

Innovation en agroécologie dans le Rhin supérieur

Identification, co-conception et
mise en œuvre de techniques de
production innovantes et durables

Février 2017 – Décembre 2020



www.agroecologie-rhin.eu



Co-financeurs publics



Cofinancé par l'Union européenne
Fonds européen de développement régional (FEDER)
Von der Europäischen Union kofinanziert
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)



Améliorer les performances agroécologiques des cultures

CONTEXTE

Mais grain, blé et pomme de terre dominent dans l'espace du Rhin-Supérieur (3/4 des cultures annuelles) et **leur poids économique est très important pour le territoire.**



Maïs grain

173 000 ha



Blé hiver

148 000 ha



Pomme de terre

4 400 ha

ENJEUX ET THÈMES DE TRAVAIL

Réduire les impacts environnementaux de la fertilisation azotée et de la protection phytosanitaire

- **Localiser l'engrais azoté dans le sol pour mieux préserver la qualité de l'air et de l'eau.**

Agriculture = **94 % des émissions d'ammoniac** dont 1/4 lors des applications d'engrais azotés sur les cultures.

La plupart des apports dans nos régions se font avec de l'urée très sensible à la volatilisation d'ammoniac, précurseur de particules fines nuisibles à la santé.



- **Développer le biocontrôle des cultures**

Forte attente sociétale de réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques.

Nécessité d'éviter les dégâts de bioagresseurs préjudiciables au rendement et à la qualité :



**par des produits naturels (algues...)
contre les maladies du blé**



par la lutte biologique contre certains ravageurs (taupin, chrysomèle du maïs)



Technique pour une fertilisation efficace du maïs

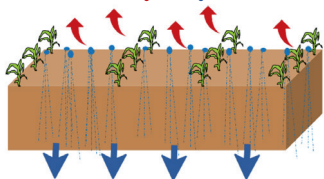
L'apport localisé des engrais dans le sol garantit les rendements et protège l'environnement

LE DÉFI

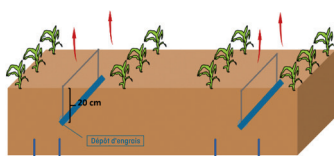
Pour que le maïs atteigne des hauts rendements il faut un apport d'engrais élevé. Avec les techniques actuelles cela peut engendrer **une pollution de l'environnement** causée par les émissions d'ammoniac dans l'air et de nitrates dans l'eau.

Innov.AR a mis au point une technologie plus respectueuse de l'environnement, **sans impacter** les rendements et les revenus.

> **Fertilisation en conventionnel :**
(pertes NH_3 & NO_3)



> **Fertilisation en dépôt avec faibles pertes :**

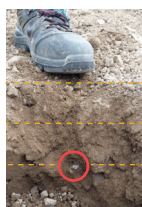


Des tests en micro-parcelles et à grande échelle sur des centaines d'hectares en Alsace et dans le pays de Bade **ont montré que cela est possible**. Une équipe d'agronomes, d'agriculteurs et la société Rauch ont développé et testé un prototype pratique d'injection d'azote solide qui sera prochainement commercialisé.



L'outil de fertilisation en dépôt en action

Un dépôt précis et suffisamment profond est un facteur de succès (15-20 cm)



0-10 cm

10-20 cm

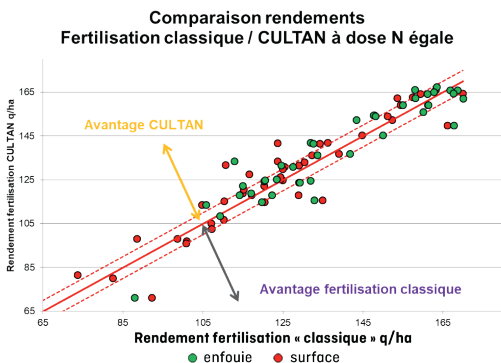
BÉNÉFICES

- > **Amélioration de l'efficacité** des engrais (moins de pertes)
- > **Réduire l'impact environnemental** des émissions d'ammoniac, les rejets de surface et les pertes par ruissellement et lessivage
- > L'innovation durable **renforce** l'économie régionale

Photos : Cult-tec Agrolutions, Rauch, Arvalis.

