Essai en sol profond, variété de type 3 dans la région Nord

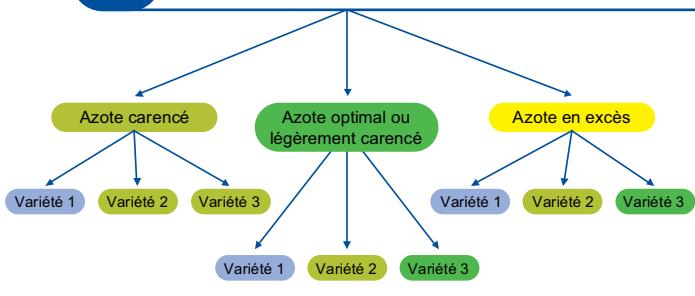
fertilisation	fongicide	q/ha
Azote légèrement carencé	F500 + époxiconazole	93,8
	époxiconazole	87,9
Azote en excès	F500 + époxiconazole	92,1
	époxiconazole	90,8

gain = 5,9

gain = 1,3

■ Les meilleurs rendements sont réalisés en fertilisation en azote légèrement carencée.

En sol intermédiaire



Exemple : Essai en sol intermédiaire, variété de type 3 dans la région Bourgogne

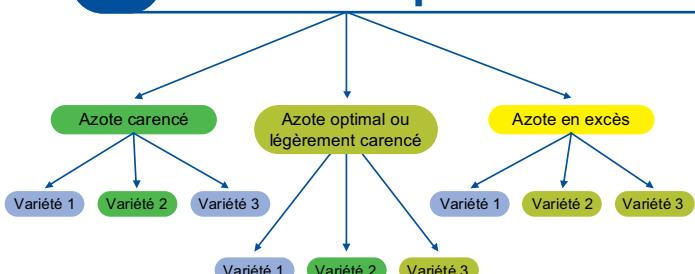
fertilisation	fongicide	q/ha
Azote optimal	F500 + époxiconazole	80,6
	époxiconazole	77,1
Azote en excès	F500 + époxiconazole	78,9
	époxiconazole	77,1

gain = 3,5

gain = 1,8

■ Les effets extra-fongicides en sol intermédiaire sont valorisés par une fertilisation optimale.

En sol superficiel



Exemple : Essai en sol superficiel, variété de type 2 dans les Pays de Loire

fertilisation	fongicide	q/ha
Azote carencée	F500 + époxiconazole	84,4
	époxiconazole	80,2
Azote optimal	F500 + époxiconazole	81
	époxiconazole	77,7

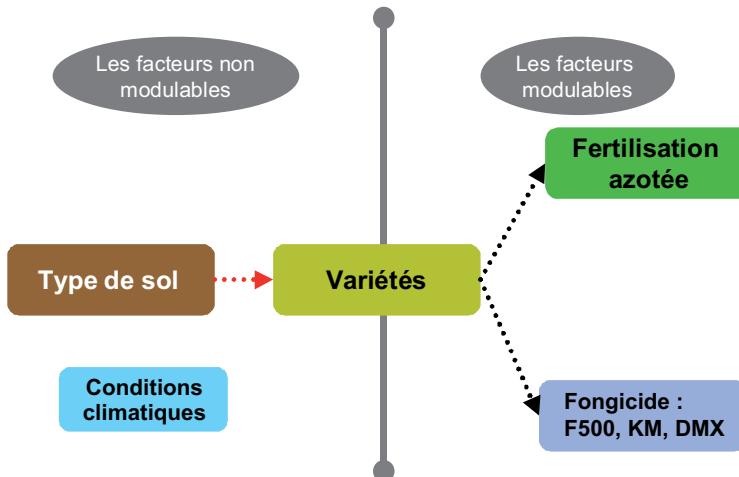
gain = 4,2

gain = 3,3

■ En sol superficiel, les situations carencées expriment mieux les effets extra-fongicides, mais il faut faire attention au rendement qui est, dans certains cas, plus faible.



