

LES RÉSULTATS ET PRÉCONISATIONS DE VOS INSTITUTS TECHNIQUES

MAÎTRISE DES CHARGES

RÉDUIRE SA DÉPENDANCE AUX ENGRAIS



CÉRÉALES À PAILLE

Gestion : éviter l'effet ciseau
Les programmes fongicides s'allègent
L'agronomie pour maîtriser les ray-grass
Les atouts de la pulvérisation ciblée
Les nouvelles buses à l'essai

OLÉOPROTÉAGINEUX

Réussir l'implantation des protéagineux
Lutter contre le charançon de la tige

SOMMAIRE

CÉRÉALES À PAILLE

Antigraminées : les buses à haut potentiel de réduction de dérive à l'essai	p.4
Fertilisation : quelle forme d'engrais azoté privilégier ?	p.7
Protection fongicide : s'appuyer sur l'agronomie pour alléger les programmes	p.10
Graminées : la combinaison de leviers pour maîtriser les ray-grass	p.15
Coûts de production : revenus en grandes cultures, éviter l'effet ciseau	p.18
Adventices vivaces : pulvérisation ciblée, atouts et limites	p.22
Élevage bovin : engraisser les vaches de réforme	p.26

OLÉOPROTÉAGINEUX

Protéagineux : les bonnes pratiques d'implantation	p.28
Colza : lutter contre le charançon de la tige	p.30
Azote minéral : les stratégies pour réduire la dépendance des systèmes de culture	p.34

ISSN n° 2610-6027 - Dépôt légal à la parution - Réf: 22/30

Ont contribué à la réalisation des articles :

Pour Arvalis : L. Bonin, A. Buteau, C. Desbourdes, V. Leveau, O. Godin, B. Perriot, G. Vericel.

Pour Terres Inovia : V. Biarnès, B. Remurier, Q. Legros, C. Robert, A. Schneider, L. Champolivier, V. Lecomte.

Photo de couverture : © N. Cornec - ARVALIS Institut du végétal



Impression : Imprimerie Mordacq (62)
Rue de Constantinople 62120 Aire-sur-la-Lys

Document imprimé par une entreprise Imprim'Vert
Couverture imprimée sur papier couché Sans Bois
Brillant PEFC 100% en 115 g/m²

Intérieur imprimé sur du papier LWC 100% recyclé
Silk Charisma PEFC 100% en 80 g/m²

Origine papier : Allemagne - Glückstadt - 710 km
Taux de fibre recyclées : 100 %
Eutrophisation : PToT de 0,003 kg/tonne

Avec la participation financière du Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural (CASDAR), géré par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire.

« Vos données sont importantes »

En tant que professionnel(le) de l'agriculture, vous êtes inscrit(e) dans nos bases de données et recevez nos actualités : références, événements, promotions...

En conformité avec le RGPD, nous vous rappelons que si vous ne souhaitez plus recevoir de courriers, sms ou emails de notre part, vous pouvez en faire la demande à tout moment à cette adresse : contact@arvalis-infos.fr ou en écrivant à ARVALIS - Institut du végétal - Service communication - 91720 BOIGNEVILLE. Vous pouvez également consulter notre politique de confidentialité en pied de page de nos sites internet : www.arvalisinstitutduvegetal.fr et www.arvalis-infos.fr.

Le service communication ARVALIS.

ANTIGRAMINÉES

LES BUSES À HAUT POTENTIEL DE RÉDUCTION DE DÉRIVE À L'ESSAI

Le volume de bouillie et le type de buses sont sans effet sur l'efficacité des herbicides racinaires. La chose a été vérifiée dans les années 2000. Mais les nouvelles buses, à haut potentiel de réduction de dérive, changent-elles la donne ? Des essais Arvalis lèvent le voile.



Les différentes buses testées et leur classe d'homologation de réduction de dérive.

Devant l'arrivée de buses à haut potentiel de dérive, Arvalis a conduit en 2020/2021 un essai évaluant l'influence du volume de bouillie et du type de buse sur l'efficacité des herbicides. L'essai conduit en 2020/21 était situé dans une parcelle de blé tendre moyennement infestée en ray-grass (78 rg/m²), à Coudray (45). La comparaison s'est appuyée sur le mélange Daïko 2,5 L/ha + Fosburi 0,5 L/ha + Actirob B 1 L/ha avec trois volumes de bouillie (50, 80 et 150 L/ha) et quatre types de buses à leur pression maximale d'homologation. Le traitement a été réalisé en postlevée précoce sur des ray-grass au stade 1 feuille en conditions optimales d'application. La buse XR à fente classique a servi de référence

par rapport à trois buses à injection d'air, représentant chacune les trois classes de réduction de dérive. Les buses retenues étaient la buse CVI (Albuz) pour la classe 66 %, la buse ID (Lechler) pour la classe 75 % et la buse TTI (Teejet) pour la classe 90 %. La buse 3D (Hypro) a également été testée spécifiquement aux volumes de 80L/ha et 150L/ha.

LES RÉFÉRENCES ANTÉRIEURES CONSOLIDÉES

L'analyse statistique confirme les résultats obtenus dans les années 2000 : aucun effet significatif du volume et du type de buse n'a été observé sur les herbicides racinaires.



Les niveaux d'efficacité du programme appliqué sont comparables, quels que soit le volume de bouillie et le type de buses testées. La buse 3D et la buse TTI affichent des niveaux de réduction de dérive équivalents. Non seulement les buses à injection sont compatibles avec les herbicides racinaires mais elles maintiennent leurs efficacités, tout en réduisant la dérive jusqu'à 90%. Un atout pour l'utilisation du prosulfocarbe, dont on sait qu'il est volatil et peut ainsi contaminer les cultures non-cibles implantées alentours.

ÉVITER LES BAS VOLUMES ET LES NOUVELLES BUSES AVEC LES HERBICIDES DE CONTACT

Restait également à tester l'efficacité de ces buses à haut potentiel de dérive (75 et 90 %) sur des désherbages avec des produits de contact. Un travail auquel se sont attelés Arvalis et l'ITB. Les derniers essais Arvalis/ITB sur le sujet remontaient à 2010 et concluaient sur une influence forte du volume de bouillie et du type de buse. Ainsi, quelle que soit la buse utilisée - fente classique XR (Teejet) ou injection d'air AVI (Albuz) - un désherbage avec un volume de 150 L/ha était plus efficace qu'avec un volume de 80 L/ha. À 150 L/ha, aucune différence significative n'était observée entre les deux types de buses : la buse à injection d'air pouvait être utilisée. En revanche, à 80 L/ha, la buse à fente classique conduisait à un niveau de désherbage acceptable (note supérieure à 7/10) alors que la note de la buse à injection d'air était plus basse.

Pour actualiser ces références avec les buses récemment homologuées pour leur aptitude accrue à limiter la dérive, les deux instituts techniques ont mis en place une expérimentation en 2022 à Buno-Bonnevaux (91). L'essai consistait à comparer les efficacités d'un traitement herbicide en trois passages en fonction de différents types de buse et de volumes de bouillie. Le semis des betteraves a été réalisé le 23 mars 2022 et l'essai n'a pas fait l'objet d'un désherbage de prélevée. Il est important de noter que la période encadrant les traitements n'a pas fait l'objet de précipitations significatives. Quatre types de buses ont été testées, toutes utilisées à Pression maximale d'homologation : fente classique (buse XR), injection d'air basse pression homologuée à 66 % pour la dérive (buse CVI), injection d'air classique homologuée à 75 % (buse ID) et injection

d'air homologuée à 90 % (buse miroir TTI). Chaque type de buse a été utilisé avec trois volumes de bouillie (50, 80 et 150 L/ha).

UNE EFFICACITÉ ÉTROITEMENT LIÉE AU VOLUME ET AU CHOIX DES BUSES

Les résultats d'essais montrent un effet significatif du volume de bouillie (figure 2) : quel que soit le type de buse, le traitement est significativement plus efficace à 150 L/ha qu'à 50 et 80 L/ha. De plus, on observe une interaction significative entre le volume de bouillie et le modèle de buse : à 50 et 80 L/ha, seule la buse XR donne une efficacité satisfaisante (note supérieure à 7/10). À 150 L/ha, les buses CVI et ID présentent, elles-aussi, des notes supérieures à la limite acceptable ; seule la buse TTI présente une efficacité inacceptable (3/10). Ces résultats confirment que la réussite du désherbage des betteraves sucrières est intimement liée au volume de bouillie et au choix des buses. À faible volume (50 et 80 L/ha), seule la buse à fente classique permet d'assurer un désherbage de qualité. À 150 L/ha, les buses à injection d'air CVI et ID peuvent être utilisées alors que la TTI est à proscrire. La taille des gouttes produites par cette buse à injection d'air ne permet pas un étalement suffisant du produit sur les feuilles, requis pour optimiser les propriétés des herbicides de contact. Or, ceux-ci sont quasi omniprésents dans les programmes de désherbage des betteraves. Pour les autres modes d'action, notamment les systémiques et racinaires, on n'observe pas de différence d'efficacité entre buses. ■

LES BUSES, OUTIL INDISPENSABLE POUR LIMITER LA DÉRIVE

L'utilisation de buses antidérives homologuées, permettant une réduction de dérive de 66 %, est obligatoire depuis 2018 pour appliquer du prosulfocarbe. Depuis 2019, de nouvelles buses sont apparues sur le marché, produisant des gouttes de diamètre plus important. Ces buses ont été homologuées pour la première fois en 2019 et affichent des réductions bien supérieures (75 et 90 %).

EN SAVOIR PLUS

La liste officielle de matériels homologués pour réduire les ZNT : <http://arvalis.info/2h2>

FERTILISATION

QUELLE FORME D'ENGRAIS AZOTÉ PRIVILÉGIER ?



En céréales, les performances techniques de l'ammonitrate et des urées additionnées d'inhibiteur d'uréase sont proches l'une de l'autre, et dépassent celles des autres formes d'engrais.

Entre objectifs de productivité et nécessités économiques, choisir ses engrais minéraux est devenu aujourd'hui très compliqué. Voici des pistes pour faciliter cette décision.

Les prix des engrais sont plus élevés que jamais. Et décider du volume et de la forme de l'azote à apporter à ses cultures n'a jamais été aussi difficile. Comment s'y retrouver ? Le raisonnement tenu ci-après concerne principalement le blé.

L'EFFICIENCE TECHNIQUE, UN PREMIER CRITÈRE DE CHOIX

Le choix de la forme d'azote impacte le rendement mais aussi la qualité de la récolte. De nombreuses études en céréales ont montré que sur le plan de l'efficacité de l'absorption de l'azote, l'ammonitrate sort gagnant devant l'urée et surtout devant les solutions azotées lorsque ces deux dernières formes sont sans adjuvant ni enrobage. En blé, il n'y a pas d'écart de rendement significatif entre une fertilisation à base d'urée ou d'ammonitrate, mais l'urée est moins efficace pour gagner des protéines (-0,23 % point de protéines par rapport à un ammonitrate). L'ammonitrate est également préférable à l'urée pour le colza. Les solutions azotées sont moins efficaces tant sur les plans du rendement que des protéines avec, en moyenne, 3,3 q/ha de rendement en moins qu'avec l'ammonitrate, et plus d'un demi-point de protéines en moins. Cette moindre efficacité pourrait s'expliquer par une plus grande propension de l'azote de la solution azotée à être organisé par



les micro-organismes du sol. Pour optimiser l'efficacité des engrais azotés, et limiter la volatilisation, il est recommandé d'éviter les applications en période venteuse ou de chaleur sèche. Autre précaution utile : apporter l'engrais seulement lorsqu'au moins 15 mm de pluie sont attendus sous quinzaine.