Injecter l'azote pour fertiliser le maïs

Cultan : Une méthode de fertilisation agronomiquement validée



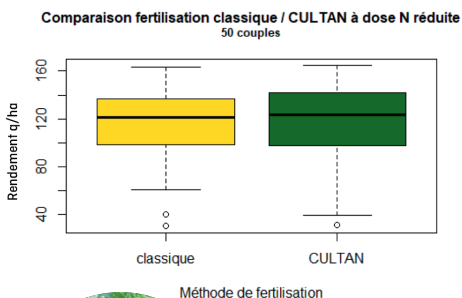
VALIDATION À dose identique, les résultats de rendement de la méthode CULTAN **sont similaires à ceux de la fertilisation classique** (fractionnement en 2 apports en surface).

Ces résultats sont valables pour des niveaux de potentiels très différents. **Ceci illustre la robustesse de la technique** dans les divers sols d'Alsace et du Bade-Wurtemberg et pour des années climatiquement très différentes.

De même, les quantités d'azote absorbé par le maïs **ne diffèrent pas en fonction du mode de fertilisation**.

BÉNÉFICES Ces résultats sont obtenus avec différentes formes d'engrais azotés. De ce fait, la mise en œuvre de la méthode CULTAN **peut être préconisée avec des formes simples et économiques comme l'urée 46**.

Le maintien du potentiel de rendement en appliquant **une réduction de dose de 20%** avec la méthode CULTAN est confirmé dans les séries d'essais du projet Innov.AR.

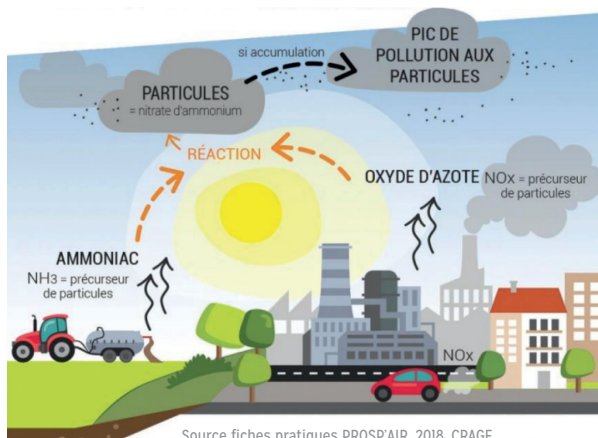


Photos : Cult-tec Agrolutions

Qualité de l'air

CONTEXTE

Une partie des engrais azotés apportés pour fertiliser les sols **est susceptible de se volatiliser en ammoniac**. Sous certaines conditions atmosphériques, cet ammoniac se combine à d'autres polluants **pour former des particules et contribuer aux pics de pollution de l'air**



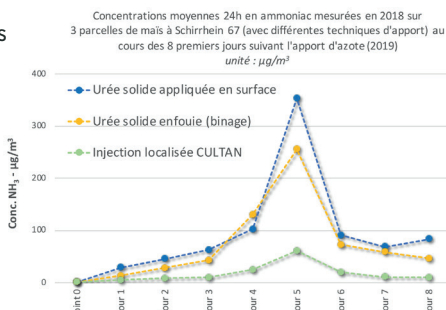
OBJECTIFS

Comparer les émissions dans l'atmosphère de l'ammoniac émis lors d'apport d'engrais entre les techniques classiques et la méthode innovante de fertilisation par injection d'azote en dépôt localisé (méthode CULTAN).

BÉNÉFICE

Baisse (1) des concentrations d'ammoniac en utilisant l'injection CULTAN par rapport aux méthodes de fertilisation classiques comprises entre :

- **80 et 90%** par rapport à une fertilisation en surface avec de l'urée solide ;
- **74 et 76%** par rapport à une fertilisation de type urée solide enfouie (binage).



Concentrations moyennes 24h en ammoniac mesurées sur 3 parcelles de maïs à Schirrhein (67) (avec différentes techniques d'apport) au cours des 8 premiers jours suivant l'apport d'azote (2019)
Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

L'utilisation d'un inhibiteur d'hydrolyse ou de l'ammonitrate permet également de **limiter les émissions d'ammoniac** dans l'air (au niveau de celles relevées par injection CULTAN (2))

(1) Données des mesures 2018. Ecart relevé sur le pic de concentration.
(2) Données des mesures 2017 et 2019.

