



# Effet de l'hydromorphie sur l'efficience de l'azote

Travaux récents sur ble tendre en Pays de la Loire

[pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr](http://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr)



CHAMBRE  
D'AGRICULTURE  
PAYS DE LA LOIRE

# HYDROMORPHIE

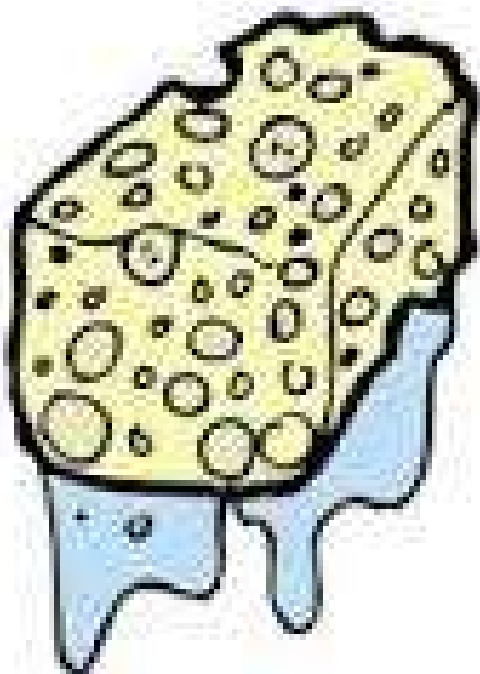
---

- Campagne 2024 :
  - Pluviométrie (bilan météoFrance, rapport aux normales 30 ans) :  
Automne + **30%**, Hiver + **10%**, Printemps + **45%**...
  - Surface en blé tendre \* : - **14,3 %**
  - Rendement \* : - **9,1 q, - 12,8%**
  - Production \* : - **24,8%**
  - Alors oui il n'y a pas que l'azote ! **Mais...**

\* par rapport aux 10 dernières campagnes (Agreste 28 août 2024)

# HYDROMORPHIE

Sol humide # hydromorphie



2



## Impact de l'hydromorphie sur la gestion de la fertilisation azotée du blé tendre

A.M. BODILIS, C. GUICHERD  
Arvalis-Institut du Végétal

D. LEDUC

Chambre Agriculture Pays de la Loire

# HYDROMORPHIE

- Le projet PROtéine du BIE était un projet de 3 ans avec trois objectifs :
  - Compléter les références techniques
  - Investiguer de nouveaux champs de connaissance
  - Harmoniser les messages techniques des opérateurs en matière de pilotage de la fertilisation azotée

Lien vers les productions du projet

Fiche réalisée dans le cadre du projet PROBE (Protéine Blé) avec la participation de



avec la participation financière de



# HYDROMORPHIE

## ■ Trois axes de travail :

- Recherche appliquée

Synthèse historique + 15 essais sur 2 ans

- Analyse multi-données

acquisition de références par enquête terrain multi-critère

- Diffusion et transfert

production de fiches et de vidéos

Fiche réalisée dans le cadre du projet PROBE (Protéine Blé) avec la participation de



avec la participation financière de



# HYDROMORPHIE

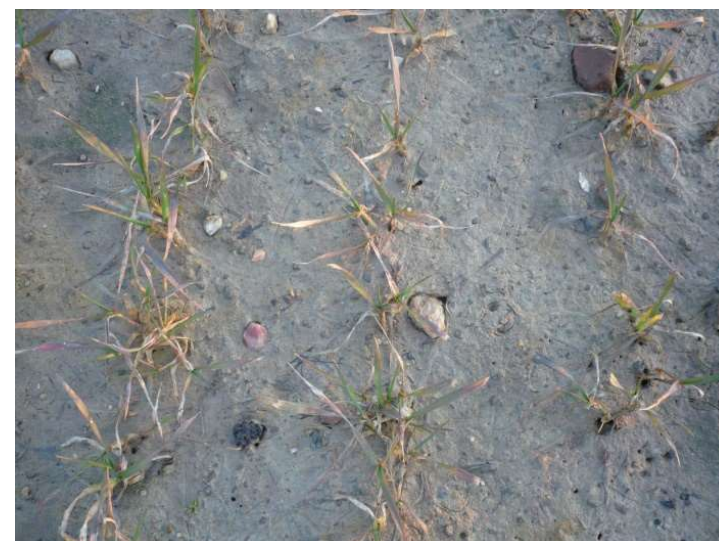
---



Photo au 8 novembre 2009 - Ste Pazanne  
(44)  
P Lemaire CAPDL



Photo au 15 février 2010 - Ste Pazanne  
(44)  
P Lemaire CAPDL



# HYDROMORPHIE

---

- Analyse d'essais courbe de réponse conduits entre 1997 et 2017 en région Pays de la Loire
  - 86 essais soit 889 données expérimentales
  - Sensibilité à l'hydromorphie qualifiée par la texture et l'appréciation de l'expérimentateur
  - Traitement des données pluviométriques
    - Excès d'eau début d'hiver si pluie > 400 mm du 1/10 au 31/01
    - Excès d'eau sortie hiver si pluie > 130 mm du 1/02 au 31/03





# Caractérisation de la base de données

PROBE AXE 1 : consolider les références régionales

**■ Analyse à posteriori de données expérimentales régionales, base de données de 86 essais CRN caractérisés, soient 889 modalités**

1997	3
1999	9
2000	4
2001	5
2002	6
2003	2
2004	2
2005	1
2006	1
2008	2
2009	2
2010	1
2011	6
2013	3
2014	8
2015	13
2016	8
2017	10
<b>Total général</b>	<b>86</b>

	TOTAL ESSAIS	TOTAL MODALITES
AMC	2	27
ARVALIS	24	207
CA44	8	107
CA49	4	25
CA53	32	376
CA72	3	15
CALIANCE	1	10
CAM	3	40
HAUTBOIS	3	45
TERRENA	6	37
<b>Total général</b>	<b>86</b>	<b>889</b>



## Type de sol

	Nombre de modalités
argilo-calcaire superficiel	14
limon moyen profond sableux sur grès	10
limon moyennement profond sur alterite de schiste	540
limon profond sain battant	98
Limon sableux	65
limon sableux peu profond	20
Limons argileux profonds	120
Sable	12
Sablo-argileux	10
Total général	889



## Type de sol : sensibilité intrinsèque à l'hydromorphie

Caractérisation établie à partir de l'analyse de la texture et des appréciations de l'expérimentateur

sensibilité à l'hydromorphie	nulle	faible	moyenne	élevée	Total
nombre d'essais	26	2	27	31	86
nombre de modalités	290	25	278	296	889



## Conditions hydriques

<b>excès d'eau hivernal ?</b> (> 400 mm 1/09-31/01)	<b>non</b>	<b>oui</b>	<b>Total</b>
nombre d'essais	55	31	86
nombre de modalités	652	237	889