L'intégration des effets extra-fongicides dans l'itinéraire technique



La mise en place d'essais pendant plusieurs années a permis à BASF de mieux connaître et de comprendre les effets extra-fongicides des strobilurines :

- krésoxim méthyl (KM)
- pyraclostrobine (F500)
- dimoxystrobine (DMX)

Importance des facteurs clés :

Parmi les composantes de l'itinéraire technique de la céréale, 4 facteurs clés dans l'expression des effets extra-fongicides ont été identifiés :

1. Fertilisation azotée - 2. Sol - 3. Variété - 4. Stade d'application du KM, F500, DMX.

1. La fertilisation azotée, clé déterminante...

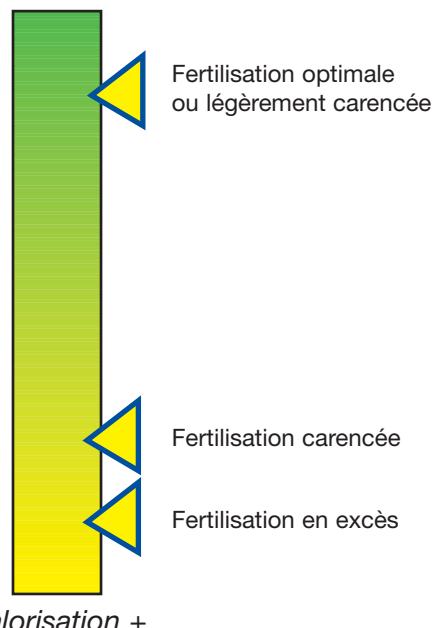
La fertilisation azotée se pilote d'une part par la dose totale apportée et d'autre part le nombre d'apports.

La dose totale prend en compte le potentiel de rendement de la parcelle, le précédent et son calcul par la méthode des bilans.

Pour son fractionnement, trois apports minimums sont recommandés pour augmenter le rendement mais aussi obtenir une teneur en protéines des grains.

Ce fractionnement dépend notamment du type de sol et de la variété (*voir la fiche « variété et besoin d'azote »*).

**Effets extra-fongicides
Valorisation +++**



- Une dose optimale d'azote ou légèrement carencée permet d'exprimer au mieux les effets extra-fongicides.
- L'expression des effets extra-fongicides est cohérente avec un pilotage de l'azote à l'optimum.



2. Le sol et la disponibilité en eau...

Le type de sol associé aux conditions pédo-climatiques est le facteur déterminant du potentiel de rendement de la culture. La disponibilité en eau est importante dans la classification des sols.

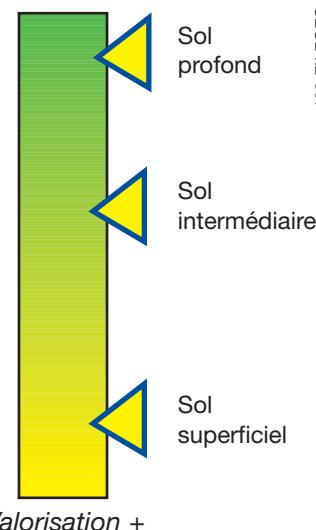
3 grands types de sol sont identifiés :

- **profond** : sol associé à une disponibilité en eau importante
- **intermédiaire** : sol associé à une disponibilité en eau non limitante
- **superficiel** : sol associé à une faible disponibilité en eau

Un sol profond aura des capacités plus importantes à minéraliser l'azote organique et à retenir l'azote minéral. Par contre un sol superficiel sera plus sensible au lessivage et aura moins de réserve d'azote.

- **Les effets extra-fongicides sont plus réguliers en sols profonds et intermédiaires que dans les sols superficiels.**

**Effets extra-fongicides
Valorisation +++**

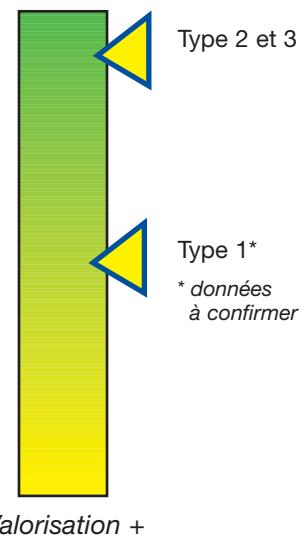


3. Les variétés et l'azote...

Les variétés ont un comportement différent vis à vis de l'azote (*Classement d'après Arvalis*). Certaines sont sensibles à une carence en azote au moment de la montaison et d'autres le sont beaucoup moins. De même pour le report au 3^{ème} apport, certaines variétés le valorisent beaucoup plus que d'autres.

Caractéristiques variétales		Conseil 3 ^{ème} apport		
Sensibilité à la carence azotée à la montaison	Valorisation du 3 ^{ème} apport	Sol superficiel	Sol intermédiaire	Sol profond
++	-	Type 1	40	40
+	+	Type 2	40	40
-	++	Type 3	40	60

**Effets extra-fongicides
Valorisation +++**



- **Construire un mode de fractionnement de la fertilisation azotée et de protection fongicide en fonction de la variété et du type de sol permet d'optimiser à la fois la meilleure efficience de l'azote et la meilleure expression des effets extra-fongicides des strobilurines BASF.**

4. Les stades d'application des strobilurines

Les effets extra-fongicides s'expriment avec les strobilurines du F500, KM et DMX. Les essais ont montré que les effets extra-fongicides sont mieux valorisés par une application assez tardive de la strobilurine (à partir du stade dernière feuille). Le F500 et le DMX sont préférentiellement appliqués pour une protection des feuilles et épis.

