

Variabilité des rendements et des indices de nutrition azotée : éléments de diagnostic de légumineuses à graines en parcelles d'agriculteurs

Véronique BIARNES , Hélène TRIBOUILLOIS, Xavier PINOCHET

Terres Inovia

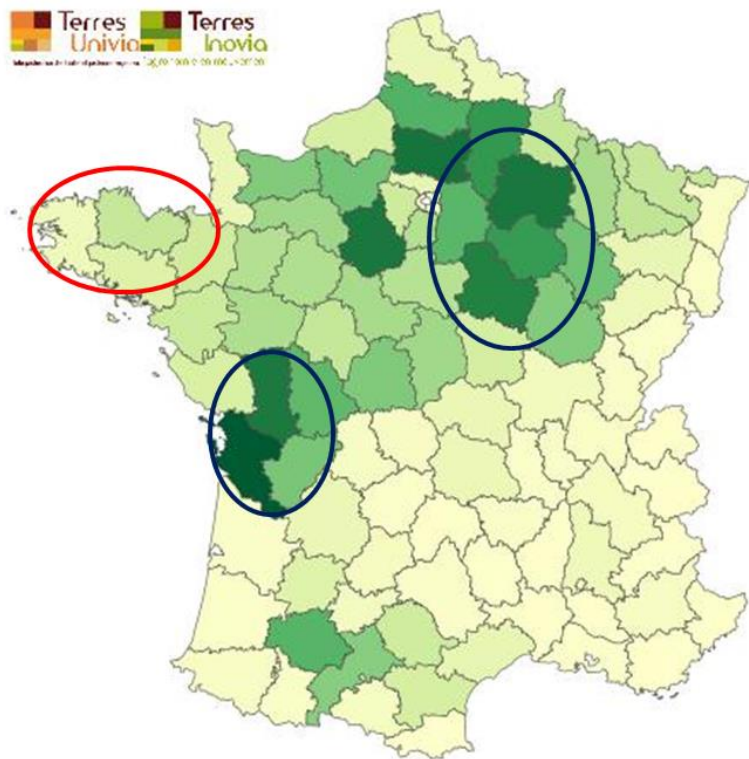
Séance hebdomadaire de l'AAF du 19 mars 2025

Pois : déconnexion des zones de production et des zones à bons potentiels de rendement

Surface (Total)
Pois protéagineux - 2024

Surface totale = 123 000 ha
PH $\approx$ 25-30 % des surfaces

Terres
Univia
Terres
Inovia

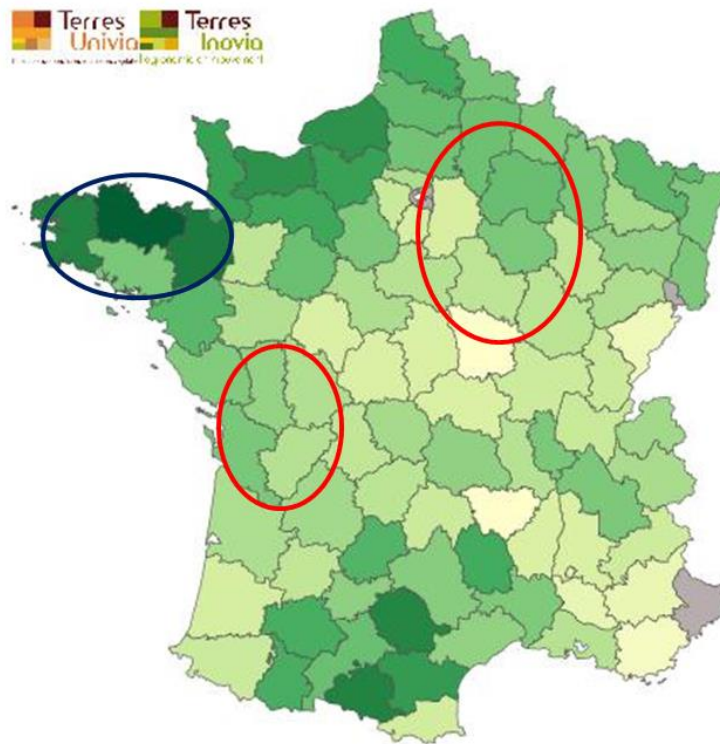


Surface (ha)
8000
6000
4000
2000
0

Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste*
(*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)

Rendement (Total)
Pois protéagineux - 2024

Terres
Univia
Terres
Inovia



Rendement (q/ha)
45
40
35
30
25
20
15

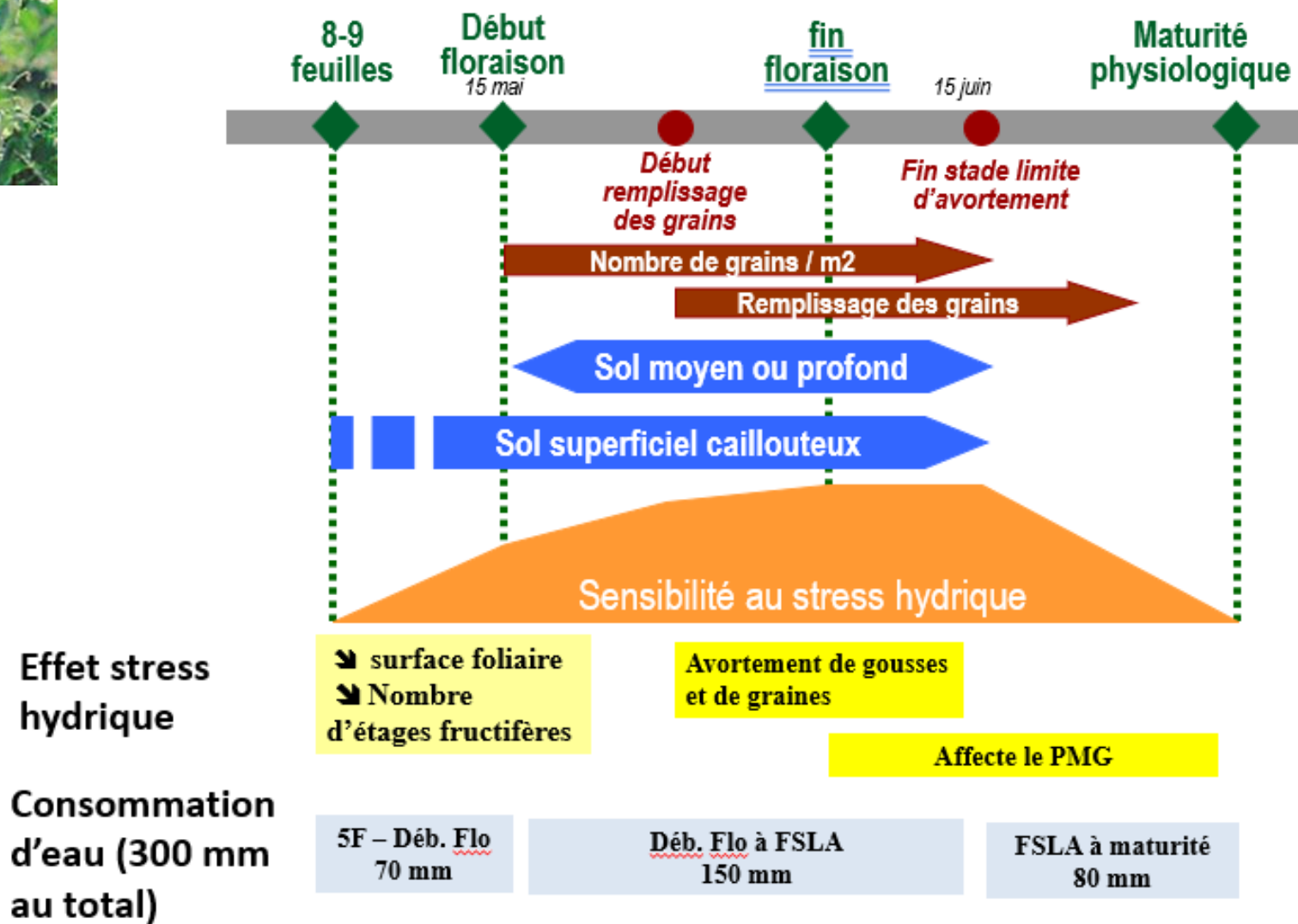
Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste*
(*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)



Impact du stress hydrique en pois : des besoins en eau importants à partir de la floraison



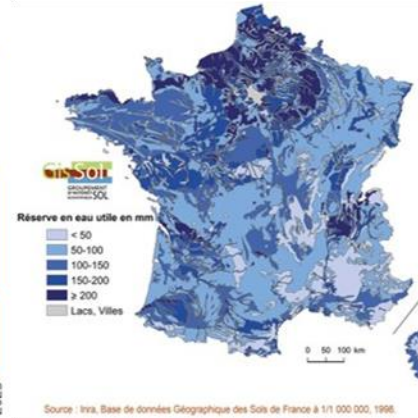
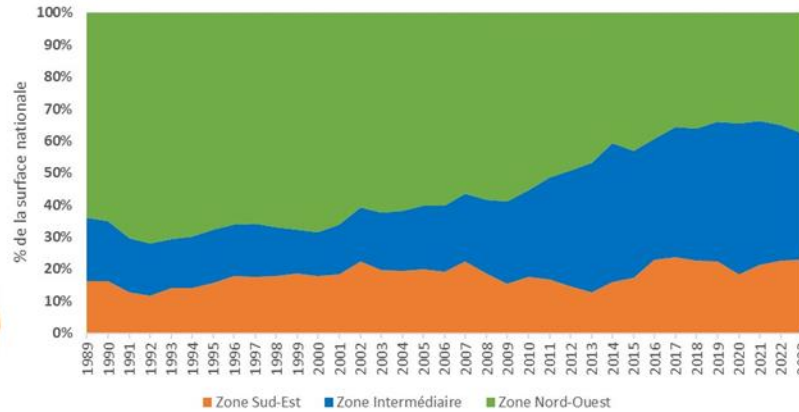
Sensibilité au stress hydrique du pois



Déplacement des surfaces cultivées en pois vers des zones à moindre potentiel



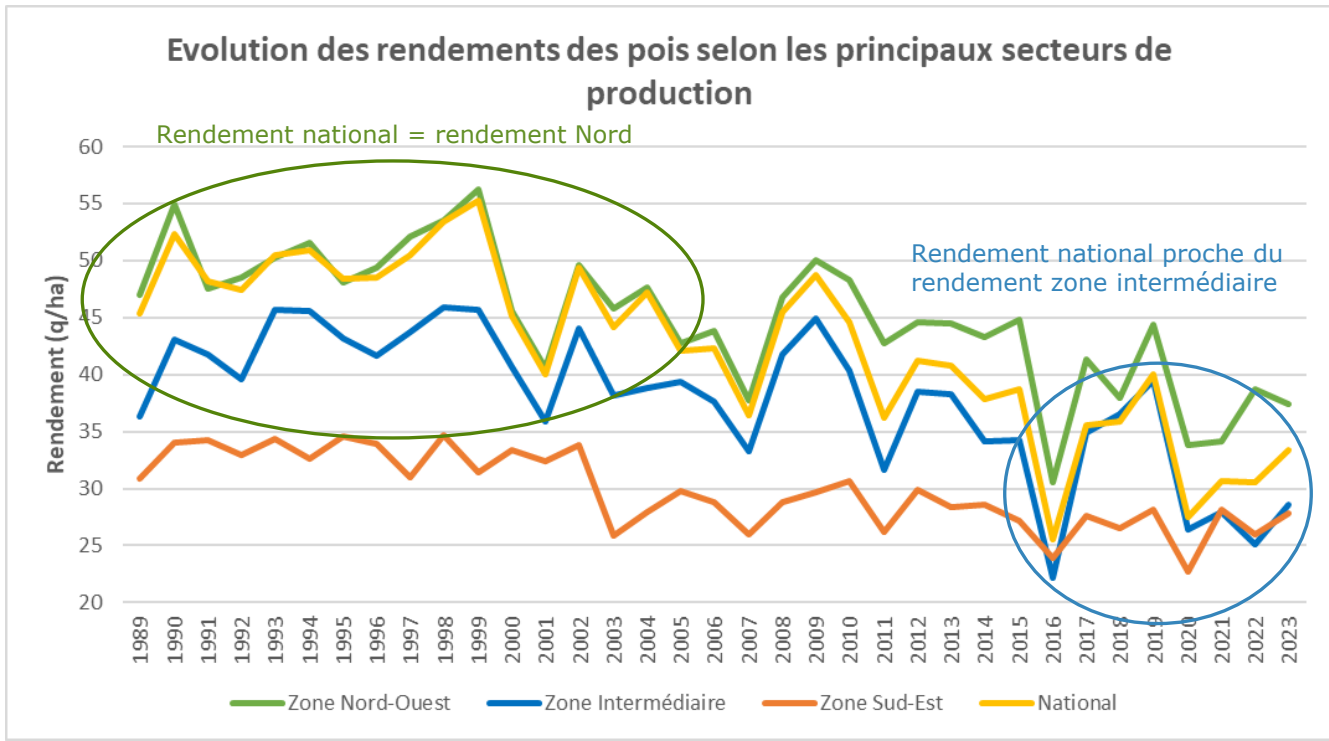
Evolution des surfaces de pois selon les principaux secteurs de production



