



Projet OAD N 2017-2020

EVALUATION DES PERFORMANCES
AGROENVIRONNEMENTALES D'OUTILS D'AIDE À
LA DÉCISION (OAD) EN FERTILISATION AZOTÉE

10/03/2021



Contexte

Méthode du bilan (Comifer, 2013)

Maximiser le rendement et minimiser les pertes en azote

Outils d'aide à la décision (OAD)

Adapter la dose apportée en cours de campagne

Constat :

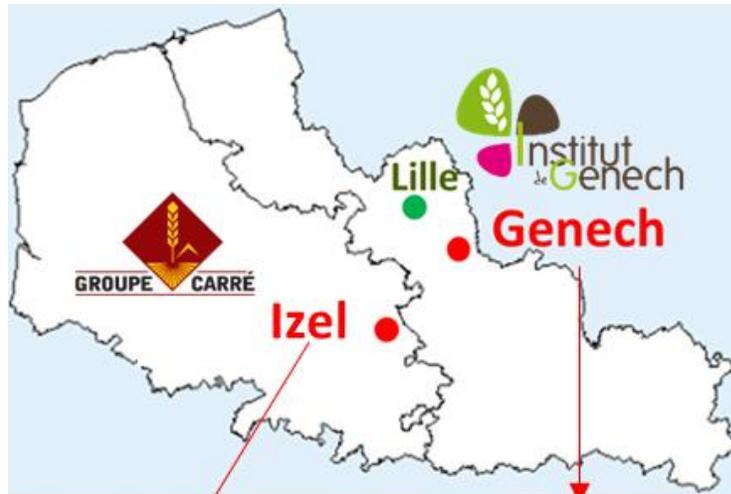
- Diversité d'outils proposés aux agriculteurs → Différentes méthodes de mesures → Différents conseils
- Avantages agronomiques et économiques bien renseignés
- Mais mauvaise connaissance des impacts sur l'ensemble du cycle de l'azote (Ministère de l'agriculture, 2017)

Objectif : Etudier les performances agroenvironnementales et l'impact des OAD sur le cycle de l'azote dans les agrosystèmes dans 2 contextes pédologiques distincts (rendosol et brunisol)



Projet OAD N 2017-2020

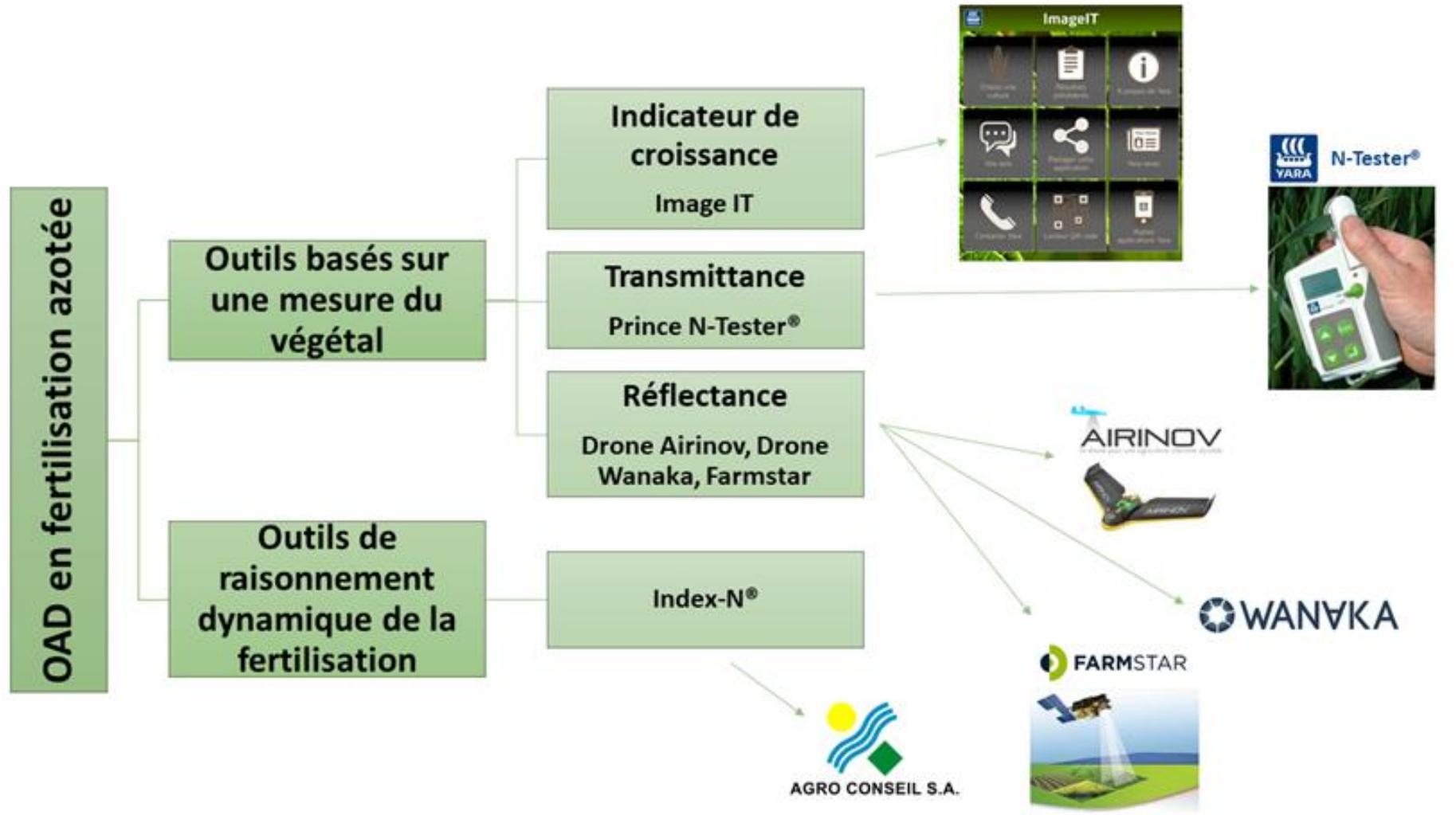
Méthodologie



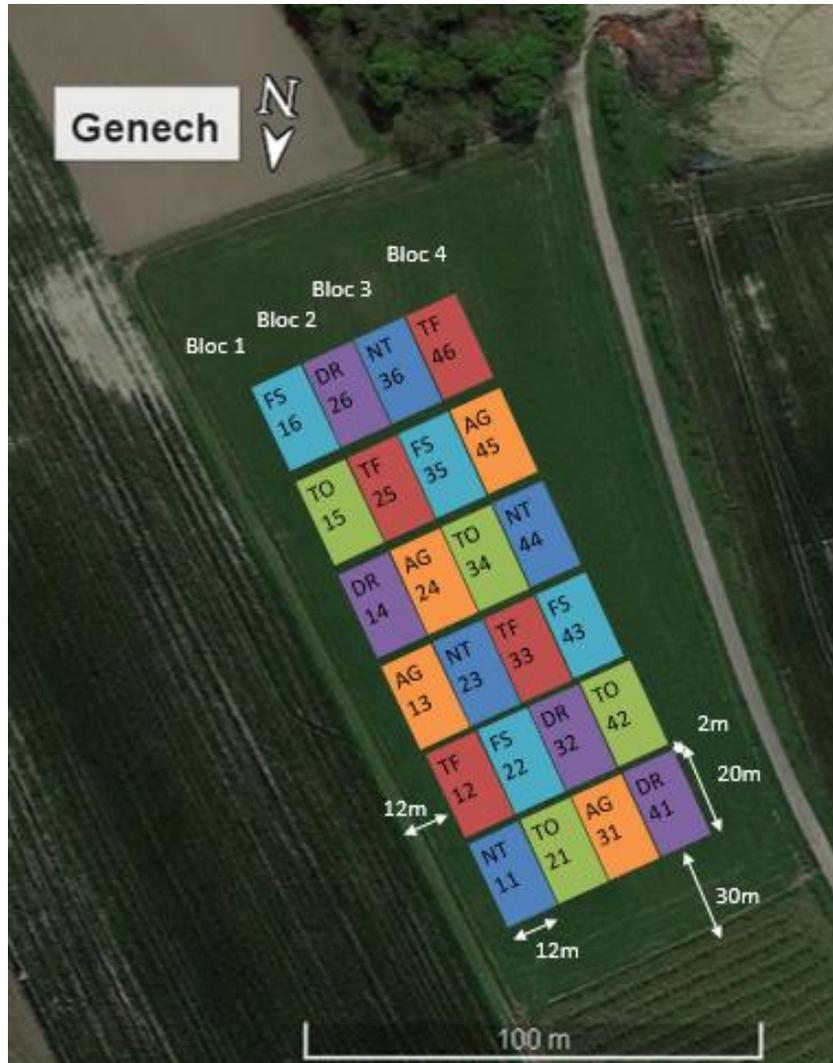
2 sites

Analyses physico-chimiques	Genech		Izel
	Horizon 0-30 cm	Horizon0 -30 cm	Horizon 30-90 cm
Argile ¹	%	15.3	52.99
Limon ¹	%	50.3	27.5
Sable ¹	%	34.4	19.5
CaCO ₃	%	< 1	55
pH eau		7.5	8.6
Densité apparente		1.49	1.39
Carbone organique	g.kg ⁻¹	9.5	10.1
Matière organique	g.kg ⁻¹	19.1	20.08
Azote total Kjeldahl	g.kg ⁻¹	0.9	1.1
Rapport C/N		10.6	9.3