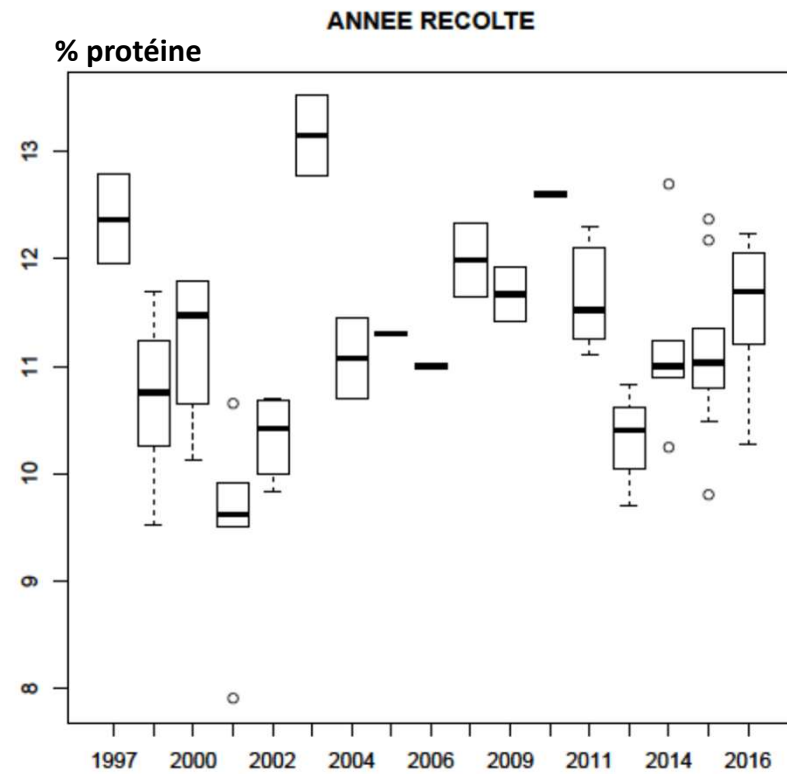
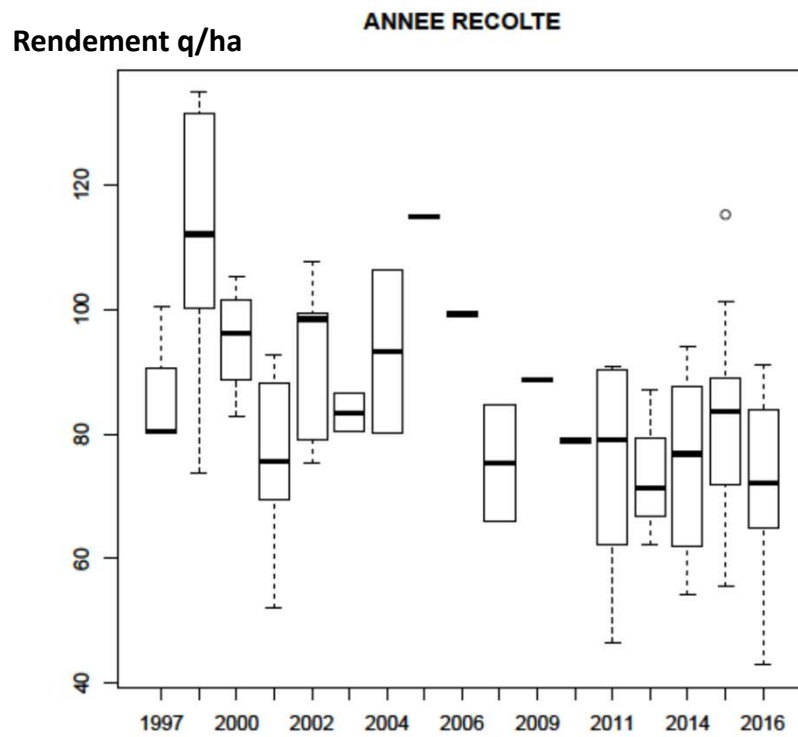
<b>excès d'eau sortie hiver ?</b>	<b>non</b>	<b>oui</b>	<b>Total</b>
nombre d'essais	61	25	86
nombre de modalités	635	254	889

Caractérisation établie à partir de l'analyse de la texture et des appréciations de l'expérimentateur

<b>valorisation apport DFE</b>	<b>Nombre de modalités</b>
OK	525
SEC	115
sans objet	249
<b>Total</b>	<b>889</b>