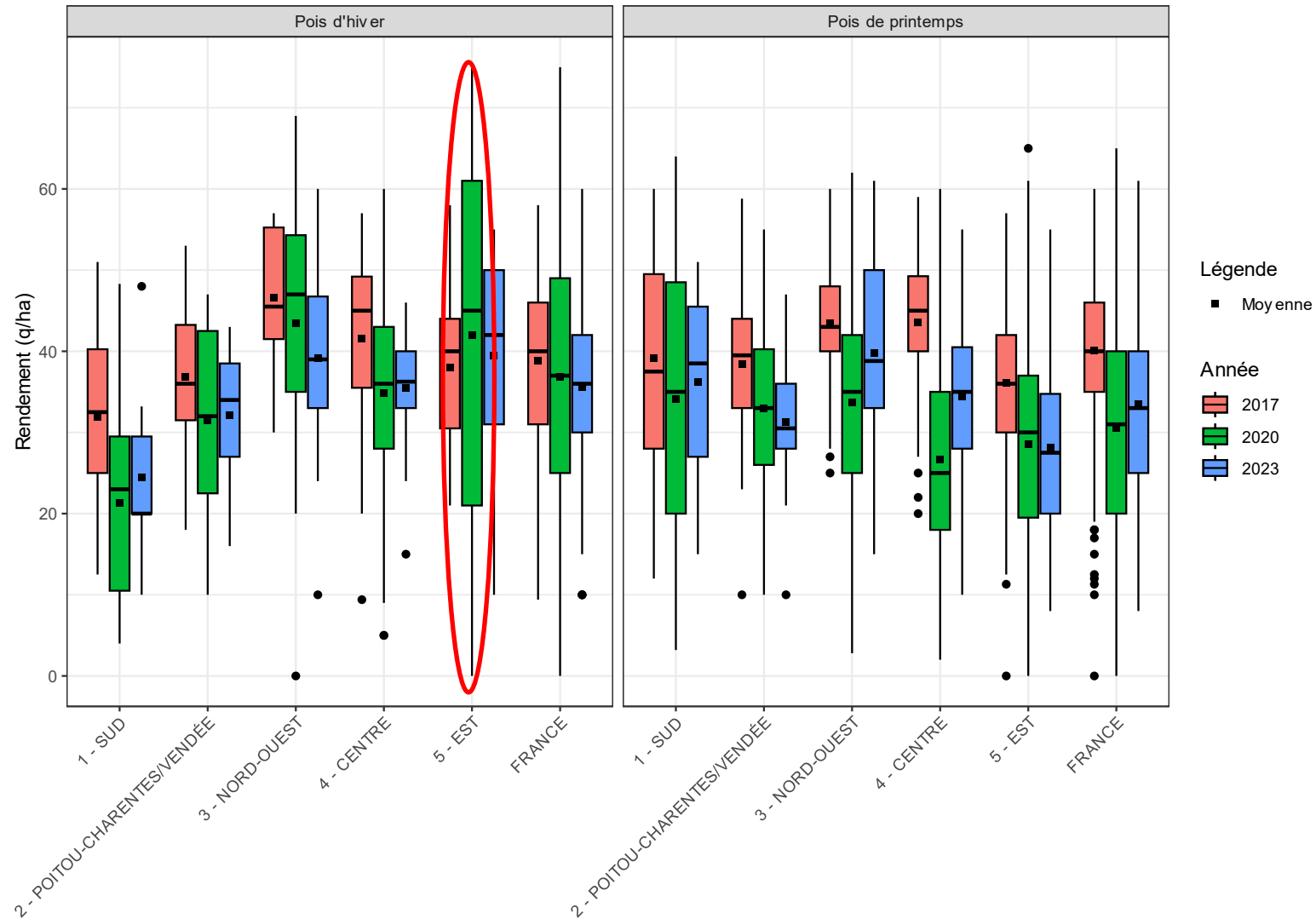
Des déplacements liés à :

- aphanomyces
- réformes de la PAC
- besoin de diversification des zones intermédiaires
- essor des cultures industrielles

Zone intermédiaire plus exposée aux risques climatiques (RU faibles => stress hydrique renforcés : plus précoces et plus intenses)



Des rendements à forte variabilité selon les années en pois

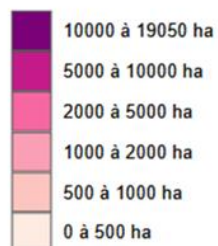
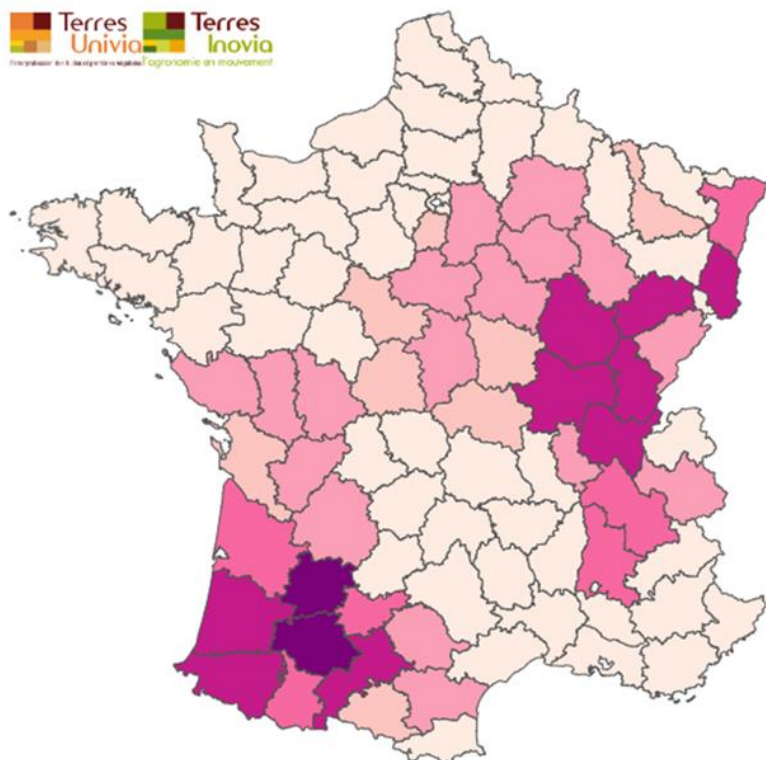


Données issues
d'enquêtes Terres Inovia
auprès de producteurs
en 2017, 2020 et 2023

Des évolutions de surfaces récentes en soja

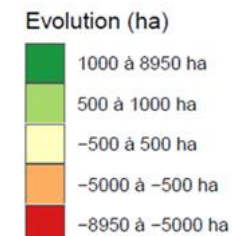
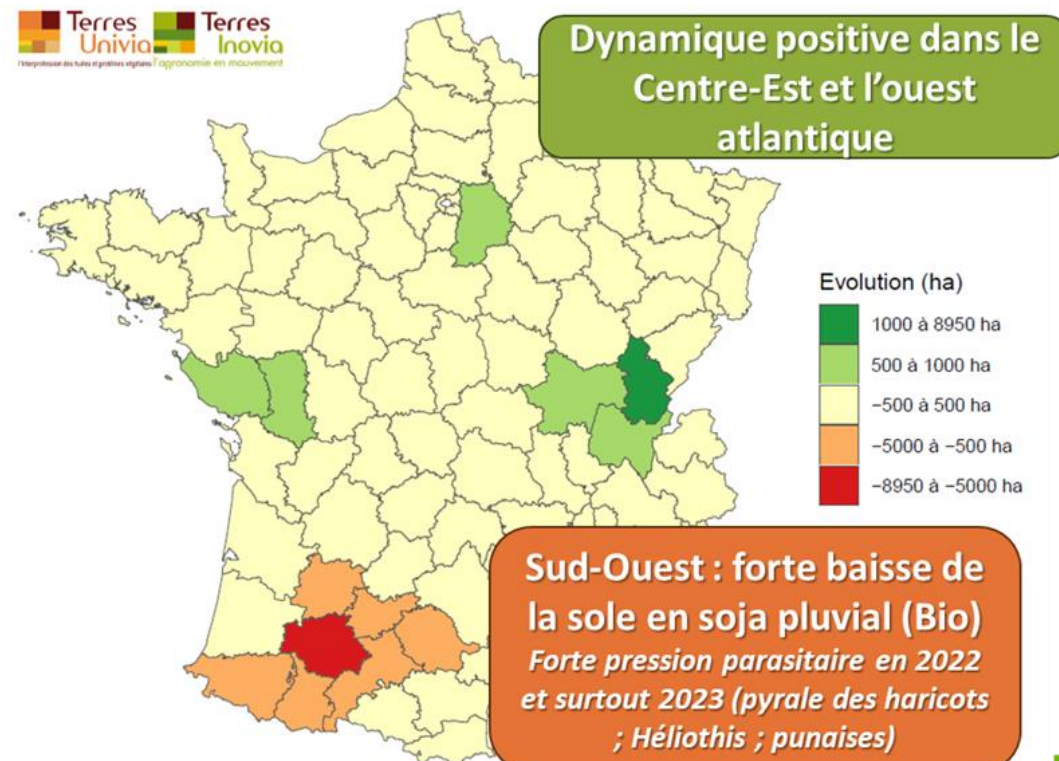


Surface (Total)
Soja – 2024



Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste*
(*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)

Evolutions des Surfaces (Total)
Soja – 2023/2024

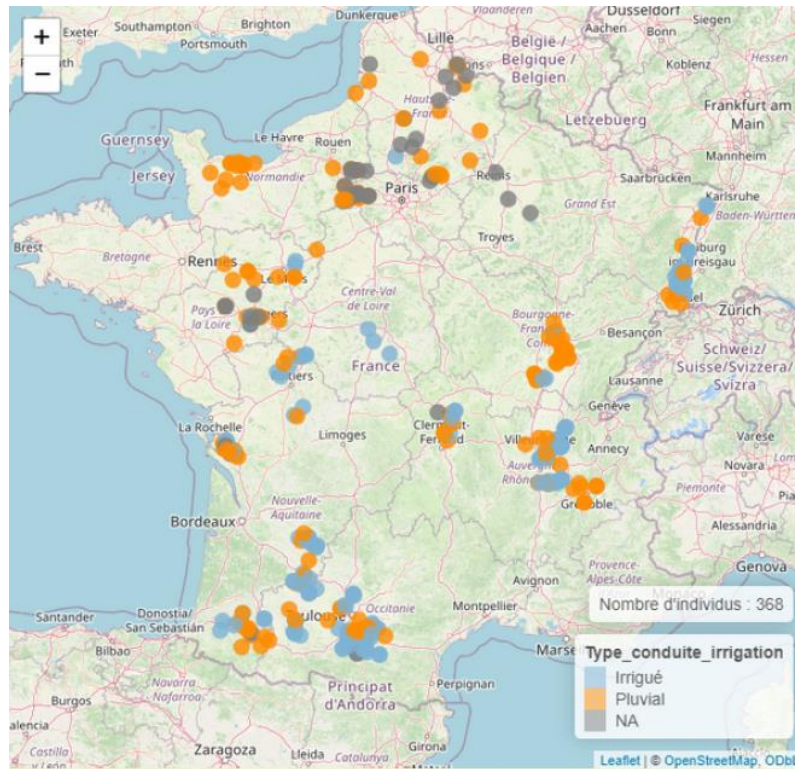


Terres Inovia et Terres Univia d'après les données d'Agreste*
(*Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation)