Les engrais foliaires sont une autre option. Selon une étude d'Arvalis, à quantité totale d'azote identique (40 kg/ha) appliquée en fin de montaison au stade « dernière feuille » du blé, ils sont aussi efficaces que l'ammonitrate sur le plan du rendement. Par contre, la plupart de ces engrais sont préconisés par les fabricants à des doses de 20 à 100 l/ha. Ces niveaux d'apports s'avèrent insuffisants pour les besoins en fin de montaison.

MINIMISER LA VOLATILISATION AMMONIACALE

L'addition d'inhibiteur(s) d'uréase est également efficace. Chez le blé, l'urée avec inhibiteurs s'avère même un peu plus efficace, en sols calcaires, que l'ammonitrate pour le rendement et les deux formes s'équivalent pour le taux de protéines.

Autre piste : Les urées enrobées, ou « engrais protégés ». Ces produits mettent progressivement à disposition l'azote minéral pendant le cycle de la culture. Cela peut permettre aussi de s'affranchir en partie du fractionnement et d'économiser ainsi un passage d'épandeur, et donc du carburant. Selon une synthèse de plus de 50 essais sur blé, l'urée enrobée testée (COTEN 341 N) apporte un gain de rendement par rapport à l'ammonitrate. Sur maïs, l'intérêt économique de l'urée enrobée comparée à l'urée classique varie selon les produits : en moyenne, elle n'apporte pas de gain significatif de rendement mais permet d'économiser un passage d'épandeur, à

condition de bien choisir la date d'apport en fonction des caractéristiques techniques du produit. Reste un inconvénient majeur : leur coût, toujours plus élevé que l'urée et parfois plus élevé aussi que l'ammonitrate.

FAUT-IL AUSSI AGIR SUR LA DOSE TOTALE ?

Au prix actuel des engrais, une question se pose : peut-on réduire la dose prévisionnelle d'azote jusqu'à perdre du rendement, mais ainsi économiser sur les charges d'engrais, afin de maintenir les marges d'exploitation ? Et si oui, de combien ? La dose prévisionnelle est calculée pour assurer un rendement et une qualité optimale en fonction d'un objectif de production par culture.

Des tables ont été produites par Arvalis pour estimer la réduction acceptable de la dose totale d'azote en fonction du contexte des prix, avec et sans prise en compte des réactions « protéines ». Leur prise en compte conduit à moins réduire la dose d'azote pour préserver la teneur en protéines et éviter des malus sur le prix de vente du blé.

À titre d'exemple, à 2,90 €/kg d'azote et 320 €/t de blé tendre, pour maximiser la marge nette, il faudrait en moyenne réduire la dose prévisionnelle d'azote de 12 kg N/ha. Pour un prix de l'azote identique, si le prix du

blé descend à 290 €/t, la dose prévisionnelle devra être en moyenne diminuée de 20 kg N/ha.

Dans tous les cas, chaque unité d'azote apportée compte et doit être valorisée au mieux en l'apportant au bon moment. Pour le blé, il est déconseillé de réduire la dose d'azote du dernier apport et a fortiori de supprimer celui-ci. Mieux vaut répartir la diminution nécessaire sur les autres apports, voire supprimer le premier apport au tallage si le niveau de reliquats en sortie d'hiver est satisfaisant. ■

◀◀ **LA SOLUTION AZOTÉE EST MOINS EFFICACE QUE L'AMMONITRATE ET L'URÉE ET AFFICHE DES RENDEMENTS EN RETRAIT DE 3 À 3,5 Q/HA.** ▶▶

PROTECTION FONGICIDE

S'APPUYER SUR L'AGRONOMIE POUR ALLÉGER LES PROGRAMMES

Les programmes fongicides n'évoluent pas franchement mais restent efficaces. Et surtout, ils s'allègent. Le T1 n'est plus de mise, sauf contexte particulier, grâce à des variétés productives et multi-tolérantes. Six ingénieurs régionaux d'Arvalis illustrent cette réalité des exemples concrets.



L'application fongicide effectuée au stade « dernière feuille étalée » est le pivot de la protection.

Pour les programmes fongicides, l'heure est à la diète : la dernière campagne a confirmé l'intérêt de se passer d'un T1 si la pression septoriose est faible. Mais cet allègement se justifie uniquement si les variétés cultivées sont résistantes aux maladies (note globale > 6,5) et si la nuisibilité potentielle, qui varie selon le contexte pédo-climatique, est faible. Le long des côtes de la Manche et en Bretagne, le risque reste élevé et cette possibilité est à exclure. Si un T1 se justifie, un produit de biocontrôle comme l'association de phosphonate de potassium et de soufre est digne d'intérêt. Le risque rouille

jaune, qui évolue à la hausse et génère de vrais dégâts, justifie par contre parfois de prévoir un T1, en l'adaptant à la cible.

Pour estimer la nuisibilité des maladies foliaires du blé et adapter le programme de traitement *a priori*, Arvalis a élaboré un indicateur régional de risque, traduit en cartes de nuisibilité. Ces cartes compilent les écarts de rendements entre essais traités et non traités observés dans 2861 essais conduits entre 2000 et 2020 dans tous les bassins de production de blé hexagonaux.

« La Champagne est par exemple une zone où la nuisibilité est modérée quel que soit le profil variétal retenu », explique Jérôme Thibierge, spécialiste des maladies des céréales à paille chez Arvalis. « Elle atteint en moyenne 14 q/ha pour un profil de variété sensible, 11 q/ha pour un profil moyennement résistant et 10 q/ha pour un profil résistant ». À l'inverse, le niveau moyen de nuisibilité est très fort en Bretagne et en Basse Normandie. « Il atteint en moyenne plus de 25 q/ha pour un profil sensible, près de 20 q/ha pour un profil moyennement sensible et 16 q/ha pour un profil résistant », précise le spécialiste.

Si le traitement à dernière feuille étalée s'impose partout comme le traitement « pivot » de la protection fongicide, le T3 peut également être raisonné. « L'analyse de nos essais depuis 2008, soit un total de 104 essais, indique que la rentabilité du T3 n'est pas toujours assurée », assure Jérôme Thibierge. Ces travaux montrent que les gains de rendement moyens ne dépassent 2,5 Q/ha que dans 50% des cas. Or un peu plus de la moitié des surfaces de blé tendre sont protégées par cette application à épiaison. ■



HAUTS-DE-FRANCE

Charlotte Boutroy, ingénieure régionale

LA COUVERTURE DE LA DERNIÈRE FEUILLE RESTE LE TRAITEMENT DE BASE

Les variétés peu sensibles à la septoriose et à la rouille jaune (telles que Chevignon, KWS Extase...) permettent de réaliser l'impasse du T1 dans un grand nombre de situations. Un passage bien positionné sur la dernière feuille étalée (T2) pourra être suffisant sur la base de produits combinant SDHI et triazoles ou fenpicoxamid associé à une SDHI ou une triazole. En cas de risque fusariose, un passage à floraison (T3) à base de prothioconazole ou de tébuconazole pourra être nécessaire, mais en conditions sèches en fin de cycle, l'impasse du T3 sera également envisageable.

Sur les variétés sensibles à la rouille jaune (telles que Campesino, RGT Sacramento...), il s'agira d'être particulièrement vigilant face aux attaques précoces de rouille jaune qui nécessiteront un contrôle spécifique à base de triazoles, éventuellement complétés d'une strobilurine efficace.

Ne pas oublier l'importance des OAD pour s'adapter à l'année.

Dernière Feuille étalée

Produit	Dose
REVYSTAR XL	0.75
ZOOM	0.75
LIBRAX	1
ELATUS PLUS + ARIOSTE 90	0.6+0.6

KARDIX	0.9
REVYSTAR XL	0.75
ZOOM	0.75
QUESTAR + ELATUS PLUS	1.1+0.55
UNIVOQ	1.2
ELATUS ERA	0.75

Floraison

Si conditions humides favorables à la septoriose

Produit	Dose
PROSARO	0.6
KESTREL	0.5
MAGNELLO	0.65

CARAMBA STAR	0.8
MAGNELLO	0.65

Exemple de programme pour 2023, pour variétés peu sensibles avec un risque septoriose moyen (10-15 q/ha de nuisibilité). Doses (l/ha) à moduler selon conditions météo.



NORD-AQUITAINE

Aude Carrera, ingénieure régionale

NE PAS JETER L'ARGENT PAR LES FENÊTRES !

« Dans le Sud-Ouest, déclencher un traitement précoce, avant la dernière feuille, c'est souvent jeter l'argent par les fenêtres. Avec un bémol toutefois en cas d'attaques précoces de rouille jaune et de variétés sensibles septoriose, qui peuvent justifier un traitement à 2 nœuds.

Dans tous les cas, le traitement à dernière feuille est le traitement à ne pas rater. La gamme de produits efficaces reste sensiblement la même que l'an passé : privilégier les associations de triazole et SDHI ou de fenpicoxamide en association. Le problème rouille, qui apparaît souvent à partir de dernière feuille, se règlera en ajoutant une strobilurine ou en utilisant un produit comme Elatus Era, efficace à la fois sur rouille et sur septoriose.

Quant à la fusariose, l'application d'un Prosaro début floraison n'est pas suffisant sans la maîtrise des facteurs de risque agronomiques : choix des variétés et gestion des résidus du précédent. Les essais régionaux montrent que si tous les facteurs de risque agronomiques sont maîtrisés, on peut attendre un niveau de mycotoxine bas.

Dernière Feuille étalée

Produit	Dose
AMPLITUDE + PRIAXOR	0.5 + 0.5
ELATUS ERA	0.6
ELATUS PLUS + ARIOSTE 90	0.5 + 0.5
KARDIX + TWIST 500 SC	0.7 + 0.16
LIBRAX + COMET 200	0.75 + 0.37
QUESTAR + ELATUS PLUS	1 + 0.5
REYSTAR XL + COMET 200	0.6 + 0.3
UNIVQ + AMISTAR	1 + 0.4
ZOOM + COMET 200	0.65 + 0.32

Floraison

Produit	Dose
Prothioconazole + metconazole	100 + 40 gma/ha
PROSARO *	0.6 à 0.8
KESTREL*	
FANDANGO*	1.2
SOLEIL	
SUNORG PRO	1
Tebuconazole	250 gma/ha

* : Efficace aussi sur *Microdochium* spp.

Exemple de programme en Nord-Aquitaine pour 2023, pour un risque d'apparition tardive de la septoriose, de risque rouille brune et fusariose. Doses (l/ha) à moduler selon conditions météo.



CENTRE

Cyrille Gaujard, ingénieur régional

MISER D'ABORD SUR LE T2

« Pour lutter contre les maladies, le premier levier est d'utiliser les variétés peu sensibles à la septoriose et à la rouille jaune. Avec ce levier, notre recommandation reste de ne pas réaliser de T1 et d'attendre le stade DFE pour intervenir. L'analyse de plus de 200 essais fongicides montre que le gain moyen du T1 ne dépasse pas 2 quintaux/ha. En région Centre, ce T2 à « dernière feuille étalée » ciblera avant tout la septoriose, avec le recours à des triazoles associées aux SDHI, aux Qil (fenpicoxamid) et aux strobilurines (si risque rouille). De nombreuses spécialités sont disponibles, il est fortement recommandé d'alterner les modes d'action et de ne pas utiliser deux fois la même substance active.