OAD testés



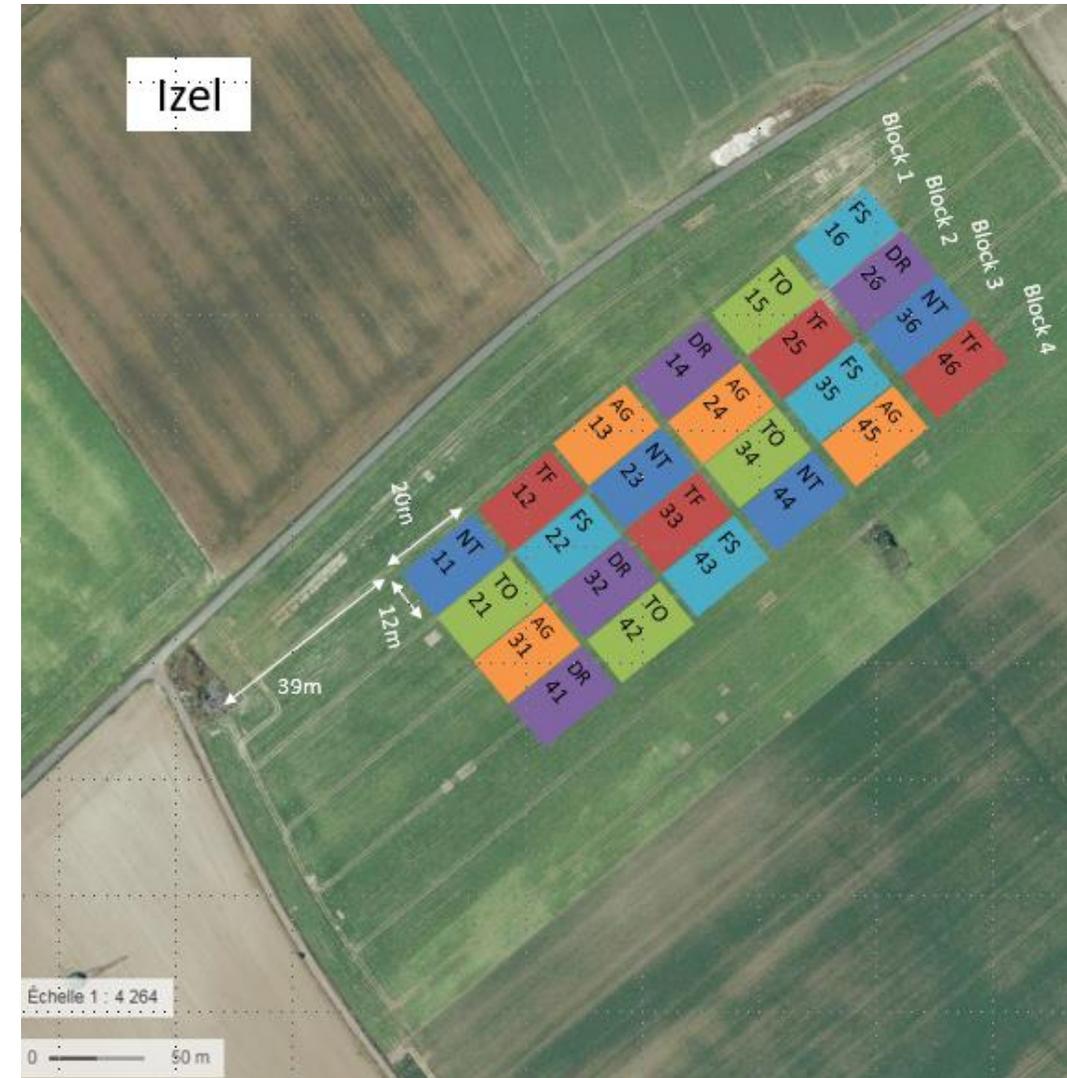
OAD testés et dispositif expérimental



Code	Modalité
TO	Témoin non fertilisé
TF	Témoin fertilisé
NT	N tester
FS	Farmstar
AG	Agroconseil
DR	Drone

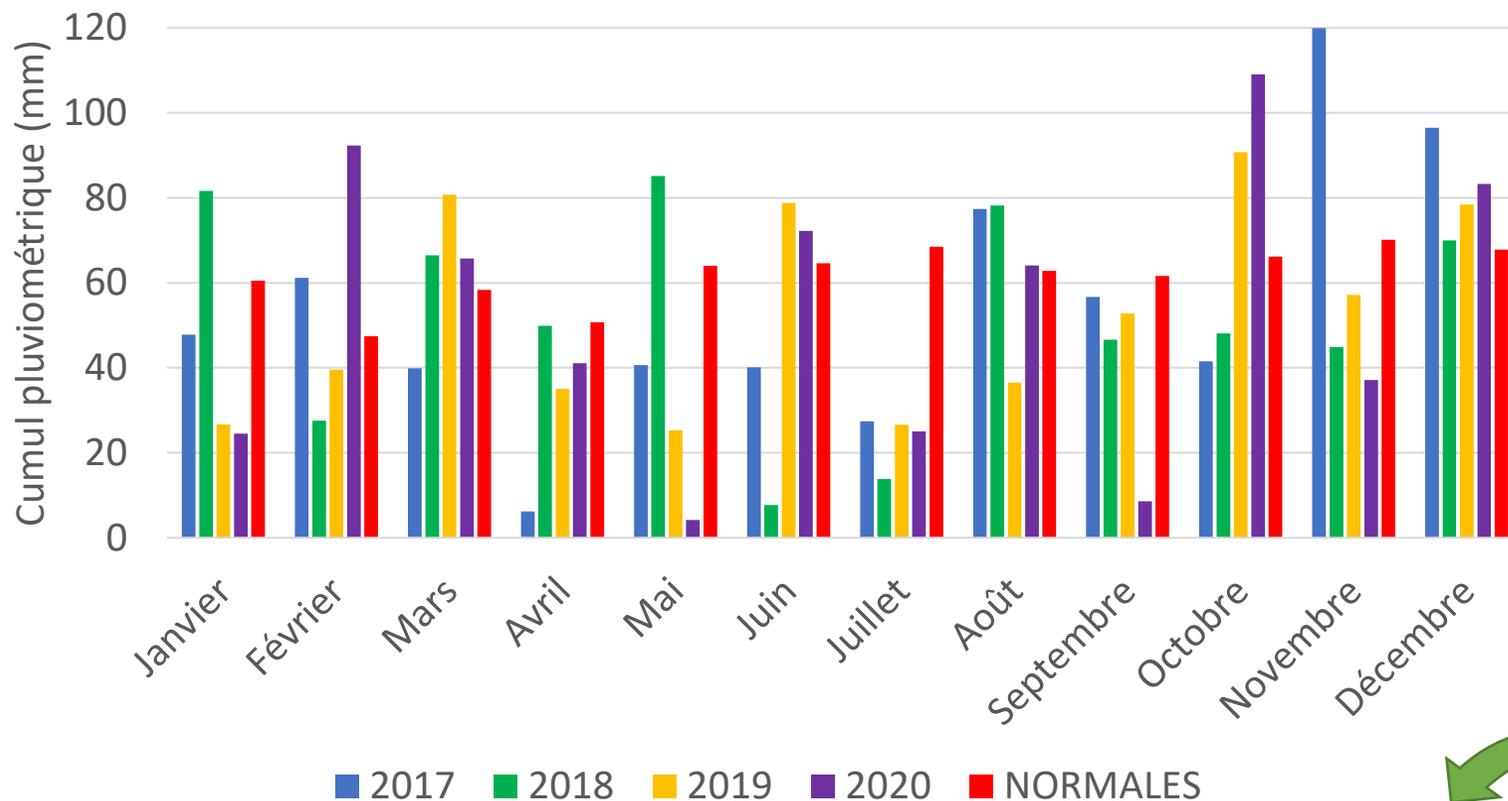
En application :

Outils testés	Nombre d'utilisation
NT	5
FS	4
AG	7
DR : Airinov	4
DR : Wanaka	2
Image IT	2



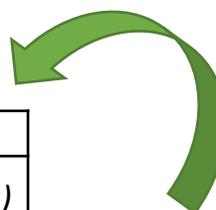
Conditions climatiques

Cumuls mensuels de pluies de 2017 à 2020



A l'échelle annuelle : déficit en pluviométrie sur les années étudiées, jusqu'à 50% par rapport aux normales

Précipitations	Annuel		En végétation (mars - juin)	
	Cumul (mm)	Ecart norm (%)	Cumul (mm)	Ecart norm (%)
2017	655	-12%	127	-47%
2018	620	-16%	209	-12%
2019	628	-15%	220	-7%
2020	627	-16%	183	-23%
Normales	743		238	



Ecart entre cumuls des précipitations 2017-2020 et précipitations normales sur la zone d'étude

Paramètres suivis

Paramètres agronomiques

Suivi de la croissance de la culture



Performance à la récolte : rendement et teneur en protéine/huile



Blé : contenu en N des grains et pailles (%N, méthode Dumas) et poids sec (DM kg.ha⁻¹)

→ $T_x = N \text{ absorbé (kg.ha}^{-1}) = \%N \text{ grain} \times \text{DM grain} + \%N \text{ paille} \times \text{DM paille}$

→ Coefficient apparent d'utilisation : $CAU = \frac{N_{\text{absorbé } X} - N_{\text{absorbé } T0}}{\text{Dose } X}$

Calcul de la surfertilisation : $OF = (\text{Dose } X - \text{Dose bilan}) + b(Y - Y')$ avec b la quantité d'N absorbé par unité de rendement, Y le rendement objectif et Y' le rendement obtenu (Beaudoin et al., 2005)

Paramètres suivis

Paramètres environnementaux

Reliquats en entrée hiver (ISA), sortie hiver (Auréa,ISA) et post récolte (ISA)