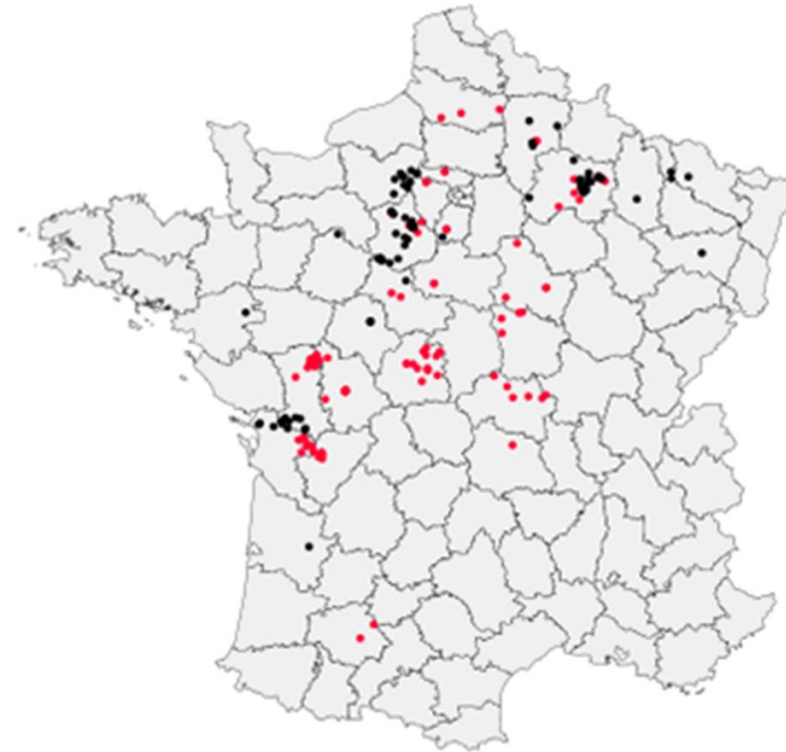
Observatoires du dispositif « Cap Protéines »



SOJA 368 parcelles suivies de 2021 à 2023



Carte des données 2021-2022-2023



Pois 233 parcelles

Type de pois

- Pois d'hiver
- Pois de printemps



- 3 visites (type printemps) à 4 visites (type hiver) aux stades-clés de la culture (levée, sortie hiver (type hiver), floraison, maturité)
- Informations recueillies : localisation, type de sol, itinéraire technique, notations bioagresseurs, mesures (nodosités, INN, rendement et composantes)



Indice de nutrition azotée (INN) : rappel du concept

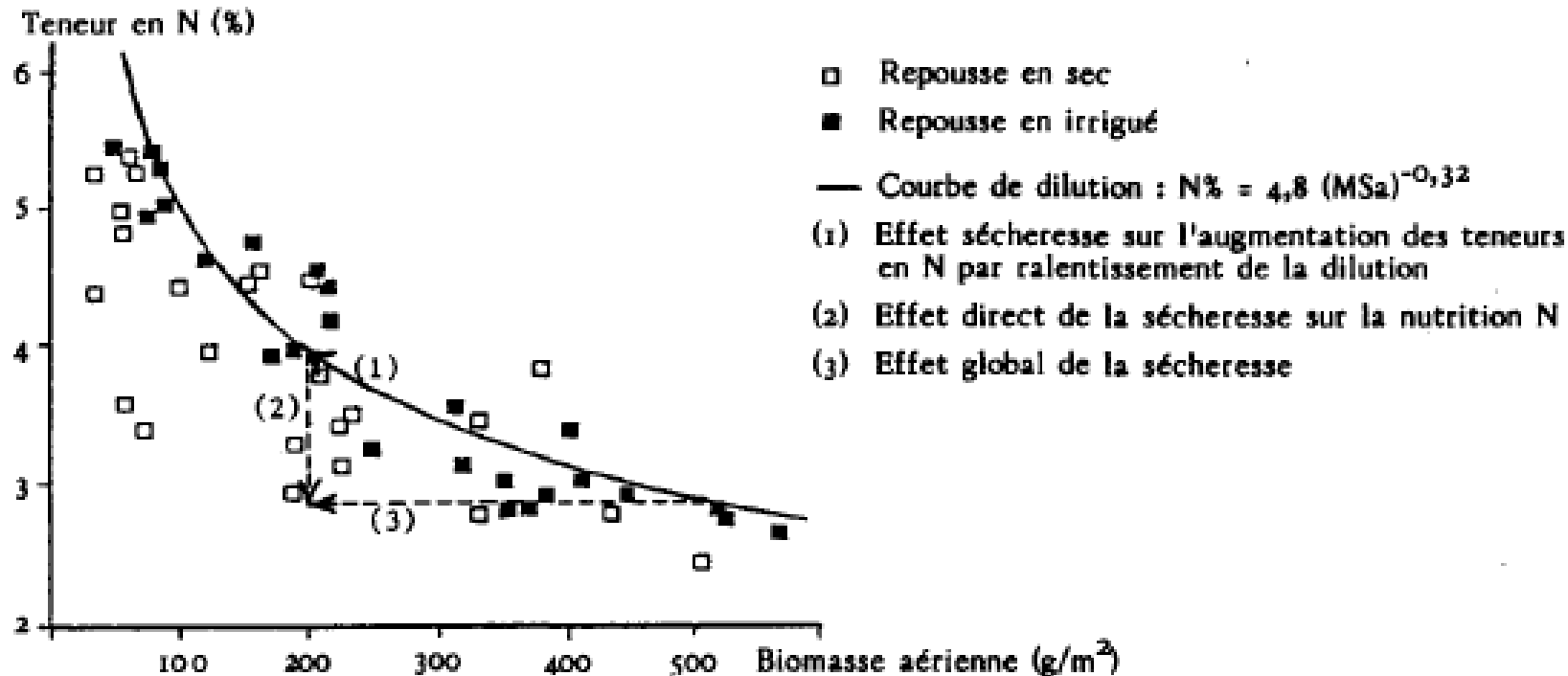


FIGURE 4 : Evolution de la teneur en azote de la luzerne (N%) en fonction de l'accumulation de biomasse aérienne (MSa) au cours d'une repousse en sec ou en irrigué.

INN = rapport entre la teneur en azote observée dans les parties aériennes (%Nobs) et la teneur critique en azote (%Nc)

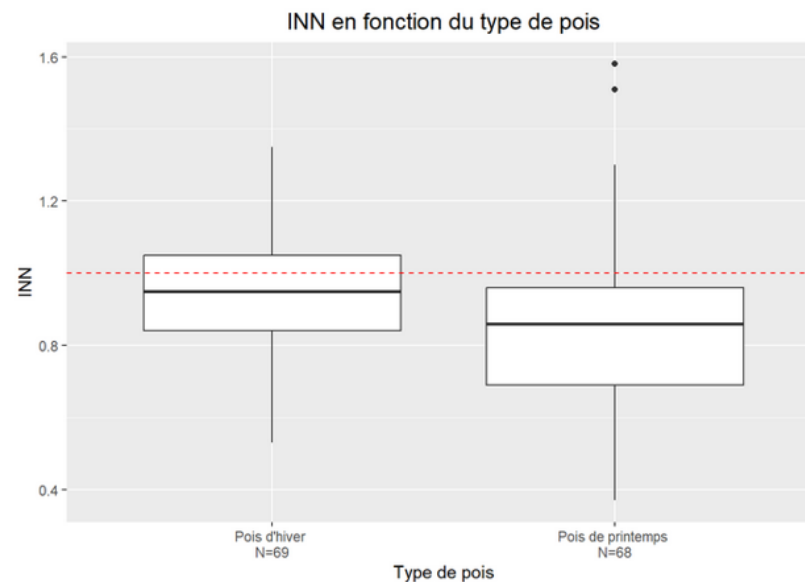
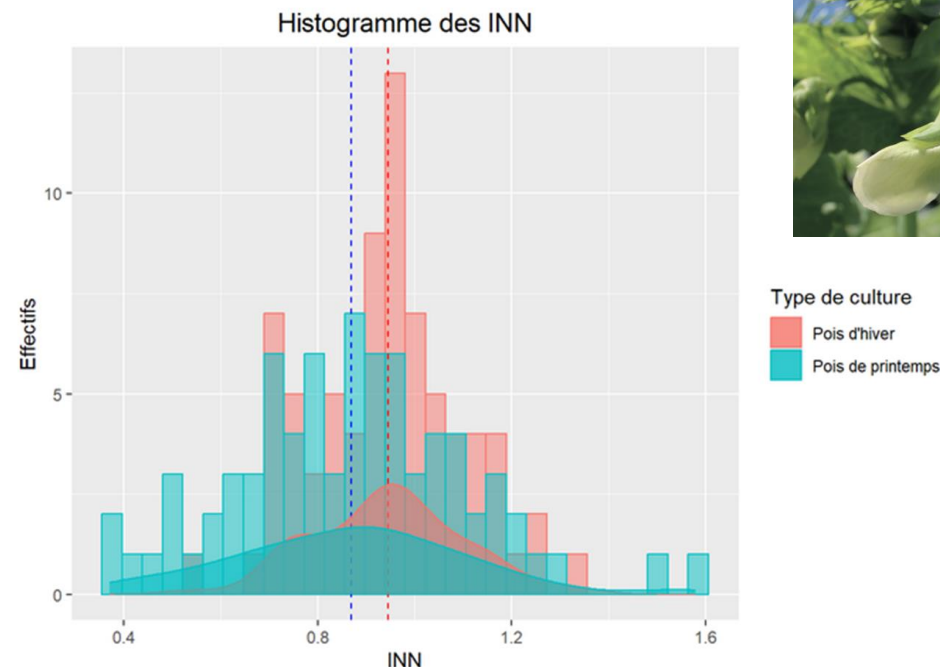
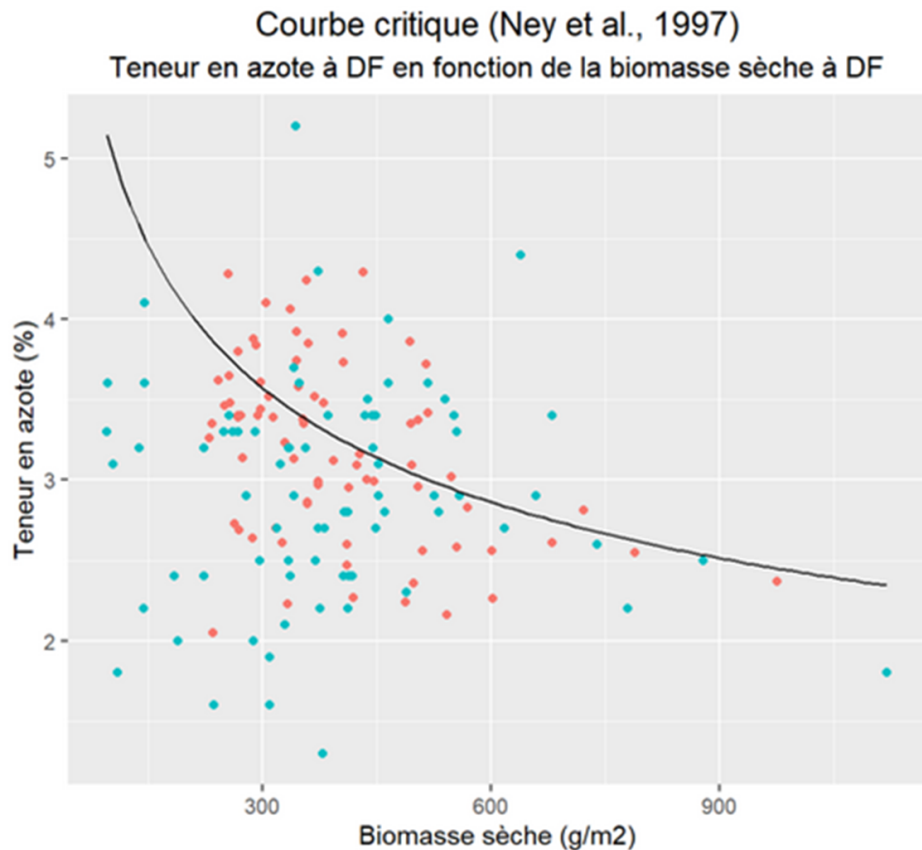
$$INN = \frac{\%N_{obs}}{\%N_c}$$

