

Présentation d'un OAD en fertilisation, le cas de l'azote dans le maïs-grain

Essi Parent, ing. Ph. D.
Gabriel Deslauriers, agr. M.Sc.

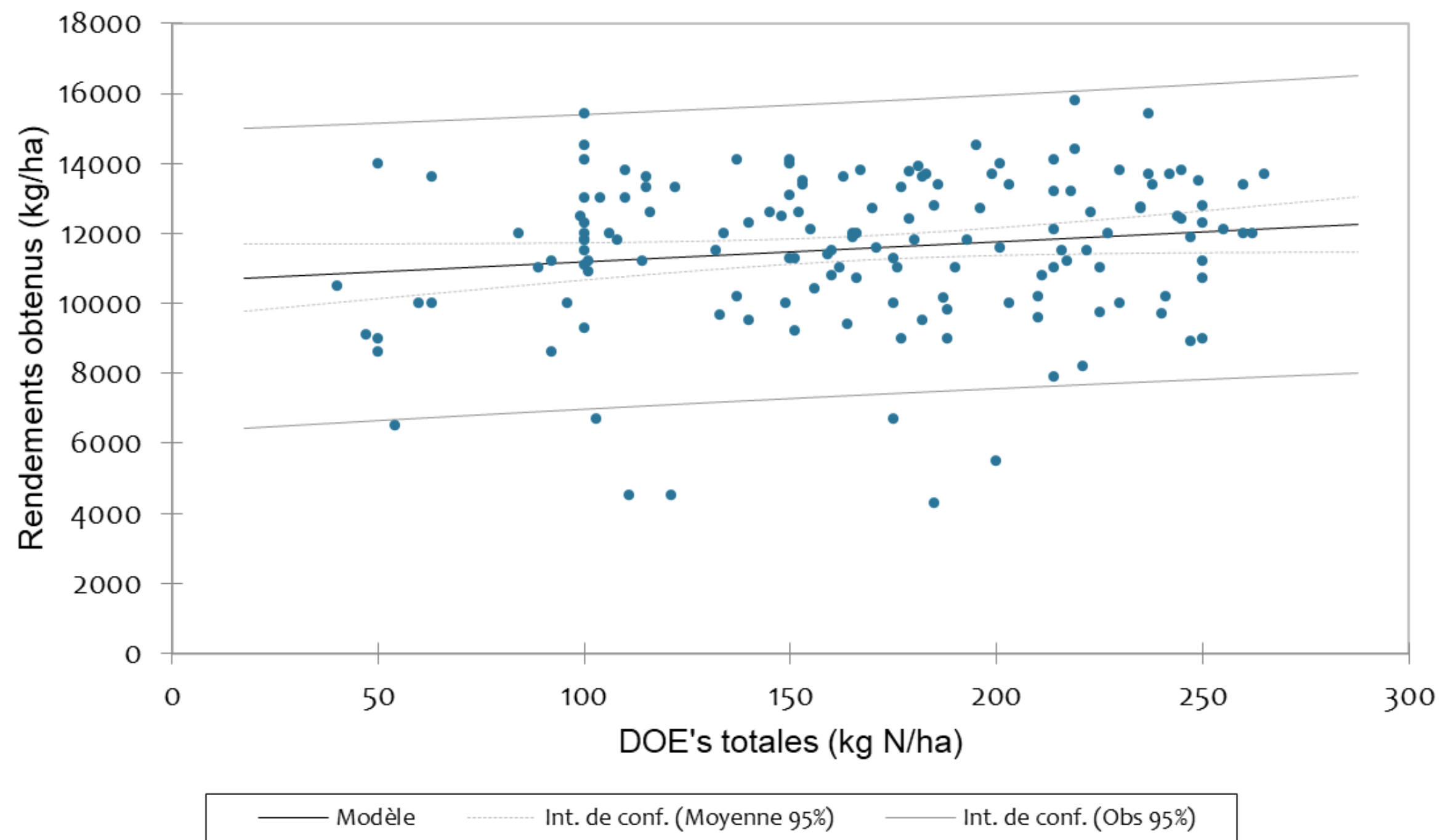


Mise en contexte

- **Le maïs culture avec des besoins N élevés.**
- **Grande variabilité des réponses du maïs à l'azote.**
- **Dans certains cas, la diminution des apports N entraîne des pertes économiques considérables.**
- **Les entreprises veulent toujours bonifier leur rentabilité.**
- **Situation économique actuelle permet une régie fertilisante d'assurance.**
- **Les engrais azotés sources de GES.**
Difficile à quantifier et à constater outre les changements climatiques



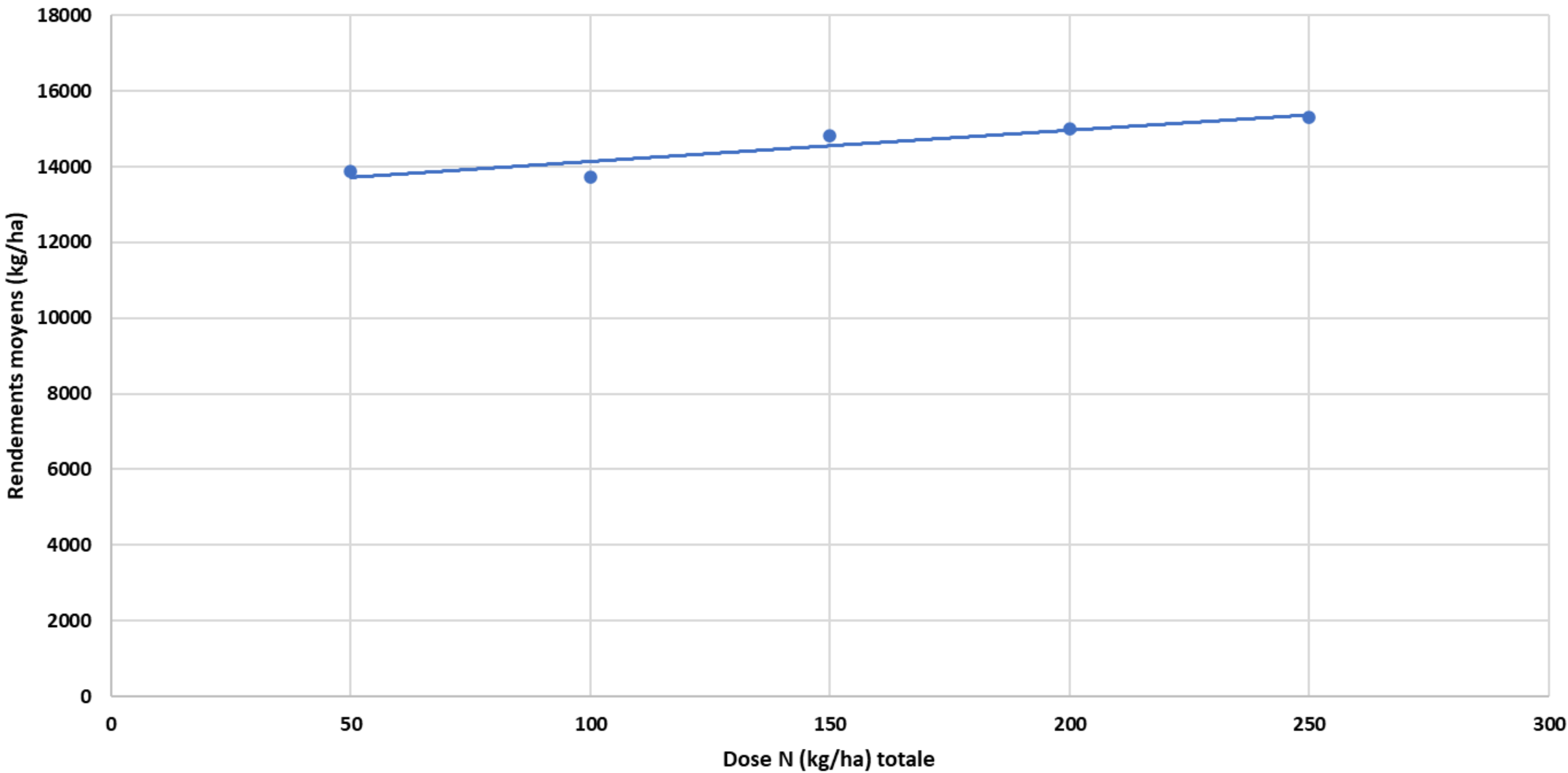
**Régression de Rendements obtenus (kg/ha) selon DOE's totales
(kg N/ha) ($R^2=0,024$) ($p=0,061$)**