- **Ce sont les applications feuilles-épis qui expriment le mieux les effets extra-fongicides.**



Questions / Réponses à propos des effets extra-fongicides de KM, F500, DMX*

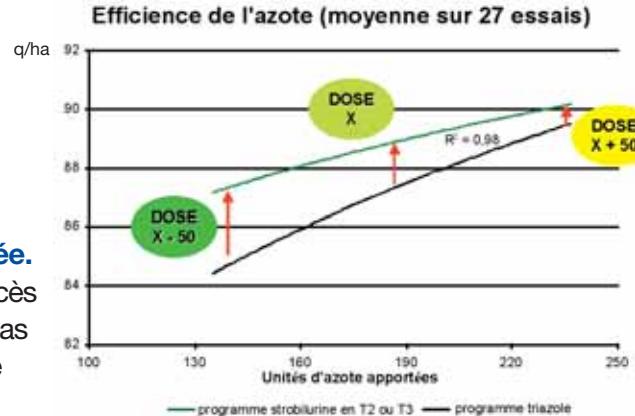


Question
1.

Les applications de fongicides associant F500 ou DMX à une triazole permettent-elles une meilleure valorisation de l'azote par le blé ?

Réponse : OUI

Les applications de F 500 et de DMX comparées à un programme uniquement triazole permettent **une augmentation de rendement à dose d'azote identique**. Cette augmentation de rendement est **d'autant plus forte que la culture se situe en situation de nutrition azotée légèrement carencée**. Le gain de rendement tend à diminuer en situation d'excès d'azote. L'effet extra-fongicide ne compense toutefois pas une nutrition azotée trop limitante. L'efficience de l'azote dans la plante est augmentée en améliorant la remobilisation de l'azote des feuilles vers les grains.



Question
2.

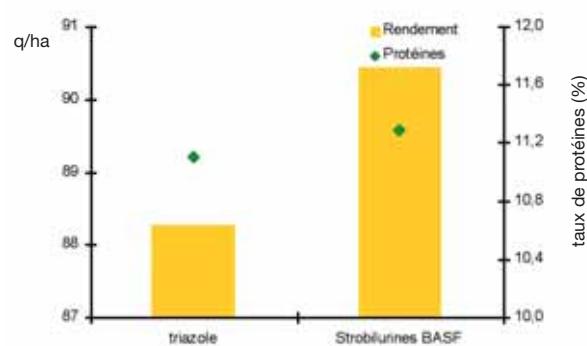
Les strobilurines BASF valorisent mieux l'azote, doit-on raisonner le fractionnement de l'azote différemment ?

Réponse : NON

On ne raisonne pas différemment mais on « sécurise ». **Leurs applications permettent une certaine « sécurisation »** par rapport aux aléas de la prévision d'une dose d'azote optimale. D'après une étude Arvalis-Yara de 1994-2004, la méthode du bilan s'avère limitante (de + de 2 q/ha) dans près de 40 % des situations.

Comparaisons de programme strobilurines / triazoles

moyenne sur 3 ans de 21 essais avec une dose d'azote légèrement carencée





EXPLOITER LES EFFETS EXTRA-FONGICIDES

Tous les résultats sont issus des comparaisons de programmes à base de strobilurines / triazoles seules avec une efficacité maladie équivalente.

Question
3.

Peut-on avoir moins de reliquats azotés derrière des parcelles protégées par des programmes fongicides à base de KM, F500 ou DMX?

■ Réponse : OUI

Mais dans certaines conditions (telle que la sécheresse de fin de cycle), le meilleur coefficient de conversion de l'azote en rendement entraîne moins de reliquat azoté en post-récolte. Mais l'action majoritaire des strobilurines se fait sur la translocation.

Plus de rendement c'est aussi **plus d'azote dans les grains** plus d'azote **dans les feuilles** et **plus de rendement paille** et potentiellement **moins de reliquats azotés post-récolte**.