La **teneur critique** correspond à la dose minimale d'azote nécessaire pour un développement maximal de la culture. La courbe de dilution a été paramétrée pour le pois avec des pois mutants non fixateurs (Ney et al., 1997) :

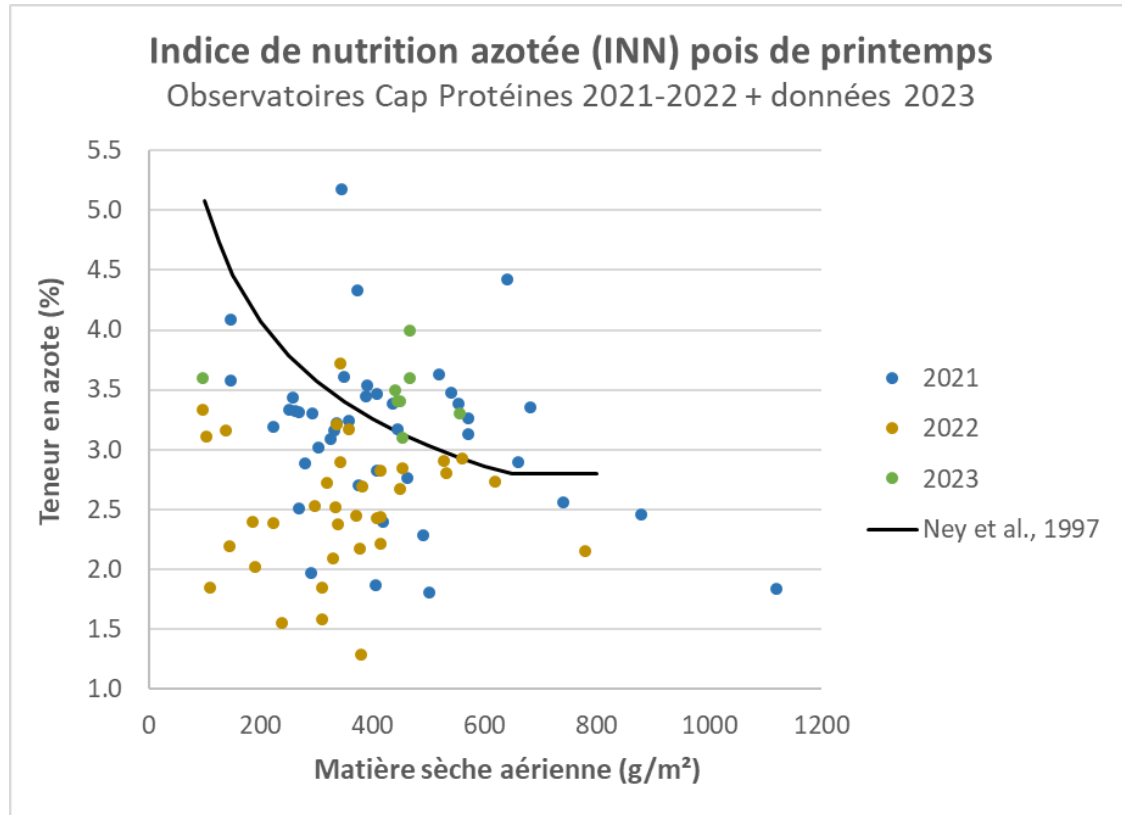
$$\%N_c = 5.06 (MS)^{-0.32}$$

INN mesuré à début floraison
INN < 1 : carence azotée

Une forte variabilité des INN plus marquée en pois de printemps

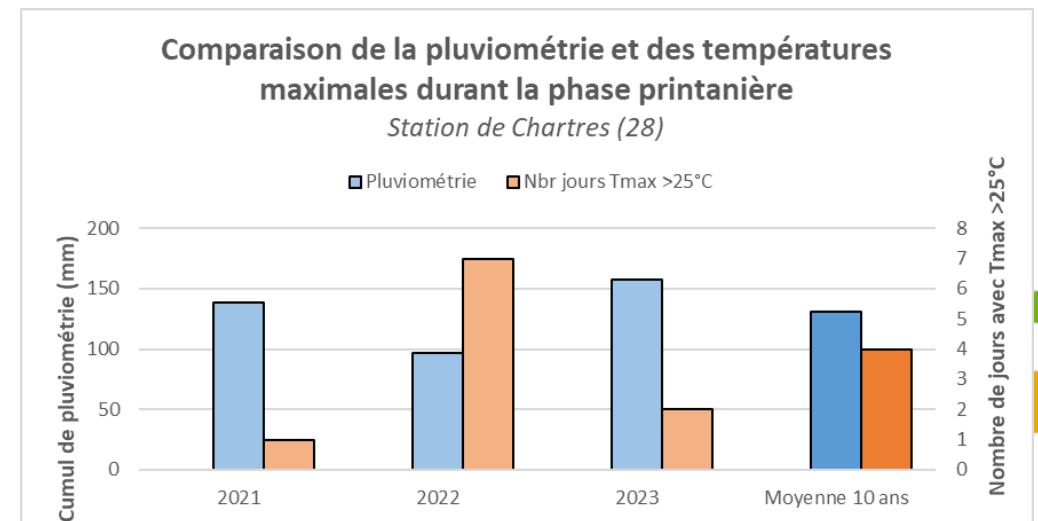
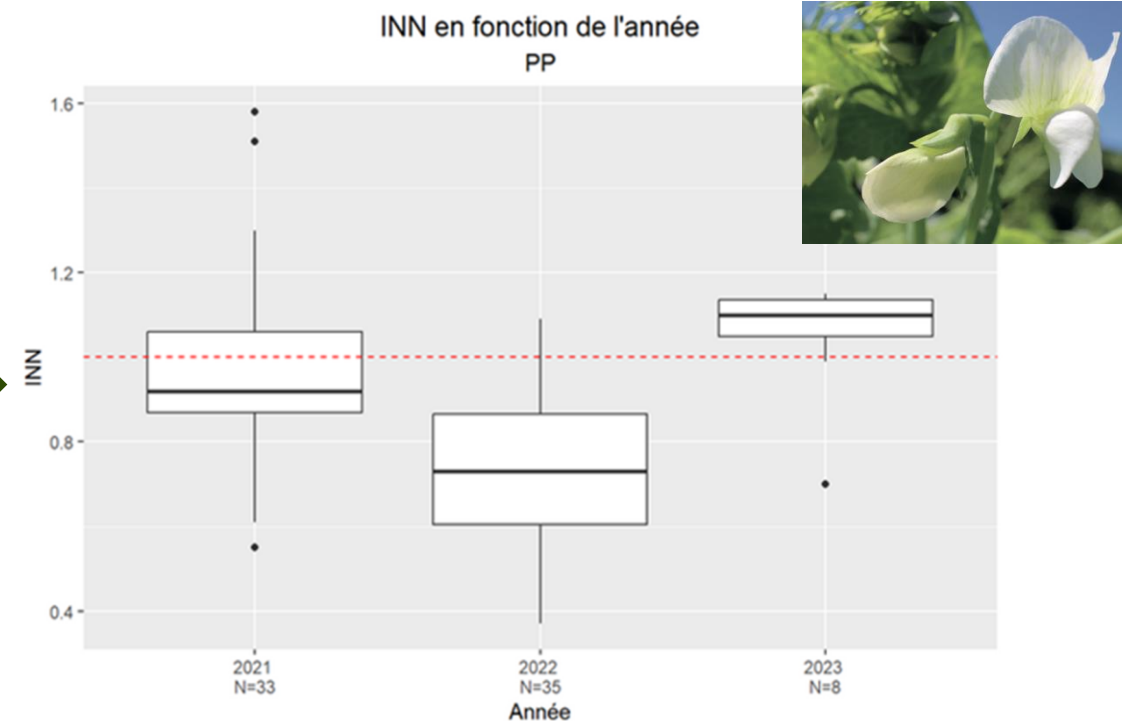


Une variabilité des INN expliquée par l'effet année

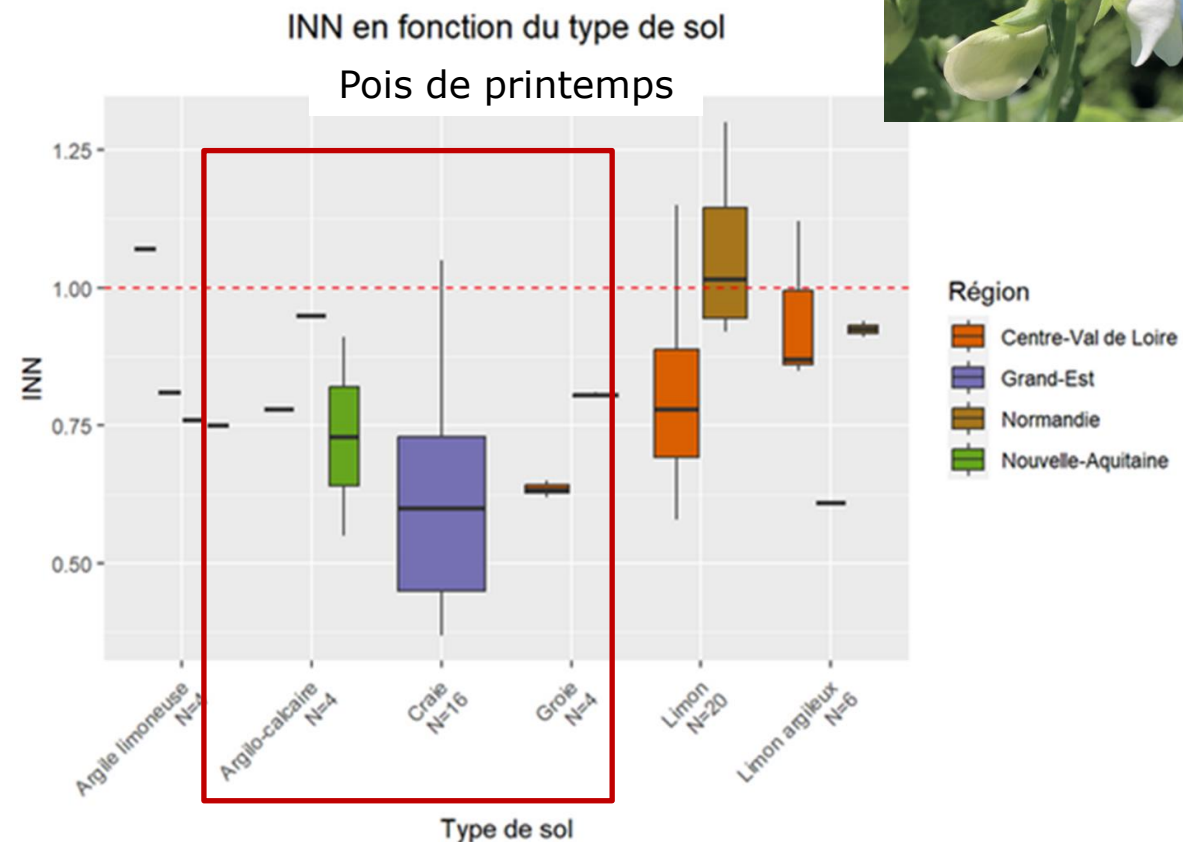
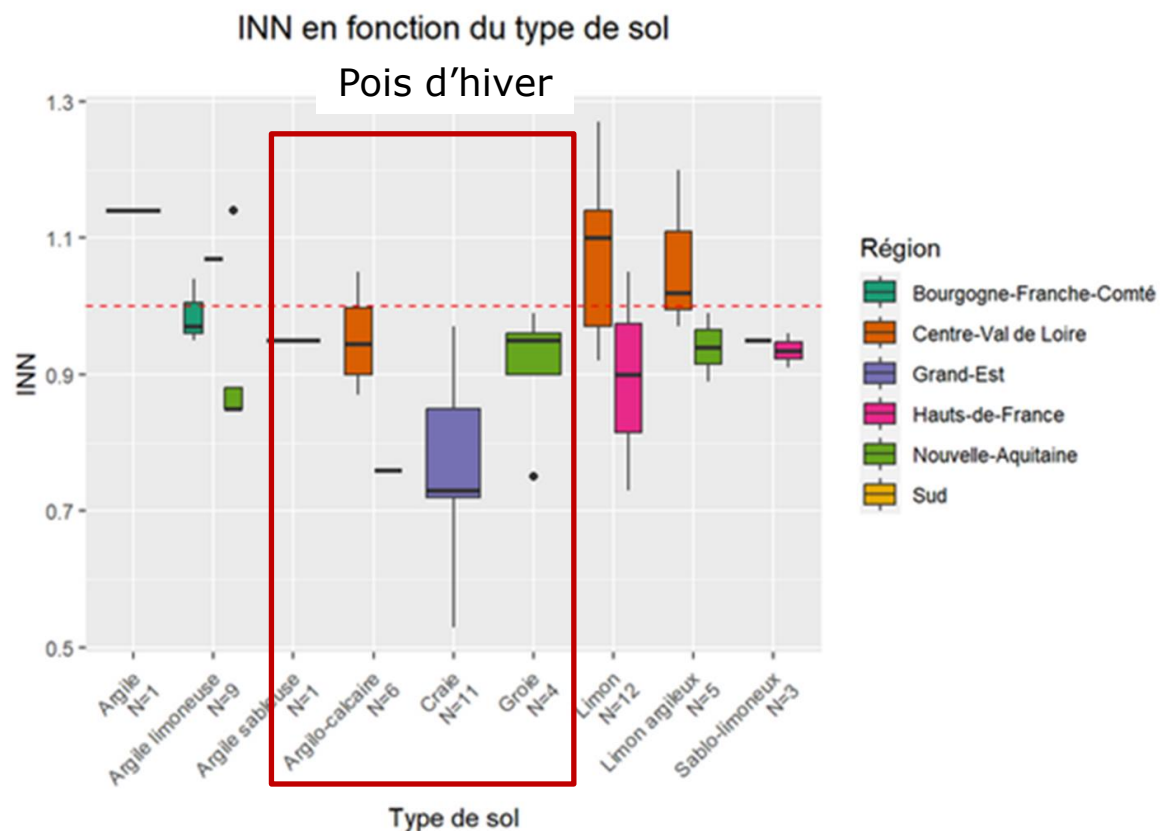