Misc

- Les
- Le n
- Grar
- Dan
écol
- Les
- Situ
d'as

Courbe de réponse du maïs selon l'azote totale (kg N/ha)



Mise en contexte

- **Le maïs culture avec des besoins N élevés.**
- **Grande variabilité des réponses du maïs à l'azote.**
- **Dans certains cas, la diminution des apports N entraîne des pertes économiques considérables.**
- **Les entreprises veulent toujours bonifier leur rentabilité.**
- **Situation économique actuelle permet une régie fertilisante d'assurance.**
- **Les engrais azotés sources de GES.**
Difficile à quantifier et à constater outre les changements climatiques



Objectifs/Fonctionnalités de l'OAD

Minimalement

- **Déterminer la réponse du maïs à l'azote pour chaque scénario agronomique.**

Utilisation des paramètres ayant une influence sur la réponse du maïs à l'azote.

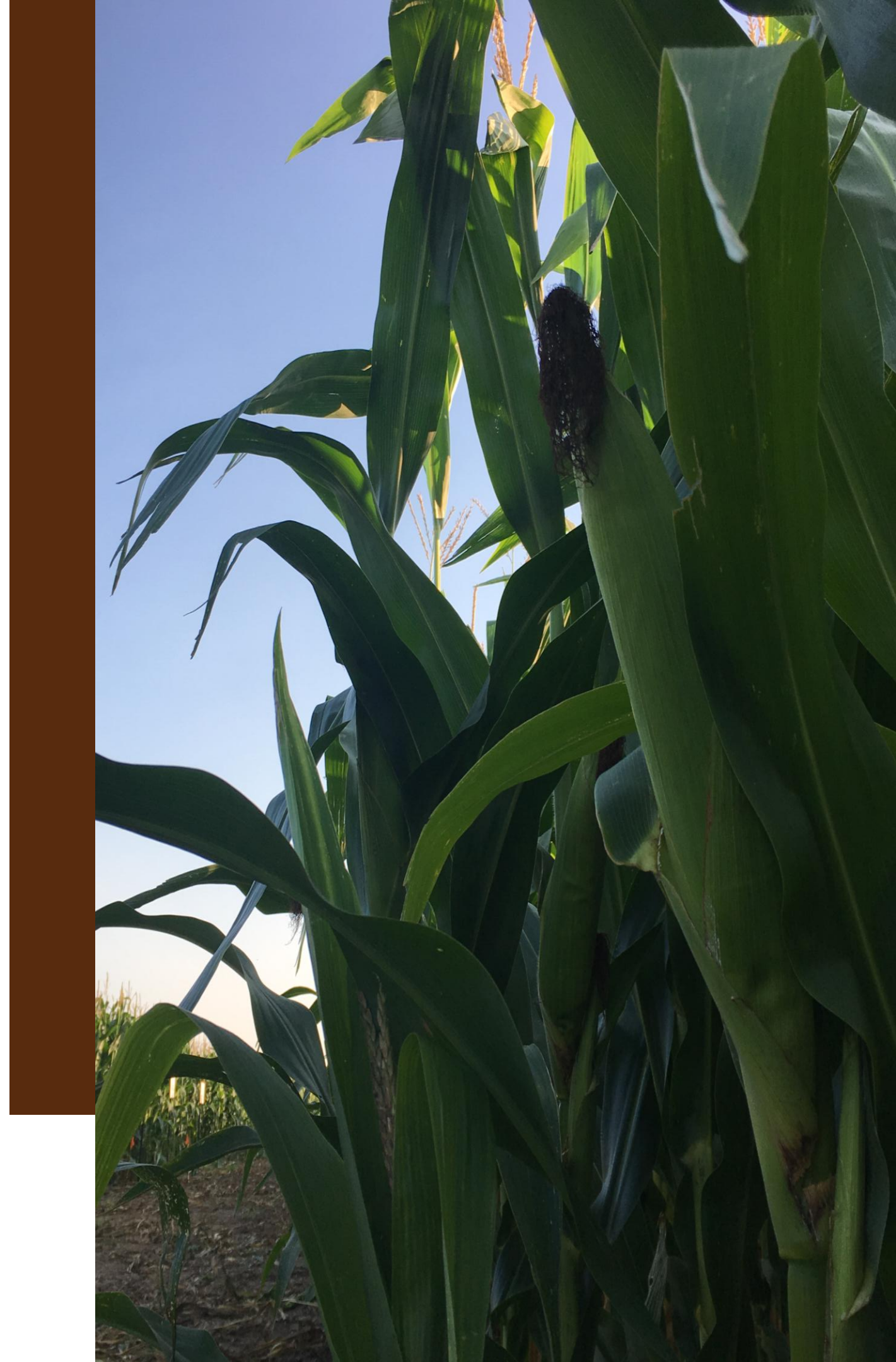
Ces paramètres doivent être faciles d'accès, ainsi qu'une précision intéressante.