* KM : krésoxim méthyl, F500 : pyraclostrobine, DMX : dimoxystrobine

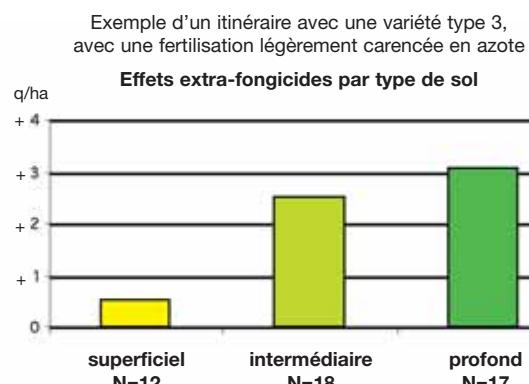
Question
4.

Y a-t-il une différence de réponse des effets extra-fongicides en fonction du type de sol ?

■ Réponse : OUI

Les sols « profonds » et « intermédiaires » expriment mieux les effets extra-fongicides que les sols « superficiels ».

Les sols disposant d'une **réserve en eau correcte** permettent de mieux extérioriser les effets extra-fongicides.



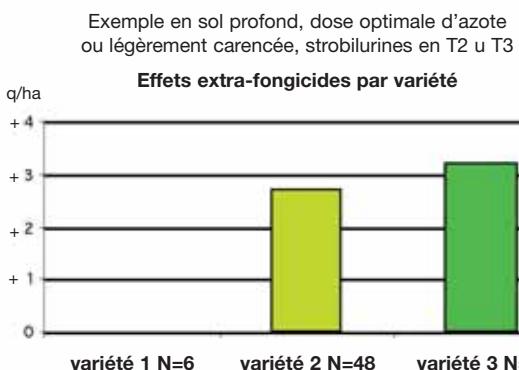
Question
5.

Y a-t-il une différence de réponse des effets extra-fongicides en fonction des variétés ?

■ Réponse : OUI

Les variétés de type 2 et 3 semblent exprimer mieux les effets extra-fongicides que les variétés de type 1 (nombre de données insuffisantes).

Il existe **une relation entre bonne réponse à l'azote des variétés et bonne réponse aux effets extra-fongicides**.



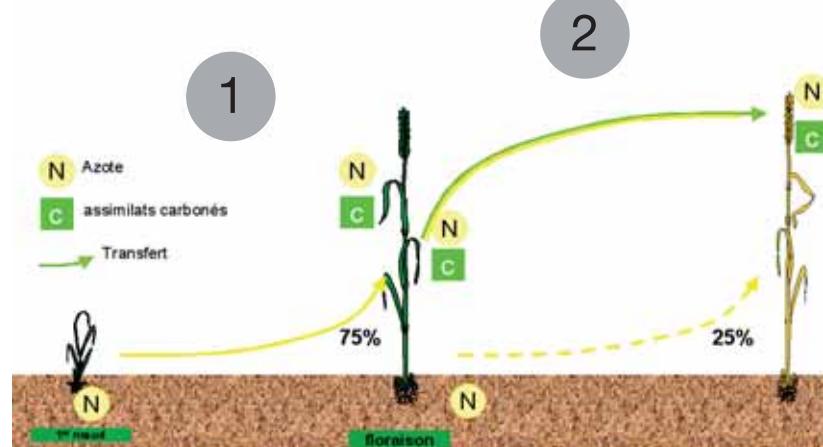


Les effets démontrés extra-fongicides des strobilurines BASF : KM, F500, DMX*

L'observation de gain de rendement après l'application de fongicides à base de KM, F500 ou DMX plus élevé que celui issu de la suppression de la nuisibilité des maladies conduit à la mise en place d'études pour mieux comprendre ces effets dans la plante. Ils ont été baptisés "effets extra-fongicides".

1 Les effets du KM et de F500 dans la plante et l'azote

Les effets extra-fongicides de la montaison au remplissage du grain



1

1. Avant la floraison, la plante assimile l'azote présent dans le sol pour croître. Les blés ayant reçu une strobilurine BASF (krésosym ou F 500) absorbent plus d'azote et les quantités absorbées sont mieux transformées en quintaux.

2

2. Après la floraison, la plante concentre ses ressources sur la formation des grains. L'azote ainsi assimilé est remobilisé et participe pour 75 % à la formation des grains. Les strobilurines BASF permettent une meilleure efficience interne de l'azote dans la plante.

■ Meilleure efficience de conversion de l'Azote en rendement.

