

# Guide INNO-VEG de la recherche conduite par les agriculteurs



**Interreg**   
EUROPEAN UNION  
**2 Seas Mers Zeeën**  
**INNO-VEG**  
European Regional Development Fund

  
west-vlaanderen  
de gedreven provincie

  
**inagro**  
ONDERZOEK & ADVIES IN LAND- & TUINBOUW

  
**ADAS**

  
**Delphy**

  
**ARVALIS**  
Institut du végétal

## Authorship

### ADAS

Lizzie Sagoo  
Ruth Wade  
Susie Roques  
James Dowers



### Arvalis

Jean-Pierre Cohan  
Antoine Fournier  
Francesca Degan  
Katia Beauchene



### Inagro

Eva Ampe  
An Cools  
Lien Deleu  
Sarah Bossuyt  
Gies Van Den Daele



### Delphy

Cor van Oers  
Hans Moggré  
Elianne van Esbroeck



## Financement

Ce guide a été rédigé par une équipe internationale constituée de chercheurs des organisations ADAS (Royaume-Uni), Inagro (Belgique), Delphy (Pays-Bas) et Arvalis (France) dans le cadre du projet INNO-VEG. INNO-VEG a reçu un financement du programme Interreg 2 Mers 2014-2020 cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du contrat de subvention n° 2S05-032.

Pour plus d'informations : <https://www.inno-veg.org/>

# SOMMAIRE

Synthèse.....	4
Bénéfices d'une recherche conduite par les agriculteurs	
Limites d'une recherche conduite par les agriculteurs	
Le processus	
Poser les bonnes questions	
Considérations pratiques avant de commencer.....	5
Parcelle d'essais	
Equipement	
Implication dans l'expérimentation	
Sélection d'une parcelle d'essai appropriée.....	6
Conception d'un essai.....	7
Applications des modalités.....	7
Suivi de la culture.....	8
Bonne utilisation de la cartographie de rendement.....	8
Utilisation d'indice de végétation comme indicateur de rendement.....	9
Analyse des données d'indice de végétation.....	10

# Synthèse

## Bénéfices d'une recherche conduite par les agriculteurs

- Des essais simples sur le terrain, utilisant des cartes de rendement ou des données de télédétection, permettent aux agriculteurs d'évaluer leurs propres décisions et idées, en conditions réelles d'exploitation agricole et avec une grande précision.
- Les agriculteurs faisant partie d'un réseau peuvent valoriser les expérimentations pour une appropriation rapide de nouvelles pratiques et innovations.
- Les essais peuvent aider les agriculteurs à acquérir une compréhension fiable des

## Le processus

1. Vérifier s'il n'existe pas déjà une bonne réponse à votre question !
2. Trouver des agriculteurs partageant les mêmes idées et prêts à reproduire votre essai.
3. Choisir soigneusement la parcelle et le plan de l'essai pour le conduire dans de bonnes conditions
4. Appliquer les modalités, les localiser avec précision et tout enregistrer.
5. Photographier et évaluer les effets des modalités sur le terrain.
6. Recueillir des données spatiales pour évaluer le résultat : cartographie des rendements, imagerie par drone ou par satellite.
7. Comparer les effets de la modalité avec les "effets de fond" pour évaluer la probabilité que les différences soient "réelles".
8. Partager, apprendre et en tirer des bénéfices !