- **Calcul de la Dose Optimale Économique (DOE).**

Intégration des données économiques à la courbe de réponse. Coût d'achat de l'engrais azoté et prix de vente du maïs.

- **Diagnostic Agronomique**

Mettre en lumière le ou les propriétés agronomiques qui impactent la réponse du maïs à l'azote et ultimement la productivité.

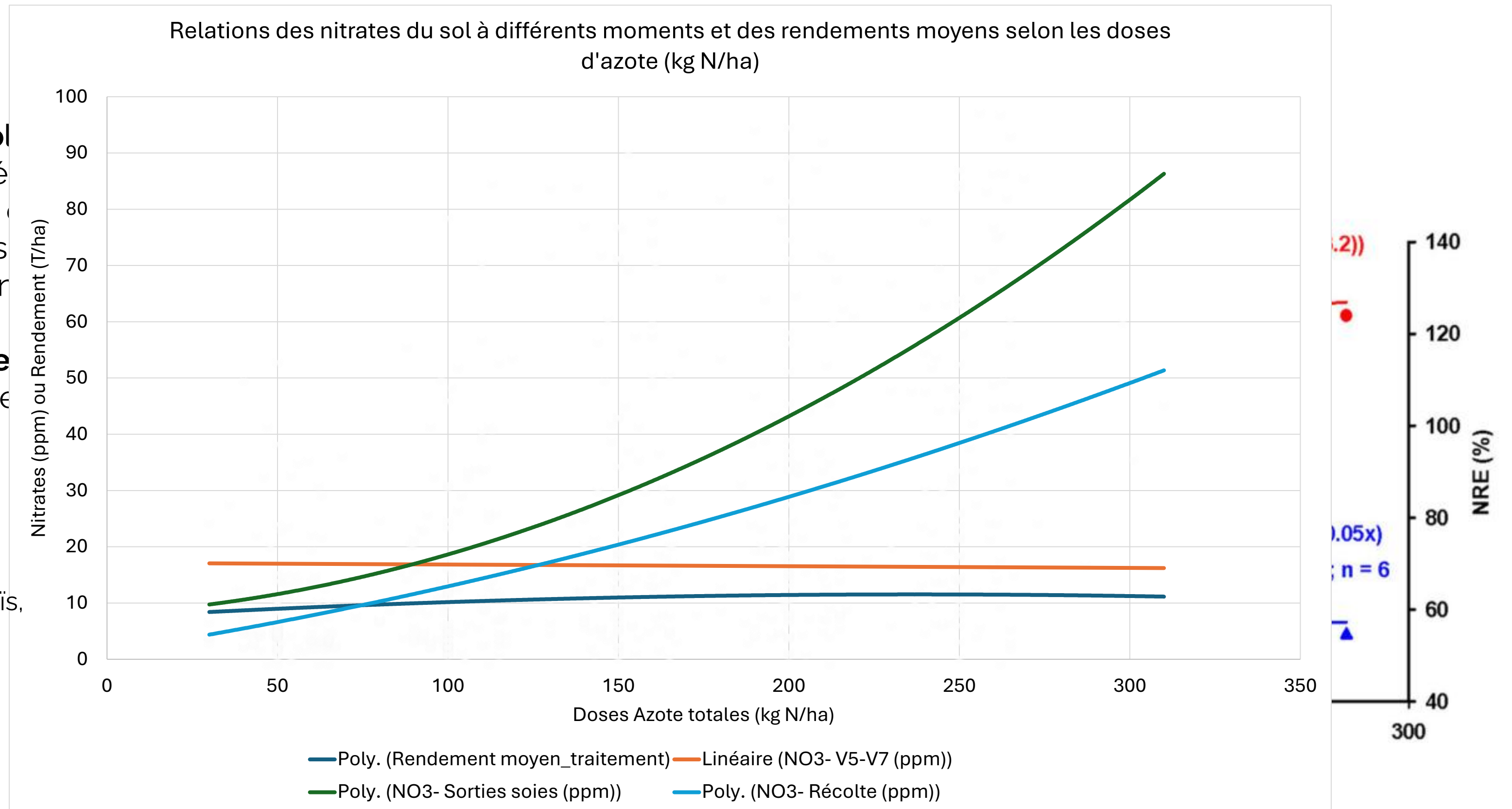


Objectifs/Fonctionnalités de l'OAD

Ensuite

- **Intégrer un vol**
À partir d'é
les émissions
Selon les s
environnement
- **Proposition de**
Diminuer le

Résultats: Projet
Structurant sur la
gestion N dans le maïs,
2019 à 2023



Objectifs/Fonctionnalités de l'OAD

Ensuite

- **Intégrer un volet environnemental.**

À partir d'équations d'émissions théoriques, démontrer l'impact sur les émissions des GES d'une surfertilisation.

Selon les situations, prendre conscience des impacts environnementaux d'une fertilisation d'*assurance*.

- **Proposition de solutions.**

Diminuer les besoins azotés minéraux.



Processus de développement

Léon-Étienne Parent, une ressource inestimable

Base de données d'essais de fertilisation N, P et K dans le maïs réalisé de 1992 à 2018.

Augmentation de la B.D. par des projets mobilisateurs.

Projet structurant sur l'amélioration de la gestion N - GPT
Indicateurs agro-génomiques pour réduire les excès d'application d'engrais azotés – INRS
Autres projets ayant les mêmes objectifs

Organisation de la B.D.

B.D. avec des données exactes sans erreur.



Source: ChatGPT

Processus de développement

Données d'essais de fertilisation 1990-2024

10 300 observations sur 536 essais scientifiques

422 variables

165 Municipalités

Pour chaque site, récupération de données météorologiques chez ERA5-Land. Estimation des données météo horaires.

Processus de développement

Résumée des variables enregistrées dans la B.D.