* KM : krésoxim méthyl, F500 : pyraclostrobine, DMX : dimoxystrobine



2. Des effets anti-stress

- Moins de production d'éthylène en situation de stress (sècheresse, coup de chaleur, excès d'ozone)
- Retard à la sénescence foliaire (les feuilles fonctionnent plus longtemps)
- Moins de taches physiologiques, plus de surfaces vertes



■ Une plante qui fonctionne mieux plus longtemps

3 Du CO₂ à l'amidon

- Meilleure rétention du carbone issu du CO₂ de l'air pour fabriquer plus de sucre (source d'énergie et d'amidon)
- Meilleure activité photosynthétique = plus d'énergie disponible
- Transfert des sucres plus rapidement des feuilles vers l'épi



■ Meilleur remplissage des grains en amidon

Bénéfices

■ Gains de rendement

Jusqu'à + 4qx par rapport aux programmes triazoles

■ Gains de biomasse

Paille = 1 tonne de plus de à l'ha

■ Amélioration de l'efficience de l'alimentation azotée

Pas de changement des préconisations en dose d'azote totale

Moins de reliquat azoté post-moisson dans certaines situations



Les variétés : tenir compte des besoins spécifiques en azote

1. Les besoins en azote des variétés

Toutes les variétés de blé n'ont pas le même comportement vis à vis de l'azote. Certaines sont sensibles à une carence au moment de la montaison, d'autres le sont moins.

De même pour le report au 3^{ème} apport, certaines variétés le valorisent plus que d'autres.

La méthode des bilans est basée sur des besoins en azote de 3 unités/q en moyenne. Pour atteindre les qualités optimales, il est important d'ajuster au mieux la fertilisation en fonction :

- des besoins spécifiques qui varient entre 2,8 et 3,2 kg pour les blés panifiables et jusqu'à 3,5 kg pour les blés de force.
- du comportement des variétés vis à vis du fractionnement de l'azote.

	Sensibilité à la carence azotée à la montaison	Valorisation du 3 ^{ème} apport
Type 1	++	-
Type 2	+	+
Type 3	-	++

Quelques exemples :

Variétés	Besoin en azote kg/q
Apache	3 kg
Cap Horn	3,2 kg
Soissons	3,2 kg
Sponsor	2,8 kg
Qualital (BAF)	3,5 kg
Quebon (BAF)	3,5 kg

La dose totale d'azote est définie uniquement par l'objectif de rendement (la variété intervient pour fixer l'objectif). Pour optimiser la répartition de l'azote **en cours de montaison**, il est possible de classer les variétés en 3 types (*classification d'après Arvalis*) par rapport à l'aptitude au fractionnement de l'azote. Les variétés sont caractérisées par leur sensibilité éventuelle à la **carence en début de montaison** (Type 1) ou par leur capacité à assimiler un 3^{ème} apport au stade dernière feuille (Type 2 et 3).

Ce classement est intéressant pour la **valorisation de l'azote**, en termes de rendement et de protéine.

Type 1	Type 2	Type 3
Ami	(Alixan)	(Aguila)
Aubusson	(Andalou)	Arche
Boston	Apache	Autan
Bussard	Astrakan	Aztec
Camp Rémy (Cordiale)	Balthazar	Baltimor
Domino	Calisto	(Bastide)
HPrécia	Caphorn	Biscay
HValéa	Cézanne	Charger
Hysun	Farandole	Claire
Lancelot	Forban	Cockpit
Ornicar	Isengrain	Courtot
Perceval	(Istabraq)	Forby
Qualital	Nirvana	Galibier
Récital	(Occitan)	Hamac
Scipion	Pulsar	(Mendel)
Semafor	(Quebon)	Mercury
Sidéral	Roysac	Orvantis
Soissons	(Sankara)	Paindor
Taldor	Texel	Parador
Trémie		Perfecto
		PR22R28
		Raspail
		Rosario
		Shango
		Sponsor
		(Toisondor)

() classement provisoire - source Arvalis



2. Ajustement du 3^{ème} apport

Le niveau de report au 3^{ème} apport de 40 à 80 unités dépend non seulement de la variété, mais aussi du type de sol. 3 catégories sont identifiées : **sols superficiel, intermédiaire ou profond**.

Recommandations de quantité d'azote reportée au 3^{ème} apport par variété/ type de sol :

Sol	Objectif rendement	Type 1	Type 2	Type 3
Superficiel	< à 80 q/ha	40 unités	40 unités	40 unités
Intermédiaire	Entre 80 et 100q/ha	40 unités	40 unités	60 unités
Profond	> à 100 q/ha	40 unités	60 unités	80 unités

Le potentiel de rendement est dépendant du couple "conditions pédo-climatiques - disponibilité en eau du sol." Il faut tenir compte de la disponibilité en eau du sol pour une bonne valorisation du 3^{ème} apport.

Dans les sols intermédiaires ou profonds, les variétés du type 2 ou 3 valorisent bien une alimentation azotée en fin de cycle. En revanche, dans les sols superficiels, il n'est pas pertinent de moduler le 3^{ème} apport en fonction de la typologie variétale.