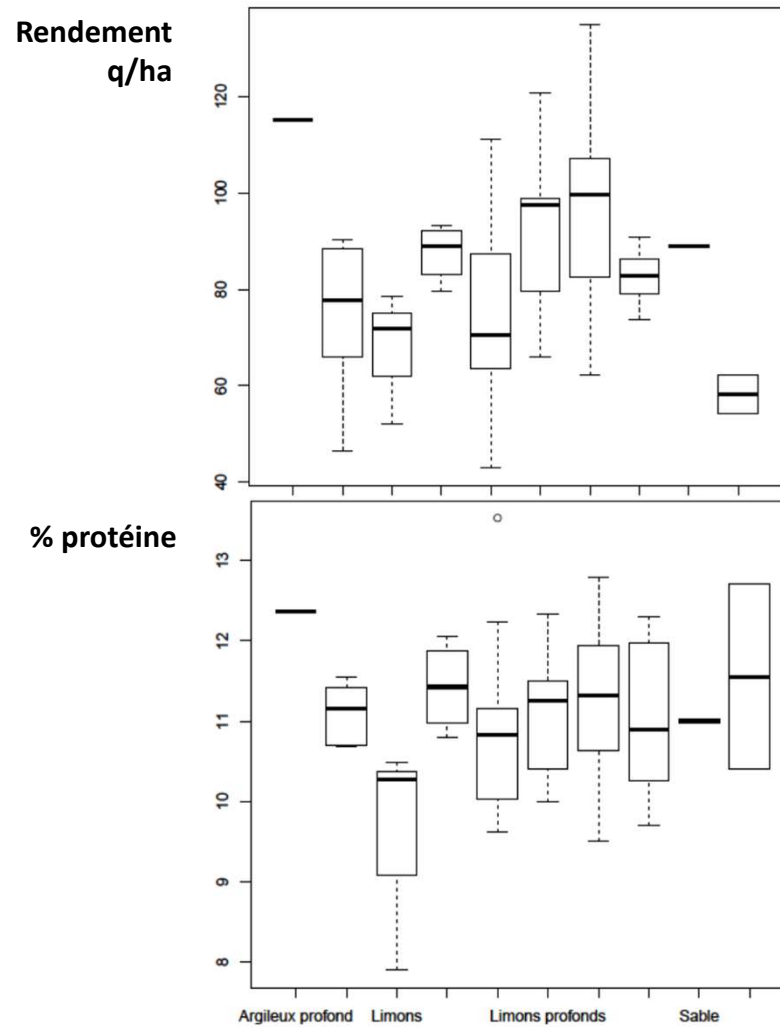


# Effet année marqué



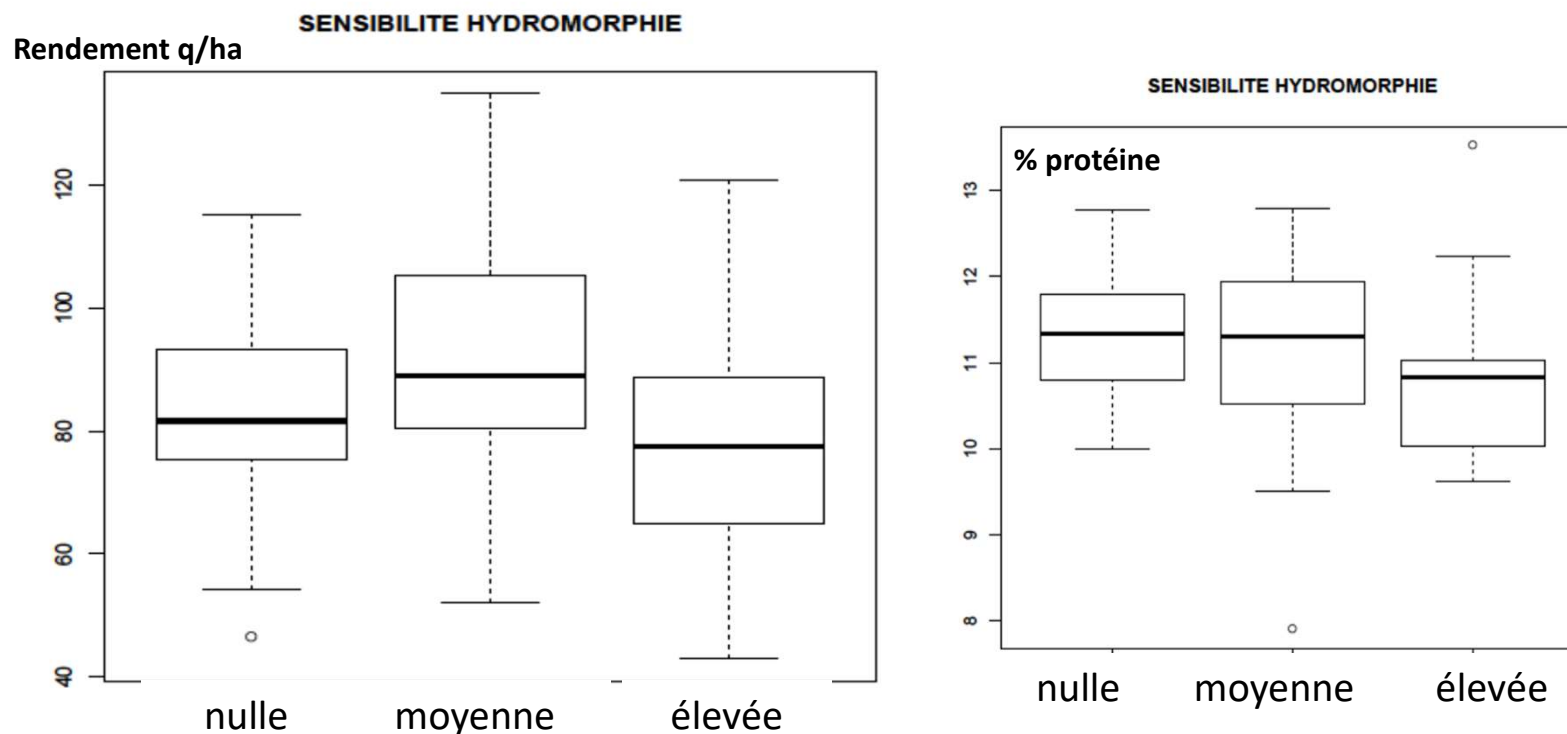


# Impact du type de sol



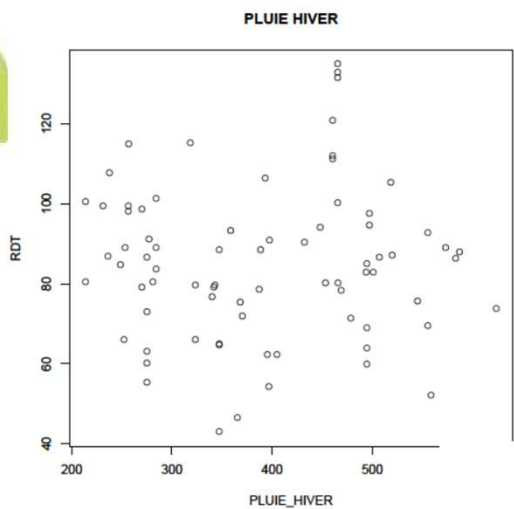


## Impact de la sensibilité à l'hydromorphie du sol



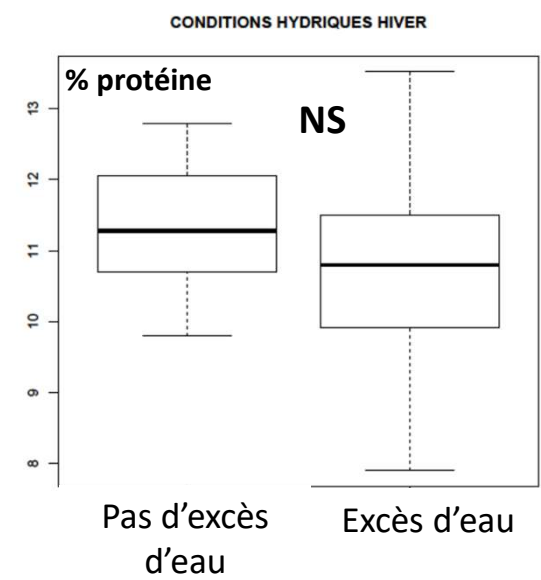
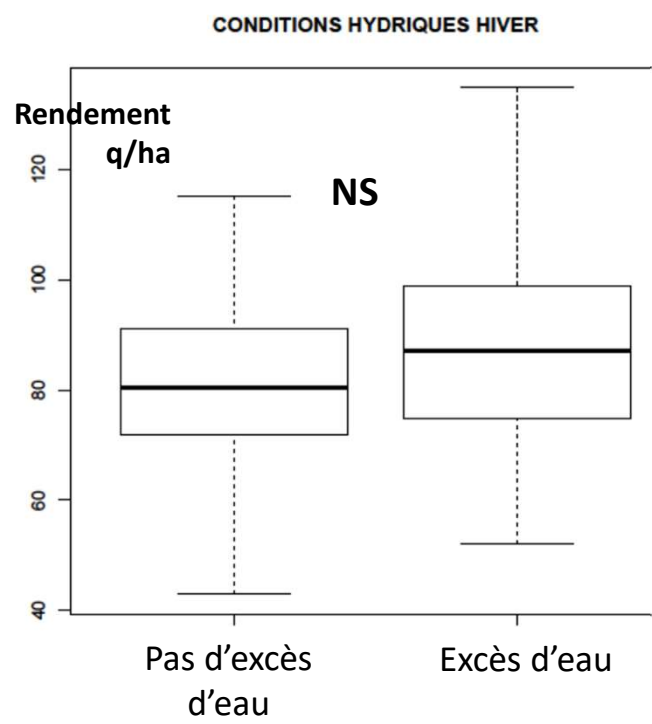
On ne parvient pas à mettre en évidence de différences significatives, toutefois, on note une tendance à avoir moins de rendement et moins de protéines dans les sols à caractère hydromorphe