Si le risque rouille jaune apparaît précocement, il faudra toutefois intervenir dès le stade « Epi 1 cm à 1 nœud » avec une triazole seule de type tebuconazole, ou éventuellement associée à une strobilurine.

Dernière Feuille étalée

Produit	Dose
REYSTAR XL	0.65 - 0.75
LIBRAX	0.8 - 1
ELATUS ERA*	0.7 - 0.75
KARDIX	0.8 - 0.9
QUESTAR + APROVIA PLUS *	1+0.5 à 1.2+0.6
QUESTAR + APTREL 90	1 + 0.5 à 1.2 + 0.6
UNIVQ	1 - 1.2

* Modalités à privilégier en situation à forte pression de rouille brune.

Exemple de programme en région Centre pour 2023, pour variétés peu sensibles avec un risque septoriose moyen (10-15 q/ha de nuisibilité). Doses (l/ha) à moduler selon conditions météo.



BOURGOGNE

Diane Chavassieux, ingénieure régionale

ADAPTER LE PROGRAMME À UNE NUISIBILITÉ FAIBLE

En Bourgogne, la nuisibilité des maladies est la plupart du temps inférieure à 10 q/ha, vu les niveaux de résistance des variétés cultivées. Les dégâts de rouille jaune précoce sont assez limités. Cette situation permet de limiter le programme à un seul traitement à dernière feuille étalée, en ciblant la septoriose. Une série de produits efficaces existent, associant une triazole et une SDHI. En cas de risque rouille brune, l'ajout d'une strobilurine reste efficace.

Dans les situations où un premier traitement s'avère nécessaire, une application à base de soufre ou de soufre et de phosphanate de potassium est équivalent à un produit classique en termes de rendement et d'efficacité. Avec l'avantage d'être 100% biocontrôlés.

Dernière Feuille étalée

Produit	Dose
REYSTAR XL	0.65 - 0.75
LIBRAX	0.8 - 1
ELATUS ERA*	0.7 - 0.75
KARDIX	0.8 - 0.9
AQUINO + APROVIA PLUS *	1+0.5 à 1.15+0.55
AQUINO + metconazole 60G	1+1 à 1.2+1.2
QUESTAR + metconazole 90G	1+0.5 à 1.2+0.6
UNIVOQ	1 - 1.2

* Modalités à privilégier en situation à forte pression de rouille brune.

Exemple de programme en Bourgogne pour 2023, pour variétés peu sensibles avec un risque septoriose faible (10 q/ha).

Doses (l/ha) à moduler selon conditions météo.



Auvergne

Chloé Malaval-Juery, ingénieure régionale

ATTENTION AU RISQUE FUSARIOSE

En Auvergne, les pressions maladies les plus élevées se situent dans le nord de l'Allier, dans la continuité des régions limitrophes (Berry et Nièvre). Elles y atteignent 15-20 quintaux. En Limagne, la pression se situe autour de 10 q/ha.

La rentabilité du T1 est généralement faible, plaidant pour sa suspension, sauf si des foyers de rouille jaune apparaissent. Pour le T2, l'idéal est d'utiliser une molécule polyvalente sur les cibles septoriose, rouille jaune et rouille brune. Dans le cas d'attaques de rouille jaune, le respect d'un intervalle de 20 jours entre les applications assurera la constance de la protection fongicide. Un T3 assurera la qualité sanitaire requise par les filières locales, en particulier dans les précédents maïs, dans lesquels le risque fusariose est élevé. Dans ces situations, une application à floraison de tébuconazole ou du prothioconazole reste efficace.

Dernière Feuille étalée

Produit	Dose
REVYSTAR XL	0.65 - 0.75
LIBRAX	0.8 - 1
ELATUS ERA*	0.7 - 0.75
KARDIX	0.8 - 0.9
QUESTAR + APROVIA PLUS *	1*0.5 à 1.15*0.55
AQUINO + OROSTAR 60	1*1 à 1.2 + 1.2
QUESTAR + TURRET 90	1 + 0.5 à 1.2 + 0.6
UNIVOQ	1 - 1.2

* Modalités à privilégier en situation à forte pression de rouille brune.

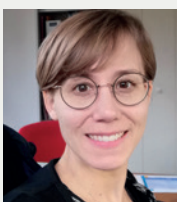
Floraison

Si risque fusariose élevée, justifié par la grille de risque

Produit	Dose
PROSARO**	0.6
KESTREL**	0.6
FANDANGO S**	1.2

** éviter d'intervenir avec du tébuconazole ou du prothioconazole avant floraison

Exemple de programme en Auvergne pour 2023, pour un risque septoriose faible (10 q/ha). Doses (l/ha) à moduler selon conditions météo.



Champagne-Ardenne

Mélanie Franche, ingénieure régionale

RAISONNER SA STRATÉGIE FONGICIDE AUTOUR DU TRAITEMENT À DERNIÈRE FEUILLE ÉTALÉE

En l'absence de rouille jaune, l'impasse du T1 devient la règle en région Champagne-Ardenne, dans un environnement où une très grande majorité des surfaces est implantée avec des variétés peu sensibles à la septoriose. Si les conditions sont sèches en fin de cycle, et donc peu favorables aux maladies, la question de l'utilité d'un T3 peut même se poser. C'est bien l'intervention au stade « dernière feuille étalée » qui reste le pivot des stratégies fongicides. L'appui d'un OAD de type Septo-LIS pour suivre l'évolution du risque septoriose s'avère toutefois essentiel pour adapter son programme au fil de la campagne, sans approximation. Dans l'éventualité d'un traitement au stade « floraison », prévoir une triazole ou une association de triazoles en veillant à l'alternance des matières actives. Enfin, comme ailleurs, attention au développement précoce de la rouille jaune.

Dernière Feuille étalée

Produit	Dose
REVYSTAR XL	0.75 - 0.9
ZOOM	0.75 - 0.9
KARDIX	0.9 - 1
ELATUS PLUS + ARIOSTE 90	0.6*0.6 - 0.65*0.65
ELATUS ERA	0.75 - 0.9
QUESTAR + ELATUS PLUS	1.1 + 0.55 - 1.2 + 0.6
UNIVOQ	1.2 - 1.5
LIBRAX	1 - 1.2

Exemple de programme en Champagne-Ardenne pour 2023, pour un risque septoriose faible (10 q/ha). Doses (l/ha) à moduler selon conditions météo.

© M. Killmayer - ARVALIS-Institut du végétal

La rouille jaune est désormais fréquente dans la plupart des zones de production, avec des nuisibilités qui, sans atteindre celles de la septoriose, peuvent mériter une protection.

GRAMINÉES

LA COMBINAISON DE LEVIERS POUR MAÎTRISER LES RAY-GRASS

Le ray-grass est particulièrement nuisible dans les cultures céréalières. La seule solution durable passe par la combinaison de leviers mécaniques, agronomiques et chimiques.



Associer les substances actives en fonction de leur mode d'action contribue à sécuriser l'efficacité du désherbage.

Depuis le début des années 2000, de vastes zones françaises souffrent de la montée en puissance du ray-grass, laissant les producteurs face à des solutions chimiques de moins en moins nombreuses. Rallonger la rotation en incorporant des cultures de printemps, reprendre un labour ponctuel, bien travailler ses faux-semis avec ou sans couverts, retarder ses semis de blé : ces leviers agronomiques ne fonctionnent sur la durée qu'en étant combinées entre eux.

DOUZE COMBINAISONS TESTÉES SUR TROIS ANS

L'efficacité de leur combinaison a été évaluée dans un essai mis en place entre 2019 et 2022 à Vieilleville (31), sur

des bandes de 12 mètres de large, au cours d'une succession culturale de trois campagnes (blé dur, maïs, blé dur) : charrue déchaumeuse, ensilage et exportation du blé et du ray-grass immatures, labour... De fait, 12 combinaisons de leviers ont été différenciées et, pour chacune, 5 modalités de désherbage ont été réalisées dans le blé en 2021-2022. Le décalage de date de semis confirme être un levier très efficace. La nuisibilité du ray-grass peut être estimée à près de 40 qx/ha en semis précoce et à 18 qx/ha en semis tardif, avec un niveau de rendement proche entre les 2 dates de semis en situations bien désherbées. Les résultats de cet essai mettent en évidence l'intérêt de combiner les leviers agronomiques, mécaniques et chimiques pour reprendre le contrôle d'une parcelle fortement infestée en ray-grass. Sur une séquence de 3 campagnes, les



© JY. Maufrais - ARVALIS-Institut du végétal

L'introduction d'une culture de printemps dans une rotation colza/blé/orge d'hiver diminue très fortement la pression des ray-grass et vulpins.

modalités les plus performantes sont celles qui ont cumulé plusieurs leviers. Quand un seul levier est mis en œuvre, son efficacité peut se dégrader assez rapidement dans le temps si la qualité du contrôle n'est pas assurée, car le stock semencier se reconstitue rapidement.

Dans tous les cas, il s'agit de perturber le cycle de développement des graminées d'automne que sont les ray-grass, mais aussi les vulpins et les bromes, en variant la date de semis des cultures dans la rotation. L'introduction d'au moins une culture de printemps permet de diminuer très fortement la pression des graminées automnales. La diversification et l'allongement de la rotation évitent la spécialisation de la flore et facilitent le désherbage. En alternant les cultures, les modes d'action des solutions chimiques disponibles varient, ce qui réduit la sélection de plantes résistantes.

PENSER AU LABOUR INTERMITTENT EN CAS D'INFESTATION MASSIVE

Comme les semences d'adventices germent principalement dans les cinq premiers centimètres du sol, le labour occasionnel d'une parcelle infestée va enfouir les graines à une profondeur où elles perdront leur pouvoir germinatif en un, deux ou trois ans. Le labour intermittent s'avère très utile dans la maîtrise du ray-grass et du vulpin notamment et de toutes les espèces dont les graines ont des durées de vie faibles. Alors que les résistances aux herbicides s'accroissent, le labour tous les 3 ou 4 ans est particulièrement intéressant dans les rotations courtes, après un échec du désherbage notamment. Quand ce recours au

labour n'est pas souhaité pour des questions de coûts, de débit de chantier ou de difficultés techniques liées à la nature du sol, le déchaumage représente une alternative intéressante. Ces deux travaux du sol peuvent aussi se combiner. Qu'il soit effectué en déchaumage comme sur labour, le faux semis demande une préparation fine, superficielle et retassée en surface pour établir un bon contact sol-graine et pour garder l'humidité du sol. Pour réussir son faux semis, des outils comme la herse de déchaumage, les vibro-déchaumeurs et les déchaumeurs à disques indépendants ont démontré leur intérêt.