Qualité de l'eau

Limitation du lessivage des nitrates après maïs

ENJEUX

Réduire la charge en nitrates dans les eaux souterraines du Rhin supérieur tout en garantissant des rendements économiquement viables

SOLUTIONS

- **Maîtrise du bilan azoté**, et fractionnement des apports au plus près des besoins de la plante, pour éviter un excédent d'azote en fin de campagne
- **Économie d'engrais azotés** et **amélioration de l'efficacité** de l'azote grâce au dépôt concentré en profondeur de ces engrais
 - ➔ **Objectif** : diminution des concentrations en nitrates dans l'eau drainée, diminution des pertes par lessivage et donc diminution de la charge en nitrates dans les eaux souterraines
 - ➔ Les concentrations en nitrates sont mesurées deux fois par mois grâce à des bougies poreuses. La quantité d'eau drainée est calculée avec un bilan hydrique. On obtient ainsi la **quantité de nitrates lixiviés en multipliant cette quantité d'eau drainée par la concentration en nitrate**

Mesure par bougies poreuses

Calcul avec un bilan hydrique

$$\text{NO}_3 \times \text{Quantité d'eau drainée}$$

= Quantité de N perdue par lessivage

BÉNÉFICES

- À dose d'engrais égale, l'injection de l'engrais **ne permet pas de réduire la lixiviation des nitrates** par rapport à une fertilisation classique en surface.
- **Une diminution de 20 %** de la quantité d'engrais azotés par rapport à la dose bilan tend à diminuer la lixiviation des nitrates (pour un rendement comparable).
- L'amélioration de la technique d'épandage et une meilleure identification des besoins en azote devraient contribuer à **diminuer la pollution des eaux par les nitrates**.

Biocontrôle

Protéger les cultures par des produits de biocontrôle

ENJEUX

Pour lutter contre les bioagresseurs des grandes cultures, l'agriculteur dispose de **solutions de biocontrôle** qui privilégient l'utilisation de **mécanismes et d'interactions naturels**. Peu nombreuses pour l'instant, elles représentent l'avenir de la protection intégrée, en alternative à l'utilisation de produits phytosanitaires issus de la chimie de synthèse.



Algues et soufre (substances naturelles) contre les maladies des céréales



Trichogrammes contre la pyrale du maïs
Metarhizium Beauveria contre le taupin

SOLUTIONS

Les produits de biocontrôle sont des agents et produits utilisant des **mécanismes naturels** dans le cadre de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures. Ils se classent en 4 catégories dont 3 relèvent du règlement européen 1107-2009.

Substances naturelles (EU 1107-2009)
Substances non issues de la synthèse chimique ou copie à l'identique d'une substance naturelle, d'origine végétale, animale, minérale ou microorganisme

Micro organismes (EU 1107-2009)
Virus, bactéries champignons, protozoaires

Médiateurs chimiques (EU 1107-2009)
Substances sémiochimiques qui induisent des réponses comportementales et/ou physiologiques chez les individus d'une même espèce ou d'espèces différentes

Macro organismes (décret 2012-140)
«Tout organisme autre qu'un micro-organisme» Acariens, hyménoptères, nématodes...

BÉNÉFICES

INNOV.AR teste certaines solutions de biocontrôle qui font l'objet de fiches spécifiques :

- > Maladies des céréales à paille
- > Taupin du maïs et de la pomme de terre
- > Chrysomèle du maïs



Maladies du blé

Utiliser des produits de biocontrôle pour lutter contre septoriose et fusariose du blé

ENJEUX

Dans la plaine du Rhin, **la majorité des surfaces de blé** est protégée contre la septoriose des feuilles et la fusariose des épis. On utilise généralement des produits **très efficaces** issus de la chimie de synthèse.



SOLUTIONS

Innov.AR teste des solutions de biocontrôle contre les maladies en substitution ou en complément aux produits chimiques. Les produits mis en œuvre sont des **substances naturelles** et des **micro-organismes** (champignons, bactéries).

Substances naturelles

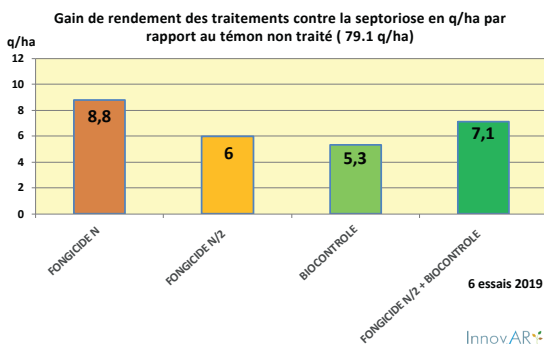
Soufre, phosphonate et carbonate de potassium, purin d'ortie, algues, eau oxygénée, acide ascorbique, exosquelettes de crustacés...