Les conditions climatiques (pluies, $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) expliquent en partie cette variabilité en pois de printemps

Cet effet est moins marqué en pois d'hiver car moins exposé à ces stress durant sa nodulation plus précoce

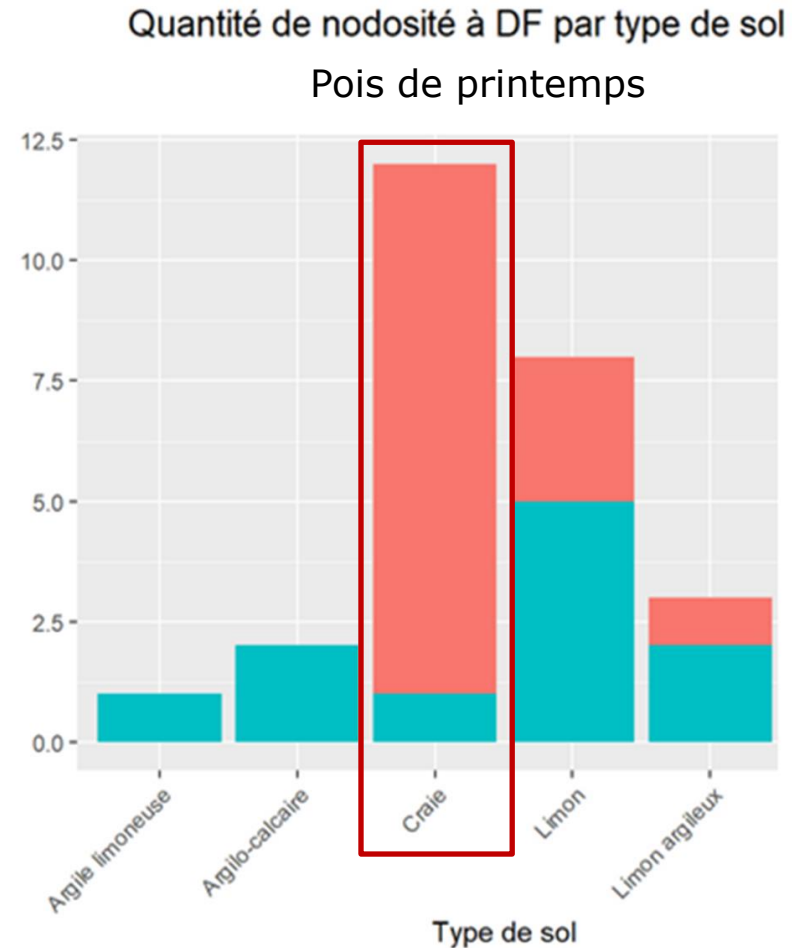
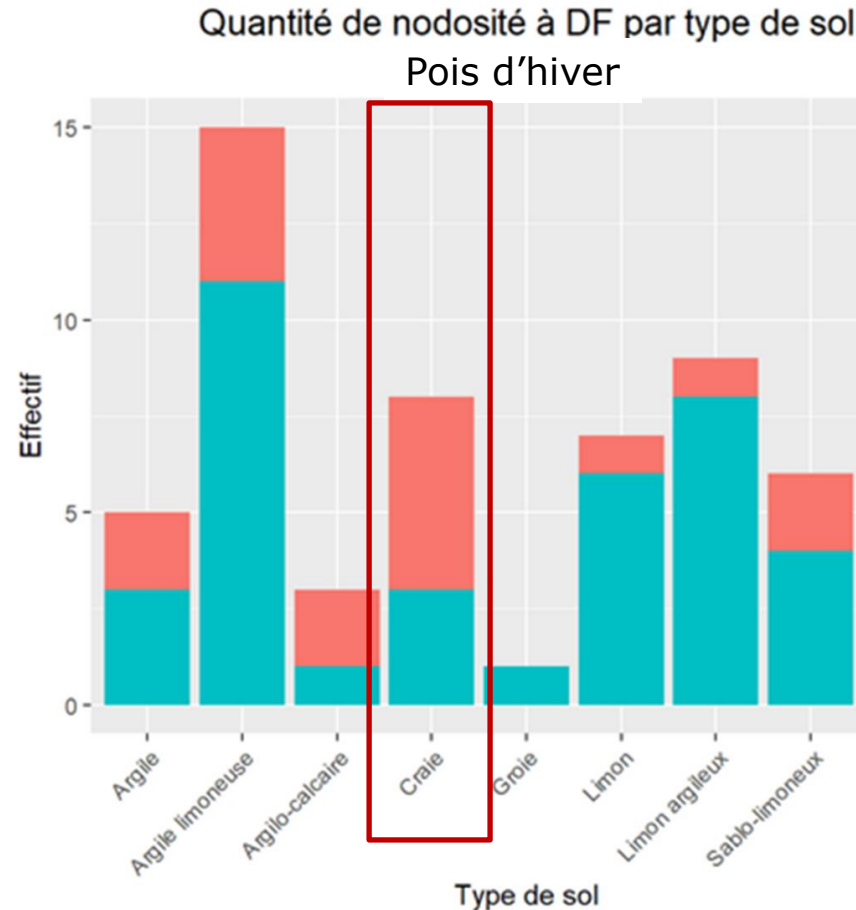


Variabilité des INN observée selon le type de sol et de la région



Un impact des sols calcaires à vérifier avec plus de données et de types de sols représentés

Un effet possible du type de sol sur la quantité de nodosités



Quantité de nodosités

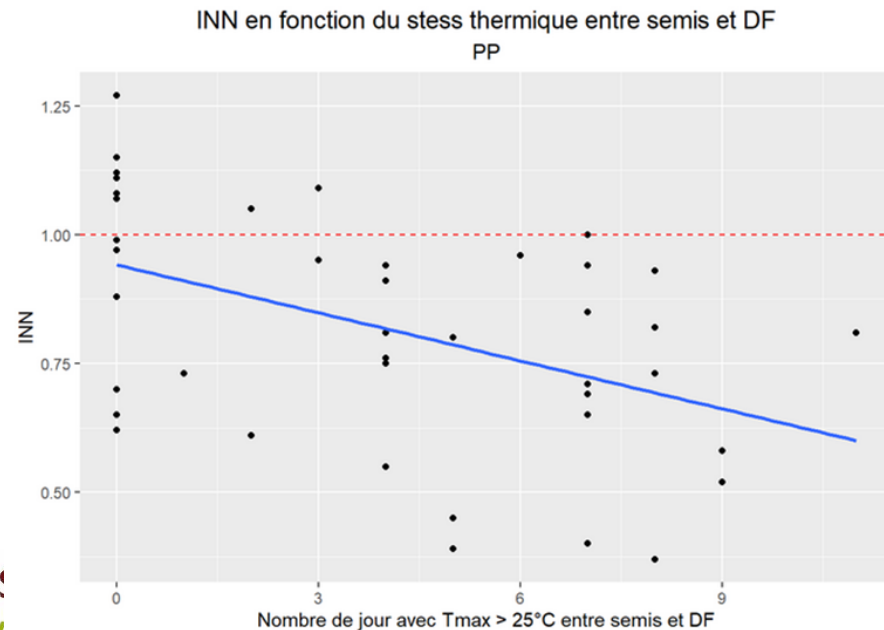
- Faibles
- Nombreuses

Chez le pois, il n'y a pas de mise en place de nouvelles nodosités après le début de la floraison

Variabilité des INN observés : un effet significatif du climat

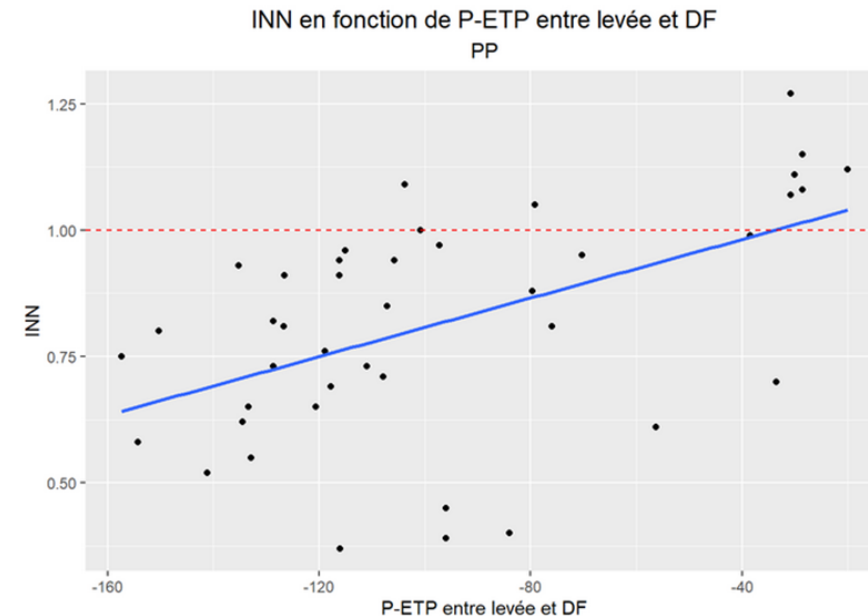
Effet du stress thermique

- Caractérisé par le nombre de jour avec une température maximale $>25^{\circ}\text{C}$
- Effet sur le pois de printemps uniquement
- Confirme les observations de Guilioni (1997)