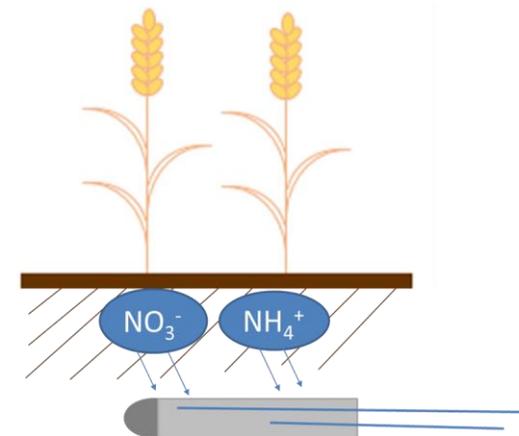

Méthode bilan : GREN



Méthode bilan : GREN

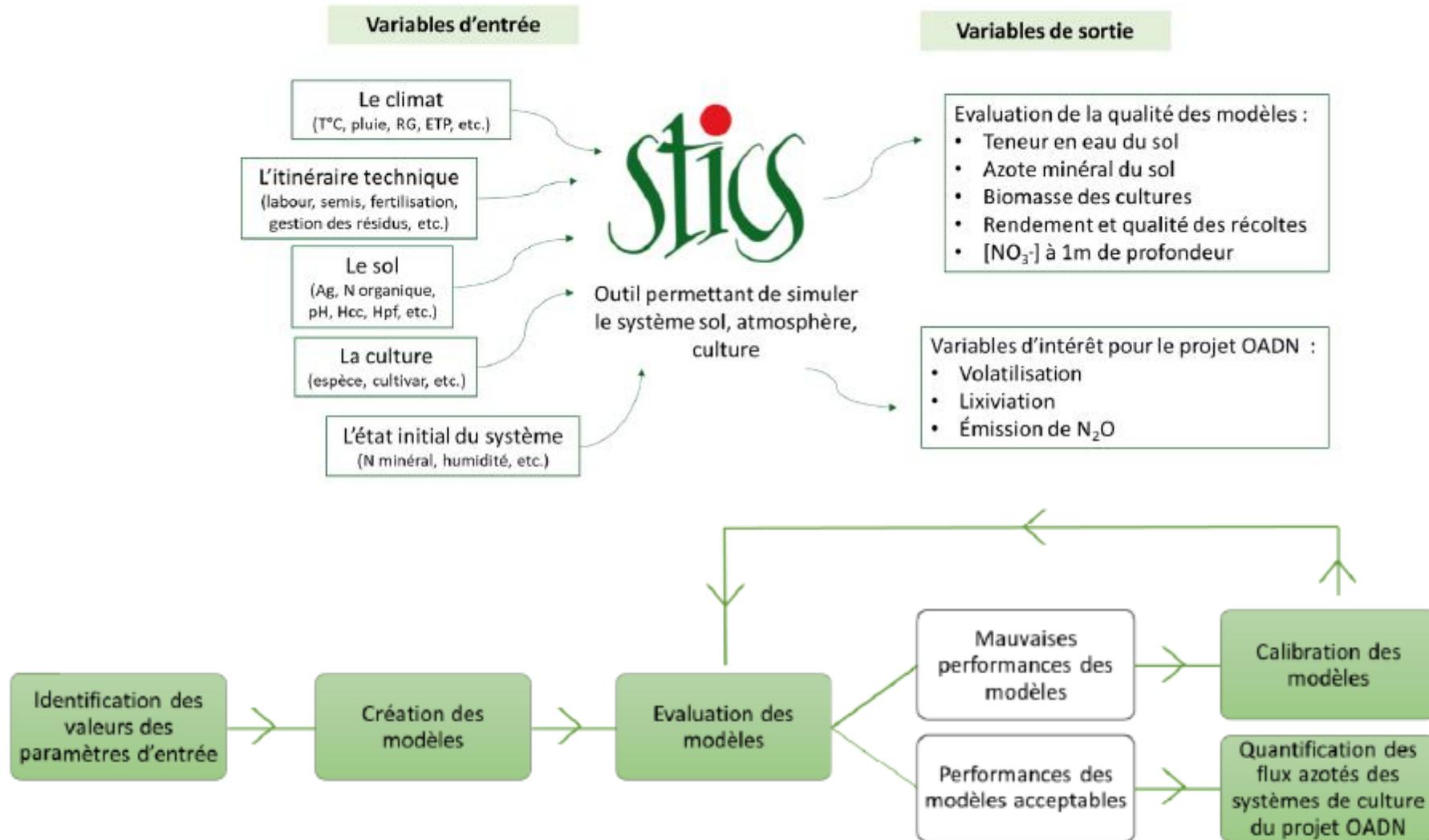
A la récolte, calcul de l'écart entre le contenu en N minéral du sol mesuré et la valeur attendue à la fermeture du bilan (Rf) = ΔN

Prélèvements de solution du sol à 1m de profondeur durant la période de drainage pour doser le contenu en nitrate et ammonium.



Paramètres suivis

Modélisation (MFE Manon Lebourg)

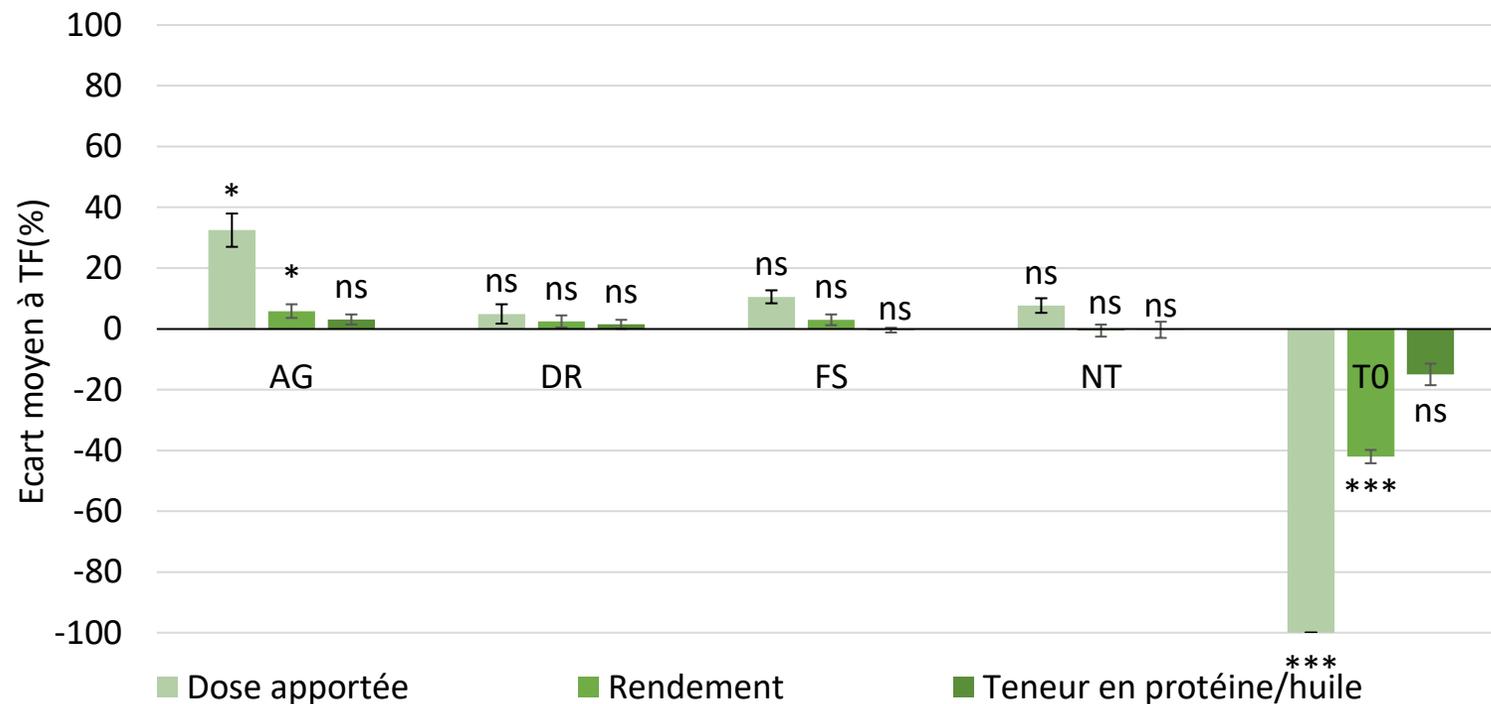


Résultats

1. Performances agronomiques :
 - A l'échelle de la succession culturale
2. Performances environnementales
 - Reliquat azoté à l'échelle de la succession culturale
 - Focus blé :
 - CAU
 - Surfertilisation
3. Modélisation et dynamique d'absorption
 - Performance des modèles
 - Paramètres plante
 - Paramètres sol
 - Solution du sol
 - Absorption de l'N
 - Synthèse