Associer les substances actives peut sécuriser l'efficacité du désherbage dans certaines situations. Dans l'essai de Vieilleville, une application de prélevée Défi + Compil affiche de très bons résultats et permet toujours un rattrapage, si besoin. Mais attention, ce qui compte n'est ni le nom de la spécialité ni sa substance active mais bien le mode d'action de l'herbicide. La nouvelle évolution des groupes HRAC, qui regroupe le flufénacet et le prosulfocarbe dans le même groupe de mode d'action, complique un peu la nécessité d'alterner les modes d'action (tableau 1). En effet, même si l'action de ces substances est similaires (inhibition de la synthèse des acides gras à longues chaînes), les sites d'action biochimiques sont probablement différents. Il reste encore pertinent d'utiliser le flufénacet et prosulfocarbe, mais il est essentiel d'utiliser des programmes/associations contenant aussi de la pendiméthaline ou du chlortoluron. ■

Exemples de programmes herbicide sur blé tendre efficace sur graminées

Prélevée	Postlevée précoce
Défi + Codix (2+2 l) / HRAC 15 et 3+12	Pontos + CTU (0,75+3 l) / HRAC 15 + 12 et 5
Défi+Codix (3+1,5 l) / HRAC 15 et 3+12	
Défi+Compil (3+0,2 l) / HRAC 15+12	
	Défi+Compil (3+0,2 l) / HRAC 15 + 12
	Fosburi (0,6 l) / HRAC 15 + 12
	Défi+Fosburi (2,5+0,6 l) / HRAC 15 et 15+12
Trooper+Compil (2,5+0,2 l) / HRAC 15+3 et 12	Défi + Beflex (3+0,35) / HRAC 15 + 12
Mateno (2l) / HRAC 15+12 + 32	

Tableau 1 : en situations difficiles, l'alternance d'herbicides appartenant à des groupes de modes d'action différents peut s'avérer difficile.

COÛTS DE PRODUCTION

REVENUS EN GRANDES
CULTURES : ÉVITER
L'EFFET CISEAU

Volatilité des prix de vente, hausses et incertitudes sur les prix des intrants comme de tous les postes en lien avec le prix de l'énergie : ce contexte incertain nécessite de réactualiser le calcul de ses coûts de production.

Les charges opérationnelles du blé tendre devraient augmenter de 27 à 75% par rapport à 2022.



Quel sera l'impact de la volatilité des prix sur les résultats économiques des exploitations de grandes cultures dans les mois à venir ? Les principaux postes qui subissent une augmentation en rapport avec le prix de l'énergie et/ou la disponibilité des intrants sont bien sûr les engrais et le carburant, mais aussi, l'irrigation, le séchage, le stockage et les produits phytosanitaires, sans oublier l'entretien/réparation (prix des pièces, logistique transport...) ou encore les travaux à façon (carburant). Globalement, la hausse des prix concerne 40 à 55 % des charges de production.

L'incidence de cette hausse est forte : une augmentation de 1 € du prix de l'unité d'azote (sans modifier les pratiques et les rendements moyens) entraîne, pour les céréales à paille, une augmentation du coût à la tonne de l'ordre

de 23 à 26 €, jusqu'à 35 € pour un blé dur. Pour le maïs, l'augmentation de 1 €/kg N entraînera une augmentation moyenne entre 19 et 23 €/t.

DES COÛTS DE PRODUCTION 2022 ET 2023 DU BLÉ TENDRE À LA HAUSSE

D'après les prévisions de l'observatoire Arvalis/Unigrains d'Octobre 2022, la récolte de blé tendre en 2022 est marquée par des charges complètes élevées, entre 1820 et 1915 €/ha, soit une augmentation de 290 à 385 €/ha par rapport à la moyenne 2017-2021, principalement en raison de la hausse du poste fertilisation de 40 à 75%, soit + 105 à 200 € par hectare. Avec un rendement moyen à 8.2 t/ha, le coût de production complet atteindrait 222 à 233 €/t (soit

une hausse de 20 à 30 €/t par rapport à 2021) avec seuil de commercialisation (ou prix d'intérêt complet) à 200 €/t. Pour la récolte 2023, deux scénarios (charges ++ et charges +++) de prix des intrants, carburant, énergie et autres charges ont été étudiés par Arvalis (tableau 1). Les chiffres obtenus sont éloquentes et montrent l'importance d'effectuer ses propres calculs.

La culture du blé tendre devrait connaître une hausse des charges complètes pour atteindre 2300 à 2500 €/ha, soit une augmentation de 380 à 580 €/ha par rapport à 2022. Cette hausse serait conduite par une augmentation de 27 à 75 % des charges opérationnelles (+ 175 à 420 €/ha), et de 27 à 35 % des charges de mécanisation (+ 150 à 200 €/ha). Ainsi, pour un rendement moyen en blé tendre à 8.0 t/ha (moyenne quinquennale de l'échantillon Arvalis/Unigrains), le coût de production complet s'établirait entre 287 et 312 €/t, soit une hausse de 54 à 90 €/t par rapport à 2022. Avec un niveau d'aides de 27 €/t (220 €/ha), le seuil de commercialisation s'élèverait donc entre 260 et 284 €/t. Ainsi, un prix plus bas en blé tendre que le prix proposé actuellement ou un rendement plus faible que la moyenne pourra entraîner une marge négative. Par exemple, dans le cas d'une baisse de rendement de 1 t/ha, la hausse du coût de production complet sera accentuée de 40 à 45 €/t.

COMMENT ÉVITER « L'EFFET CISEAU » ?

Vu les niveaux de prix et la volatilité des marchés, le risque d'un effet ciseau, prix de vente baissant et prix des intrants restant élevé, s'avère très présent pour la récolte 2023, avec des conséquences lourdes pour les résultats économiques des exploitations. Il est donc nécessaire de s'y préparer en évaluant la situation économique de chaque exploitation à l'issue des récoltes 2021 et 2022, de mobiliser les outils de gestion des risques à disposition des producteurs (assurance récolte, DEP ou toute autre épargne...), d'anticiper les prélèvements obligatoires en termes de trésorerie et de calculer ses coûts de production 2023 pour s'arbitrer dans la mesure du possible sur la récolte 2023 entre l'achat des intrants et la vente des productions.

À l'échelle d'une culture, une adaptation des itinéraires techniques au contexte économique, comme elle peut être faite par rapport au contexte climatique, peut être nécessaire. En 2023, le suivi des rapports de prix entre les prix de vente des cultures et le prix de l'azote sera primordial pour vérifier que l'optimum technique de rendement est bien en adéquation avec l'optimum économique, avec pour conséquence le maintien ou la réduction de dose. Dans ce dernier cas, l'impact sur la qualité et sur l'accès à certains débouchés est bien entendu à prendre également en compte.

Pour faciliter le calcul des coûts de production, Arvalis a



mis en ligne **ImpactCharges**, un outil permettant d'estimer soi-même l'augmentation de quelques postes de charges entre deux années et d'en déduire les conséquences sur son prix d'intérêt. Cet outil gratuit est à télécharger sur <http://oad.arvalis-infos.fr/impactcharges>. Sur le même modèle mais plus complet, un autre outil, **ImpactCoutProduction**, permet d'évaluer, pour une culture, l'augmentation d'un ou plusieurs postes de charge, des coûts de production à la tonne et du seuil de commercialisation, ainsi que la marge attendue par hectare. L'outil permet aussi de comparer par simulation plusieurs situations de charges et de rendement. La liste des postes de charges est très complète et personnalisable : semences, engrais, produits phytosanitaires, eau d'irrigation, séchage, stockage et mécanisation, fermages, main-d'œuvre. Il est également possible de prendre en compte l'aléa climatique en saisissant une variation de rendement. ■

Exemples d'hypothèses retenues pour l'élaboration des scénarios d'évolution des prix des différentes charges

	Scénario Charges ++	Scénario Charges +++
Prix des engrais (€/unité)		
N	2.4	3
P	1.7	2.4
K	1.2	1.6
P-K (0.4-0.6)	1.42	1.95
N-P-K (0.2-0.4-0.4)	1.64	2.2
Carburant (€/L)	1.3	1.7
Produits phytosanitaires (2023 / 2022)	+ 10 %	+ 15 %
Semences de céréales (2023 / 2022)	+ 25 %	+ 30 %
Electricité (2023 / 2022)	+ 10 %	+ 15 %
Entretien (2023 / 2022)		
Véhicules et matériel	+ 5 %	+ 8 %
Bâtiments	+ 5 %	+ 5 %

Tableau 1 : Prix en euros courants. Source Arvalis au 25/10/2022.

ADVENTICES VIVACES

PULVÉRISATION CIBLÉE : ATOUTS ET LIMITES

Selon l'état de salissement de la parcelle, les taches d'adventices et la largeur des tronçons du pulvérisateur, la pulvérisation ciblée permet de réduire jusqu'à 99 % la quantité d'herbicides appliqués. Des essais d'Arvalis ont évalué les principales solutions du marché.



Le désherbage par pulvérisation ciblée fait appel à des capteurs et à des pulvérisateurs capables de respecter une carte On/Off.

La pulvérisation ciblée allie détection automatique d'adventices et application d'un herbicide uniquement si des adventices sont présentes et seulement sur elles. La technique mobilise chercheurs, start-up et constructeurs tant la promesse de réduire les quantités de produits phytopharmaceutiques utilisés est grande. Cette technologie est principalement adaptée aux adventices vivaces, qui se développent par taches, et aux plantes à enjeux sanitaires comme le datura ou l'ambrosie. Elle associe de l'électronique embarquée et le traitement du signal (caméras légères et rapides, algorithmes de reconnaissance d'objets...), la pulvérisation (vannes de

régulation performantes, buses à pulsation, coupures de tronçons...) et la localisation centimétrique par GPS. La pulvérisation ciblée s'effectue soit en temps réel, soit en différé. Dans le premier cas, détection et pulvérisation s'effectuent en un seul passage. Dans le second, un premier passage établit une carte de la localisation des adventices, qui seront traitées lors d'un second passage. La détection en temps réel en cours de culture est la solution idéale. Des solutions commerciales commencent à apparaître (capteurs de CarbonBee sur le Sniper de Berthoud, I-spray de Kuhn, ARA d'Ecorobotix) mais vu le poids et de la taille des images, le temps d'analyse reste long. Pour



La qualité des algorithmes de traitement des images est déterminante pour estimer avec précision la quantité d'adventices à traiter. Ici, les détections sont validées à l'aide d'un GPS piéton.

des raisons exactement inverses, la pulvérisation en différée apparaît plus robuste. Arvalis teste depuis 2018 de tels dispositifs sur les Digifermes de Boigneville (91) et de Saint-Hilaire-en-Woëvre (55) : le capteur multispectral sur un drone de Delair pour détecter les adventices en maïs, le capteur RVB de Telespazio, également installé sur un drone, pour détecter les daturas dans du maïs semences, et le capteur RVB et hyperspectral de CarbonBee installé sur un tracteur, pour détecter les chardons dans le maïs et les rumex en prairie. Objectif : évaluer la faisabilité de la pulvérisation ciblée et mesurer les économies de produits phytopharmaceutiques permises.

Les mesures effectuées montrent que la détection n'est pas encore parfaite mais satisfaisante : seulement un adventice dans la parcelle est oubliée. Dans environ 20 % des cas, les algorithmes testés confondaient les chardon ou rumex avec d'autres plantes ou des pierres (*tableau 1*), ce qui implique une surface traitée supplémentaire mais qui reste toujours inférieure à un traitement en pleine rampe. Le second objectif des essais était de valider la capacité

COMMENT IDENTIFIER LES ADVENTICES ?

Deux grands types de capteurs sont utilisés en agriculture pour prendre des images. Les capteurs RVB (Rouge-Vert-Bleu) sont l'équivalent d'un appareil photo classique, tandis que les capteurs multispectraux et hyperspectraux mesurent la lumière dans différentes longueurs d'onde. Le choix dépend de l'objet à détecter et de l'objectif de la détection. Certains services combinent les deux.