Effet du stress hydrique

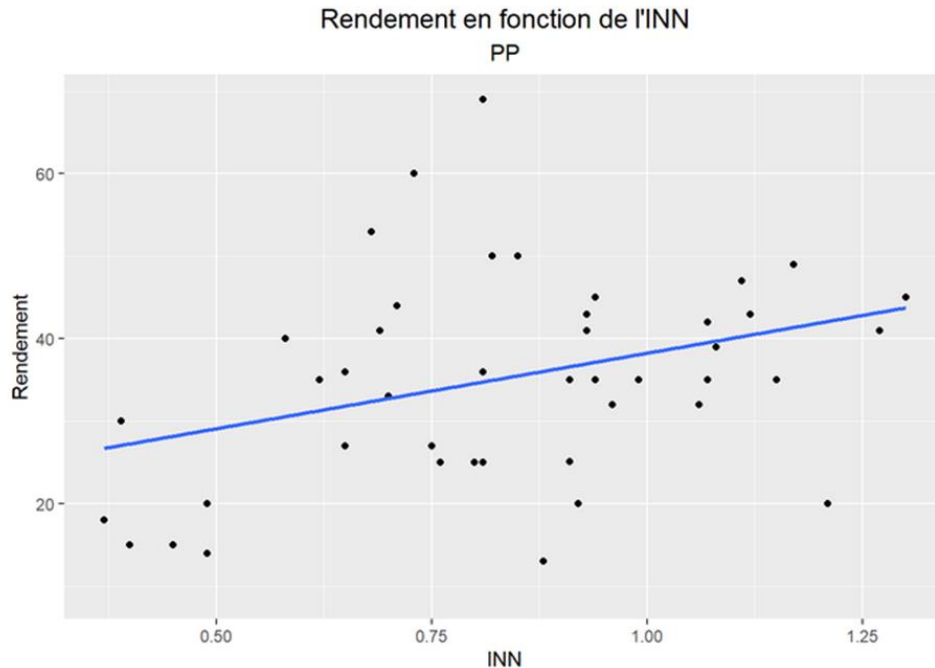
- Caractérisé par la somme des pluies et la pluie (P)-l'évapotranspiration (ETP) entre levée et début floraison
- Effet sur le pois de printemps uniquement
- Confirme les observations de Schneider et Huyghe (2015)



Une relation de l'INN avec le rendement et les composantes de rendement chez le pois

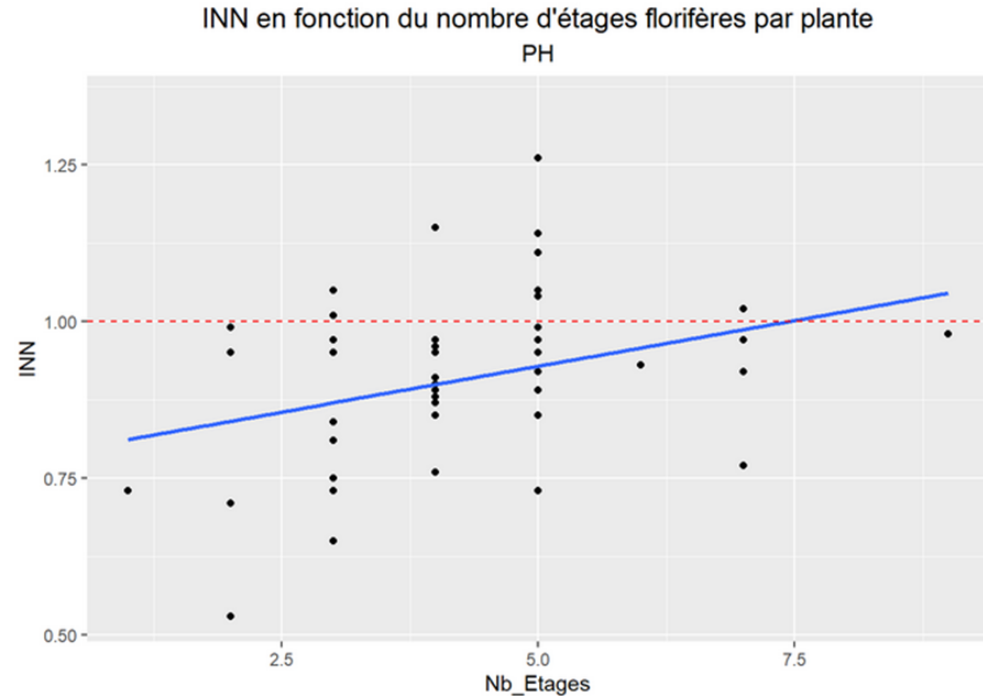
Lien rendement - INN

Significatif et positif seulement chez le pois de printemps



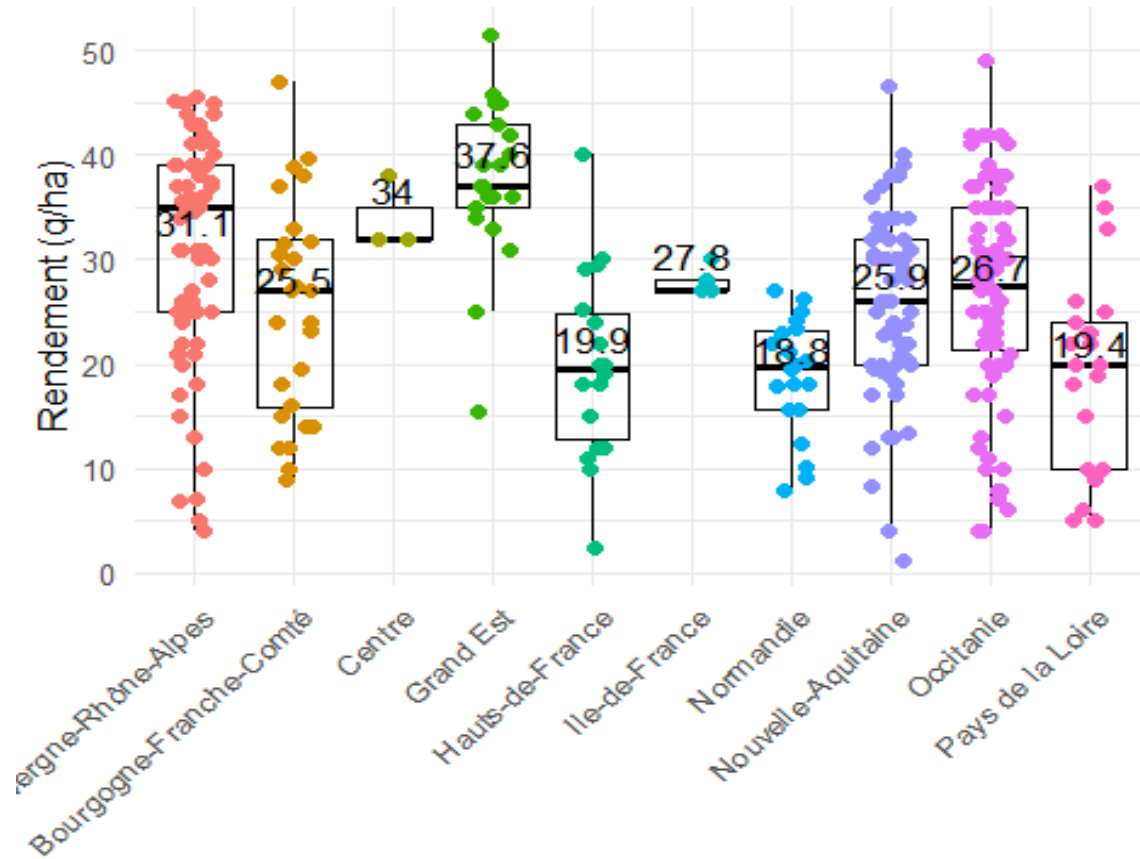
Lien INN - composantes du rendement

significatif et positif en pois d'hiver et de printemps avec le nombre d'étages florifères (cohérent avec la biblio : Jeuffroy et Sebillotte, 1997)

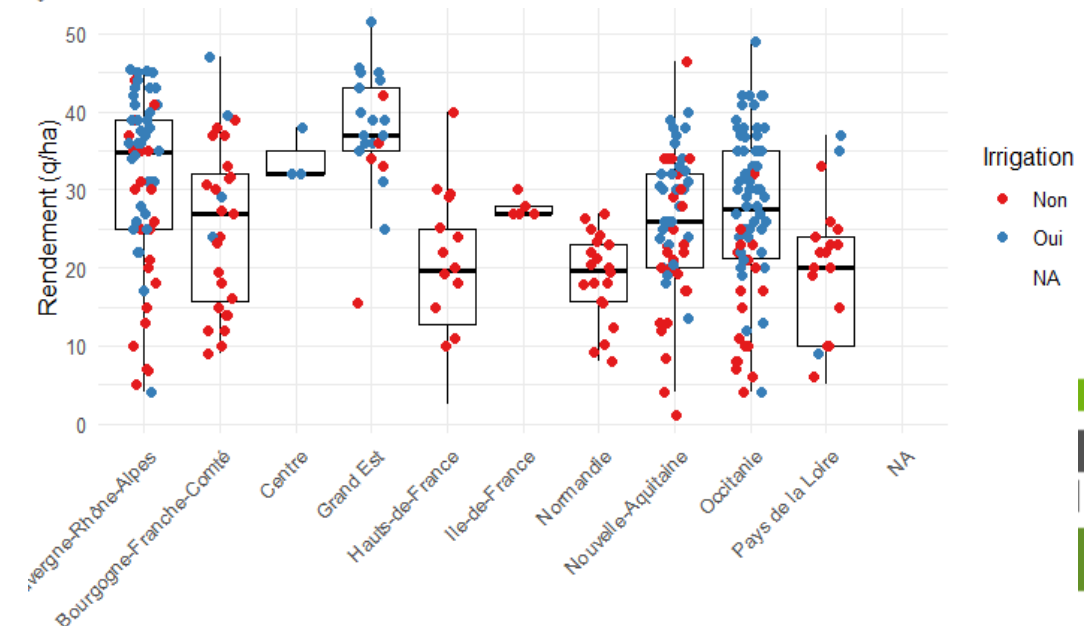
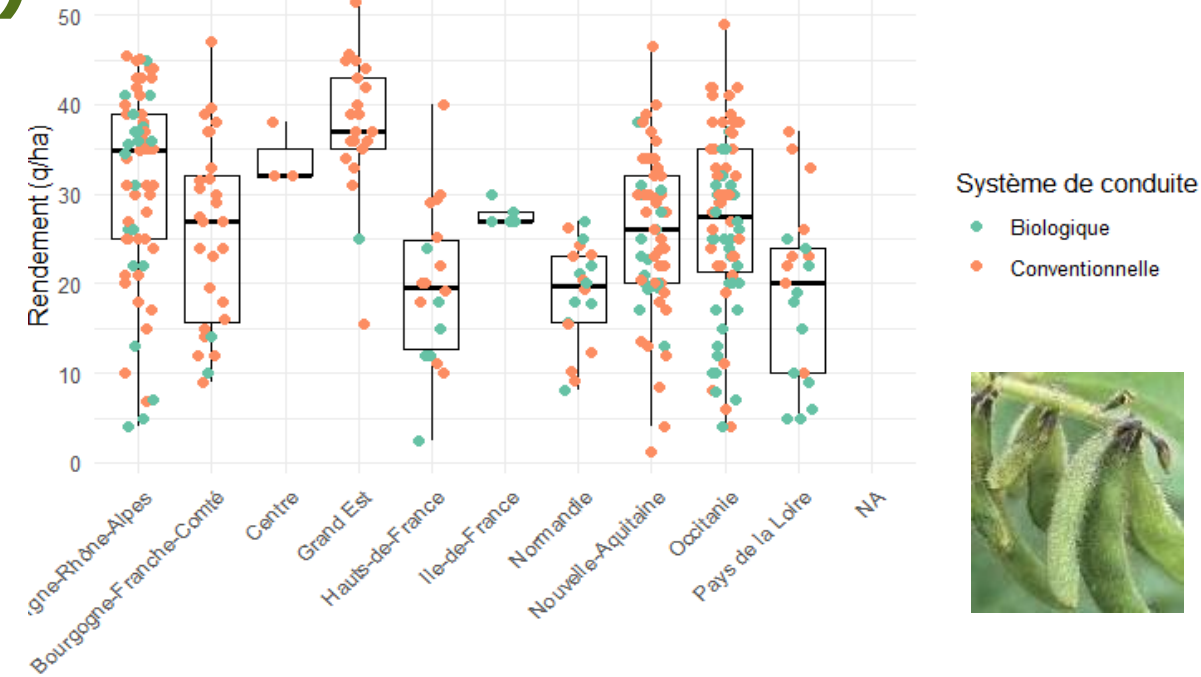