1. Performances agronomiques

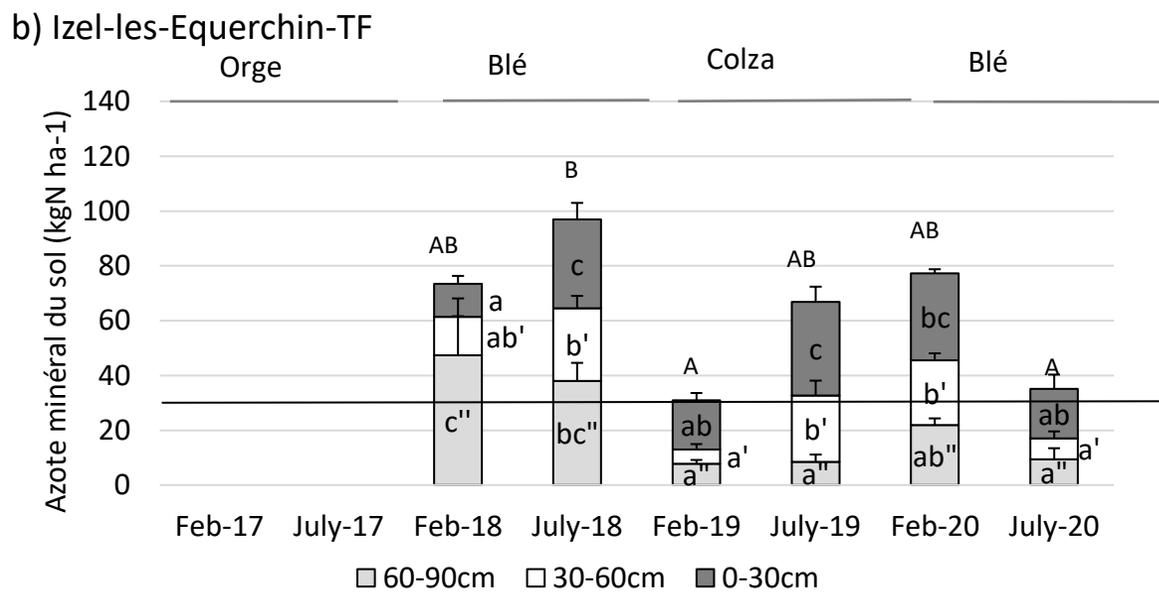
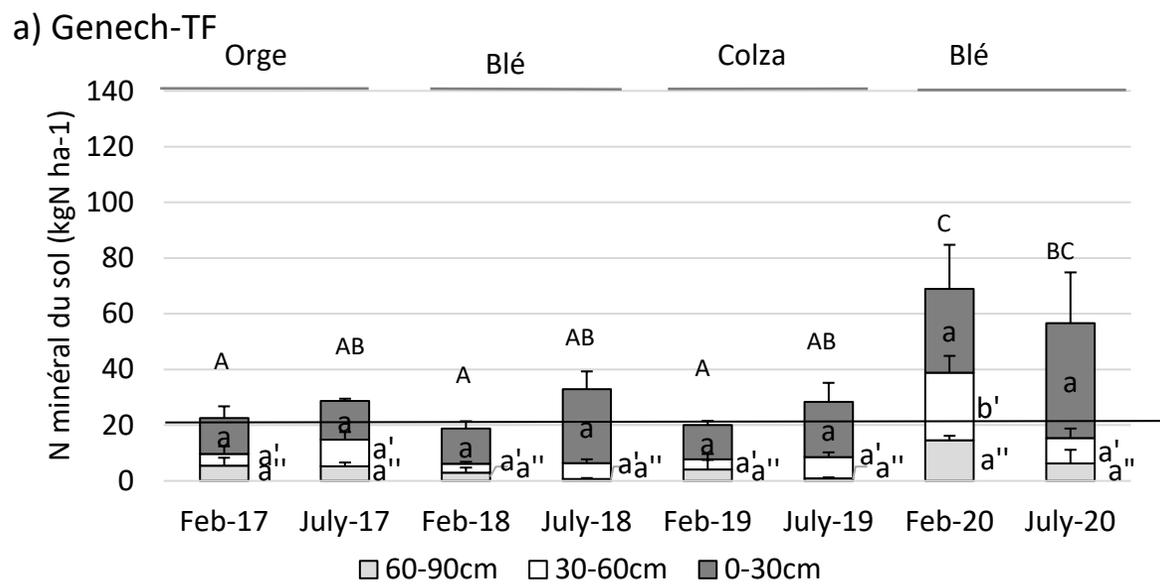
Synthèse à l'échelle de la succession culturales, sites et cultures confondus



- Par comparaison avec T0, à la récolte, la fertilisation n'a eu qu'un effet sur le rendement
- Les OAD ont tendance à déplaçonner la dose bilan, dans 75% des situations. Cette différence est significative pour AG.
- A la récolte, seul AG a permis d'améliorer significativement le rendement

*Valeurs moyennes, erreurs type et résultats des t-test effectués pour comparer les moyennes des traitements par rapport à TF. p-value < 0.001 (***) , p-value < 0.05 (*) et p-value > 0.05 (ns)*

2. Performances environnementales : reliquat à l'échelle de la succession culturale



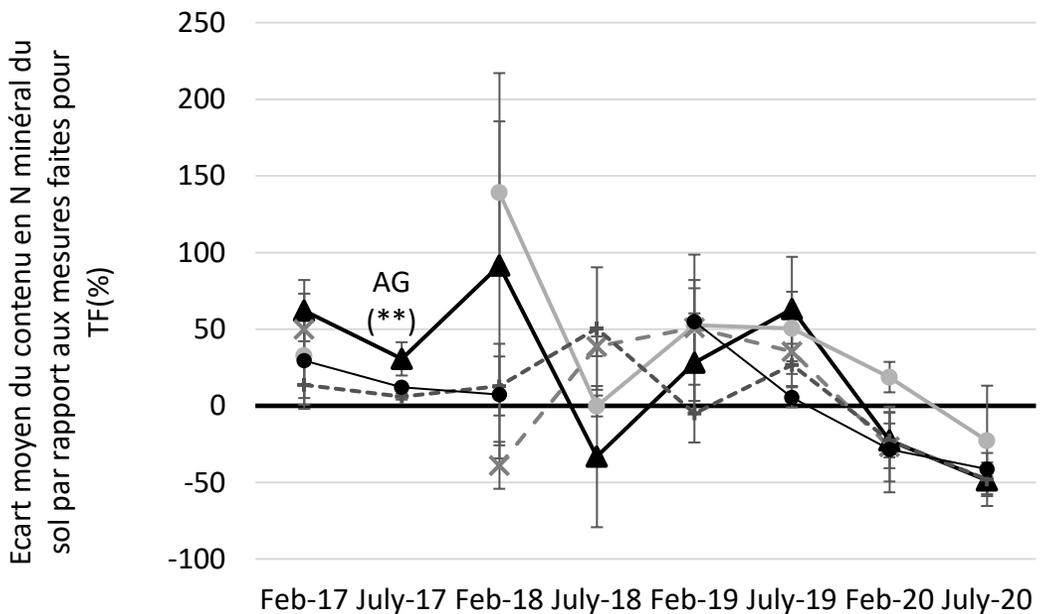
Evolution du contenu en N minéral du sol à 90cm de profondeur pour TF, valeurs moyennes, erreurs standards, la valeurs regroupées sous la même lettre ne présentent pas de différences significatives d'après le test post-hoc de Tukey

- Pas de différences significatives entre les mesures en sortie hiver et post récolte
- A Genech augmentation marquée entre le reliquat post-récolte 2019 et la sortie hiver 2020
- A Izel diminution marquée entre le post-récolte 2018 et l'entrée hiver 2019
- A la récolte : valeur supérieures à celles attendues dans la méthode du bilan

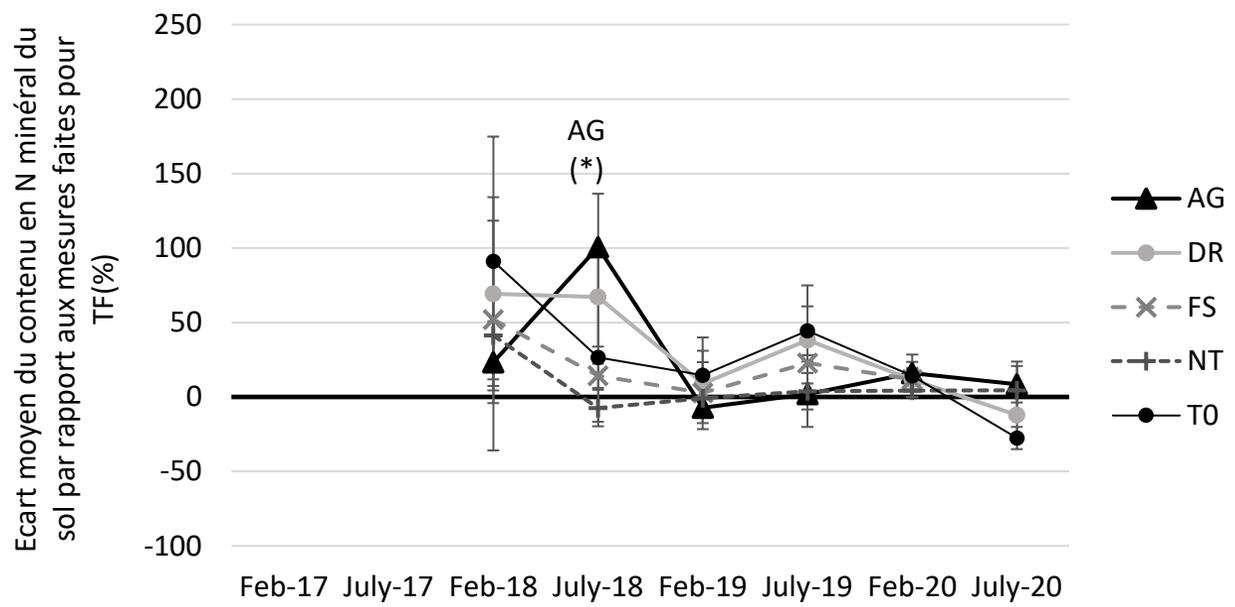
2. Performances environnementales : reliquat à l'échelle de la succession culturale



a) Genech



b) Izel-les-Equerchin

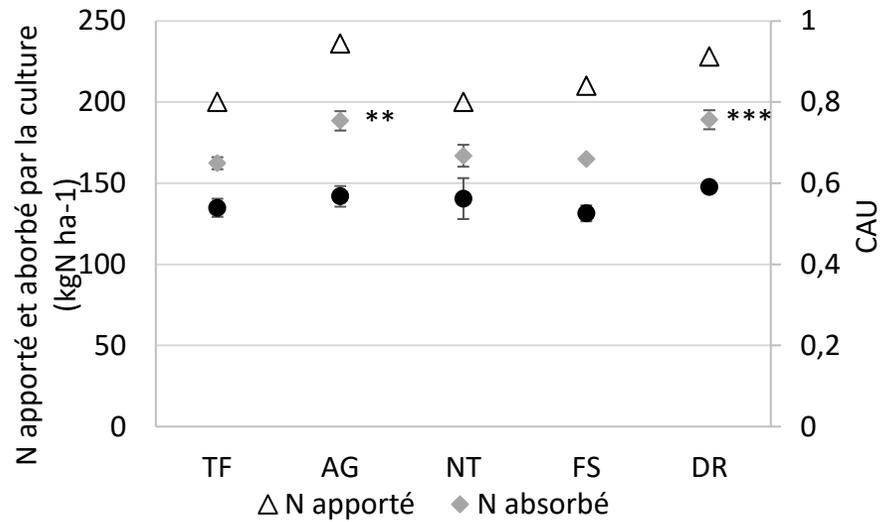


Ecart moyen aux valeurs mesurées pour TF sur 90cm de profondeur, valeurs moyennes, erreurs standards et résultats des tests de Dunnett effectués pour comparer les moyennes des traitements par rapport à TF