Les images prises sont ensuite analysées par des programmes informatiques (algorithmes) afin de distinguer les adventices des cultures. C'est aujourd'hui la partie la plus sensible et améliorable du dispositif de détection. Il en existe deux types : les algorithmes qui identifient une adventice spécifique, et ceux qui identifient comme adventice toute plante qui n'est pas la culture. Si l'herbicide à appliquer est spécifique, l'intérêt est d'identifier avec le premier type d'algorithme l'adventice qu'il vise (le chardon, par exemple).

du pulvérisateur à appliquer les cartes de préconisation. Il existe en effet plusieurs types de cartes de préconisation, avec différents formats, selon le modèle de la console du pulvérisateur. Les cartes produites ont été téléchargées dans la console Müller d'un pulvérisateur Tecnomat équipé d'une rampe de 24 m avec douze tronçons.

Un capteur de pression était installé sur chaque tronçon pour valider l'ouverture ou la fermeture des tronçons. La superposition de la carte de préconisation et de la carte des ouvertures/fermetures des tronçons issue des capteurs permet de déterminer si le pulvérisateur a bien respecté la carte et d'évaluer le pourcentage de réduction de produit. Cette analyse a montré que, dans les parcelles où l'infestation de chardon est faible, de 80 à 99 % de produit est économisé par rapport à une pulvérisation en plein.

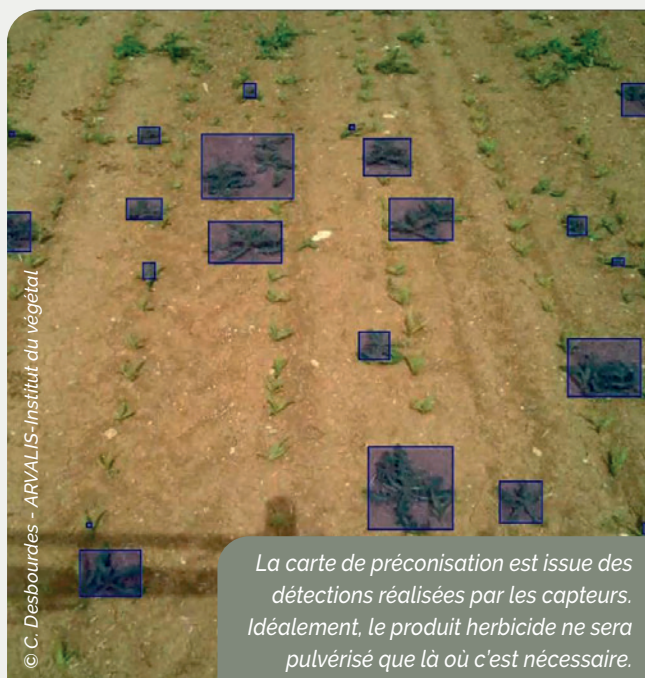
PRÉCISION DE LA DÉTECTION : encore beaucoup de faux positifs

	CHARDON EN MAÏS		RUMEX EN PRAIRIE	
	Adventices détectées par le capteur	Pas d'adventice détectée par le capteur	Adventices détectées par le capteur	Pas d'adventice détectée par le capteur
Adventices présentes	29,0 %	0,5 % (faux négatifs)	27,5 %	1,0 % (faux négatifs)
Pas d'adventice sur le terrain	21,0 % (faux positifs)	49,5 %	22 % (faux positifs)	49,5 %

Tableau 1 : résultats de la détection automatisée de chardons en maïs et de rumex dans une prairie avec le capteur CarbonBee. Essais Arvalis 2021.

DES INVESTISSEMENTS COMPENSÉS PAR LES ÉCONOMIES D'HERBICIDES

Malgré ce bel atout, la pulvérisation ciblée occasionne un investissement conséquent. Deux fermes-types ont été simulées à l'aide du logiciel SYSTERRE3. La première, de 100 ha avec 1 UTH, est caractéristique de la vallée de l'Adour ; 60 ha de maïs sont traités par pulvérisation ciblée en postlevée. La deuxième, de 130 ha avec 0,8 UTH, est typique de St-Hilaire-en-Woëvre (Meuse) ; la pulvérisation ciblée vise à débarrasser une prairie de 80 ha de ses rumex. Pour chaque ferme, on a comparé un désherbage classique, sur la totalité de la surface, avec une pulvérisation ciblée avec les mêmes produits traitant soit 85 % de la



La carte de préconisation est issue des détections réalisées par les capteurs. Idéalement, le produit herbicide ne sera pulvérisé que là où c'est nécessaire.

surface (un scénario pessimiste, correspondant à des parcelles très infestées en adventices), soit 50 % de la surface, soit 15 % (qui correspond à un gain de produit de 85 % - une valeur minimale mesurée dans les parcelles testées dans les essais).

La comparaison des scénarios montre que, pour la ferme de l'Adour, l'achat du système de pulvérisation ciblée (84 000 € HT) en plus de l'achat de l'automoteur (173 000 € HT) augmente les charges de mécanisation : l'indice de valeur à neuf (IVAN) passe de 4771 à 4864 €. Quand la pulvérisation ciblée est activée, le temps de travail augmente

aussi légèrement car le débit de chantier de l'automoteur diminue avec le désherbage ciblé, sa vitesse passant de 15 à 12 km/h pour un bon fonctionnement des capteurs. En revanche, les charges herbicides qui passent de 65 € à 58 € pour 50 % de surface traitée, voire 54 € pour 15 %. Finalement, quand la pulvérisation ciblée traite 85 % de la surface totale, la marge nette diminue de 4 €/ha en raison des investissements en matériel, passant de 253 €/ha (désherbage en plein) à 249 €/ha ; mais cette marge se maintient dès que la surface traitée passe à 50 % de la surface totale, et elle augmente de 6 €/ha quand la pulvérisation ciblée permet d'abaisser la surface traitée à 15 % de la surface totale. Dans la ferme de Saint-Hilaire, l'adoption de cette technologie pour désherber la prairie (sans rien changer pour le reste de la rotation) a des impacts similaires. Mais si la pulvérisation ciblée est aussi pratiquée en postlevée pour le maïs fourrage de la rotation, la marge nette augmente légèrement dès que la surface traitée passe à 50 % de la surface totale en raison de la baisse des

« LA RENTABILITÉ D'UN SYSTÈME DE PULVÉRISATION CIBLÉE DÉPEND DE LA SURFACE À TRAITER ET DU MODE DE PROPRIÉTÉ LE PLUS JUDICIEUX POUR AMORTIR LE MATÉRIEL. »

charges « herbicides ». Dans les deux fermes, les indicateurs de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre sont peu modifiés par le passage à la pulvérisation ciblée.

LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE D'UN TEL SYSTÈME DÉPEND DONC DE TROIS ÉLÉMENTS

La SAU concernée par la pulvérisation ciblée et les économies en euros sur le poste herbicides. Le taux de propriété sera également déterminant. Il permet d'ajuster les charges mécaniques tout en maintenant une adéquation avec les surfaces traitées par l'automoteur (2200 ha est un pivot dans notre cas) pour intervenir en conditions optimales d'efficacité des produits.

Le nombre de cultures et de traitements réalisables sur la ferme, tout en tenant compte d'une limite d'utilisation par rapport à la main d'œuvre disponible et l'utilisation sur les autres exploitations si l'outil est partagé.

Le pourcentage de surface d'adventices détectées et donc de surface à traiter. Plus

ce pourcentage est faible, plus la réduction des charges herbicides aura un impact sur la marge nette. De même, l'IFT est directement dépendant de ce pourcentage. ■

LA PULVÉRISATION CIBLÉE EST-ELLE EFFICACE SUR VIVACES ?

Sur la plus ancienne des parcelles testées en pulvérisation ciblée, Arvalis a suivi l'évolution sur trois campagnes des taches de chardons pulvérisées avec cette technologie : en maïs grain en 2019 et 2020, et en orge de printemps en 2021. La surface occupée par les chardons était de 8 % en 2019, de 3 % en 2020 et de 1 % en 2021. La décroissance de la surface infestée par les chardons montre que la pulvérisation ciblée peut être un levier efficace pour gérer correctement cette espèce.

| ÉLEVAGE BOVIN

ENGRAISSER DES VACHES DE RÉFORME

Selon la durée d'engraissement, l'âge de la vache, le type d'engraissement et la qualité de la ration, l'engraissement des vaches de réforme, la marge peut fortement varier. Des essais éclairent sur la conduite à tenir selon les situations.



© ARVALIS-Institut du végétal

Une flore de qualité et un pâturage bien géré sont requis pour réussir l'engraissement au pâturage.

L'engraissement dépend d'un nombre important de facteurs qu'il s'agit de maîtriser. Depuis 2018, la ferme expérimentale des Bordes (36) met en place des essais sur cette thématique dans l'objectif de produire des références sur l'engraissement des vaches de réforme Charolaises.

FAUT-IL ENGRAISSER TOUTES LES RÉFORMES DU TROUPEAU ?

En 2018-2019, un premier essai s'est intéressé à l'effet de l'âge et de la note d'état corporel (NEC) en début d'engraissement sur les résultats technico-économiques. La principale conclusion de cet essai est que les vieilles vaches (plus de 10 ans) ont des croissances significativement inférieures à celles des jeunes vaches (800 g/j contre 1200 g/j). Aucun effet de la NEC en début d'engraissement sur les performances de croissance et d'abattage n'a été détecté.

QUELLE DURÉE D'ENGRAISSEMENT POUR LES VACHES DE RÉFORME ?

Un second essai a été initié en 2020 et répété en 2021 a étudié l'impact de la durée d'engraissement sur les résultats technico-économiques. L'essai a permis de comparer trois durées d'engraissement : 90, 120 et 150 jours. Trois lots de 12 vaches ont été mis en place et conduits de manière similaire avec une ration unique. L'analyse des essais montre que pour l'ensemble des animaux, l'ingestion journalière augmente durant les deux premiers mois puis diminue jusqu'à la fin de l'engraissement. Cela se reflète sur les croissances qui sont plus importantes en début d'engraissement qu'en fin. Cependant, quels

À L'HERBE OU EN BÂTIMENT : un gain moyen quotidien équivalent si l'herbe est de qualité

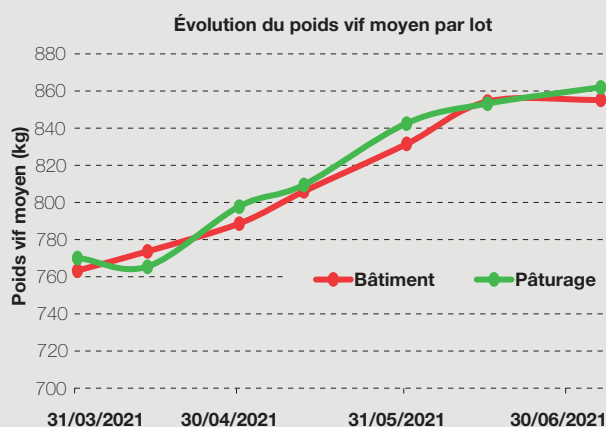


Figure 1 : évolution du poids vif moyen des lots pâturant et en bâtiment au cours de l'essai 2021.

que soient les lots, les résultats d'abattage sont équivalents : les animaux des trois lots ont en moyenne été classés R+ avec une note d'état d'engraissement de 3.

Du point de vue économique, garder une vache un mois supplémentaire à l'engraissement après 90 jours augmente d'environ 75 € les charges (alimentation et paillage). Pour que ce mois supplémentaire d'engraissement soit rentable dans une hypothèse de prix à 4,40 €/kg, il faut donc que le poids carcasse de l'animal augmente d'environ 17 kg. Or, ce gain de poids carcasse n'a jamais été atteint dans nos essais. Il est donc préférable d'engraisser les vaches entre 90 et 120 jours pour atteindre la marge optimale.