INN = 1 est une condition nécessaire à l'expression d'un bon potentiel pour les composantes de rendement mais non suffisante en cas de stress post-floraison

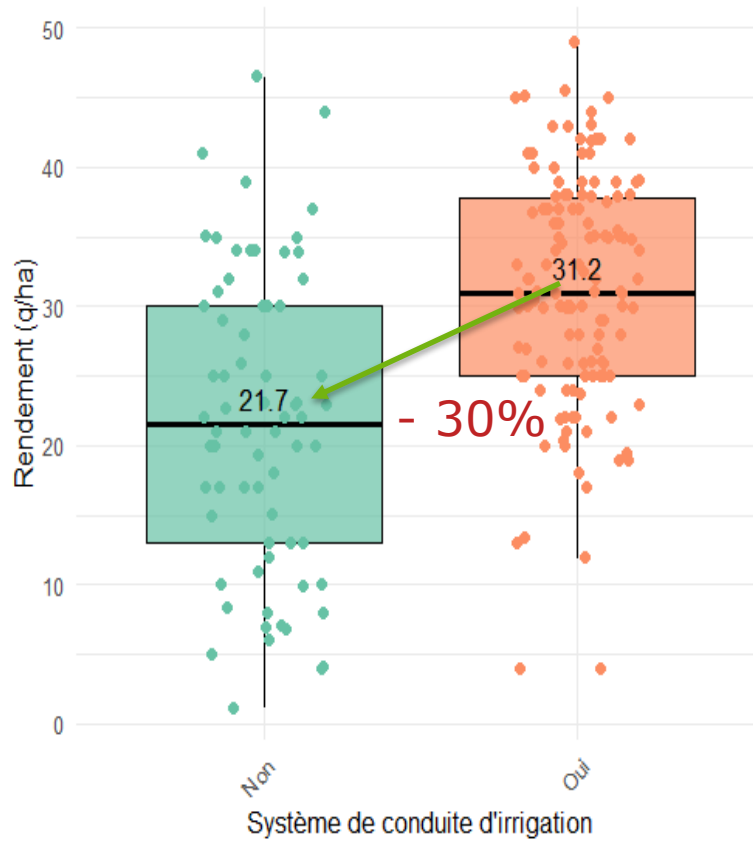
Rendements soja (2021-2023)



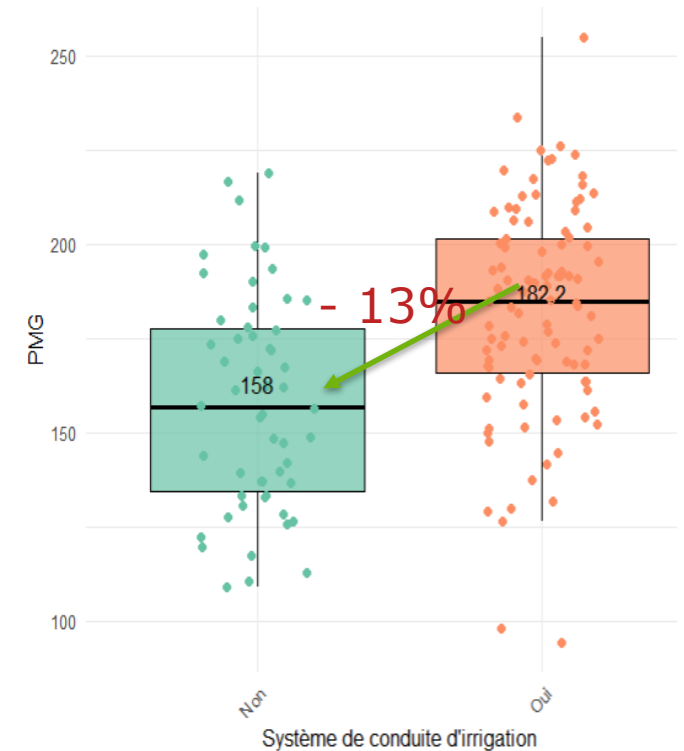
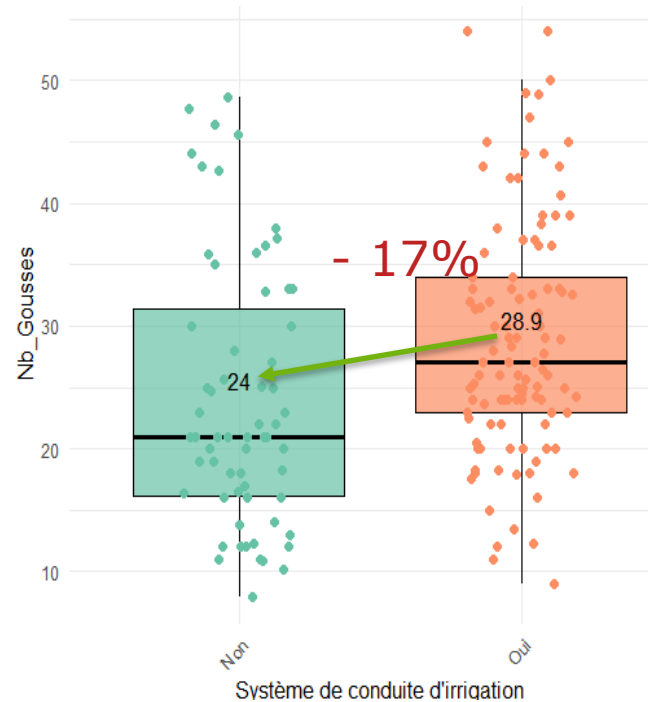
- Des rendements supérieurs dans les bassins historiques de production
- Grande hétérogénéité



Rendement et irrigation



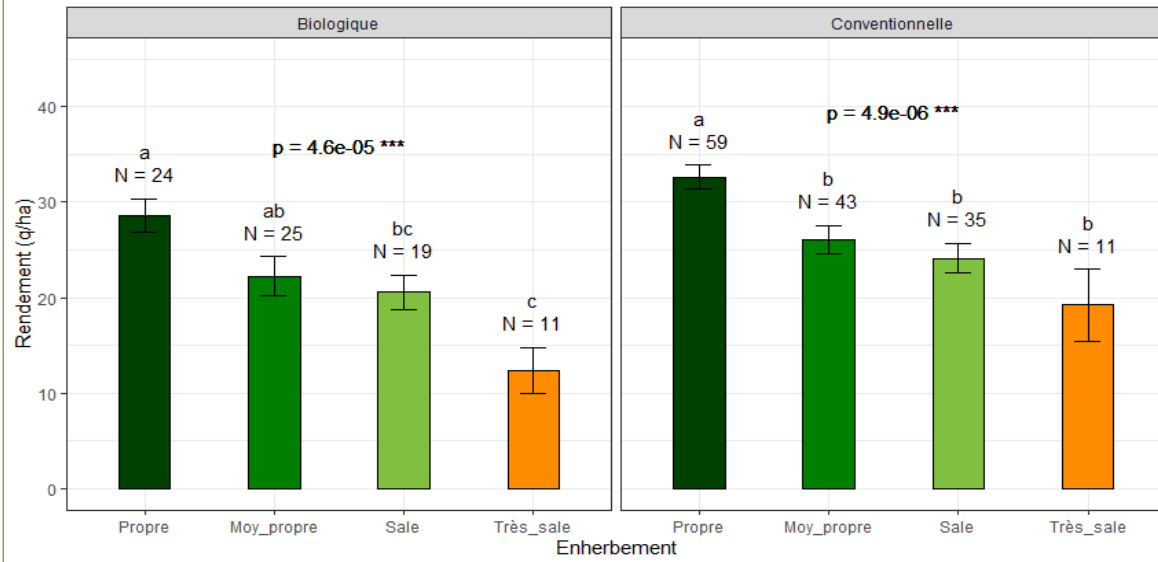
- Ecart moyen de 9.5 q/ha entre les 2 conduites, expliqué par :
 - en moyenne 5 gousses/plante en moins
 - un PMG réduit de 13%



Uniquement sur les 3 régions ayant recours à l'irrigation et en pluvial : AURA, Occitanie et NA

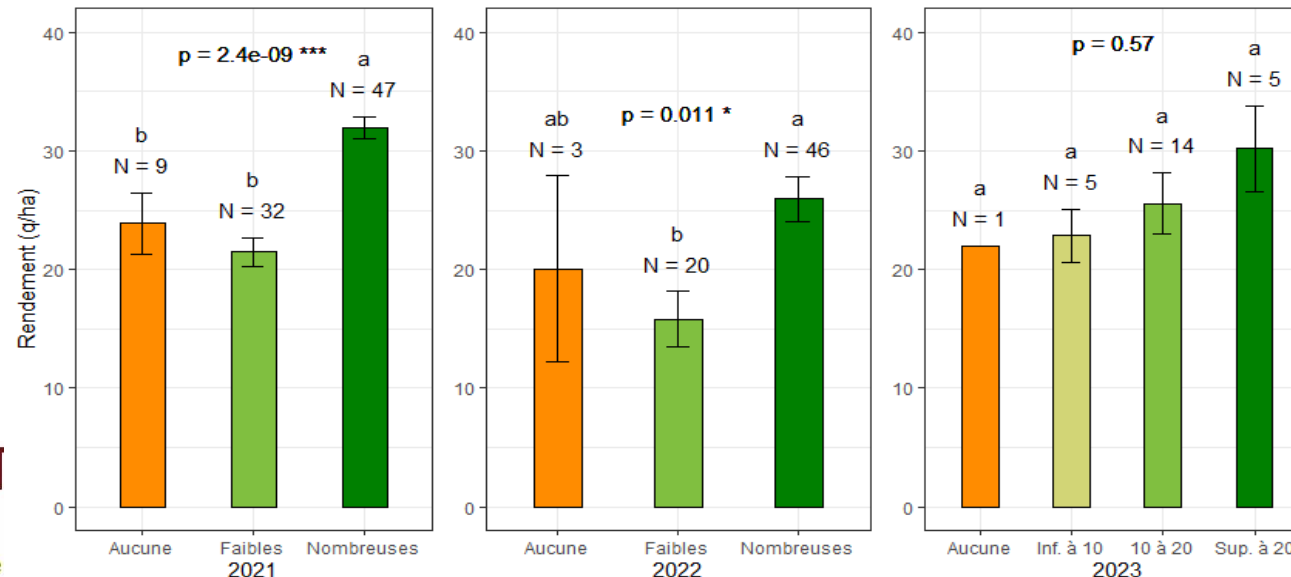
Enherbement et nodulation à floraison: 2 facteurs limitants classiques du rendement du soja

Impact de l'enherbement en différentes conditions sur le rendement à VFLO, au stade R1



- Fort effet de l'enherbement plus marqué à floraison qu'aux autres stades
- Différence entre les parcelles propres et très sales significative :
 - 57 % d'écart du rendement en bio soit 16 q/ha
 - 41 % d'écart en conventionnel soit 13 q/ha