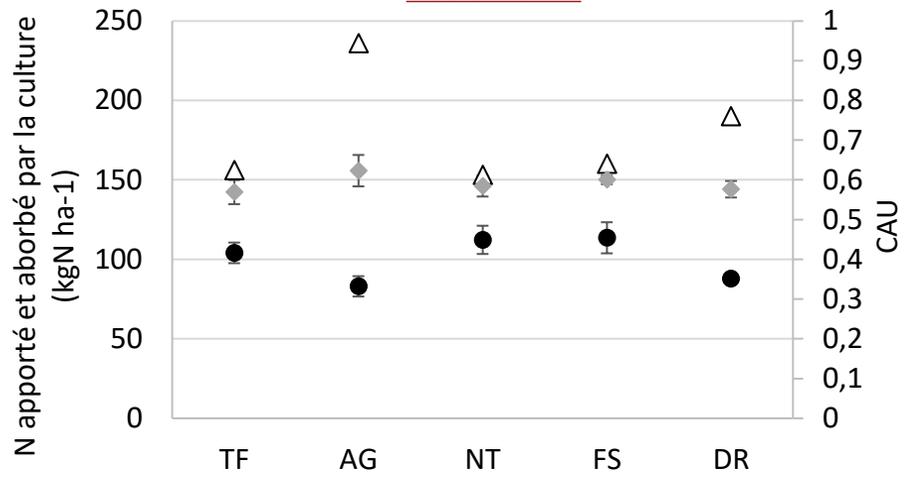
- En moyenne écart positif, excepté en juillet 2020 pour les 2 sites
- Peu de différences significatives, le T0 ne se distingue pas des modalités fertilisées
- Différences significatives uniquement pour AG en juillet 2017 et juillet 2018

2. Performances environnementales : CAU blé

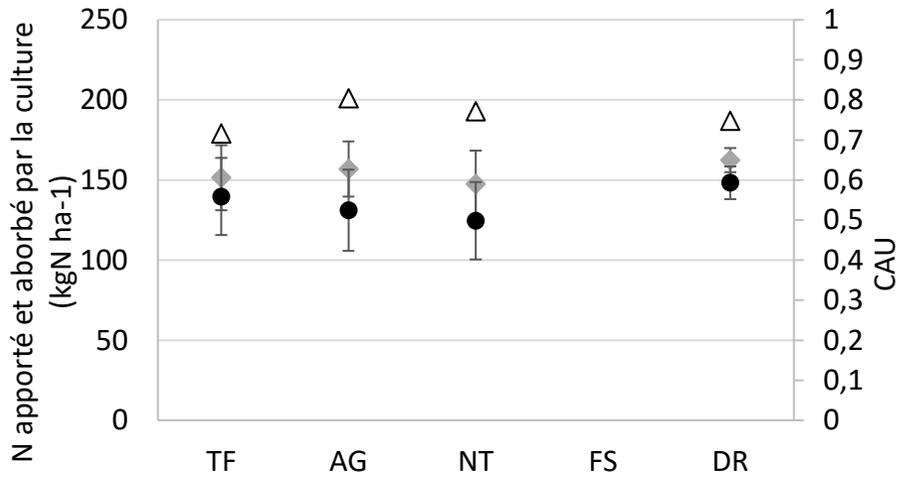
a) Genech-2018 



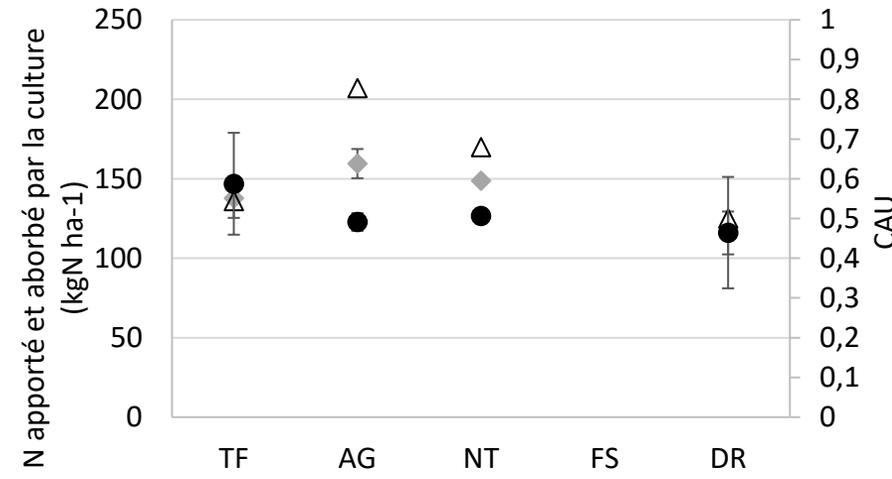
c) Izel-les-Equerchin-2018 



b) Genech-2020



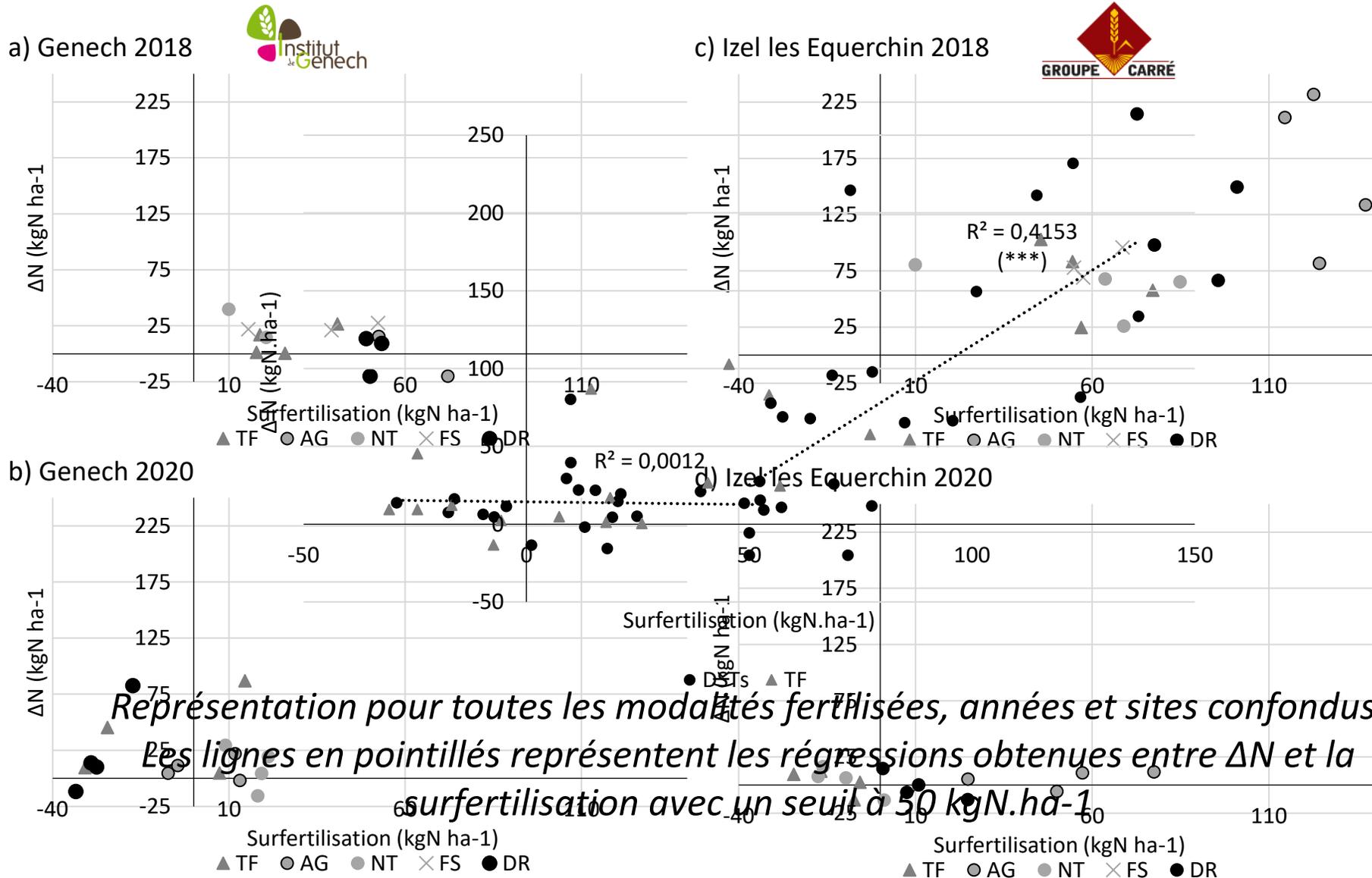
d) Izel-les-Equerchin-2020



Valeurs moyennes de CAU, N apporté et N absorbé, les barres représentent les erreurs standards. Les étoiles représentent les résultats des tests de Dunnett

- Conditions sèches en 2018 qui expliquent les mauvaises valorisations
- Mauvaise valorisation des apports qui explique l'absence de différences à la récolte