Localisation

Travail du sol

Précédent cultural, déjection animale, engrais vert

Variété

Dose N, P et K semis et post-levé

Rendement, poids spécifique, et humidité du grain pour chaque dose

Prix de vente moyen du maïs et coût d'achat de l'engrais

Nitrates du sol en pré-semis, post-levé, sorties de croix et à la récolte

Texture de sol et série de sols

Analyses chimiques du sol

Physique des sols (MVA, résistance à la pénétration)

Microbiologie des sols

Données météo hebdomadaires du 15 avril au 15 octobre

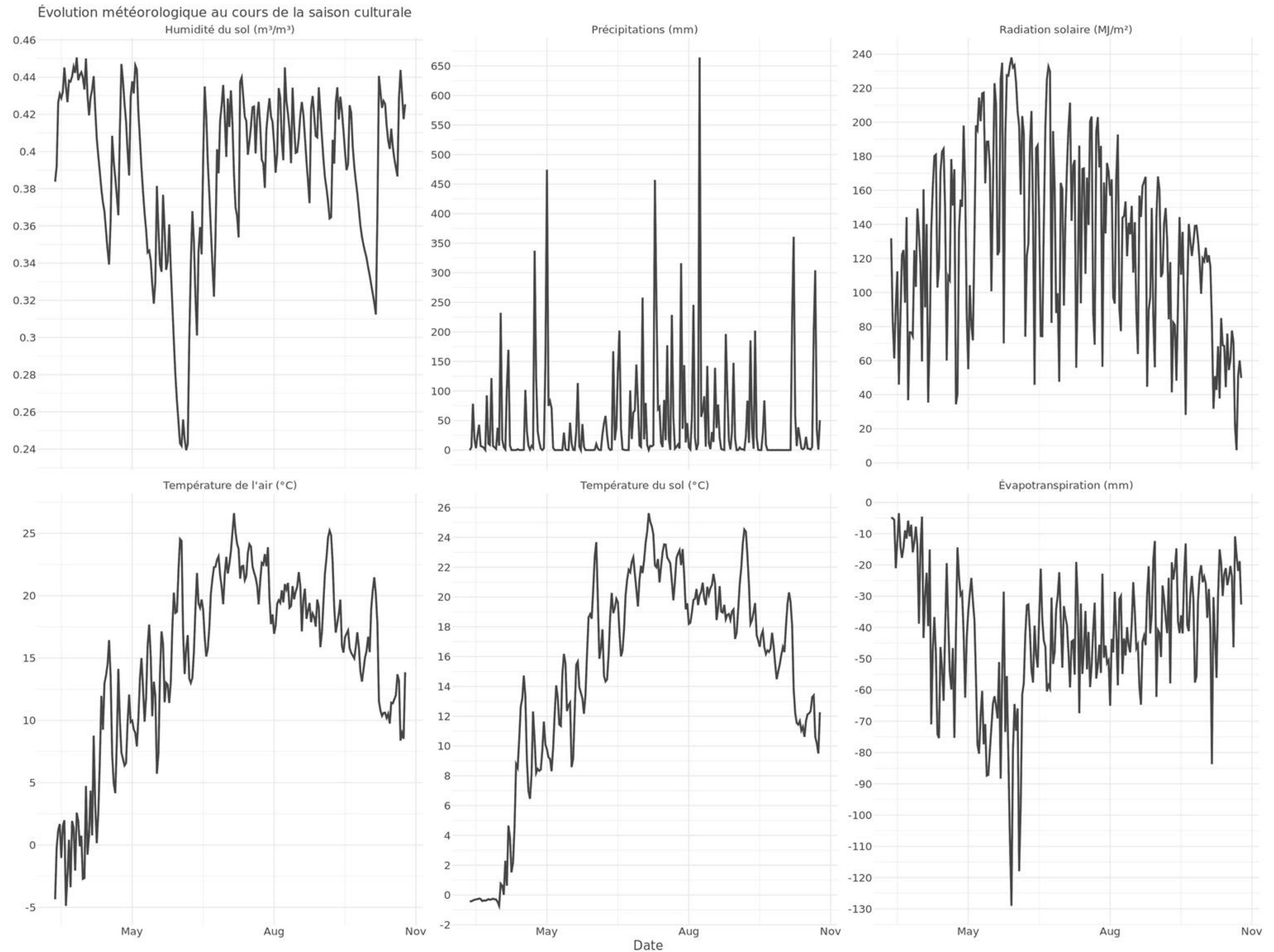
Données pédologiques

Quelles sont les variables intéressantes

- Sol: NO₃, pH, texture, M.O. (%), séries de sols
- Gestion: travail de sol, précédent cultural, densité de semis, jour de semis, jour de récolte, date application de l'azote
- Hybride, via l'UTM
- Effets aléatoires longitude et latitude (emplacement de la parcelle)
- Méta-effet: dose d'azote, coût des fertilisants, prix du maïs

Les variables temporelles

- 10 séries temporelles
- résolution journalière
- séparées en pré-semis et en saison



Processus de développement

Sélection des variables et prétraitement

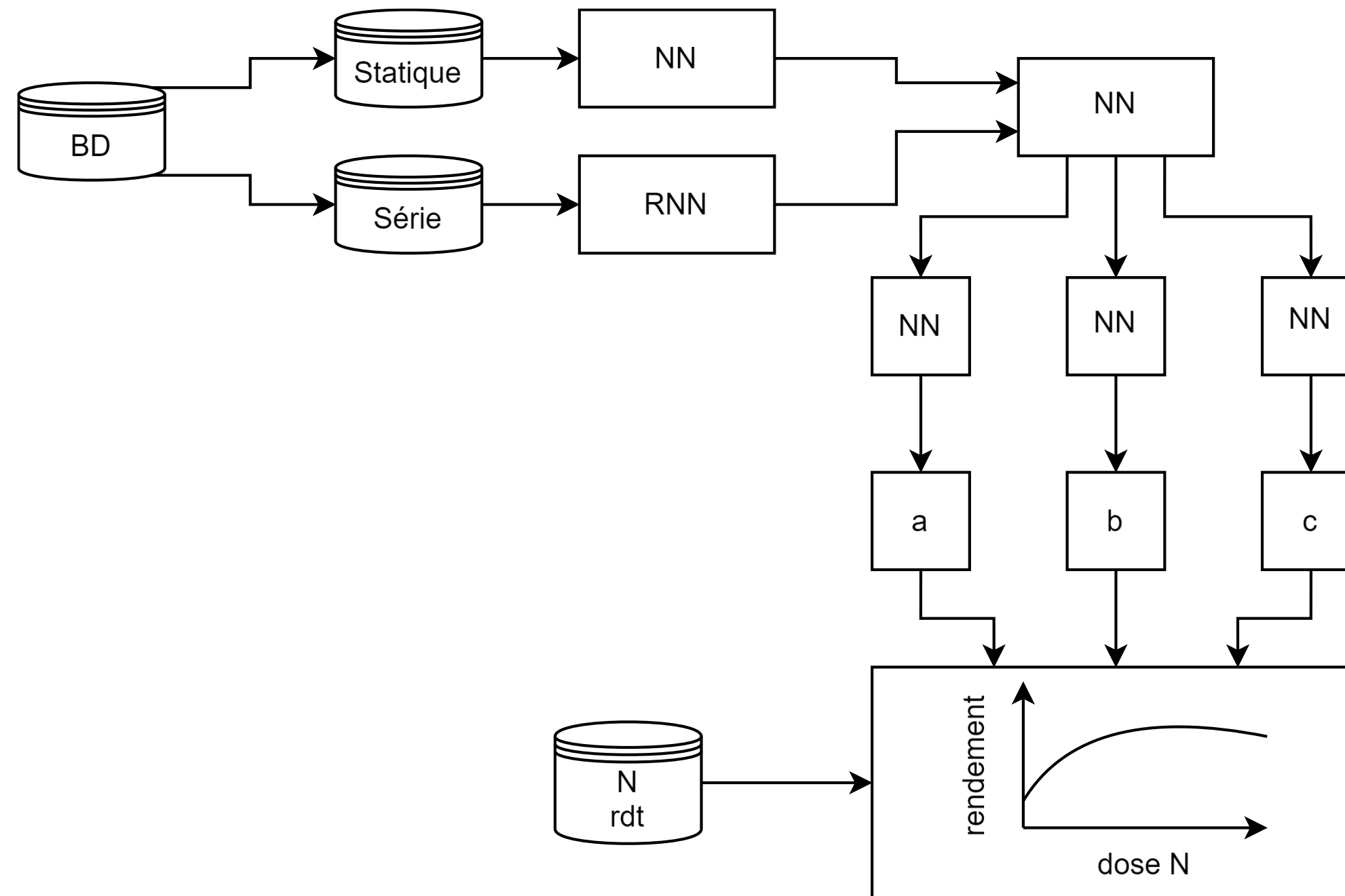
- Sélection des variables
 - importance agronomique
 - disponibilité
 - viabilité numérique, comment traiter les données (ex: UTM du maïs, peut-on catégoriser cette valeur?)