Principales caractéristiques des 10 premières variétés semées en 2005

	Type de variété	Besoins en N kg/q	Valeur techno*	Taille grain	Aptitudes semis précoces	Résistance maladies	Résistance Fusariose	Résistance verse
Apache	2	3	BPS	M	=	=	+	+
Caphorn	2	3,2	BPS	M	=	+	-	=
Charger	3	3	BPS	P	-	=	-	+
Isengrain	2	3	BPS	M	=	-	-	=
Nirvana	2	3	BPS	P	=	+	=	=
Orvantis	3	3	BPS	M	=	-	-	-
Soissons	1	3,2	BPS	P	+	-	=	=
Autan	3	3	BPS	G	+	-	-	=
Sankara	2	3	BPS	P	-	+	=	+
Sponsor	3	2,8	BP	M	-	+	=	+

* Classement selon un meunier

P
M
G

Petits grains
grains Moyens
Gros grains

-
=
+

Faible
Moyen
Bon

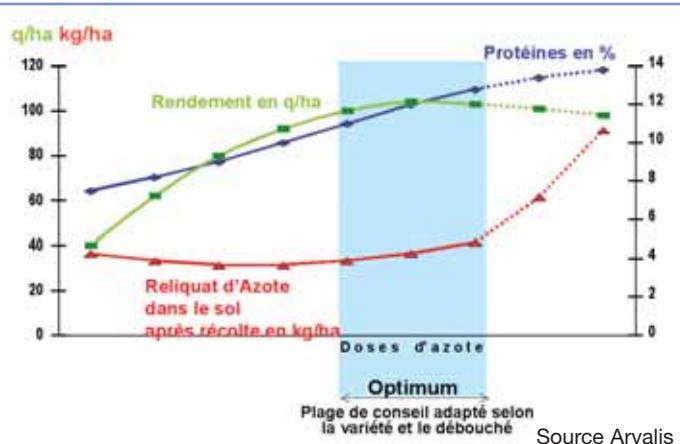


La fertilisation azotée du blé : Ce qu'il faut savoir



■ **Quelques chiffres à retenir, en moyenne :**
Besoin en azote du blé = 250 kg/ha
Fourniture du sol = 70 kg/ha
Apport sous forme d'engrais = 180 kg/ha

■ **1 hectare de blé produit :**
SANS AZOTE : 30 q/ha grains avec un taux de protéines à 8 %
AVEC AZOTE : 80 q/ha grains avec un taux de protéines à 12 %



Le mode d'apport de l'azote peut jouer jusqu'à 2 points sur le taux de protéines des grains.

La plante est rarement capable d'absorber la totalité de l'azote disponible dans le sol durant tout son cycle de développement.

A maturité physiologique, l'absorption s'arrête et l'azote minéralisé tardivement reste dans le sol (reliquat d'azote après récolte).

La quantité d'azote contenue dans les grains est proportionnelle à l'azote absorbé par la plante entière durant l'ensemble de son cycle végétatif.

Les facteurs influant sur le taux de protéines:

- le choix de la parcelle 0.5 à 2 points
- la variété 0.5 à 2 points
- l'azote :
 - . la dose 0.6 point pour 40 u
 - . la forme (liquide, soluble) 0.2 à 1 point
 - . le fractionnement 0.2 à 0.5 point

Pilotage



1. Le calcul de la dose d'azote totale : Prévoir

La dose totale d'azote se calcule principalement par la méthode des bilans. Cette méthode se base sur des informations propres à la parcelle telles que le type de sol, le précédent de culture, les reliquats en sortie d'hiver... mais aussi sur des informations de la culture comme le rendement attendu.