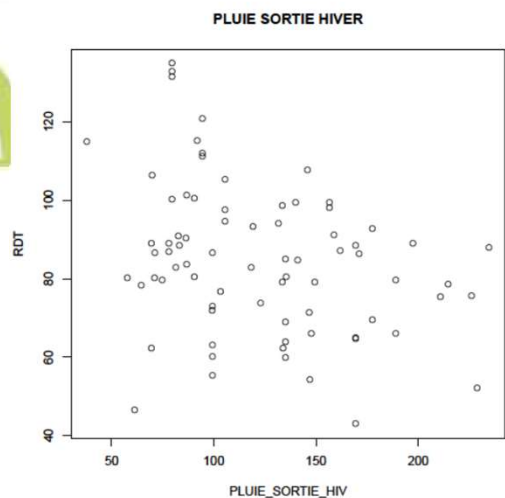
# Impact de l'excès d'eau hivernal

Tendance dépressive sur la teneur en protéine

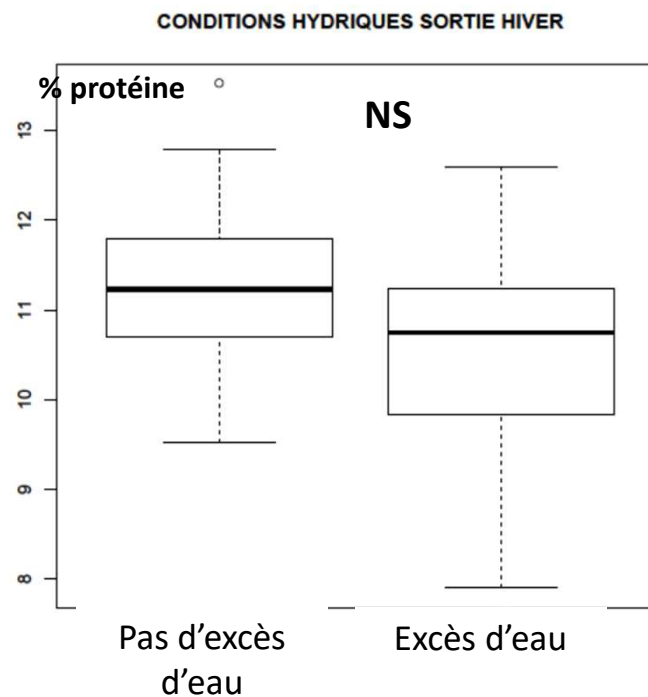
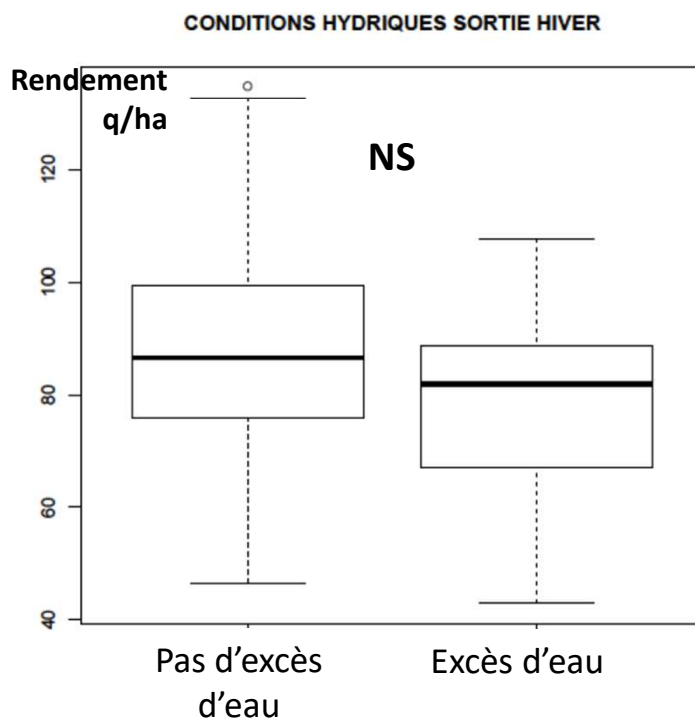




# Impact de la pluie en sortie d'hiver



Ce sont surtout les excès d'eau en sortie d'hiver qui sont pénalisants



## Facteurs explicatifs du rendement obtenu à la dose X prévisionnelle : modèle complet

Modèle protéine

Régime des pluies en hiver, sortie hiver et printemps en interaction avec type de sol

ANNEE\_RECOLTE

N = Dose d'azote

TYPE\_SOL\_SPF

NB\_APPORTS

PLUIE\_3EME\_APP

PLUIE\_SORTIE\_HIV

Pluie hiver (4 classes)

PLUIE\_HIVER (mm)

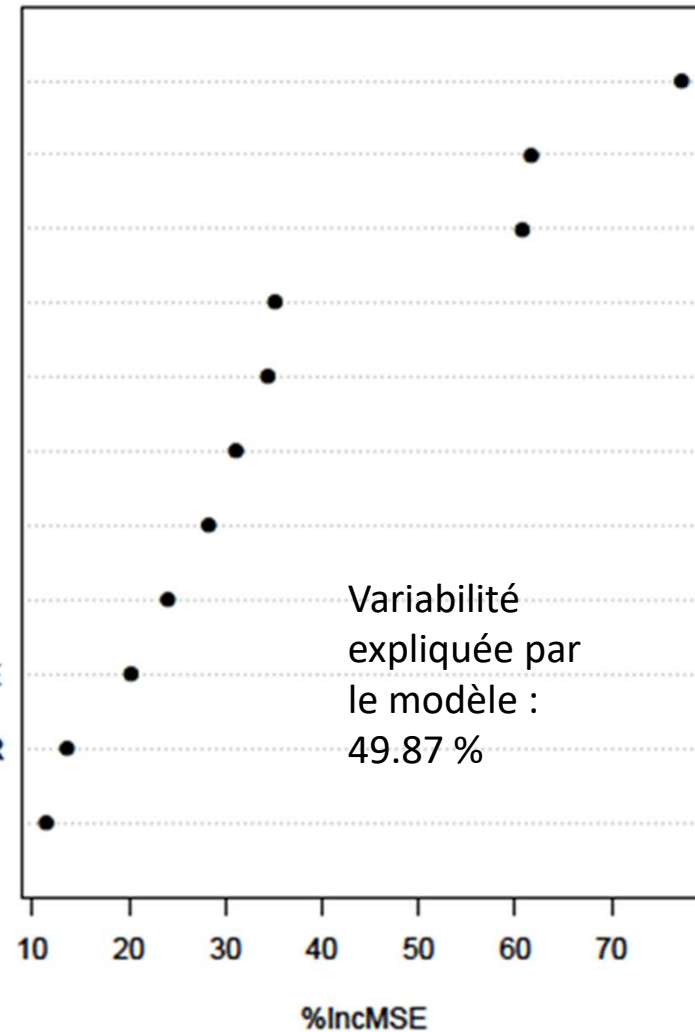
SENSIB\_HYDROMORPHIE

CONDITIONS\_HYD\_HIVER

CONDITIONS\_HYD\_SH

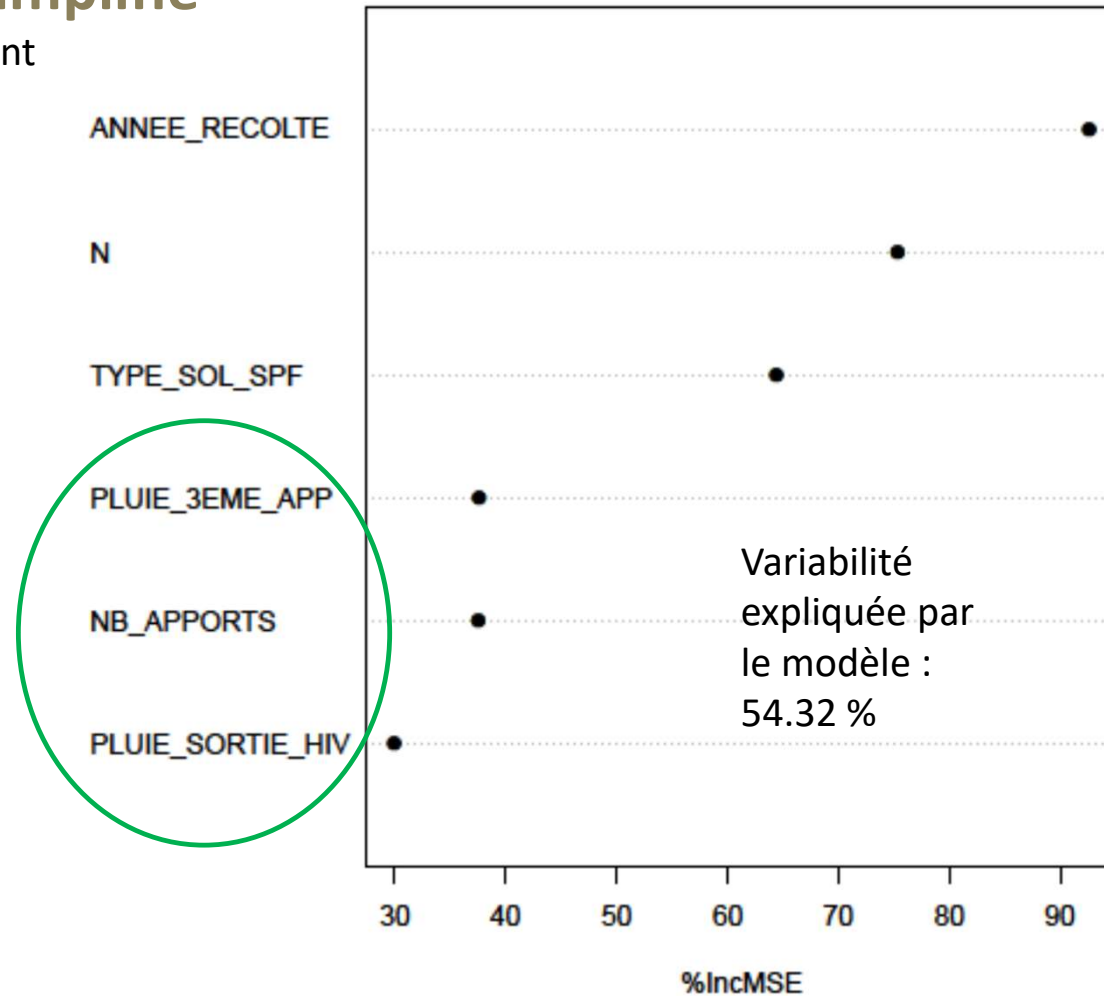
Nb : les variables retenues sont celles qui sont les plus explicatives