2. Performances environnementales : surfertilisation blé

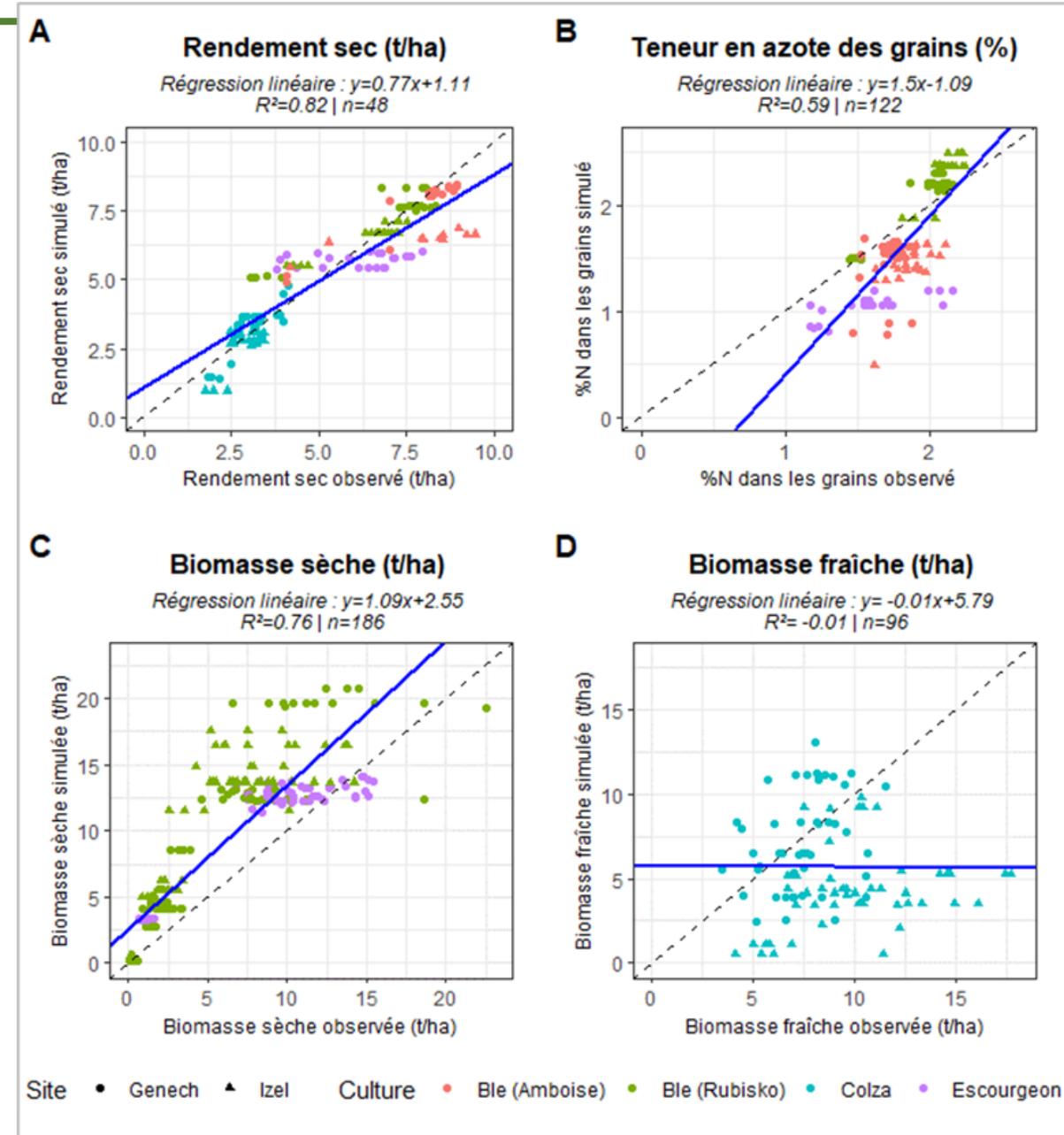


Ecart entre le reliquat post-récolte mesuré et attendu en fonction de la surfertilisation

- Surfertilisation moyenne de 38 kgN.ha⁻¹
- 82% des situations présentent une surfertilisation, dans 40% des cas elle excède 50 kgN.ha⁻¹
- Cet excès constitue l’N potentiellement lessivable

2. Modélisation : performance des modèles

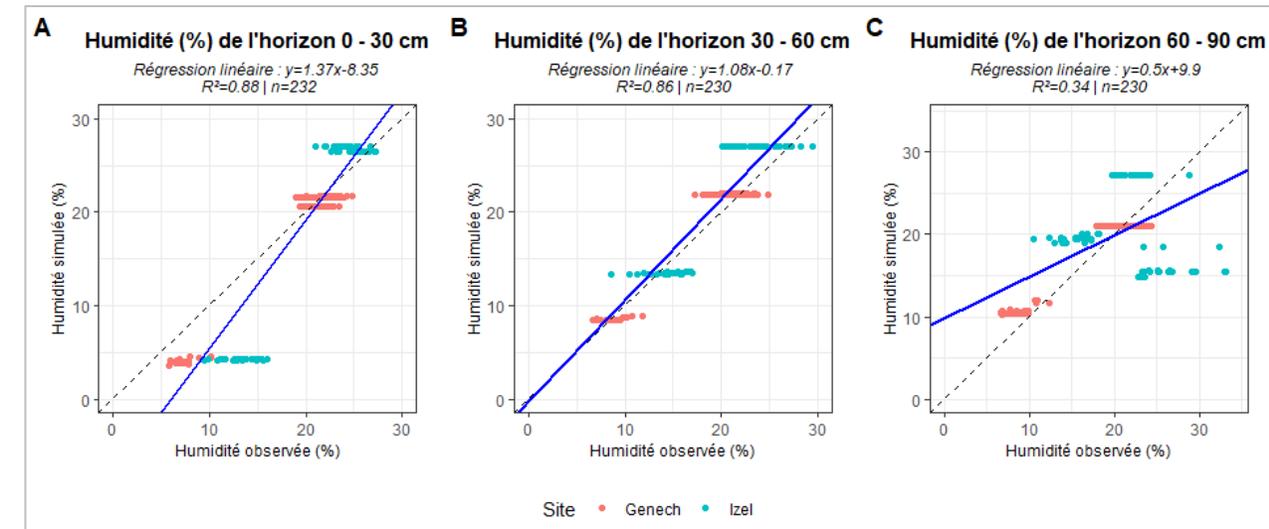
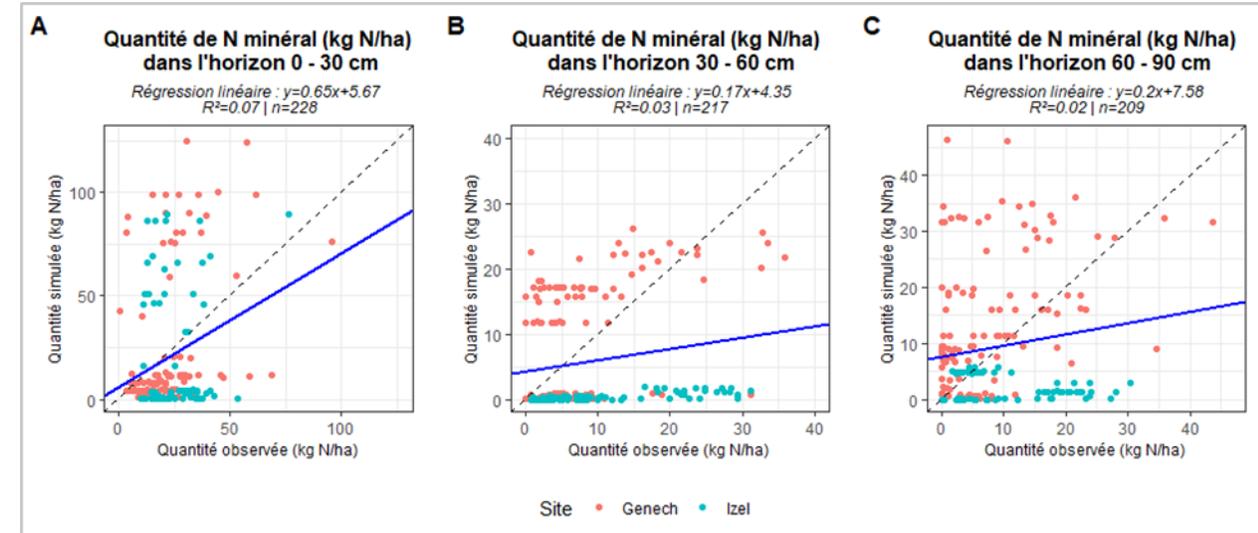
Valeurs des paramètres plantes simulées par STICS en fonction des valeurs observées (**A** : rendement sec ($t.ha^{-1}$), **B** : teneur en azote dans les grains (%), **C** : biomasse sèche ($t.ha^{-1}$) et **D** : biomasse fraîche ($t.ha^{-1}$) | **ligne bleue** : droite de régression linéaire).