EST-IL POSSIBLE DE BIEN FINIR LES RÉFORMES AU PÂTURAGE ?

Un autre essai ayant pour objectif de comparer l'engraissement au pâturage (100% de la ration ingérée composée d'herbe pâturée) par rapport à un engraissement classique en bâtiment a été mis en place en 2021 et répété en 2022. Pour cela, un lot de vaches a eu à disposition 4 ha de prairie temporaire en pâturage tournant (38 ares/UGB). L'autre lot, en bâtiment, a reçu du foin à volonté et une complémentation à base de blé et de tourteau de colza (6 kg/vache/j). L'essai se déroulait de fin mars à fin juillet. Malgré une perte de poids à la mise à l'herbe du fait de la transition alimentaire, le lot pâturant a en moyenne

eu un GMQ (gain moyen quotidien) équivalent à celui du lot en bâtiment pour ces deux répétitions : entre 900 et 1000 g/j. Pour réaliser de telles performances au pâturage, il est nécessaire d'offrir aux animaux une herbe de qualité tout au long de l'engraissement. Pour ce faire, la mise en place d'un pâturage tournant est indispensable. En 2021, la pousse d'herbe régulière a permis d'engraisser les vaches au pâturage sans aucune complémentation. En revanche, en 2022, la sécheresse estivale assez précoce a nécessité de compléter les vaches à hauteur de 3 kg de blé par jour à partir du 1^{er} juillet. Les résultats d'abattage ont été similaires entre les deux lots avec une conformation comprise entre R+ et R- et une note d'état d'engraissement de 3. La qualité des carcasses a été mesurée sur les animaux des lots engraisés en 2022. Aucune différence n'a été constatée : l'engraissement au pâturage n'a pas entraîné de coloration plus intense des gras et n'a pas non plus pénalisé la part de persillé dans la viande. Côté économique, la marge sur coût alimentaire est améliorée de 150 € en moyenne avec un engraissement au pâturage par rapport à un engraissement en bâtiment en ration sèche dans le contexte de prix de pluriannuel (2013-2022). Cette amélioration de la marge est d'autant plus importante que le prix des concentrés est élevé. ■

LES CLÉS DE RÉUSSITE DE L'ENGRAISSEMENT DES VACHES DE RÉFORME

La finition peut être réalisée à l'auge ou au pâturage lorsque les conditions le permettent. Pour réussir l'engraissement des vaches de race Charolaise, pesant 720 kg, il faut veiller à leur apporter 12 UFV et 1100 g de PDI par jour. À l'auge, ces apports peuvent être atteints grâce à un fourrage de bonne qualité, comme un enrubannage de prairie temporaire, complété par de la céréale sans avoir recours à des correcteurs azotés. Il est nécessaire d'effectuer un déparasitage des animaux avant l'engraissement pour optimiser les performances. Notons que si une vache ne présente pas de croissance dans les 60-90 premiers jours d'engraissement, alors elle ne pourra pas être engraisée convenablement. D'où l'intérêt de peser régulièrement les animaux pour pouvoir vendre au plus vite ce type de vache.

PROTÉAGINEUX

LES BONNES PRATIQUES D'IMPLANTATION

Réussir l'implantation des protéagineux est crucial pour le développement de la culture tout au long de la campagne. Cette étape clé est, en effet, déterminante pour la nodulation et l'installation des racines dans le sol. Retour sur quelques conseils pratiques clés.



L'implantation est une phase décisive pour exprimer le futur potentiel des protéagineux. Sa réussite présente, en effet, plusieurs enjeux. Elle permet d'assurer une levée homogène et un bon développement racinaire, mais favorise également la nodulation, nécessaire pour initier la fixation symbiotique et assurer une alimentation en azote optimale de la culture.

UN SOL STRUCTURÉ ET AÉRÉ SUR 15-20 CM

Les légumineuses sont des espèces qui présentent généralement un enracinement peu profond. Si le pivot principal peut atteindre environ 70-80 cm, en pois comme en féverole, l'exploration des racines latérales s'opère principalement dans les premiers horizons. Il est donc primordial d'assurer une bonne structure du sol sur 15-20 cm au risque de freiner l'exploration racinaire de la culture.

L'aération du sol est également importante pour assurer des conditions favorables à la nodulation. Pour rappel, l'azote nécessaire à la fixation symbiotique provient du diazote (N₂) de l'air du sol présent autour des racines. Ce

processus nécessite également de l'oxygène, d'où l'importance de l'aération de la structure du sol. À noter : la présence de nodules s'observe principalement entre 0 et 20-30 cm.

UN LIT DE SEMENCE AFFINÉ ET RAPPUYÉ SUR 8-10 CM ASSOCIÉ À UN SEMIS PROFOND

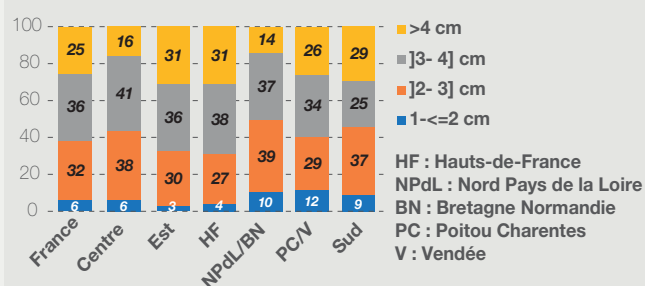
La préparation du lit de semence est importante pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle doit favoriser le contact entre le sol et la graine, et donc la germination. Ce facteur est d'autant plus important pour les légumineuses semées au printemps, à des périodes où le lit de semence peut présenter une faible humidité. Elle doit aussi permettre de semer à une bonne profondeur de semis tout en conservant un recouvrement de la graine correct pour la protéger des aléas (gel, stress hydrique, dégâts d'oiseaux, phytotoxicité des traitements de prélevée).

Pour le pois, les agrégats de ce lit de semence ne doivent pas dépasser 10 mm. La féverole s'accommode, en revanche, d'un lit plus grossier avec des agrégats de 2-3 cm maximum. À noter que la présence de petites mottes sur la surface n'est pas problématique tant qu'elles ne dépassent pas 3-5 cm. Leur présence est en effet utile dans les situations de risque de battance.

En lien avec ces objectifs de contact entre le sol et la graine et d'évitement des facteurs limitants, le semis des graines des pois et de féveroles doit se faire assez profondément. Il faudrait, dans l'idéal, au minimum 4 à 6 cm pour le pois et 6 à 8 cm pour la féverole. En pois d'hiver, il faut moduler la profondeur selon le type de sol (au moins 4-5 cm en argilo-calcaire et en craie et 3-4 cm en sol limoneux). En pois de printemps, l'objectif est d'être autour

de 4 cm. Pour la féverole d'hiver, la profondeur visée doit se situer autour de 8 cm, et, pour les semis précoces de féverole de printemps, autour de 6-7 cm. Pour les semis à partir du 20 février, il doit être de 5 cm. Cette profondeur de semis est d'autant plus importante pour les types hiver pour limiter les risques de gel. Pour la féverole d'hiver, il faut notamment que la base de l'épicotyle, zone la plus sensible au froid, se retrouve bien sous terre. Beaucoup de semis se pratiquent encore trop superficiellement dans les pratiques agricoles (voir figure ci-dessous).

Profondeur de semis du pois de printemps



LA DATE DE SEMIS, UN LEVIER D'ÉVITEMENT DES ALÉAS CLIMATIQUES

La date de semis est un véritable levier pour sécuriser le rendement. Pour les types hiver, le meilleur créneau se situe dans les deux premières décades de novembre pour le nord de la France. Il faut éviter les semis trop précoces car le pois ou la féverole risquent d'être trop développés, et donc plus sensibles lors des premières gelées. Retarder le semis permet également de limiter le risque de bactériose et d'ascochyte en pois d'hiver et le risque de botrytis en féverole d'hiver.

À l'inverse pour les protéagineux de printemps, il est recommandé de semer tôt afin d'avancer le cycle de la culture et limiter l'exposition aux stress hydriques et thermiques de fin de cycles, fréquents ces dernières années. Les pratiques des producteurs sur deux années d'enquêtes illustrent les effets sur le rendement final. Attention toutefois à semer dans des conditions suffisamment ressuyées au risque de dégrader la structure du sol et du lit de semence. ■

QUEL TRAVAIL DU SOL AVANT L'IMPLANTATION ?

Le labour avant pois ou féverole est encore très pratiqué. Or, on constate ces dernières années une évolution non négligeable des techniques simplifiées de travail du sol et du semis direct pour diverses raisons (coût énergétique, temps de traction, main d'œuvre, etc), ce qui questionne sur la compatibilité de ces techniques avec les légumineuses à graines. D'après des enquêtes Terres Inovia auprès de producteurs (2017 et 2020 pour le pois, 2018 et 2021 pour la féverole), le semis direct augmente en pois et en féverole. En outre, le labour est globalement plus pratiqué pour les types printemps que pour les types hiver, avec une légère diminution pour les types printemps alors qu'on observe une augmentation en type hiver. L'analyse des rendements en fonction du travail du sol réalisé semble indiquer que la féverole supporterait mieux le semis direct et les techniques simplifiées que le pois. Un travail profond ou un travail superficiel en pois conduit toutefois à des rendements plus élevés qu'en semis direct mais parfois inférieurs à ceux obtenus avec labour.

Pois de printemps



Féverole de printemps



■ Labour ■ Travail profond ■ Travail superficiel ■ Semis direct

COLZA

LUTTER CONTRE LE CHARANÇON DE LA TIGE

Dans le cadre du programme Cap Protéines, Terres Inovia a développé un nouveau service en ligne pour maîtriser les dégâts du ravageur printanier, dont les larves se développent dans la plante en la consommant, entraînant une baisse significative de rendement. « Colza vols – Charançon de la tige » sera disponible en janvier 2023.



© L. Jung - Terres Inovia

Le charançon de la tige du colza (*Ceutorhynchus napi*) est un ravageur important au printemps. Toutefois, l'adulte en lui-même n'est pas responsable de dégâts sur la culture. En revanche, pour pondre, la femelle creuse une cavité dans la tige et y dépose quatre œufs en moyenne. Cette ponte provoque une réaction des tissus du végétal : la tige a tendance à se déformer, voire à se fendre longitudinalement. Une fois les œufs éclos, les larves se développent en consommant les tissus de la tige, ce qui peut affaiblir encore la plante. Dans les faits, on n'observe que rarement un impact significatif sur le rendement. Cependant, une nuisibilité sévère qui peut atteindre jusqu'à 50% de perte de rendement est possible dans certains cas.

TRAITER, OUI. MAIS QUAND ?

Il n'est pas possible de détecter la présence de l'insecte adulte par observation directe sur les parcelles. De ce fait, le suivi des vols s'opère par piégeage dans des cuvettes jaunes positionnées en surface de végétation. A l'heure actuelle, aucune étude n'a permis d'établir une relation

entre nombre d'insectes adultes capturés et nuisibilité, laquelle reste imprévisible. On n'est donc pas en mesure d'établir des seuils de traitement sur la base des captures d'adultes en cuvette. Par ailleurs, les œufs, une fois pondus, sont à l'abri des traitements à l'intérieur de la tige. On ne peut donc pas non plus piloter le traitement en se basant sur le nombre de pontes.