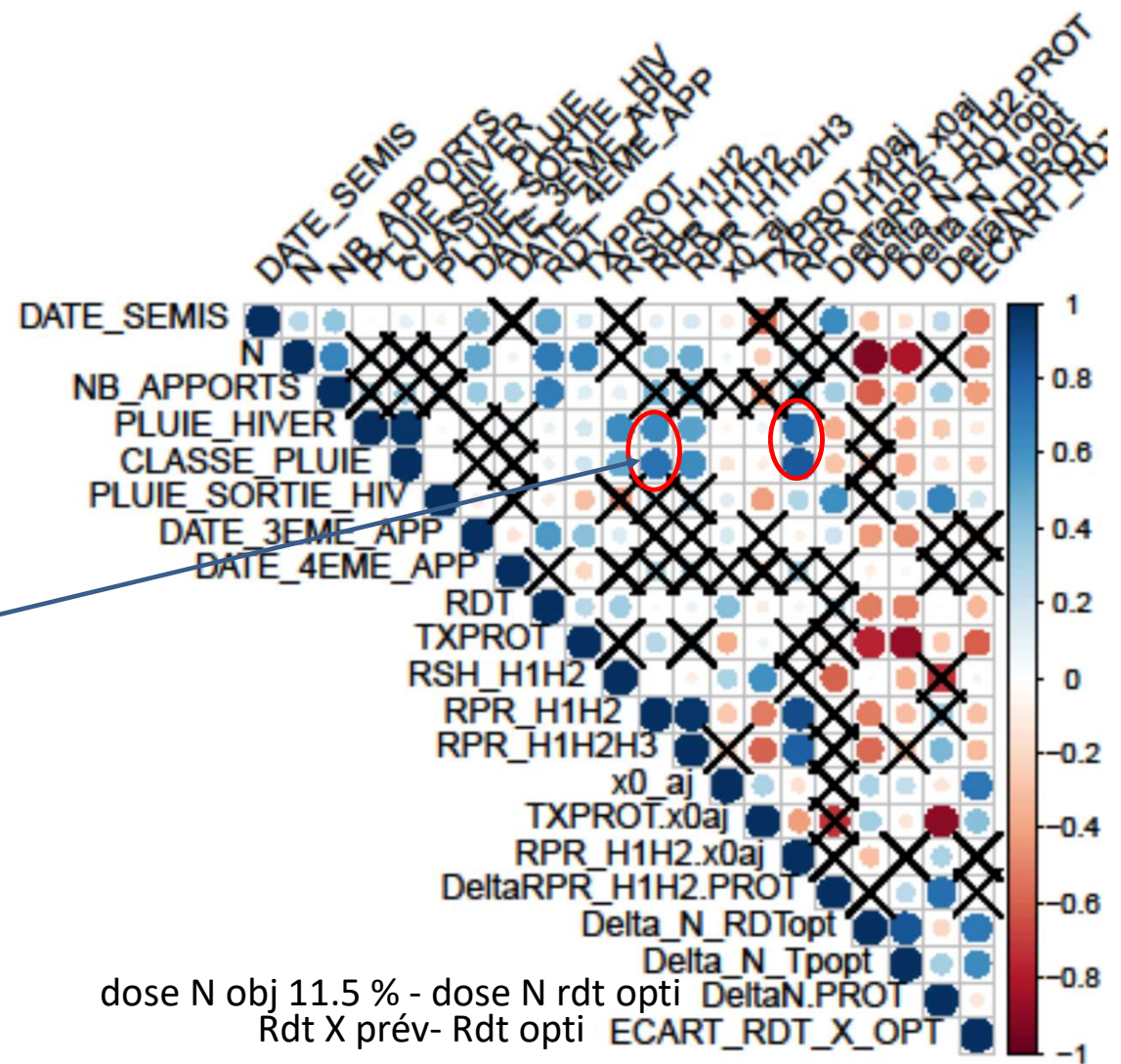
rdt.rf



# Facteurs explicatifs du rendement obtenu à la dose X prévisionnelle : modèle simplifié

Sols de limon uniquement





RPR augmente avec excès d'eau hivernal : mauvais enracinement

dose N obj 11.5 % - dose N rdt opti  
Rdt X prév- Rdt opti

# HYDROMORPHIE

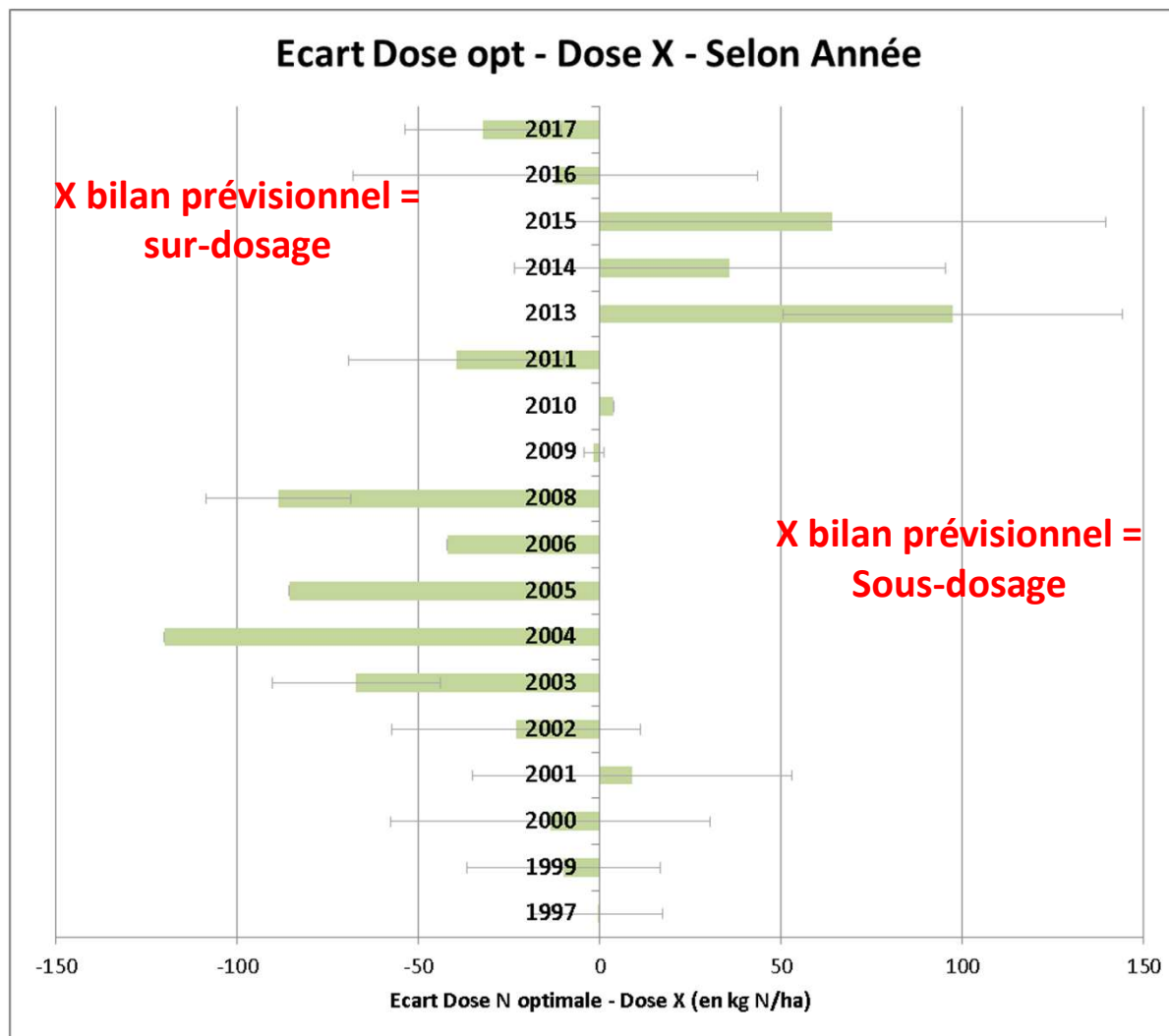
---

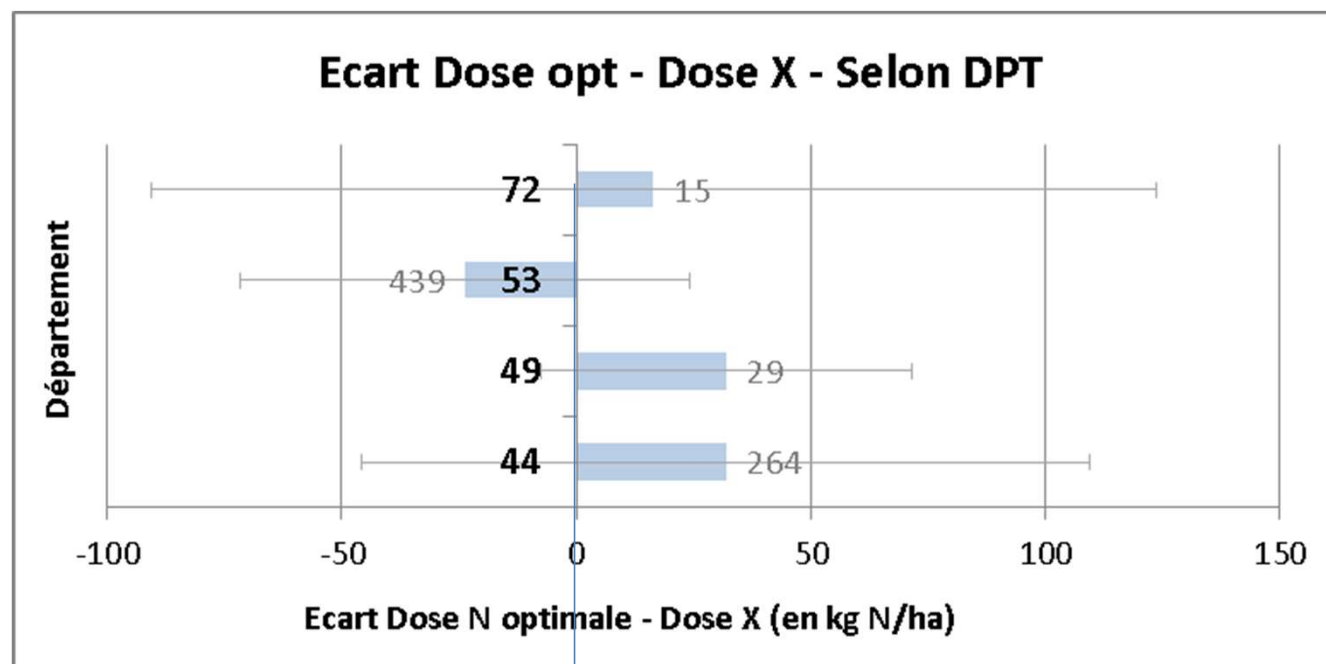
- Analyse d'essais courbe de réponse conduits entre 1997 et 2017 en région Pays de la Loire
  - Comparaison entre la dose du bilan et la dose optimale déterminé à postériori
  - Comparaison par groupe d'essai, par exemple :

Rendement moyen des essais conduit en sol sain

Vs

Rendement moyen des essais conduit en sol hydromorphe





**X bilan prévisionnel =  
sur-dosage**

**X bilan prévisionnel =  
Sous-dosage**