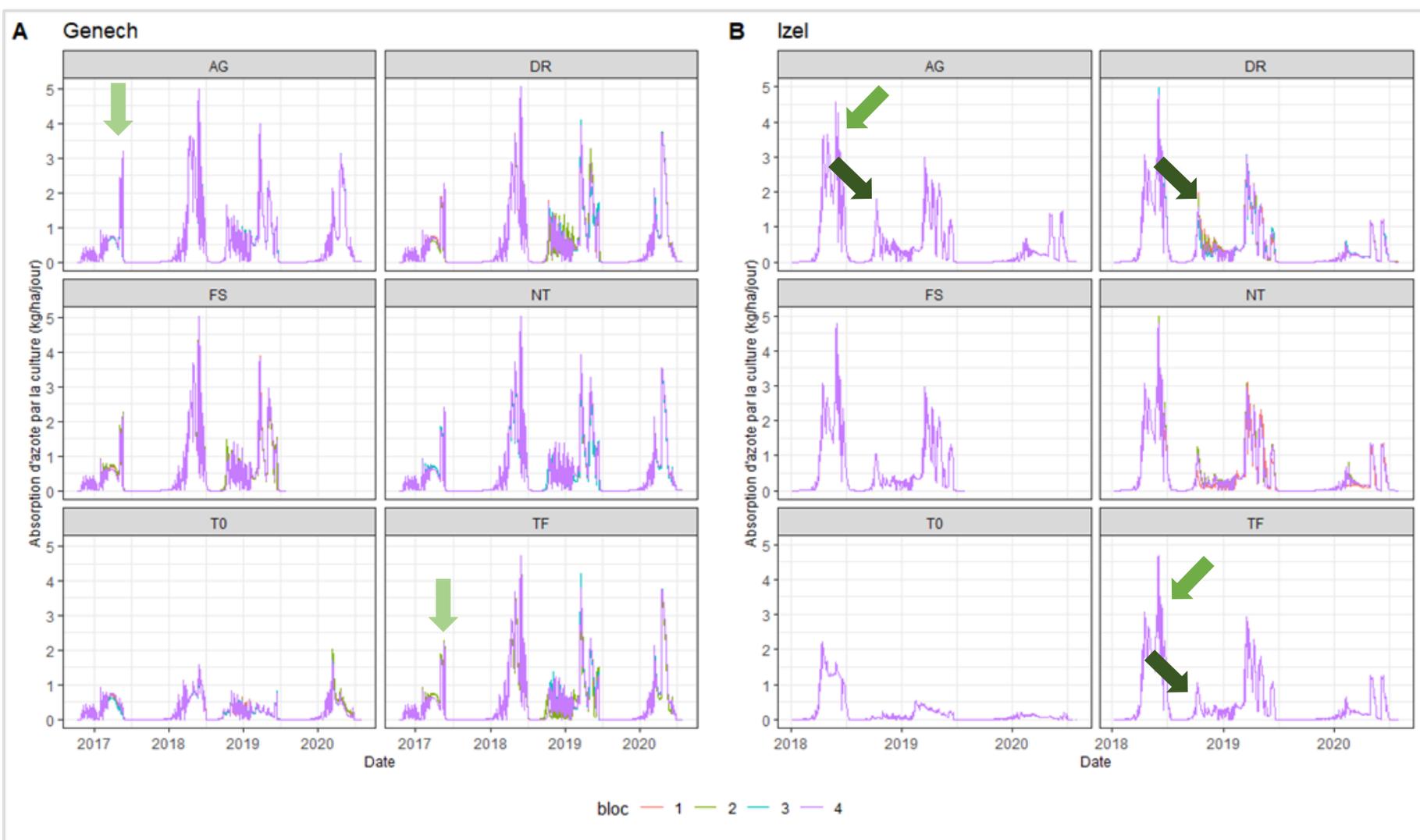
2. Modélisation : performance des modèles

Paramètres sol et teneur en nitrate dans la solution du sol à 1m de profondeur

Variable	R ² ensemble des données
Teneur en N minéral 0-30cm	0.07
Teneur en N minéral 30-60cm	0.03
Teneur en N minéral 60-90cm	0.03
Humidité du sol 0-30cm	0.88
Humidité du sol 30-60cm	0.86
Humidité du sol 60-90cm	0.34
[NO ₃ ⁻] à 1 m de profondeur	0.49



2. Modélisation : absorption de l'N



Absorption d'azote (kg/ha/jour) par les cultures par modalité sur le site de Genech (A) et d'Izel (B) (2016/17 : orge, 2017/18 : blé (*Rubisko*), 2018/19 : colza, 2019/20 : blé (*Amboise*))

Orge 2017 : AG valorisation en fin de cycle qui peut expliquer les meilleures performances à la récolte

Blé 2018 Izel : malgré des apports élevés la valorisation n'est pas meilleure pour AG par rapport à TF

Colza 2019 Izel : absorption plus élevée en début de cycle pour les modalités avec des reliquats post récolte blé les plus élevés (AG et DR)

2. Modélisation : synthèse

Les résultats obtenus par modélisation confirment :

- Peu de différences à la récolte
- Une mauvaise valorisation/absorption de certains apports
- Un stockage dans le sol du surplus d’N, augmentant la quantité d’N potentiellement lessivable pendant la période hivernale suivante. Le risque pouvant être limité par les pratiques culturales.

Conclusions

- Contrairement à la littérature (Colaço et Bramley; Diacono et al., 2013), seul 25% des conseils étaient inférieur à TF.
- Dans les conditions des essais : pas de différences significatives des performances à la récolte dans la plupart des cas : les augmentations (jusqu'à +80 kgN.ha⁻¹) ne se sont pas traduites par une amélioration des performances mais les économies d'N n'ont pas été préjudiciables.

→ Les résultats en blé mettent en évidence :

- L'importance des conditions de valorisation des apports, peu prises en compte dans les conseils. (ex : résultats 2018)
- Surfertilisation dans 82% des situations, moyenne de 38 kgN.ha⁻¹
- Relation significative entre l'excès d'N minéral du sol à la récolte et la surfertilisation lorsque celle-ci excède 50 kgN.ha⁻¹

→ Soulève la question de l'intérêt des OAD qui devraient éviter ces situations en s'adaptant aux conditions annuelles

Limites de l'étude et perspectives

- Limites de la modélisation et de la crédibilité des prédictions du modèle
- Elargir la base de données en intégrant les nouvelles mesures de la teneur en nitrate dans la solution du sol à 1m
- Poursuite du projet 2021-2023
 - Intérêt d'étudier le comportement des OAD dans d'autres années climatiques
 - Lien au projet Gazelle (Pilotage de l'azote par les résultats, dont l'azote potentiellement lessivable)