Source: Copilote

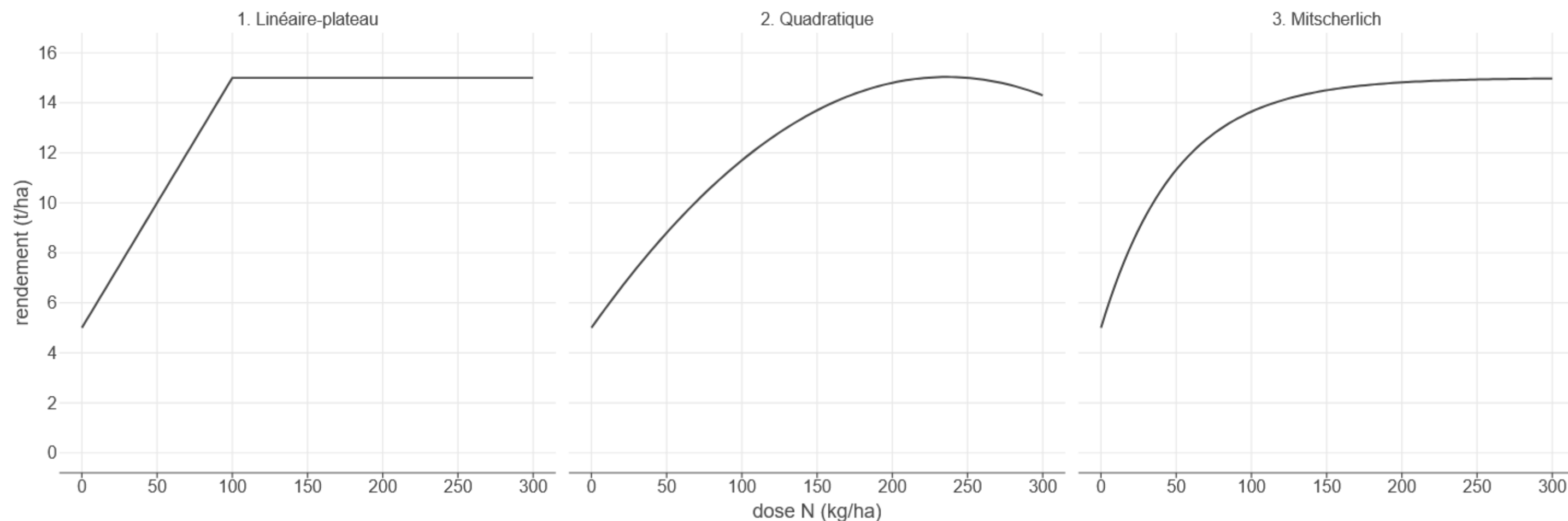
Processus de développement

Architecture de modélisation



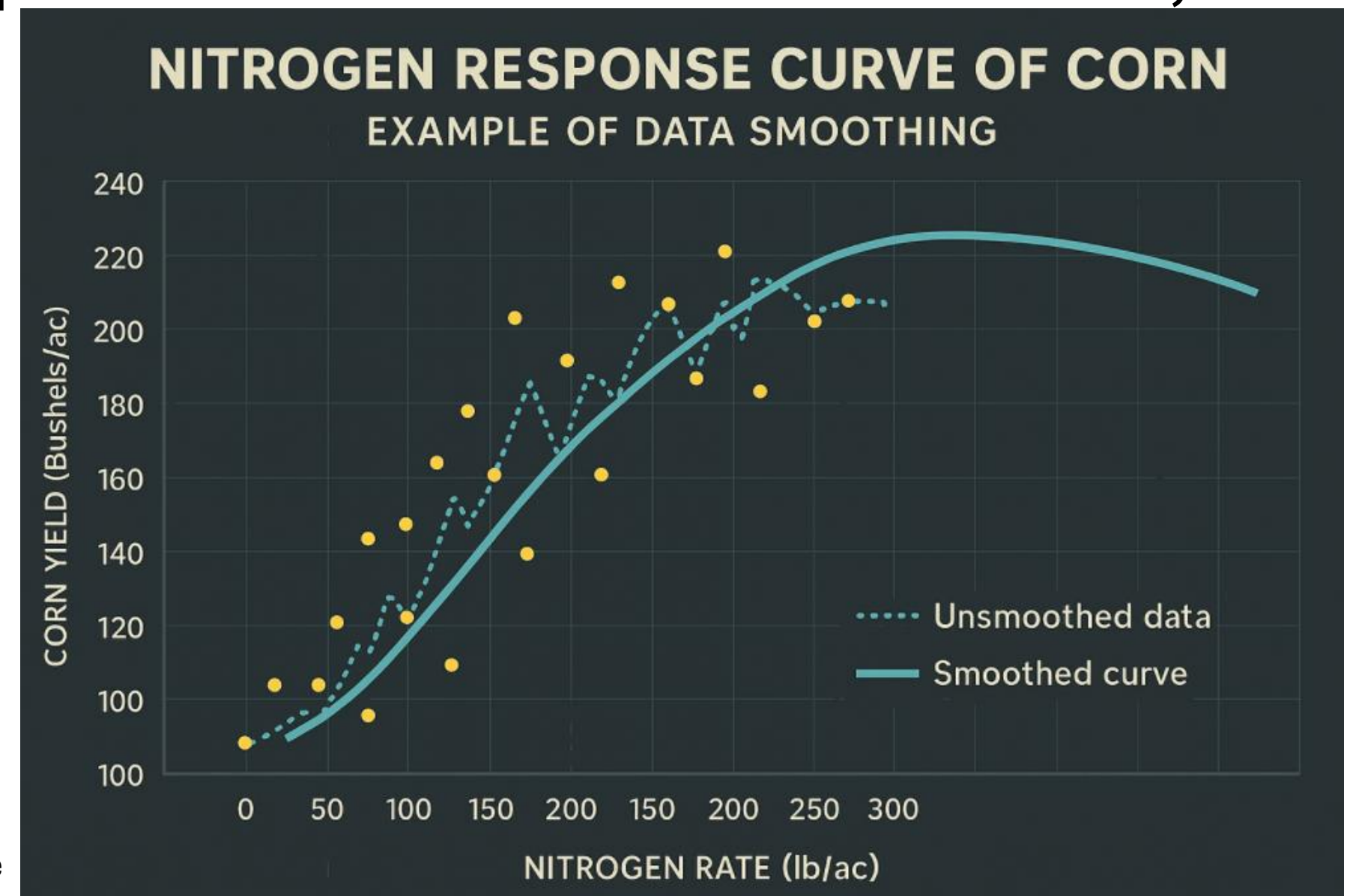
Courbe dose-réponse

Rendements décroissants, concavité garantie, adaptation au contexte



Entraînement et validation

- 📁 Séparation des **essais** pour l'entraînement et le test
- Lissage sur les données d'entraînement
- Test pour évaluer la capacité à **prédire un essai de fertilisation**, et non pas le rendement