## X prévu par bilan - X à l'optimum

médiane	<b>5.64</b>	
min	-197.51	Sous-dosage
moy	<b>-1.14</b>	
max	98.84	Sur-dosage

En moyenne ou médiane, bonne prévision

Hydromorphie hiver (14 points) :	
min	-147.44
moy	<b>-21.74</b>
max	90.69

Hydromorphie hiver + sortie hiver (9 points)	
min	-147.44
moy	<b>-45.06</b>
max	36.69

En conditions hydromorphes, tendance au sous dosage, intérêt renforcé du pilotage dans ces situations

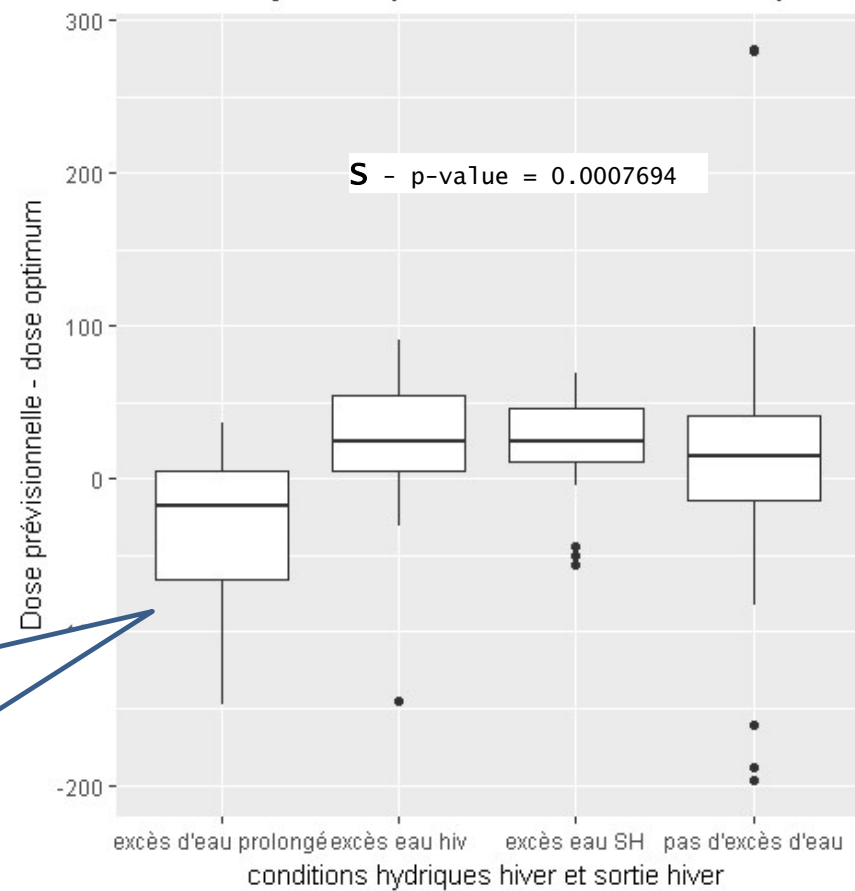


Ajout du  
8 mars

# X prévu par bilan - X à l'optimum

**En conditions hydromorphes, tendance au sous dosage, intérêt renforcé du pilotage dans ces situations**

Effet de l'hydromorphie sur l'écart à la dose optimum





## X prévu par bilan - X à l'optimum

médiane	<b>5.64</b>	
min	-197.51	Sous-dosage
moy	<b>-1.14</b>	
max	98.84	Sur-dosage