## Poser les bonnes questions

- Quelle décision souhaitez-vous tester ? Par exemple, les rotations, les cultures, les variétés, les doses d'engrais, les produits de protection des cultures, les dates d'application ? L'importance de cette décision justifie-t-elle l'effort investi dans un essai ?
- La plupart des questions ont été posées et beaucoup ont déjà reçu une réponse. Consultez un expert (ou cherchez sur Internet) pour savoir quelles recherches ont déjà été effectuées sur le sujet qui vous intéresse
- Partagez vos projets : si plusieurs exploitations réalisent le même essai dans de bonnes conditions, les conclusions seront d'autant plus fiables et utiles.
- Définissez le témoin ou la pratique "standard" à laquelle vous souhaitez comparer votre nouvelle idée. Évitez de tester trop de modalités au cours d'un même essai : les essais les plus instructifs comparent généralement une seule modalité testée à un témoin représentant les pratiques "standard de l'exploitation".
- Pour toute question posée, vous avez besoin d'une réponse que vous pourrez utiliser à l'avenir. Veillez donc à ce que les résultats soient pertinents pour votre exploitation et qu'ils ne soient pas affectés par les changements futurs attendus dans l'exploitation.

meilleures pratiques spécifiquement adaptées aux conditions de leur exploitation.

## Limites d'une recherche conduite par les agriculteurs

- Il faut éviter les fausses conclusions notamment en raison de la variabilité intra-parcellaire des propriétés du sol, qui ont souvent des effets plus importants sur le rendement que les modalités testées dans le cadre de l'essai.
- La réalisation d'un bon essai peut nécessiter beaucoup de temps et d'efforts.
- L'assistance d'un partenaire de recherche peut être nécessaire pour l'analyse statistique détaillée des résultats

# Considérations pratiques avant de commencer

## Parcelle d'essai

- Avez-vous des parcelles avec la bonne culture qui sont suffisamment grands, carrés et uniformes ? Voir la section ci-dessous sur la sélection d'une parcelle d'essai approprié.
- L'ensemble de la parcelle d'essai sera-t-elle implantée avec la même variété ? Veillez à ne pas appliquer d'autres modalités si vous testez des variétés, sinon l'analyse des effets sur le rendement ne sera pas claire. De même, toutes les pratiques culturales que vous ne souhaitez pas évaluer dans le cadre de l'essai (application d'engrais, de produits de protection, travail du sol...) doivent rester identiques sur l'ensemble de la parcelle d'essai.

## Equipement

- Avec quelle facilité pouvez-vous appliquer les différentes modalités que vous souhaitez tester ?
- Comment les rendements seront-ils mesurés : à l'aide d'une cartographie des rendements, de données fournies par des drones ou de données satellitaires ? La méthode d'évaluation aura une incidence sur la conception et la gestion des essais.
- Pour les données de télédétection, savez-vous déjà quels indices de végétation (ou autre variable acquise par les capteurs), mesurés à quels stades de croissance, sont les mieux corrélés avec le rendement commercialisable ?
- Si vous utilisez la cartographie des rendements, savez-vous comment récupérer et traiter les données ?
- Pouvez-vous géolocaliser avec précision les voies de jalonnage, les modalités testées et les points de mesure du rendement ? La précision des GPS des smartphones est relative (> 5m). Le système RTK offre la meilleure précision GPS (< 1m).

## Implication dans l'expérimentation

- Serez-vous prêts à supporter des complications lors de l'application des modalités et de la récolte ?
- Si vous faites appel à un entrepreneur, celui-ci participe-t-il pleinement à l'essai ?



## Sélection d'une parcelle d'essai appropriée

- Plus la parcelle est uniforme, plus le résultat sera précis.
- Évaluer, si possible, la variabilité intra-parcellaire dans les parcelles d'essai en utilisant
  - Des images aériennes historiques (par exemple à partir de GoogleEarthPro),
  - Des images satellites NDVI (par exemple sur [www.datafarming.com.au](http://www.datafarming.com.au)),
  - Des cartes des sols,
  - Des cartes de rendement antérieures
  - Les connaissances locales
- S'il existe une variabilité intra-parcellaire, il est préférable qu'elle soit transversale à la direction des modalités testées, les affectant toutes de la même manière, plutôt qu'elle soit alignée sur les traitements.
- Éviter les parcelles et les zones présentant des différences récentes en terme d'historique de pratiques culturales, par exemple les parcelles précédemment divisées. L'historique de pratiques culturales contrasté des parcelles peut continuer à affecter le rendement pendant des décennies après que les parcelles ont été réunies. Évitez les zones présentant des problèmes connus de drainage ou d'adventices (sauf s'il s'agit d'un élément essentiel de votre question).
- Exclure les tournières et les zones comportant des arbres, des poteaux téléphoniques, etc.
- La zone d'essai doit être suffisamment large. L'utilisation d'une parcelle étroite limitera le nombre de comparaisons possibles.