Impact de la nodulation sur le rendement

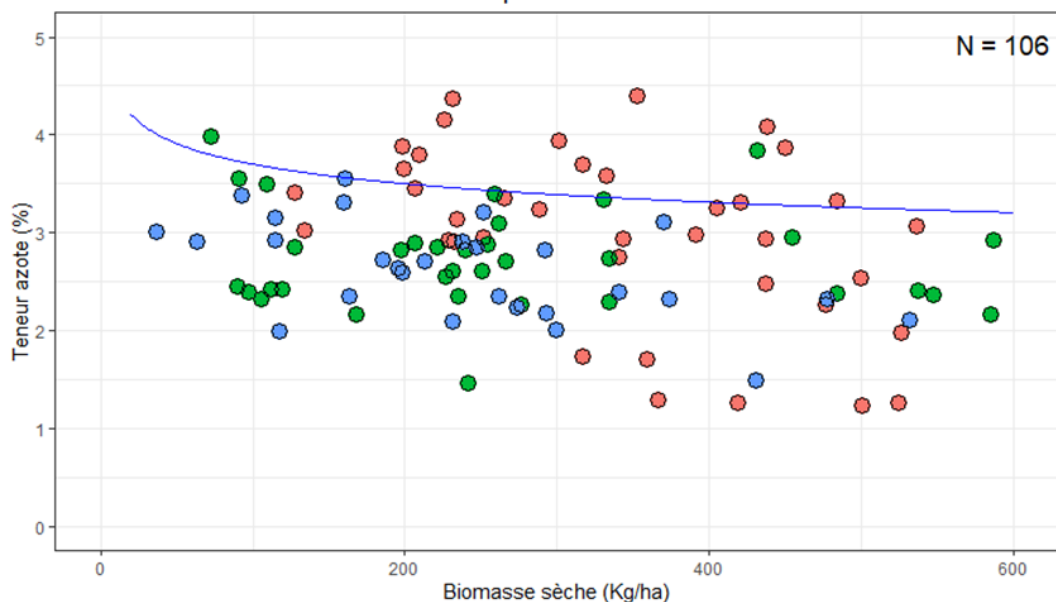


Effet de la qualité de la nodulation à floraison sur le rendement

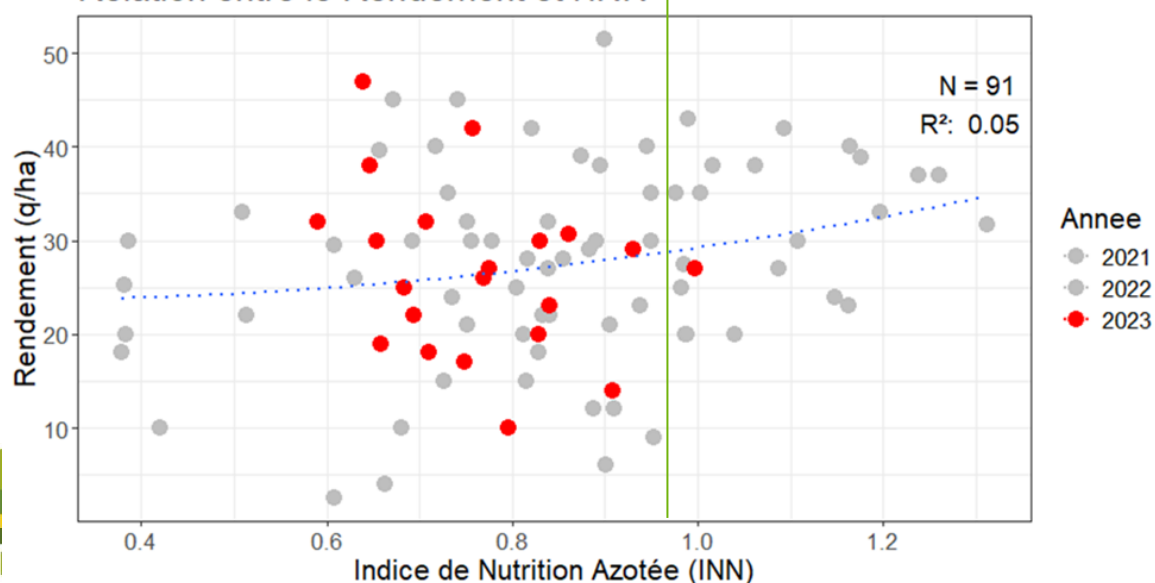
Différence entre Nombreuses et Faibles/aucune : 23 à 39 % d'écart de rendement

INN pour le soja (2021-2023)

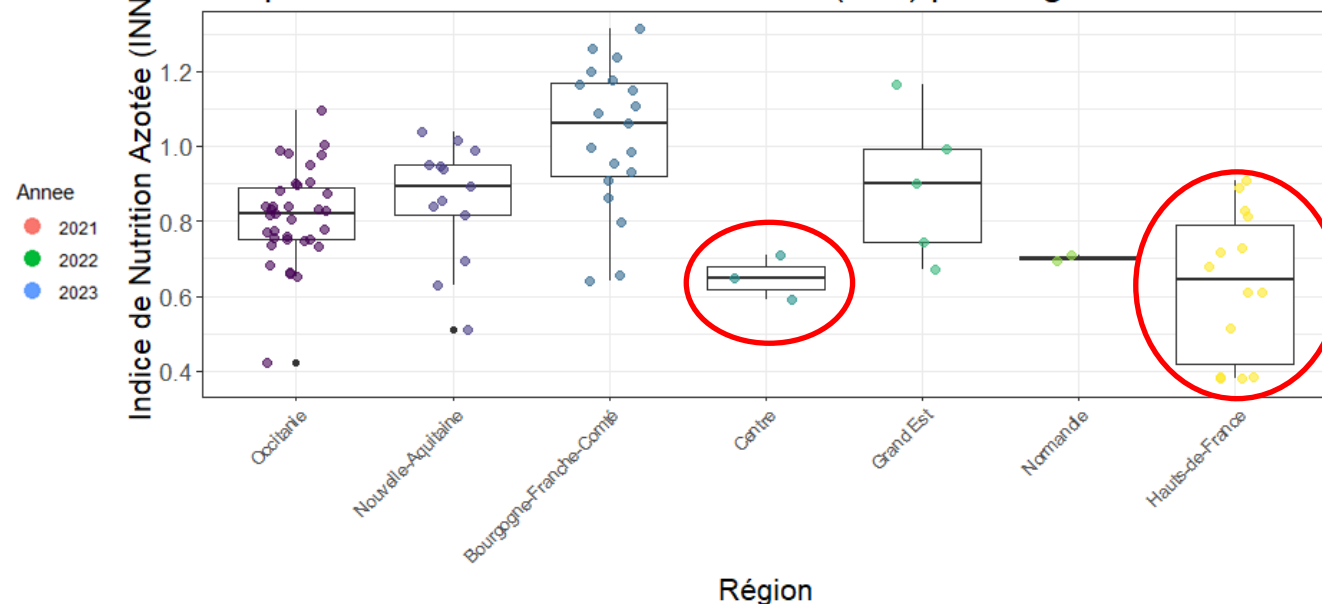
Indice de nutrition azotée et valeurs des parcelles



Relation entre le Rendement et l'INN



Boxplot de l'Indice de Nutrition Azotée (INN) par Région

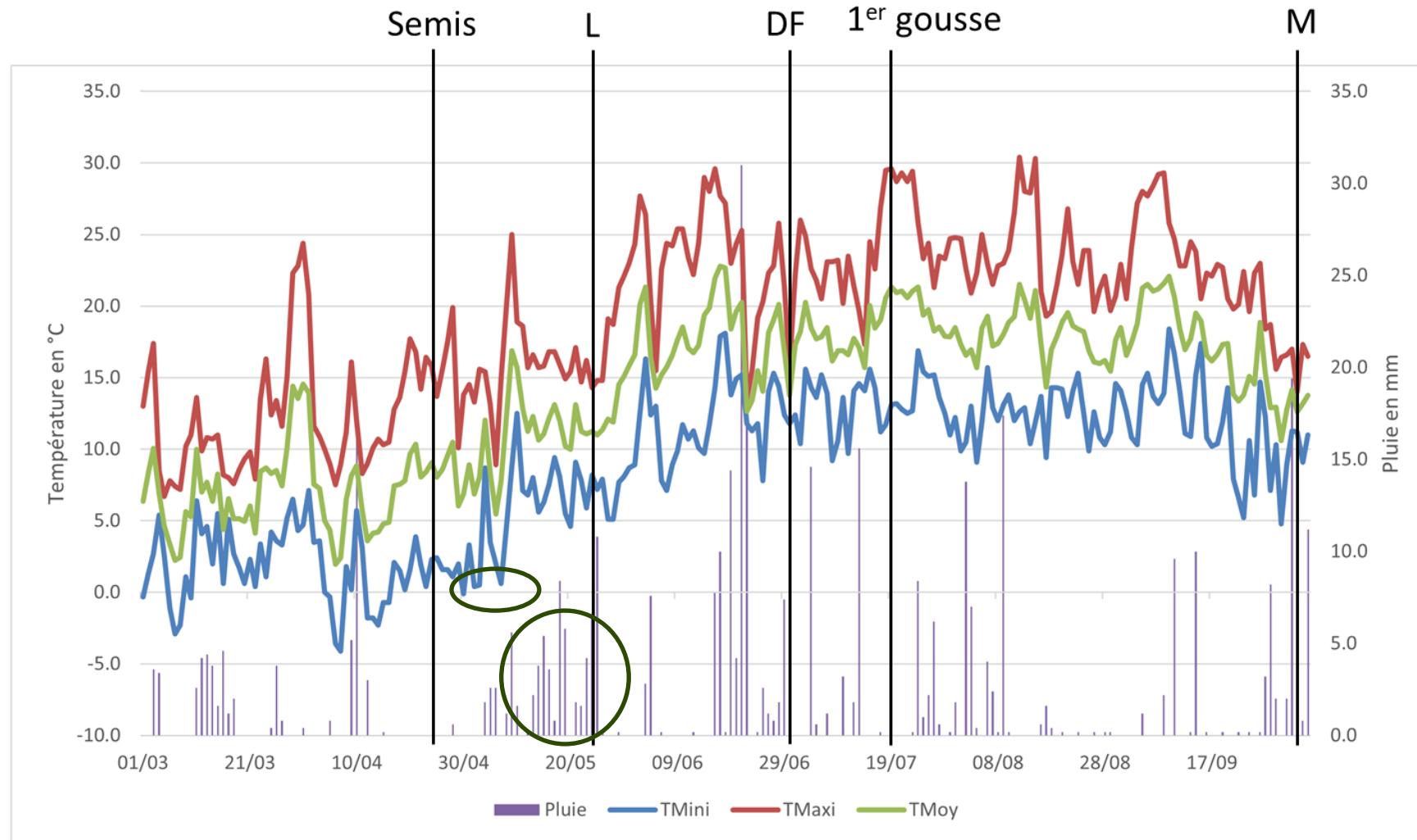


- Des INN plus faibles les années sèches (2022 et 2023)
- Hauts de France et Centre : INN plus faibles (défaut d'inoculation, sol calcaire, conditions climatiques ?)
- Très faible relation entre INN et rendement (plusieurs facteurs concomitants)
- $INN > 0,95 \Rightarrow$ rendements > 20 q/ha



Une levée parfois compliquée en soja dans le nord de la France

exemple Estrées-Mons en 2021 : températures basses et pluviométrie importante après semis



Projet
Plant2Pro
ECODIV

Conclusion

- De nombreuses parcelles de pois de printemps et de soja présentent des INN faibles au début de la floraison, ce qui témoigne d'un défaut de nutrition azotée => important d'identifier les facteurs limitants expliquant cette variabilité
- Il existe **un effet année**, lié aux conditions de début de cycle (températures et pluviométrie) :
 - En pois de printemps comme en soja, un effet négatif des conditions chaudes et sèches du début de printemps de l'année 2022 sur l'INN a été trouvé. En soja, les INN sont faibles également en 2023
 - Le pois d'hiver est moins exposé à ces stress durant la nodulation (phase hivernale plus arrosée)
- Il existe un **effet régional marqué (type de sol ?)** :
 - En pois d'hiver comme de printemps, les INN les plus faibles sont observés en région Centre et Grand-Est, respectivement dans des sols argilo-calcaires ou en craie
 - En soja, on constate des INN plus faibles dans les régions Hauts de France et Centre (plusieurs hypothèses restent à tester : reliquats N élevés, défaut d'inoculation, sol calcaire, températures fraîches, excès d'eau?)
- **Un INN proche de 1** à début floraison est nécessaire pour avoir un rendement satisfaisant, sinon le potentiel de rendement sera entamé. Cela souligne l'importance des phases précoces du développement (implantation, mise en place du couvert)