En moyenne ou médiane, bonne prévision

Échaudage fin de cycle (22 points)	
min	-71.95
moy	<b>28.41</b>
max	98.84

Sols peu profonds (16 points)	
min	-71.95
moy	28.02
max	98.84

Sols profonds (6 points)	
min	2.90
moy	29.46
max	41.58

En fin de cycle échaudantes, tendance au sur dosage



## X prévu par bilan - X à l'optimum

médiane	<b>5.64</b>	
min	-197.51	Sous-dosage
moy	<b>-1.14</b>	
max	98.84	Sur-dosage

En moyenne ou médiane, bonne prévision

Intéraction avec état hydrique du sol

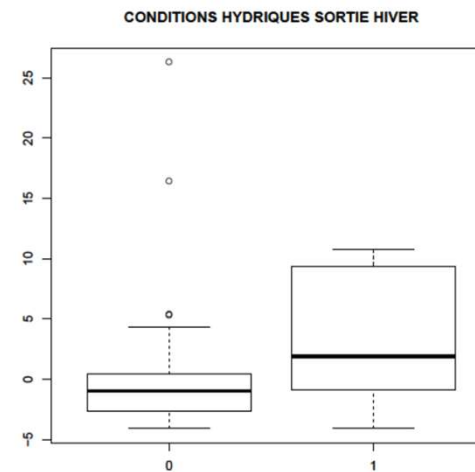
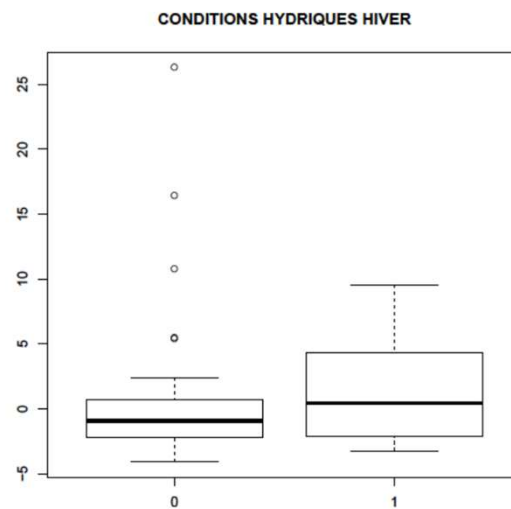
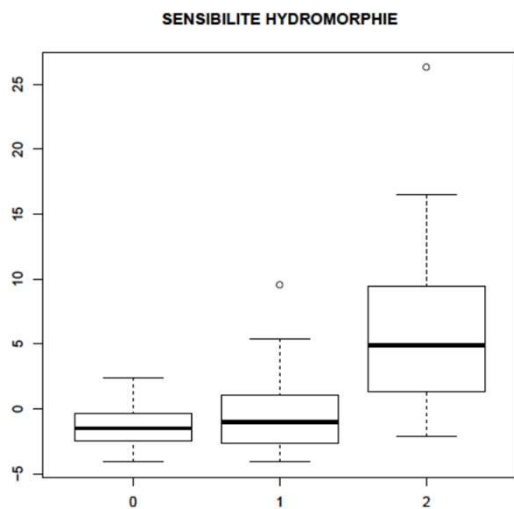
RSH < 80 kg N (28 essais)	
min	-188
moy	<b>-30</b>
max	91

RSH ≥ 80 kg N (9 essais)	
min	-3
moy	<b>+27</b>
max	55

Légère tendance au sur-dosage en cas de RSH élevé et au sous-dosage en cas de RSH faible



# Incidence de l'hydromorphie sur l'écart : Rdt dose opt - Rdt permis par dose Xprévisionnelle

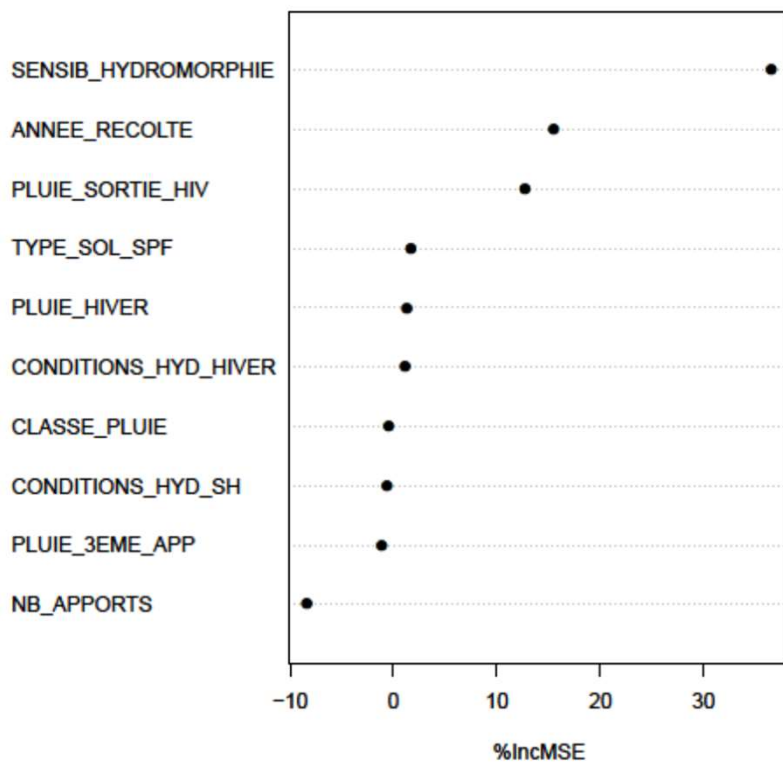


L'écart à l'optimum  
augmente avec la  
saturation des sols en  
hiver et sortie d'hiver