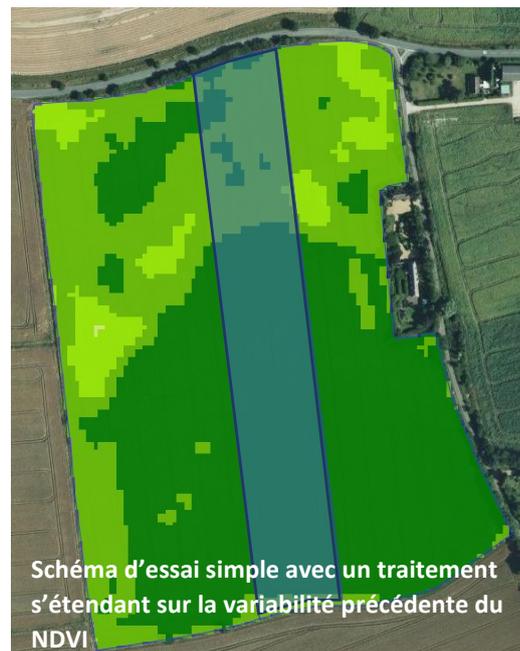
Éviter les parcelles et les zones présentant des différences récentes en terme d'historique de pratiques culturales

Exclude headlands and areas which include trees, telegraph posts



## Conception d'un essai

- Dans la mesure du possible, **reproduisez les modalités** dans l'essai afin de renforcer la robustesse des résultats. Au minimum, testez toute nouvelle modalité dans un bloc avec un témoin de chaque côté, puis évaluez la variabilité entre les zones témoin pour juger de votre confiance dans l'effet de la modalité.
- Tenir **compte de la largeur des sous-parcelles de test des modalités** : si l'essai doit être évalué à l'aide d'images satellite, les sous-parcelles devront être plus larges pour tenir compte de la faible résolution des données ; par exemple, si l'on utilise les données gratuites Sentinel 2 d'une résolution de 10 m, les sous-parcelles doivent avoir une largeur d'au moins 40 m . Si l'essai doit être évalué à l'aide d'une cartographie du rendement, les sous-parcelles doivent avoir au moins deux largeurs de récolte. Avec des données de drone à plus haute résolution, les sous-parcelles peuvent être plus étroites. Les sous-parcelles doivent également être plus larges lorsque la modalité consiste en des traitements appliqués à l'aide d'un épandeur d'engrais à disques rotatifs : au moins deux bandes d'épandage.
- Notez que la **variation intrinsèque du rendement à l'intérieur de la parcelle** dépassera presque toujours les effets attendus de des modalités testées, de sorte que vous devez localiser vos sous-parcelles avec beaucoup de soin pour être aussi juste que possible. Tenez compte de la variabilité intra-parcellaire et organisez les modalités de telle sorte que les variations affectent toutes les modalités de la même manière.
- Dans les essais avec répétitions, **l'ordre des modalités** peut être aléatoire, afin d'éviter de confondre l'effet d'une modalité avec toute tendance spatiale à travers l'essai, ou être ordonné pour réduire le risque d'erreurs d'application. Une option simple et scientifiquement robuste consiste à tester seulement deux modalités dans des parcelles alternées.