Micro-organismes

Bacillus subtilis, *aureobasidium pullulans*

BÉNÉFICES

Les résultats **Innov.AR** sont encourageants car des produits répondants à la définition du biocontrôle permettent de **maîtriser la septoriose**. Utilisés seuls, leur efficacité est **proche de celle d'un fongicide** à demi-dose. L'association des deux **permet de s'approcher, voire d'égaliser**, l'efficacité d'un programme fongicide classique.



Pour la **fusariose des épis**, les produits de biocontrôle testés dans le projet **ne permettent pas d'égaliser les performances des références fongicides**.

Photos : Arvalis - Institut du végétal

Le taupin ravageur du maïs et de la pomme de terre

Utiliser des solutions de biocontrôle pour lutter contre le taupin

ENJEUX

Le taupin est **un des principaux ravageurs du maïs et de la pomme de terre**. Les larves de taupin peuvent faire de gros dégâts dans les cultures de maïs par **flétrissement** et **disparition** des plantes mais également dans les pommes de terre en altérant la qualité pour la commercialisation.



Larve de taupin



Dégâts sur maïs



Dégâts sur
pomme de terre

SOLUTIONS

Innov.AR teste des solutions de biocontrôle pour maîtriser les larves de taupin. Elles sont de plusieurs types :

- **Champignons entomopathogènes** qui parasitent la larve de taupin
- **Plantes appâts** qui détournent le taupin de la culture à protéger
- **Biofumigation** par incorporation de glucosinolates
- **Stratégies « attract and kill »**, qui attire la larve et la tue avec un champignon...



Larve parasitée
par Metarhizium



Mélange de blé et maïs
attirant les taupins



Barrière d'orge

BÉNÉFICES

L'efficacité des champignons Metarhizium ou Beauveria, utilisés seuls ou en stratégie « **Attract and kill** » est démontrée sur pomme de terre. Les conditions d'applications sont strictes en matière de températures et d'humidité car il s'agit d'un « **produit vivant** ».

Si ces solutions sont également **encourageantes** pour le maïs, **Innov.AR** teste aussi les plantes appâts comme le mélange **60 kg blé + 60 kg maïs** ou simplement **120 kg d'orge**. Ces espèces sont particulièrement appétentes pour le taupin qui **se détourne de la culture de maïs** pendant la période de forte sensibilité (levée à 6 feuilles).



La chrysomèle du maïs

L'injection de nématodes, technique de lutte de biocontrôle

ENJEUX

Ce nouveau ravageur **peut occasionner de gros dégâts dans les maïs**, culture majeure dans l'espace Rhin supérieur.



Les larves issues des pontes de l'été précédent apparaissent en mai. Elles dévorent les racines des plantes de maïs. En juillet, les adultes volent dans les maïs et s'attaquent aux fleurs.

Les plantes sont alors mal fécondées et peuvent verser.

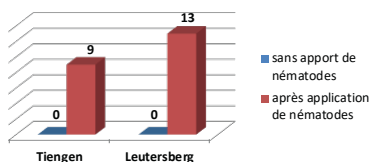
SOLUTIONS

- La lutte avec des insecticides **est difficile et non souhaitée ou non autorisée** ;
- l'interruption du maïs dans la rotation toutes les 2-3 années est la **principale mesure de contrôle** ;
- des nématodes entomopathogènes existants dans le sol à l'état naturel peuvent être apportés **pour la lutte biologique contre la chrysomèle**.

En Hongrie, les nématodes ont montré **d'aussi bons résultats que les insecticides**.

Dans les essais Innov.AR, les tests menés par le LRA Breisach en pays de Bade, avec des vers de farine, affichent un **bon taux d'infestation des sols après application de nématodes**.

Nombre de larves infectées 64 jours après l'application des nématodes



Les partenaires d'Innov.AR ont développé une technologie pratique de lutte biologique par injection de nématodes au sol.

Photos : Cult-tec Agrolutions

BÉNÉFICES

La **combinaison de la rotation et de la lutte biologique** permet de maîtriser le ravageur. **L'agriculture et l'environnement sont gagnants.**

Un Groupe Mixte Transfrontalier pour co-construire l'innovation en agroécologie dans le Rhin supérieur

Le groupe mixte transfrontalier (F/D) créé dans le cadre d'Innov.AR est composé des partenaires (chercheurs, agronomes, conseillers) du projet et de représentants des utilisateurs des résultats, à savoir les chefs d'exploitations agricoles et les organismes de la distribution agricole. Les membres du groupe ont été réunis lors de 6 workshops thématiques pour faire le point sur les alternatives possibles aux pratiques culturales conventionnelles.



Atelier en 2019 au salon Innov&moi à Grussenheim (F)

Partenaires co-financeurs



Partenaires associés