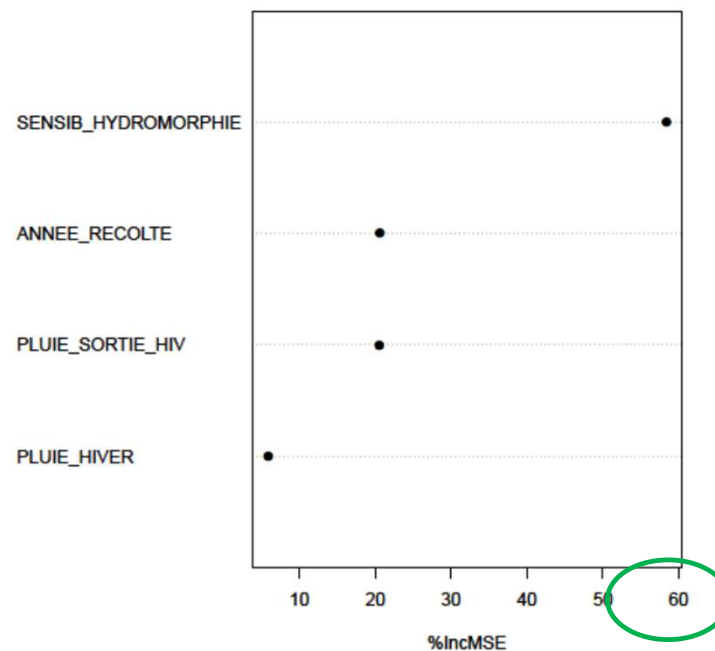


# Écart optimum à posteriori –prévisionnel : facteurs explicatifs

Rdt à la dose opt - Rdt permis par dose  
Xprévisionnelle



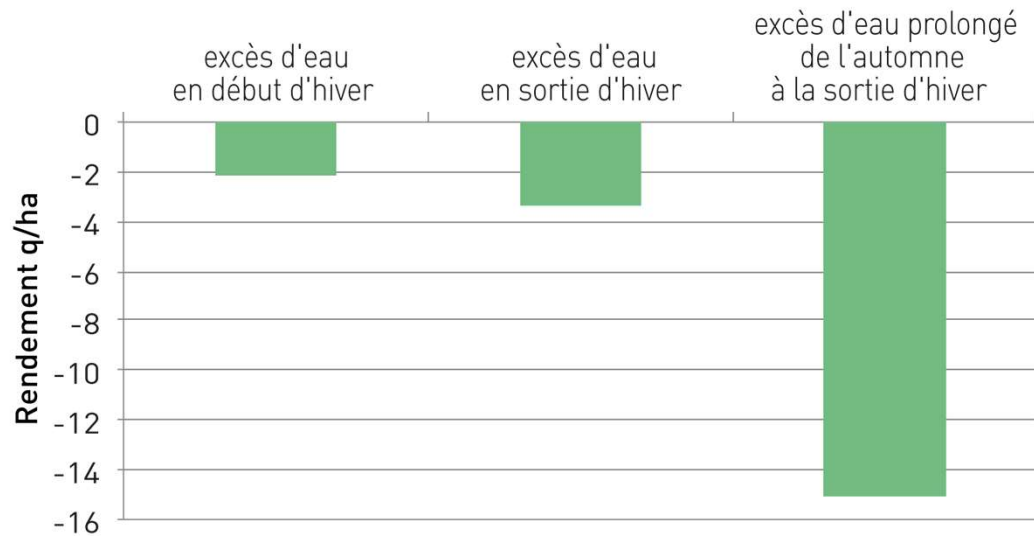
Modèle simplifié



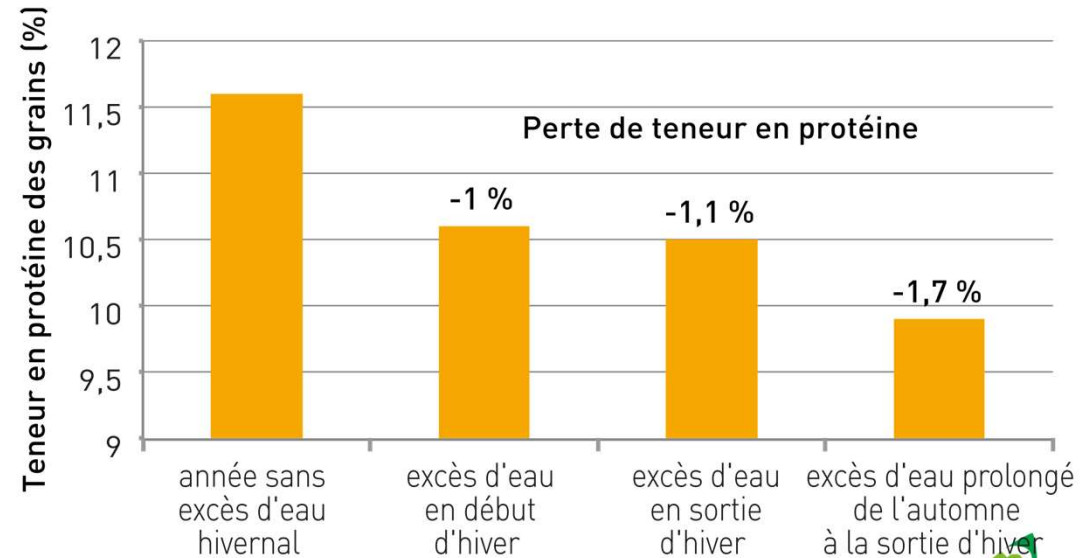
# HYDROMORPHIE

- Des effets importants sur la productivité ET la qualité

Perte de rendement occasionnée par l'excès d'eau hivernal en sol sensible à l'excès d'eau (q/ha)

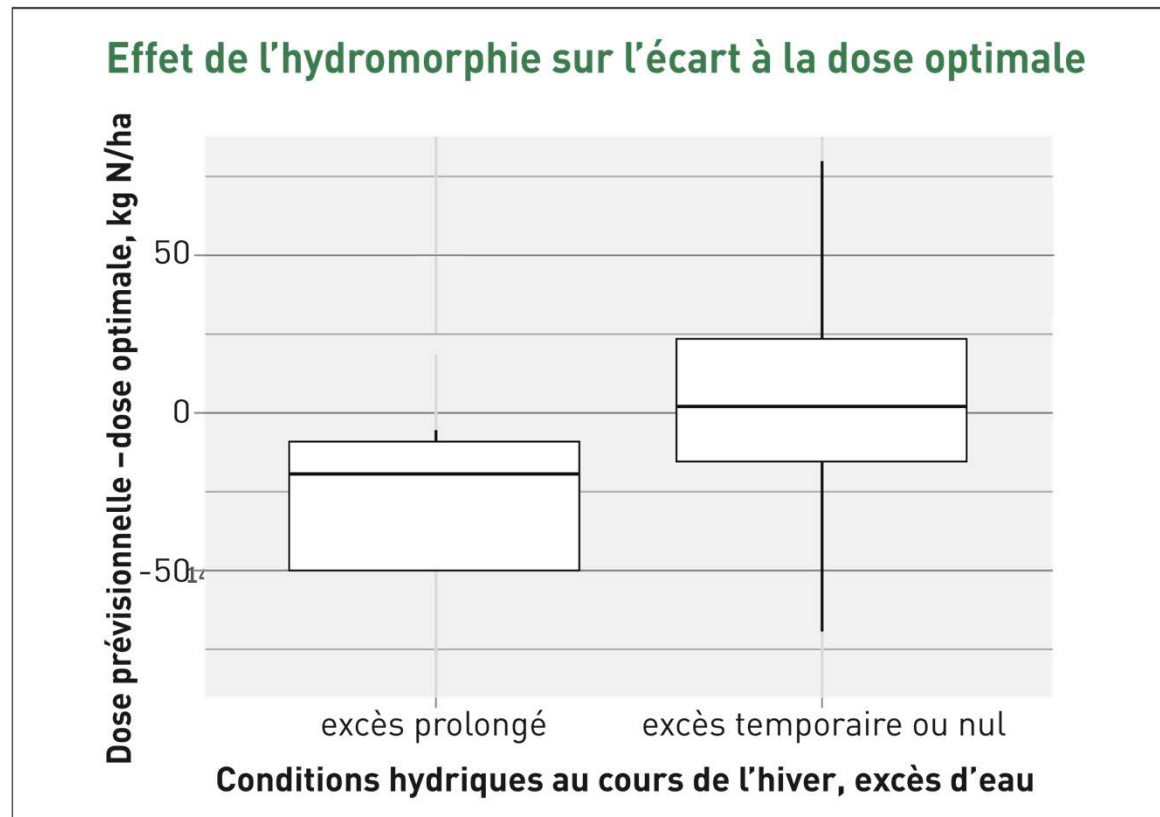


Impact de l'excès d'eau hivernal sur la teneur en protéine des grains en sol sensible à l'excès d'eau



# HYDROMORPHIE

- Un « décrochage » moyen du bilan azoté de 28 kg/ha





# HYDROMORPHIE

---

## ▪ Des résultats confortés :

- Par des analyses statistiques complémentaires
  - Avec la dose, l'état hydrique du sol est le principal facteur d'explication de la production et de la qualité des céréales  
(modèles de forêt aléatoire - variabilité expliquée par le modèle : 54,32 %)
- par les enquêtes terrain (Campagne « sèche » 2017)
  - Détection d'une corrélation significative dans le Pays de Retz entre taux de protéine et temps de ressuyage de la parcelle, drainage et pH

Un enjeu fondamental à améliorer  
la circulation de l'eau dans ces sols

Et à caractériser la sensibilité des variétés au stress azoté précoce !



# HYDROMORPHIE

---

## ▪ Plusieurs pistes d'explication :

- une mauvaise valorisation des apports et des ressources disponibles

Baisse de CAU de l'ordre de 20 % - Meynard INRA 1988

- une sur estimation des fournitures du sol, la minéralisation étant pénalisée par l'excès d'eau
- des absorptions racinaires contrariées même après la floraison (cohérent avec les fortes pertes de teneur en protéine)

Le reliquat post récolte augmente avec l'excès d'eau hivernal