## Applications des modalités

- Enregistrez correctement l'emplacement de la modalité, idéalement à l'aide d'un logiciel ou d'une application de cartographie, ou au moins à l'aide d'un croquis sur une carte de la parcelle. Pour enregistrer les positions GPS, placez-vous au centre de la voie de jalonnage (par exemple pour les traitements par pulvérisation) ou à l'angle des parcelles, et utilisez un appareil GPS approprié avec un signal de correction (par exemple RTK ou EGNOS), car la précision des GPS des smartphones est généralement médiocre (> 5 m).
- Il est également utile de marquer l'emplacement des sous-parcelles sur le terrain à l'aide de cannes ou de drapeaux.
- Informez toutes les personnes susceptibles d'effectuer des interventions sur le terrain de l'existence de l'essai et de ses exigences.

## Suivi de la culture

- En fonction de votre question, il sera généralement utile d'acquérir quelques données descriptives (par exemple, évaluation d'attaque de maladies ou prélèvements d'échantillons pour l'analyse des éléments minéraux absorbés).
- Plus vous disposez de mesures complémentaires, plus vous avez de chances d'avoir confiance dans le résultat de la comparaison que vous effectuez.
- Les mesures ponctuelles doivent être effectuées à des endroits adjacents sur la longueur de chaque sous-parcelles, si possible géoréférencées.
- Les effets observés jusqu'à une ligne de démarcation coïncidant avec la limite d'une modalité peuvent être particulièrement visuels. Prenez des photos de tous les effets de ce type que vous pouvez observer.

## Bonne Utilisation de la cartographie de rendement

- Lorsque la cartographie de rendement est disponible, il s'agit d'un excellent moyen d'évaluer les résultats d'un essai, mais une analyse minutieuse des données est nécessaire. Les données de rendement peuvent être traitées dans des logiciels agricoles ou des logiciels de cartographie générale (par exemple QGIS, disponible gratuitement à l'adresse [www.qgis.org](http://www.qgis.org)).
- Nettoyez les données en excluant
  - Les tournières ;
  - Les parcours de récolte qui chevauchent deux modalités ;
  - Les parcours de récolte avec une largeur de récolte incomplète, même si le logiciel a ajusté la largeur, car une sur-correction est parfois appliquée ;
  - Les données pour lesquelles la vitesse ou la direction de la récolte a changé.
  - Attribuez les données aux sous-parcelles des modalités et calculez la moyenne des données nettoyées pour chacune d'elle.
- Examinez les variations spatiales dans la parcelle et estimez si elles sont susceptibles d'avoir affecté les comparaisons. La variation des rendements des sous-parcelles témoins peut indiquer si les différences entre modalités sont réelles. Tout effet d'une modalité doit être plus important que la différence entre les parcelles témoins.
- recherches opérant dans la région où l'essai est localisé.
- Si vos modalités ont été associés à des coûts d'intrants différents, vous pouvez calculer une marge brute pour chacune d'elle.
- Une analyse statistique plus détaillée peut parfois être assurée par un partenaire de recherches opérant dans la région où l'essai est localisé.



## Utilisation d'indice de végétation comme indicateur de rendement

- Il a été démontré que les indices de végétation obtenus par télédétection, tels que le NDVI, présentent une bonne corrélation avec le rendement commercialisable de certaines cultures de pomme de terre et de légumes de plein champ au sein d'un essai donné. De plus, ils peuvent parfois être mesurés plus facilement que le rendement lui-même.
- Les indices de végétation (VI) peuvent être évalués à l'aide de données satellitaires (bon marché mais de faible résolution), de drones équipés de caméras multispectrales (méthode plus coûteuse mais aussi plus précise) ou de capteurs portatifs.
- Les corrélations exactes entre les VI et le rendement ont tendance à varier en fonction de la parcelle et de la variété, de sorte que pour interpréter les résultats en termes de rendement commercialisable, il est nécessaire de récolter de petites parcelles de "validation du rendement" dans l'essai. Celles-ci peuvent être utilisées pour établir la relation entre le rendement et l'indice de végétation au sein de l'essai, de sorte que la carte de l'indice de végétation puisse être convertie en une carte du rendement prévu.
- En l'absence de parcelles de validation du rendement, l'essai peut toujours être évalué sur la base du VI, en partant du principe que les effets des modalités sur un VI approprié sont proportionnels aux effets sur le rendement commercialisable. Dans ce cas-là, et en l'absence d'une cartographie directe du rendement, une évaluation du rendement en valeur absolue n'est pas accessible.