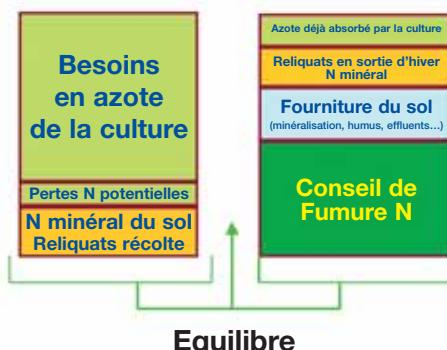
Fertilisation carencée



Fertilisation en excès

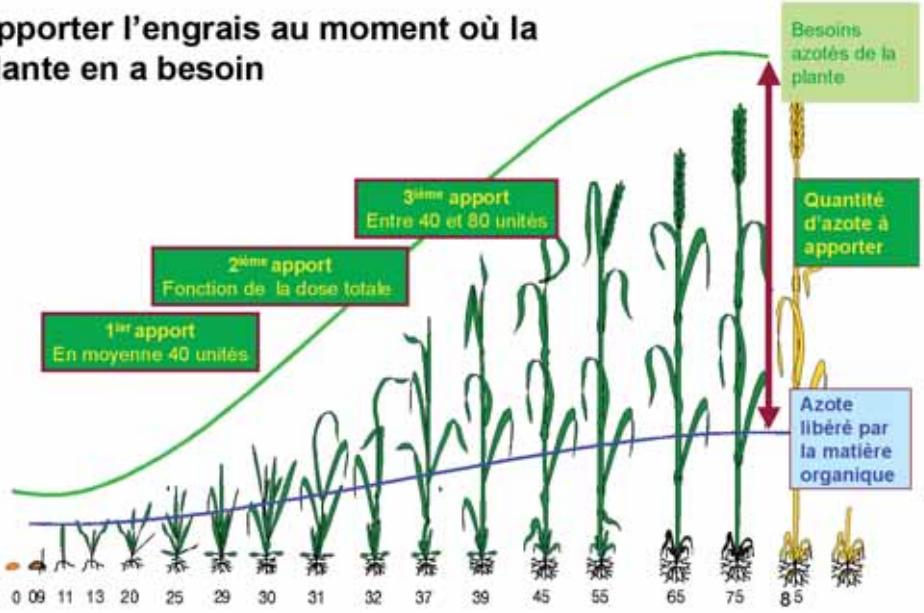
Adapter la dose d'apport en fonction de ce que le sol est capable de fournir

Besoins en N Fournitures en N



2. Fractionner

Apporter l'engrais au moment où la plante en a besoin



Les besoins du blé en azote sont en moyenne de 3 kg/q. Le fractionnement permet d'adapter la dose et la date de fertilisation pour une meilleure efficience de l'azote apporté et un respect de l'environnement. **Le fractionnement est aussi important pour le rendement que pour la qualité du blé, notamment le taux de protéine.**

3. Ajuster

Le 3^{ème} apport s'ajuste en fonction de la variété, du type de sol mais aussi en fonction des besoins de la plante. Il permet d'augmenter la teneur en protéine, il est à adapter en fonction des variétés et des débouchés.

Le pilotage du 3^{ème} apport s'effectue grâce à l'utilisation d'outils de diagnostic qui permettent de connaître le niveau de la nutrition azotée, à un moment déterminé et de moduler la dose de cet apport d'azote au mieux des besoins de la céréale.

Il faut tenir compte de la disponibilité en eau du sol pour une bonne valorisation du 3^{ème} apport.

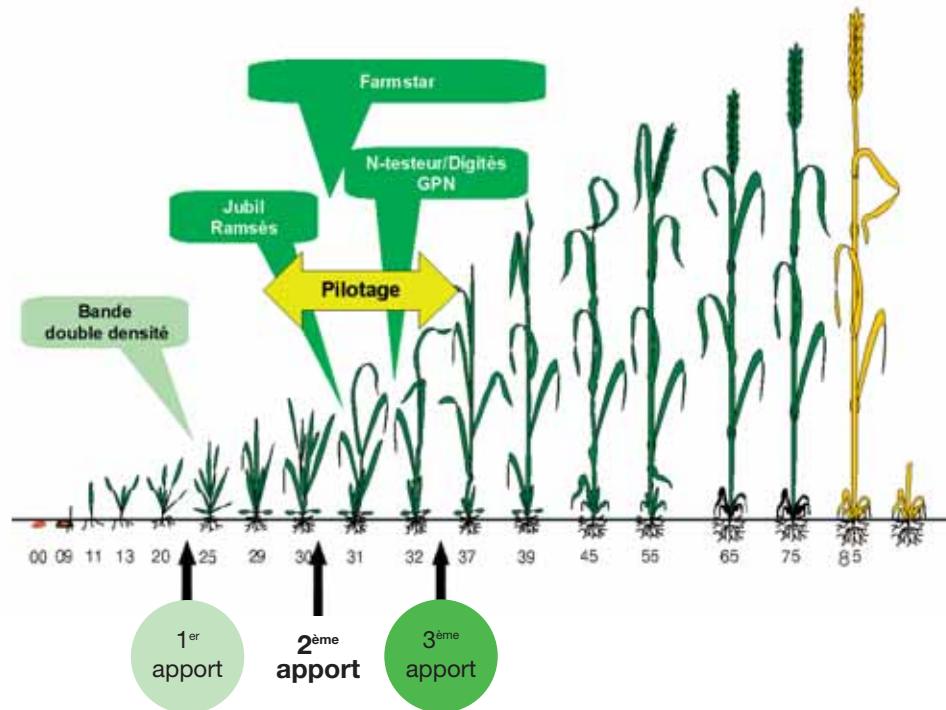


Quels sont les outils de pilotage de l'azote ?