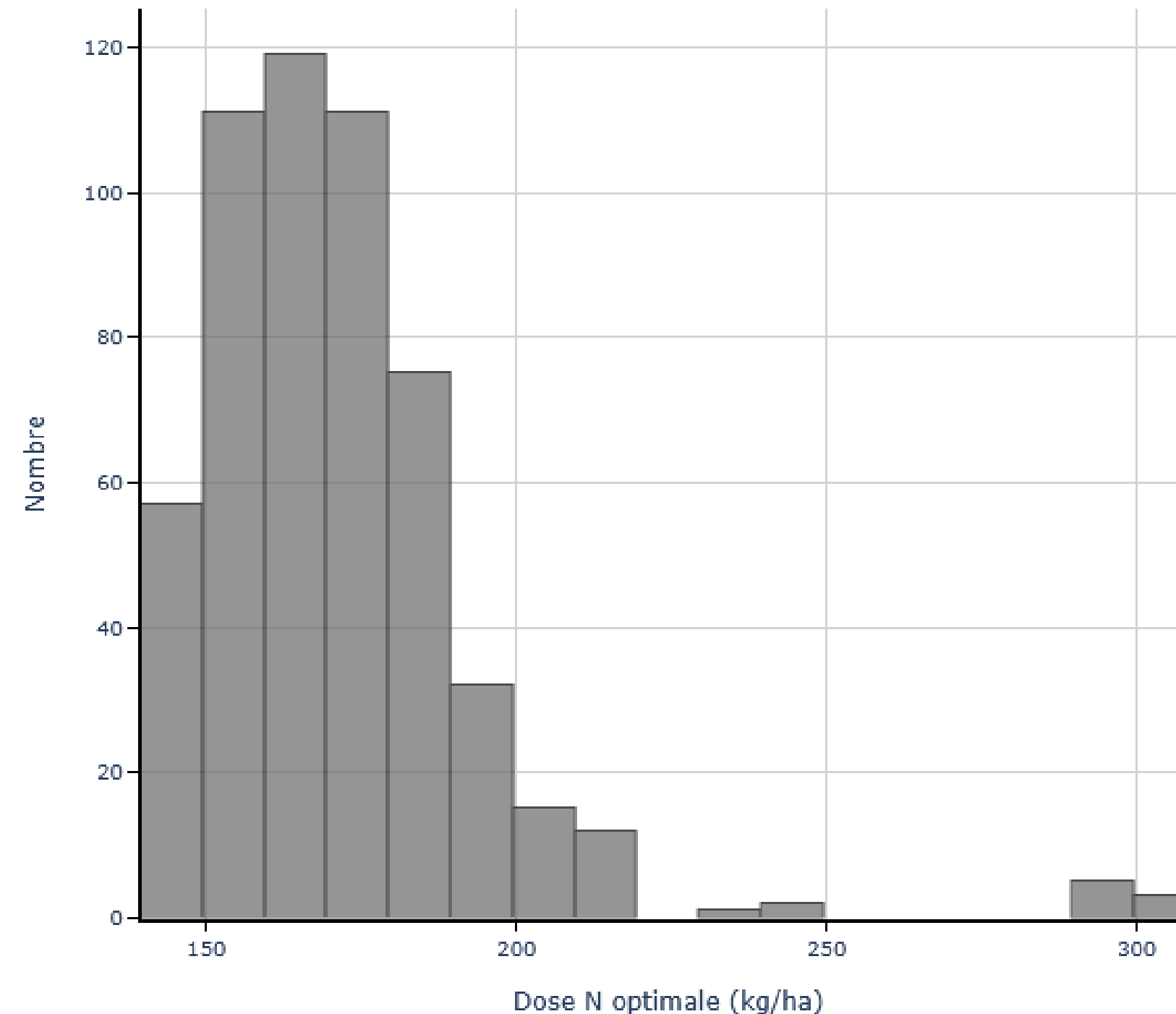


Performance

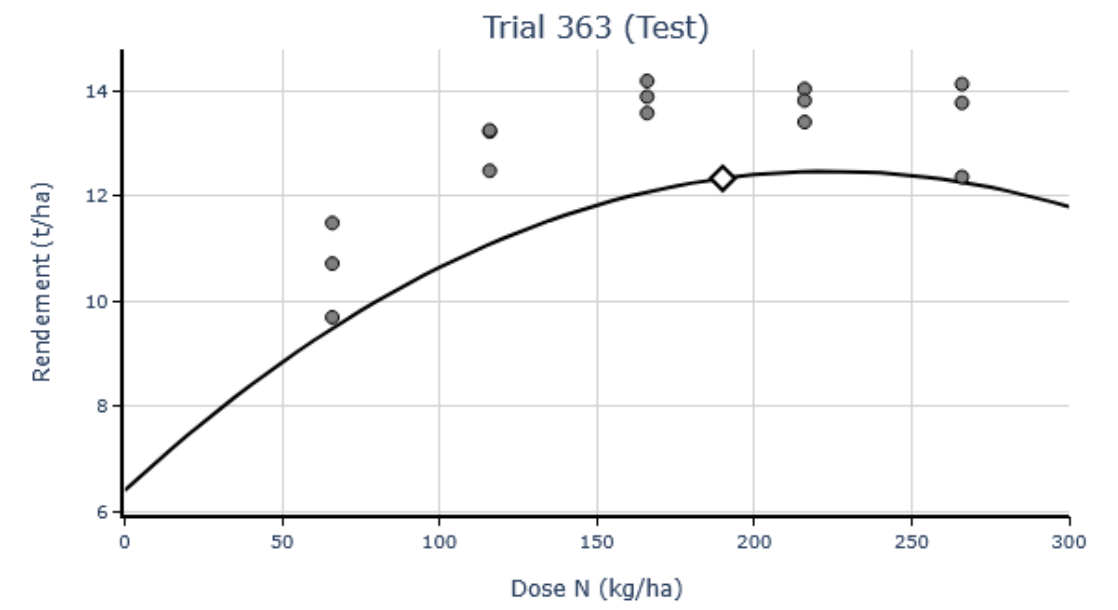
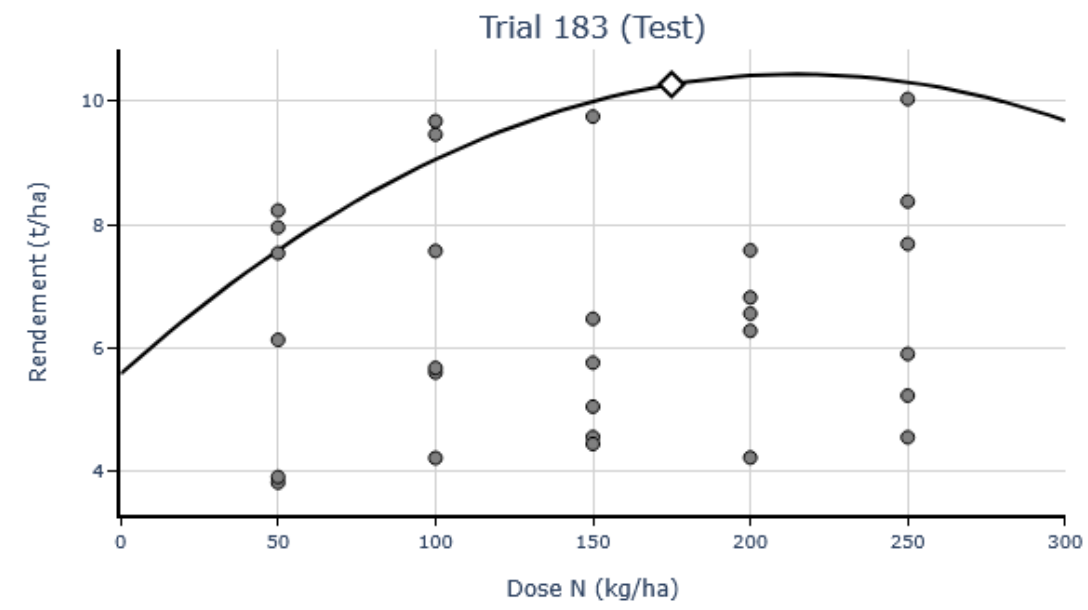
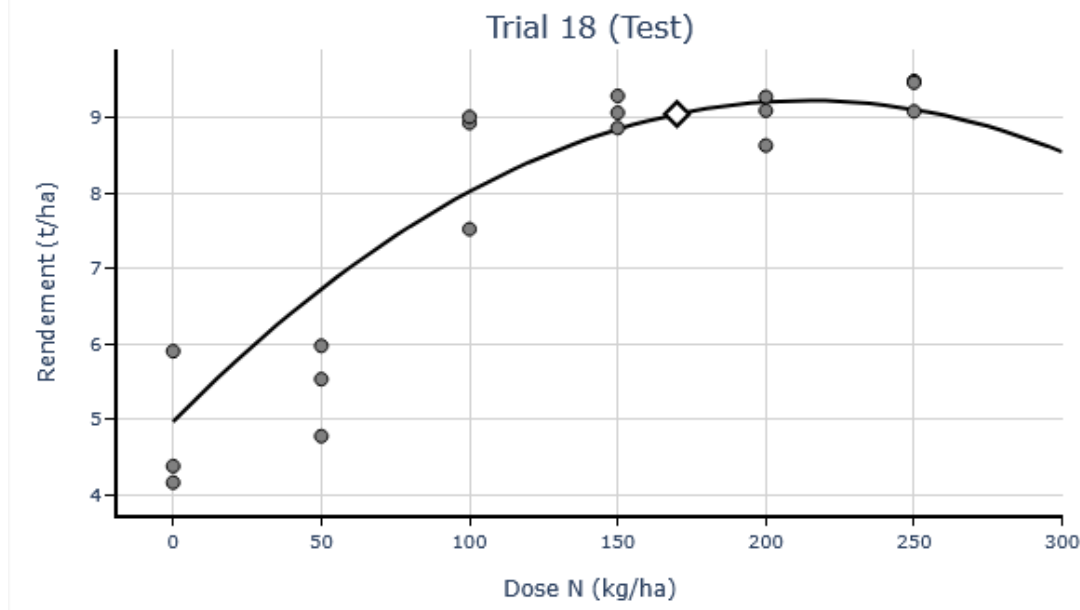
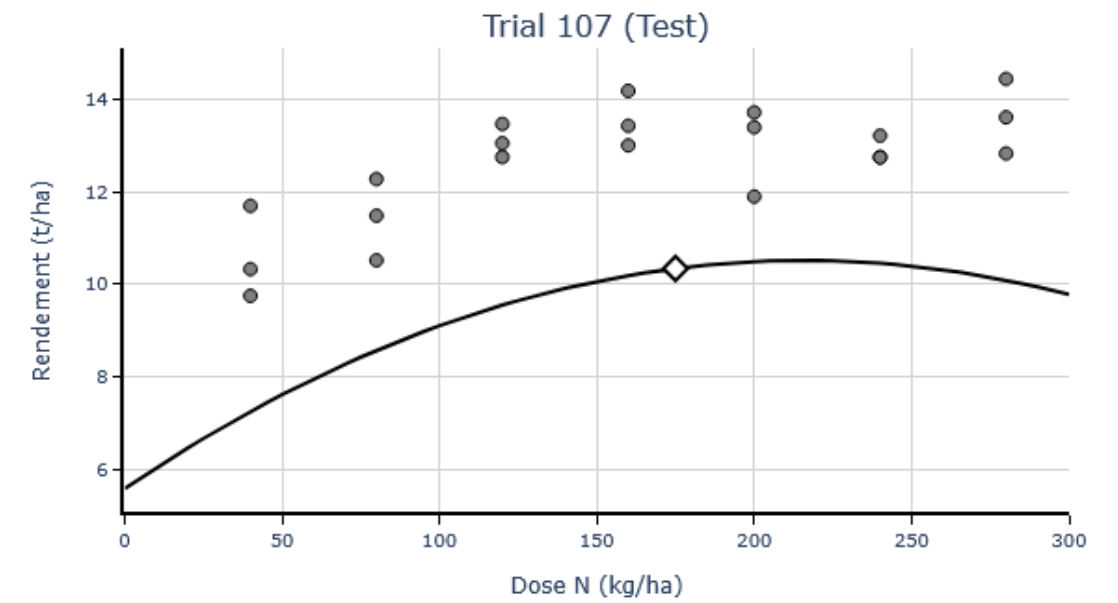
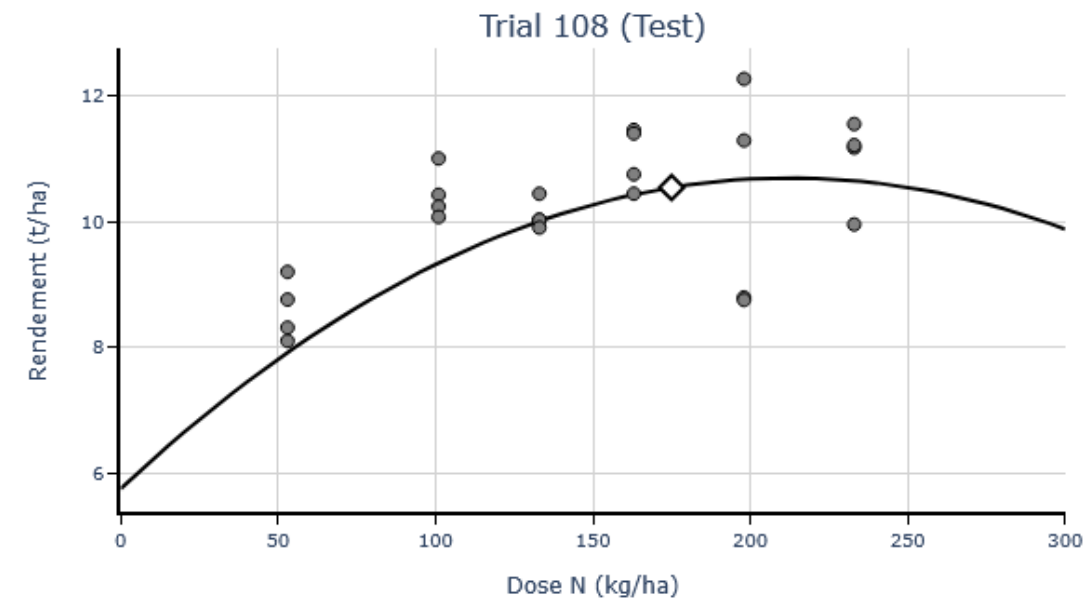
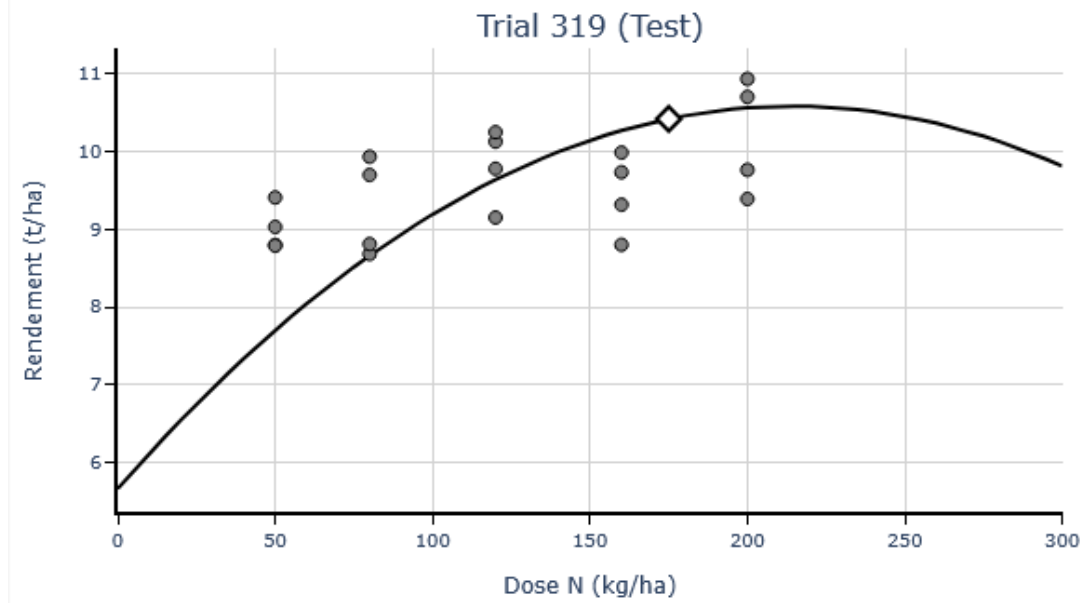
Modèle	R ² entraînement	R ² test
Linéaire-plateau	0.587	0.142
Quadratique	0.522	0.309
Quadratique-plateau	0.542	0.245
Mitscherlich	0.578	0.220
Pénalité convexe	À venir	À venir
ICNN	À venir	À venir

Distribution des doses optimales (sera mise à jour)

Modèle Quadratique



Prédiction de la réponse



Processus de validation

Première utilisation par des conseillers et producteurs.

Petit nombre d'utilisateurs pour recueillir leurs commentaires.

- Convivialité de la plateforme
- Précision des recommandations
- Commentaires

Refonte de la plateforme et validation des modèles

Utilisation plus large de l'OAD.

Recueil des commentaires

Mise à jour de l'OAD selon les commentaires et les nouveaux résultats terrain.



Source: ChatGPT

Mise en place et déploiement de l'OAD

Acceptation de l'OAD par un groupe d'experts

Ex: Comité chimie et fertilité des sols

Ajout continu de nouveaux résultats d'essais

Mise à jour de l'OAD régulièrement = ressource humaine

Maintient de l'utilité de l'OAD, résoudre les erreurs.

Évaluation des coûts d'utilisation

- Qui paye?
- \$/utilisation, \$/acre, \$/recommandation?
- Fonds publiques?

Utilisation d'une plateforme commune, où d'autres OAD seraient hébergés.



Source: ChatGPT