Drone avec caméra multispectrale (photo: ADAS)



Vol d'un drone au-dessus d'un essai de pois à la floraison (photo: ADAS)

## Analyse des données d'indice de végétation

- Lorsque les modalités ont des effets importants sur le rendement, l'examen visuel d'une image acquise par un drone ou d'une image satellite peut le mettre en évidence, comme dans l'exemple ci-dessous ; recherchez les variations de VI le long des lignes de démarcation entre les traitements.
- Comparez toujours les images de l'essai avec les images prises avant l'application des modalités, afin de vous assurer que les tendances observées sont dues aux modalités plutôt qu'aux variations du sol.
- Pour les comparaisons entre des essais menés sur différentes exploitations, assurez-vous que le même capteur est utilisé. Si ce n'est pas le cas, gardez à l'esprit que certains indices de végétation peuvent présenter un biais dû à l'utilisation de bandes spectrales d'une définition différente. De plus amples informations sur ce point sont disponibles sur le site web d'INNOVEG.

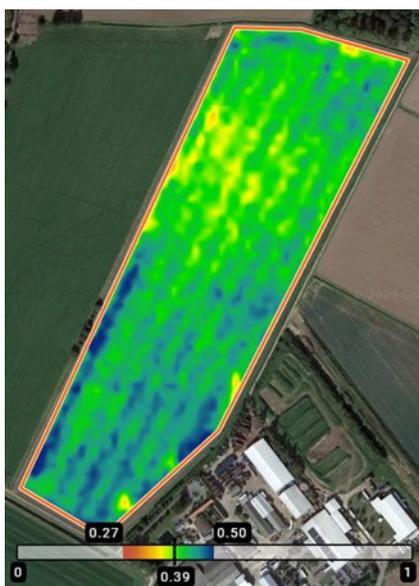


Image satellite NDVI de la culture précédente, montrant la variation du sol

(<http://www.datafarming.com.au>).



Plan d'essai pour les modalités de fertilisation dans le pois.

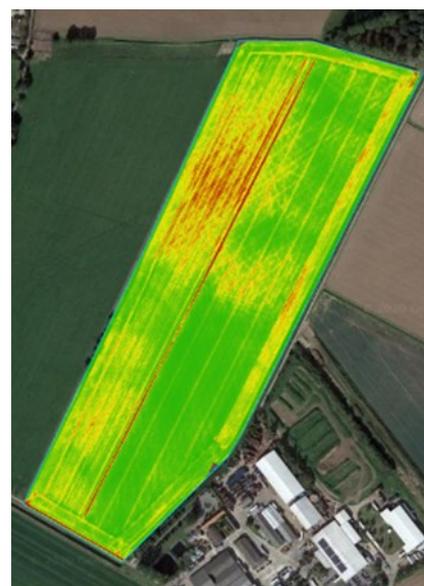


Image NDVI du drone à la floraison, montrant que les modalités 3 à 5 sont plus performantes que les modalités 1 et 2.

- Lorsque les effets des modalités sont trop subtils pour être clairement visibles sur les cartes VI, les données VI doivent être analysées. Un logiciel de cartographie tel que QGIS peut être utilisé pour calculer la moyenne de chaque bande multispectrale pour une zone donnée, telle qu'une sous-parcelle d'essai, puis les VI peuvent être calculés à partir de ces bandes moyennes.
- L'analyse statistique complète des données peut être effectuée de la même manière que pour une carte de rendement, en calculant la moyenne des données pour chaque cellule d'une grille d'échantillonnage placée sur l'essai. Les cellules d'échantillonnage doivent être placées de manière à éviter le sol nu dans les roues ou entre les rangs, car le sol nu donnera des données VI différentes et non pertinentes.