Les outils de pilotage s'utilisent conjointement avec la méthode des bilans. Cette méthode permet de calculer la dose totale d'azote à apporter. A partir de cette dose totale a priori, la majorité des outils permettent un ajustement du 3^{ème} apport.

Les **outils de pilotage** se développent avec l'optimisation de la fertilisation. Il existe plusieurs méthodes de mesure des besoins en azote qui se traduisent par des données différentes et pour différents stades.

1. Positionnement des outils de pilotage



2. Les différents outils de pilotage

1^{er} apport

Décoloration : Bande Double Densité (BDD ou méthode Limaux)

Semis d'une double densité pour ajuster le 1^{er} apport. La décoloration de la BDD annonce la carence prochaine en azote de l'ensemble du champ. L'apport peut alors se faire jusqu'à 15 jours après le début de la décoloration.

Attention : Ne pas confondre la décoloration due à l'azote avec un manque d'eau.

3^{ème} apport

Mesure du jus de bas de tige : Jubil (ARVALIS) et Ramsès (IN VIVO)

Permet de connaître la nutrition azotée grâce à une mesure du taux de nitrate dans le jus de bas de tige d'une quarantaine de plantes pour une parcelle.

Attention : Ne s'utilise qu'une seule fois par campagne au stade 1 à 2 noeuds.

Prestation distributeur calculé sur la base de 45 € par parcelle de 10 à 15 ha.

3^{ème}
apport

Mesure de la teneur en chlorophylle : Digitès (IN VIVO) et N-testeur (ARVALIS - YARA)

Cette mesure reflète la teneur en azote de la culture. Elle se réalise en pinçant une trentaine de feuilles non ombrées. L'outil mesure la teneur en chlorophylle qui est un indicateur du statut azoté de la plante. Prestation distributeur de l'ordre de 15 à 20 €/parcelle.



La mesure peut se faire plusieurs fois durant la campagne (réponse via un extranet) si le conseil était d'attendre lors de la première mesure. En France 1500 outils référencés en 2005.

Attention : le stade et la variété influencent beaucoup la mesure.

3^{ème}
apport

Mesure de la réflectance : Farmstar (ARVALIS) et GPN (AZF)

Mesure de la réflexion de l'énergie solaire par le couvert végétal, qui est corrélé au statut azoté de la plante. Deux outils sont sur le marché, ils travaillent à une échelle différente :

- **Farmstar** qui utilise un réseau de satellites, permet un ajustement au sein même de la parcelle pour les terrains hétérogènes (pas de problème d'échantillonnage). Les données satellitaires sont traduites en données agronomiques pour donner cinq conseil au cours de la saison. Prestation : 6 à 10 €/ha.
- **GPN** s'utilise au niveau de la végétation et permet un conseil à la parcelle.



Le GPN est un outil portatif qui mesure la réflectance du couvert végétal.

Une partie de la parcelle doit être surfertilisée pour servir de témoin. Lors de la mesure, l'outil compare le témoin et la parcelle.

Il donne alors le rapport de réflectance et la dose d'azote associée à apporter. Prestation distributeur de l'ordre de 35 €/parcelle.

La mesure peut se faire plusieurs fois durant la campagne par une réponse directe.



3. Caractéristiques des outils d'aide à la décision

La majorité des outils (tous sauf Bande Double Densité) sont proposés par les distributeurs auprès des agriculteurs ou par les chambres d'agriculture.

Indicateurs/ Outils	Compartiment	Organes	Type indicateur	Source	Commentaires*
Bande Double Densité		Parties aériennes	Couleur (jaunissement par rapport au témoin)		Nécessité double semis
Jubil	Jus de tige	Base tige	Teneur N03	ARVALIS	Calage variétal
Ramsès				INVIVO	
GPN	Teneur chlorophylle	canopée	Réflectance	AZF	Besoin d'un étalon
Farmstar				ARVALIS	
N-Testeur	Teneur chlorophylle	F1 – F2	Transmittance	YARA	Photo ciel dégagé
Digitès				IN VIVO	

* Pour que la mesure corresponde réellement à l'état azoté de la plante tous les outils nécessitent des précipitations de 15 mm d'eau et une durée minimale de 20 jours depuis le 2^{ème} apport.