Par conséquent, Terres Inovia recommande de traiter dans tous les cas où l'insecte est détecté de manière significative dans les parcelles dès l'apparition des premiers entre-nœuds et jusqu'à la fin de la montaison (*voir guide de culture du colza sur www.terresinovia.fr/colza pour plus de détails et les insecticides autorisés*). En cas d'arrivée précoce, avant la reprise de végétation et donc avant la période sensible de la culture, il est important d'attendre avant d'intervenir afin de cibler un maximum d'insectes. Si les vols sont parfois caractérisés par une arrivée unique et massive, il est possible d'observer des arrivées plus continues ou en pics successifs. Le positionnement des traitements peut donc être délicat, dans la mesure où il est difficile d'interpréter les premières observations en cuvettes sur les parcelles : s'agit-il du début d'un vol massif ou de quelques captures non significatives ? C'est dans ce contexte que Terres Inovia a cherché à développer un outil de prédiction de la dynamique des vols de charançon de la tige du colza.

UN MODÈLE CROISANT CAPTURES ET MÉTÉO

L'outil baptisé « Colza vols – Charançon de la tige » a été développé dans le cadre du programme Cap Protéines en utilisant les bases de données Vigicultures® et VGObs® à

Cartes du risque de capture de charançons

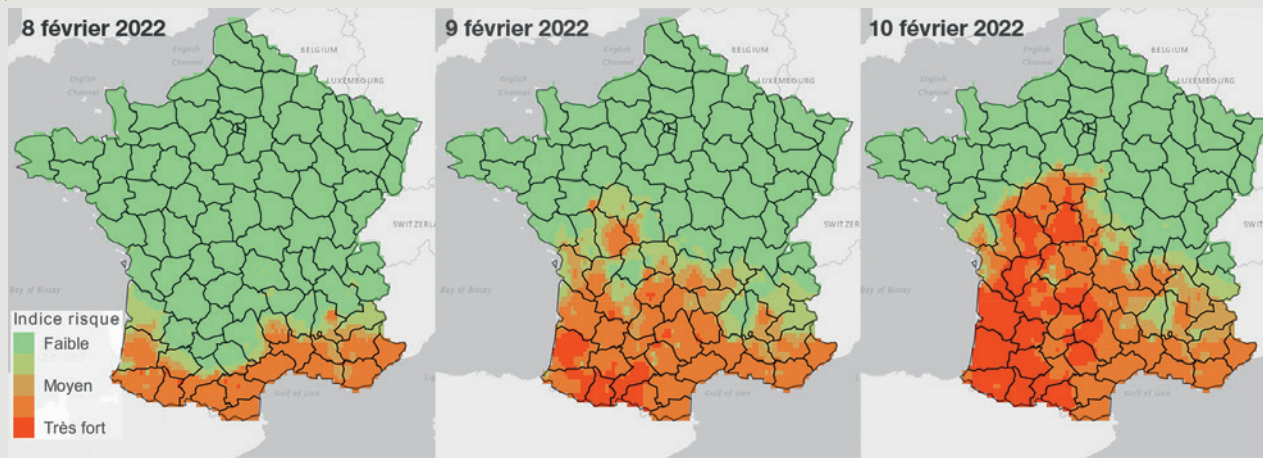


Figure 1 : L'outil produit des cartes du risque de capture de charançons de la tige en cuvette telles que celles représentées ici. Les cartes correspondent aux prédictions pour les 8, 9 et 10 février 2022 de haut en bas respectivement.

partir desquelles sont rédigés les BSV (bulletins de santé du végétal). Elles regroupent des enregistrements de captures en cuvettes jaunes depuis 2011 sur tout le territoire. Ces données ont été croisées avec les relevés des stations météorologiques les plus proches de chaque point de capture. **L'utilisation de méthodes statistiques modernes a permis d'établir une série de liens entre les conditions météorologiques et la probabilité de présence du charançon de la tige du colza sur les cultures.** Ces liens permettent de mieux cerner la biologie du ravageur. On a pu par exemple mettre en évidence l'importance de la température maximale sur le déclenchement des vols de l'insecte.

Plus précisément, il a été établi que la probabilité de capture de charançons en cuvettes augmente de 20% si la somme des températures maximales supérieures à 9°C sur 7 jours atteint 50°C en comparaison d'une parcelle où cette somme est nulle (toutes choses étant égales par ailleurs).

La photopériode, le vent, le rayonnement global et le bilan hydrique sont également des signaux impliqués dans l'activité du ravageur. Au-delà de la connaissance fondamentale de la biologie, ces relations permettent aussi, une fois bien établies, d'estimer un risque de capturer ces insectes sur n'importe quel point de la carte à partir du moment où on a pu y relever les paramètres météorologiques d'intérêt. Il est aussi possible d'anticiper l'évolution du risque jusqu'à « J+7 » en se basant sur les prévisions météorologiques. L'outil permet d'accéder aux prédictions du modèle via une interface simple. Il est possible de générer un graphique de l'évolution du risque quotidien de capturer des charançons par commune (du 1^{er} janvier de l'année en cours à « J+7 ») ou une carte de ce même risque sur tout le territoire français à une date donnée (figures 1).

UN OUTIL VOUÉ À ÉVOLUER

L'outil est amené à évoluer au fil des années. D'abord, il est prévu d'intégrer une prédiction des dates de franchissement des étapes du cycles du ravageur (premières pontes, éclosion des œufs, etc.). D'autres ravageurs seront aussi rapidement ajoutés à l'outil. Le charançon du bourgeon terminal sera le premier de cette liste. Un premier modèle le concernant a été développé cet été et va entrer en phase de tests internes chez Terres Inovia. A plus long terme, l'outil pourra intégrer une estimation du risque agronomique relatif à la présence des différents ravageurs pour éclairer d'autant plus la prise de décision au champ (ce qui est déjà le cas pour l'altise d'hiver et le charançon du bourgeon terminal).

L'outil de prédiction des vols du charançon de la tige du colza sera déployé et mis à disposition gratuitement sur le site internet de Terres Inovia à partir de janvier 2023. ■

La responsabilité des ministères en charge de l'agriculture et de l'économie ne saurait être engagée.

Risque de capture en cuvette

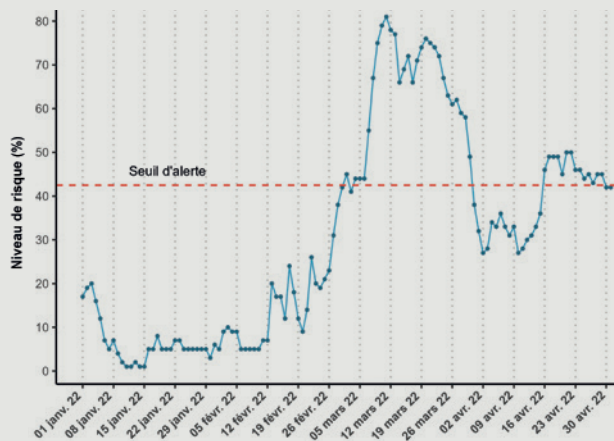


Figure 2 : Évolution de la probabilité de capture en cuvette pour la commune de Thiverval-Grignon (Yvelines) telle que prévue par l'outil. Une attention au champ particulière est requise lorsque le risque dépasse le seuil d'alerte (ligne en pointillés rouges).

AZOTE MINÉRAL

LES STRATÉGIES POUR RÉDUIRE LA DÉPENDANCE DES SYSTÈMES DE CULTURE

L'envolée du prix du gaz se répercute sur le cours des engrais azotés minéraux, et donc sur les charges des producteurs. Dans ce contexte économique tendu, des leviers existent pour réduire sa dépendance aux engrais azotés minéraux. Recommandations.



L'ammoniac est le principal produit précurseur dans les process de fabrication des engrais azotés minéraux. Il est fabriqué à partir de l'azote de l'air et du gaz naturel qui, à lui seul, représente de l'ordre de 90 % des coûts de production du produit. La

forte augmentation du prix du gaz survenue ces derniers mois se répercute donc sur le coût des engrais azotés minéraux, qui flambent.

Dans ce contexte économique tendu, mais également dans le cadre d'une démarche agroécologique, les agriculteurs ont donc tout intérêt à réduire la dépendance de leurs systèmes de culture aux engrais azotés minéraux. Comment ? Différentes voies sont possibles : adapter le choix des cultures de la rotation avec davantage de légumineuses et la gestion des intercultures (couverture des sols), recourir à l'apport de produits organiques ou encore adapter les itinéraires techniques des cultures (travail du sol, association de cultures, raisonnement technico-économique de la fertilisation azotée...).

RÉDUIRE LA DÉPENDANCE DU SYSTÈME DE CULTURE PAR LE CHOIX DE LA ROTATION

L'absorption des éléments minéraux, et donc de l'azote, est réalisée par le système racinaire des plantes. Afin de permettre une absorption maximale de l'azote minéral du sol (autant pour le système de culture que pour l'itinéraire technique de chaque culture), la structure du sol doit permettre un enracinement profond et dense. Pour les légumineuses, les bonnes conditions d'implantation (graines enfouies dans des sols ressuyés à structure aérée) conditionnent également l'installation de nodosités fonctionnelles, rendant possible leur propre nutrition azotée. Des techniques de travail du sol adaptées, l'introduction de cultures intermédiaires et l'association de cultures contribuent à améliorer l'enracinement.

Insérer des légumineuses dans la rotation conduit à une double économie d'engrais azoté grâce à leur symbiose avec les bactéries du sol. En effet, d'un côté, ces cultures ne nécessitent pas (ou peu) d'apport d'azote pendant leur cycle car leur besoins sont satisfaits grâce à des nodosités fonctionnelles qui leur permettent de fixer l'azote de l'air en complément de l'absorption racinaire de l'azote minéral du sol. De l'autre, elles enrichissent le sol en azote organique via leurs résidus de culture (aériens et souterrains). Pour preuve, des travaux d'un collectif de conseillers dans les années 2010 ont montré que le pois en précédent cultural du colza permettait une meilleure marge partielle « azote » du colza, un rendement plus élevé et une diminution de la dose d'azote à apporter au printemps de 40 u (*unités*) en moyenne par rapport à un précédent blé. Ces résultats sont le fruit de huit expérimentations conduites par Terres Inovia (ex-Cetiom) et les chambres d'Agriculture de la Mayenne, de la Moselle, de la Nièvre et de l'Yonne (projet CasDAR). Cette économie peut être décomposée en 15 u liées au surplus d'absorption d'azote par le colza à l'ouverture du bilan (*figure 1*) et en 25 u de supplément de fourniture d'azote par le sol pendant la période d'ouverture du bilan du colza (fin d'hiver et printemps).

Une quantité d'azote plus importante absorbée après un précédent pois

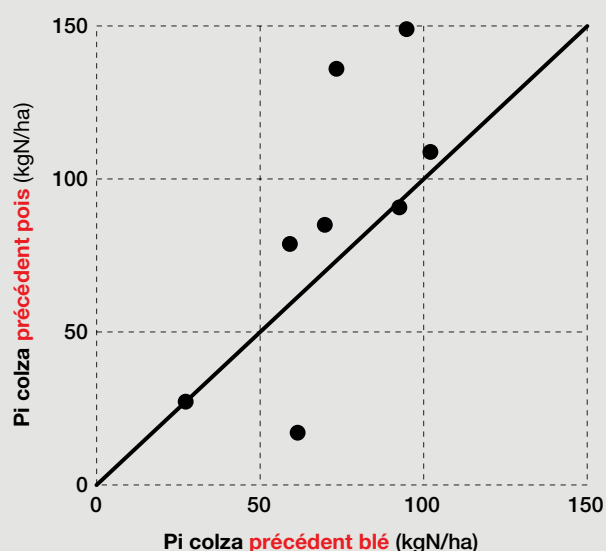


Figure 1 : Quantité d'azote absorbé par le colza à l'ouverture du bilan selon qu'il est précédé d'un blé (abscisse ; moyenne = 72 kgN/ha) ou d'un pois (ordonnées, moyenne = 87 kgN/ha)

Les effets résiduels des produits organiques (PRO) sur l'azote absorbé par le colza

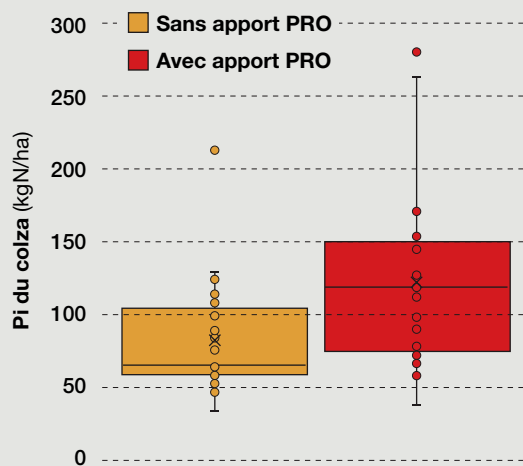


Figure 2 : Effet de l'apport de PRO de type II juste avant le colza sur la quantité d'azote absorbé par le colza à l'ouverture du bilan par rapport à un témoin sans apport. Dates de semis : du 18 août au 11 septembre. Pi : quantité d'azote absorbé à l'ouverture du bilan et qui tient compte de l'absorption d'azote à l'entrée et à la sortie de l'hiver. Moyenne sans PRO : 82 kgN/ha. Moyenne avec PRO : 121 kgN/ha.

Il est aussi possible d'introduire des cultures peu gourmandes en azote, comme le tournesol ou le sorgho. Par exemple, le tournesol a des besoins en absorption d'azote réduits (de l'ordre de 140 kg N/ha à absorber pour un rendement de 30 q/ha) et grâce à son système racinaire profond et très efficace, il est le plus souvent capable d'extraire plus de 90 kgN/ha du sol (hors fertilisation minérale). De ce fait, la dose maximale préconisée est de 100 u. On estime ainsi que près de la moitié des surfaces ne nécessiterait pas d'apport d'engrais azoté.

L'apport régulier de produits organiques permet également d'augmenter la fourniture d'azote minéral par le sol. Celle-ci dépend principalement de la nature des produits épandus et de la fréquence des apports. Par exemple, les valeurs de réduction de dose d'azote retenues pour le colza d'hiver dans la Réglette azote colza® pour des apports de fumier de bovins vont de 30 u (s'ils sont réalisés tous

les ans) à 5 u (tous les trois ans et plus). Pour le lisier de volaille, cette valeur est au maximum de 10 u pour des apports réalisés chaque année.

RÉDUIRE LES BESOINS EN AZOTE MINÉRAL DES CULTURES ET OPTIMISER LES APPORTS

L'exemple du colza d'hiver permet d'illustrer les leviers possibles. Cette plante a, en effet, des besoins en azote plus élevés que le tournesol : la culture doit pouvoir

L'azote fourni par les différents produits organiques

Produit organique	Teneur N total (kg / t ou m ³)	Quantité de produit épandue (t ou m ³ /ha)	Coefficient d'équivalence engrais (Keq) sur la période du bilan colza	N absorbé par le colza pendant la période d'ouverture du bilan (kg/ha)
Fumiers				
Fumier de bovins	5.8	20	0.10	12
Fumier de volailles	25.0	5	0.20	25
Fumier de porcs	8.0	20	0.10	16
Fumier de cheval	8.0	20	0.10	16
Fumier d'ovins	7.0	20	0.10	14
Lisiers				
Lisier de porcs à l'engrais	5.8	20	0.05	6
Lisier de porcs mixtes	3.5	30	0.05	5
Lisier de bovins	4.5	30	0.15	20
Lisier de bovins dilué	1.6	30	0.15	7
Lisier de canards	7.7	20	0.05	8
Fientes				
Fientes de volailles sèches (80%MS)	40.0	5	0.05	10
Fientes de volailles (60%MS)	24.0	5	0.05	6
Boues urbaines				
Boues urbaines liquides	3.0	30	0.15	14
Boues urbaines pâteuses (20%MS)	10.0	10	0.10	10
Boues urbaines sèches (90%MS)	40.0	10	0.10	40
Composts				
Compost de déchets verts	10.0	10	0.05	5
Compost de fumier de bovins	6.3	15	0.12	11
Compost de fumier de volailles	23.0	3	0.12	8
Autres				
Vinasse de betterave concentrée	20.0	3	0.15	9
Ecumes de sucreries surpressées	4.0	10	0.00	0

Tableau 1 : Exemples de fourniture d'azote issue d'apports de produits organiques avant la culture, pendant la période d'ouverture du bilan du colza. Source : Réglette azote colza.





absorber de l'ordre de 245 kg N/ha pour produire 35 q/ha. En même temps, il a la capacité à en absorber de très grandes quantités (jusqu'à plus de 300 kgN/ha dans les cas extrêmes) avant l'ouverture du bilan dès lors que la disponibilité en azote du sol le permet. Cet azote vient en déduction de la quantité d'azote minéral qu'il faudra fournir à la culture au printemps. Ainsi, les doses préconisées vont de 0 à 250 kg N/ha. Pour réduire le recours aux engrais azoté minéraux, il convient alors de mettre en œuvre des pratiques qui permettent de favoriser la croissance et l'absorption d'azote avant l'hiver.

L'un de ces leviers consiste à valoriser les produits organiques avant la culture. L'effet de l'apport de produits organiques avant la culture ou sur la culture de colza dépend de la nature du produit organique et de la quantité épanchée. Comme dans le cas d'une légumineuse à graines en précédent cultural, l'effet de ces produits sur le calcul de dose intervient en deux temps : une augmentation de la

quantité d'azote absorbée par la culture, d'abord à l'ouverture du bilan (*en particulier pour les produits organiques de type II, voir figure 2*) puis pendant la période d'ouverture de ce bilan. Ainsi, les résultats de 25 essais conduits par Terres Inovia de 1995 à 1998 avec apport, avant le semis, de produits organiques principalement de type II, ont mis en évidence un surplus d'absorption à l'ouverture du bilan de 40 u en moyenne. Par ailleurs, ce surplus pendant la période du bilan est par exemple estimé à 12 u pour un fumier de bovins standard apporté à la dose de 20 t/ha de matière brute et à 25 u pour un fumier de volaille apporté à la dose de 5 t/ha (*tableau 1*).

L'association du colza à une légumineuse gélive conduit à une augmentation de la quantité d'azote fournie au colza au printemps (issue des restitutions de l'azote contenu dans les couverts associés). Combinée aux autres bénéfices apportés par ces couverts associés, comme l'amélioration du fonctionnement de la culture, elle permet de réduire la dose d'azote à apporter au printemps d'une trentaine d'unités par rapport à un colza non associé, pour un rendement équivalent. Cette diminution de dose ne peut être appliquée que si le couvert associé est à base de légumineuses pures et s'il a correctement levé.

Le bon ajustement de la fertilisation azotée minérale aux besoins de la culture permet d'éviter les surfertilisations qui dégradent le résultat économique de la culture. Pour cela, il convient d'évaluer aussi correctement que possible les valeurs des principaux postes de la méthode du bilan prévisionnel : choisir un objectif de rendement réaliste, réaliser des mesures de reliquats d'azote minéral du sol à l'ouverture du bilan sur une profondeur suffisante, estimer la biomasse du colza à la sortie de l'hiver, et de préférence à l'entrée de l'hiver également dans les situations où il y a un risque de perte de feuilles pendant l'hiver, afin d'estimer correctement la quantité d'azote absorbé par la culture à l'ouverture du bilan. Enfin, il convient de respecter la dose d'azote préconisée par l'outil utilisé, même si elle paraît faible. Une surestimation de l'objectif de rendement de 5 q/ha conduit à une surfertilisation de plus de 20 u pour le tournesol et de 35 u pour le colza. Pour le colza, dans une situation où la biomasse fraîche aérienne est de 2 kg/m² à l'entrée de l'hiver et de 1 kg/ha à la sortie de l'hiver, la quantité d'azote absorbée calculée à l'ouverture du bilan est de 65 u si l'on ne prend en compte que la sortie de l'hiver. Elle est de l'ordre de 80 u si l'on tient également compte de l'entrée de l'hiver.

Il est, enfin, également essentiel de **prendre en compte le contexte du coût de l'engrais et des graines**. Dans un contexte de prix très élevés en colza, les méthodes de raisonnement couramment retenues s'appliquent toujours. Une analyse technico-économique de Terres Inovia montre, en effet, qu'il n'est pas rentable de chercher à économiser sur la dose d'azote tant que le rapport entre le prix des graines (en €/t) et le coût de l'engrais (en €/100 u) est supérieur à 2,7. Une augmentation conjointe et du même facteur des prix des engrais azotés et des graines de colza ne modifie pas ce ratio.

COMBINER LES LEVIERS POUR MAXIMISER LES ÉCONOMIES

Tous les leviers ne peuvent pas être mis en oeuvre dans le même pas de temps. Certains relèvent de la décision tactique annuelle en cours de campagne (association du



colza, date de semis, ajustement de la fertilisation azotée), d'autres doivent être anticipés de quelques mois (précédent, apport de produits organiques...), et d'autres encore nécessitent la modification du système de culture à incrémenter sur plusieurs années.

Différents leviers peuvent être combinés pour maximiser les économies d'engrais. Dans le cadre du dispositif Syppre dans le Berry (*tableau 2*), le système de culture innovant est caractérisé par une rotation composée de 9 cultures (dont des légumineuses à graines -lentille et pois d'hiver- et une culture à faibles besoins en azote, le tournesol), une couverture du sol pendant toutes les intercultures et une association du colza à une légumineuse gélive. Il est comparé à un système témoin (colza non associé / blé / orge d'hiver sans culture intermédiaire). Toutes les cultures des rotations sont présentes chaque année. Dans ce contexte, sur une séquence de 6 ans, toutes cultures prises en compte, les économies d'azote minéral réalisées sur le système innovant sont en moyenne de 32 % (107 u) par rapport au système témoin (157 u).

Il est donc possible de réduire la dépendance à l'azote minéral. Il faut hiérarchiser l'effet des leviers disponibles et en les combinant de façon à trouver la combinaison gagnante dans chacune des situations agricoles permettant d'optimiser la nutrition des cultures sans augmenter les fuites d'azote en dehors du système qui génèrent des pertes économiques et des pollutions de l'environnement. Rappelons également que le sol de la parcelle est le premier capital à préserver et enrichir grâce à une gestion durable des sols : couverture des surfaces pour éviter l'érosion et favoriser la vie biologique, garder au sol un maximum de biomasse qui va permettre d'alimenter la matière organique du sol. ■

Les économies d'azote réalisées sur le système de culture innovant Syppre Berry

	Campagnes						Moyenne
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Apport d'azote minéral sur système innovant (kg/ha)	126	113	104	102	91	105	107
Réduction / système de référence (%)	-22%	-35%	-34%	-2%	-42%	-34%	-32 %

Tableau 2 : Economie d'apport d'azote minéral permise à l'échelle d'un système de culture innovant par rapport à un système conventionnel (dispositif Syppre Berry ; 6 campagnes 2016 à 2021, toutes cultures prises en compte)