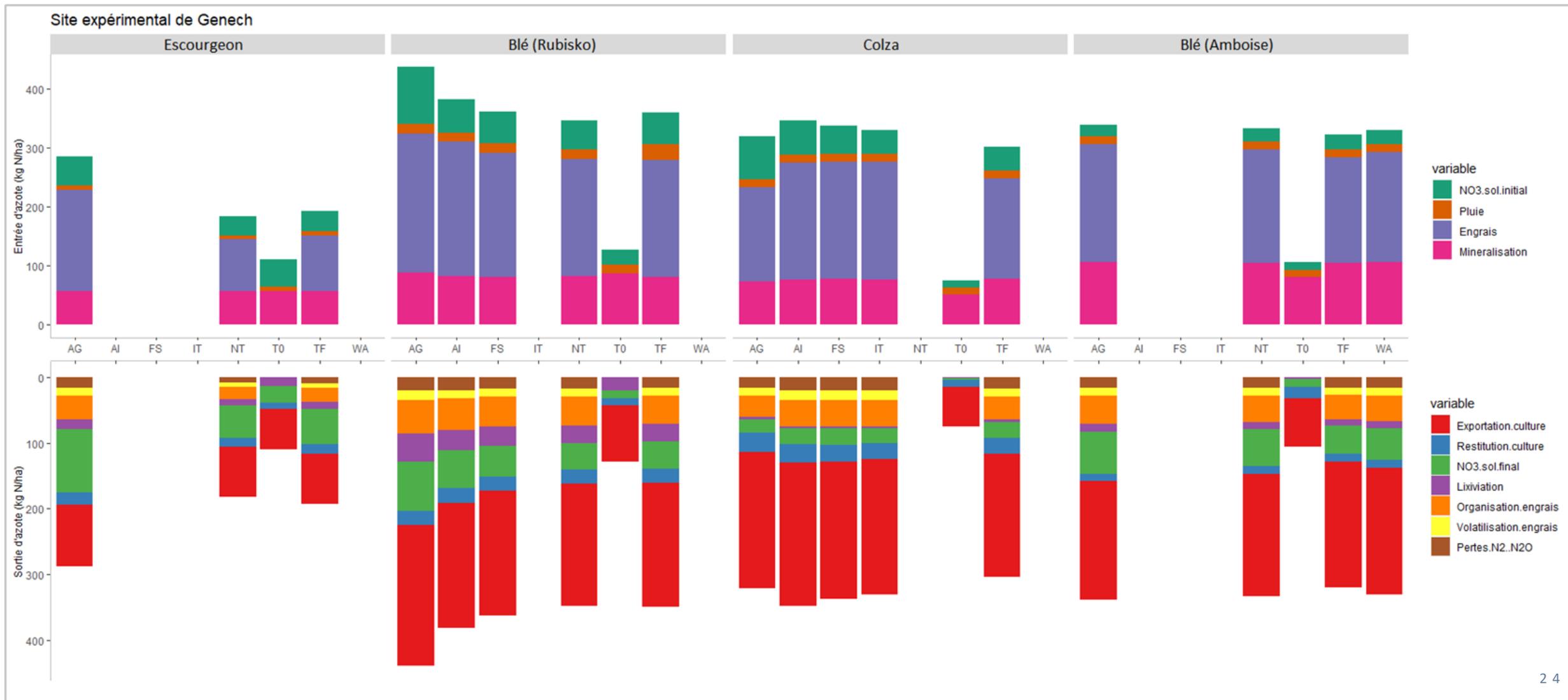


MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



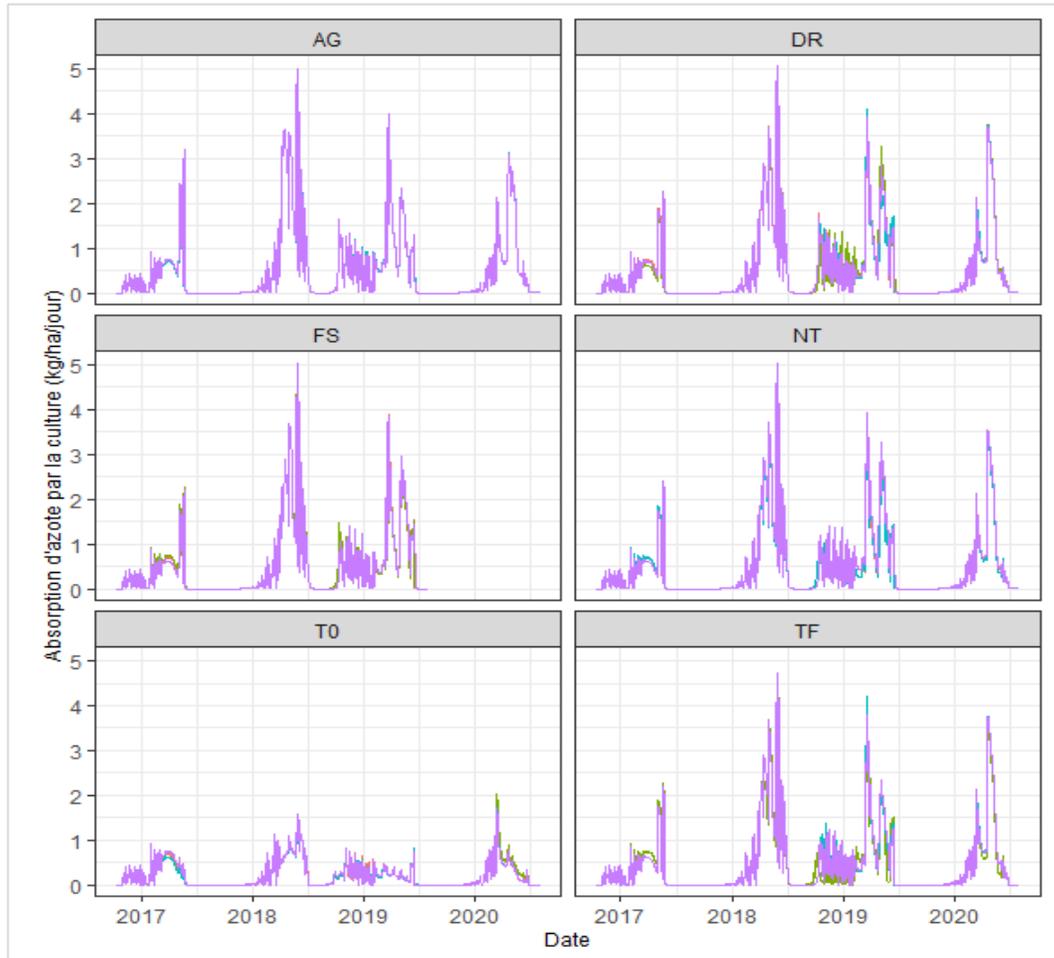
QUANTIFICATION DES FLUX D'AZOTE

Bilan annuel de l'azote minéral simulé (kg/ha), par modalité sur le site expérimental de Genech

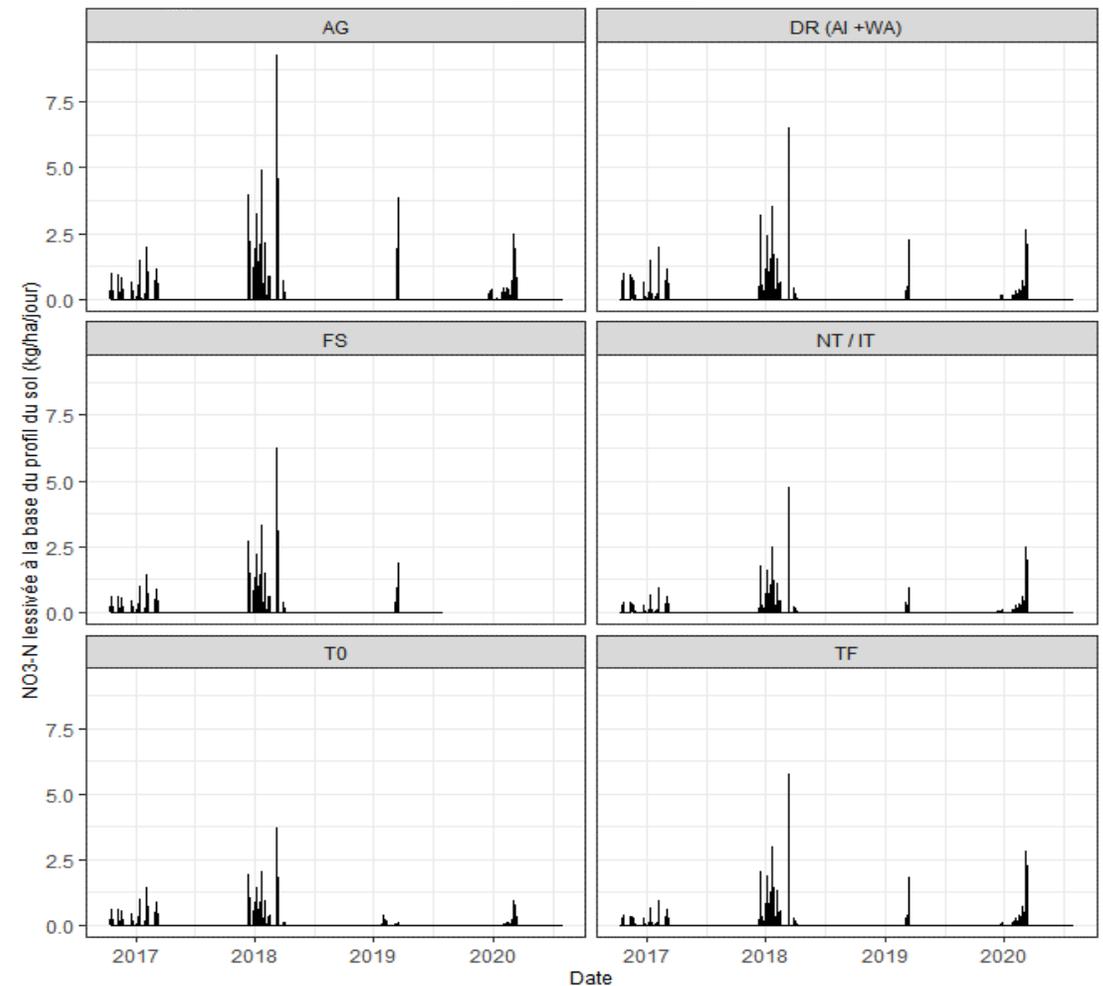


QUANTIFICATION DES FLUX D'AZOTE

Absorption d'azote (kg/ha/jour) par les cultures
par modalité sur le site de Genech

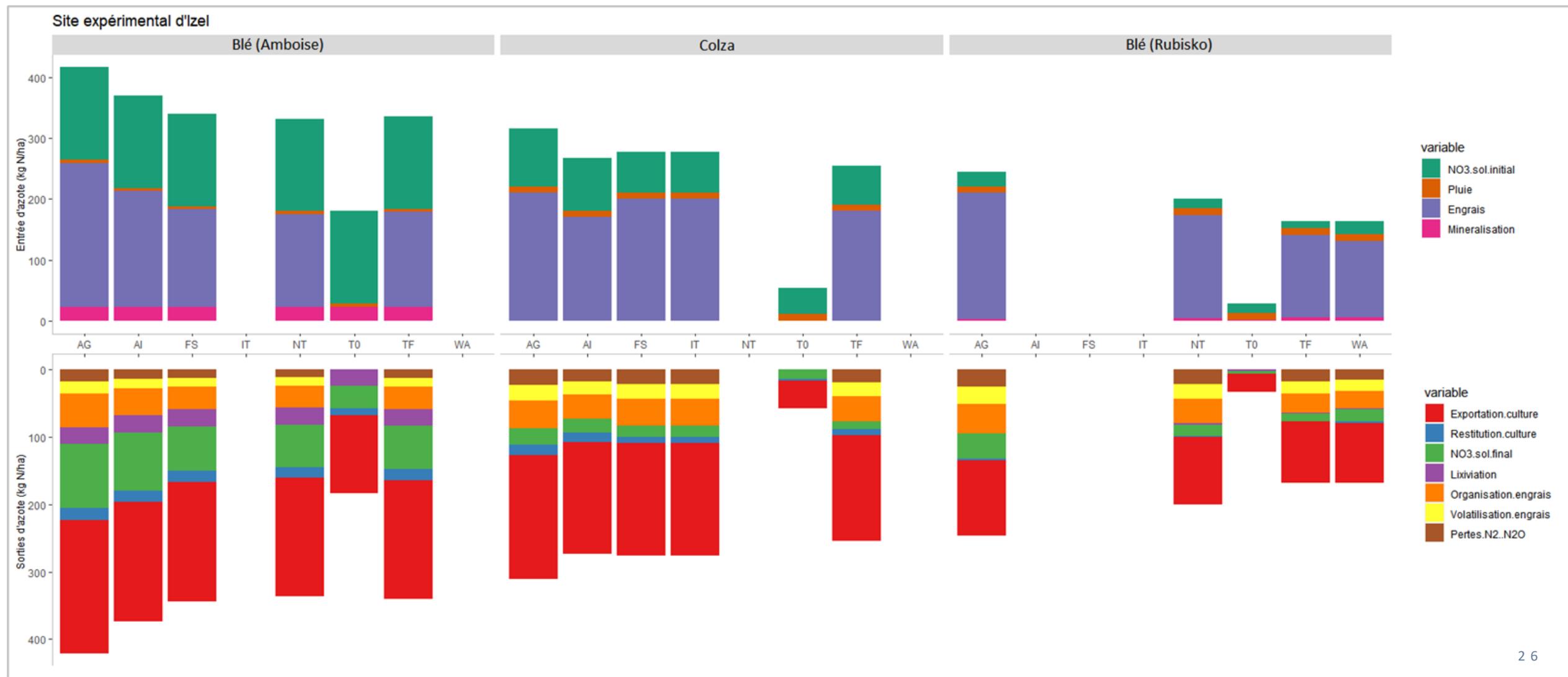


Quantité de NO₃-N lixiviée à la base du profil de
sol (kg/ha/jour), sur la parcelle expérimentale de
Genech



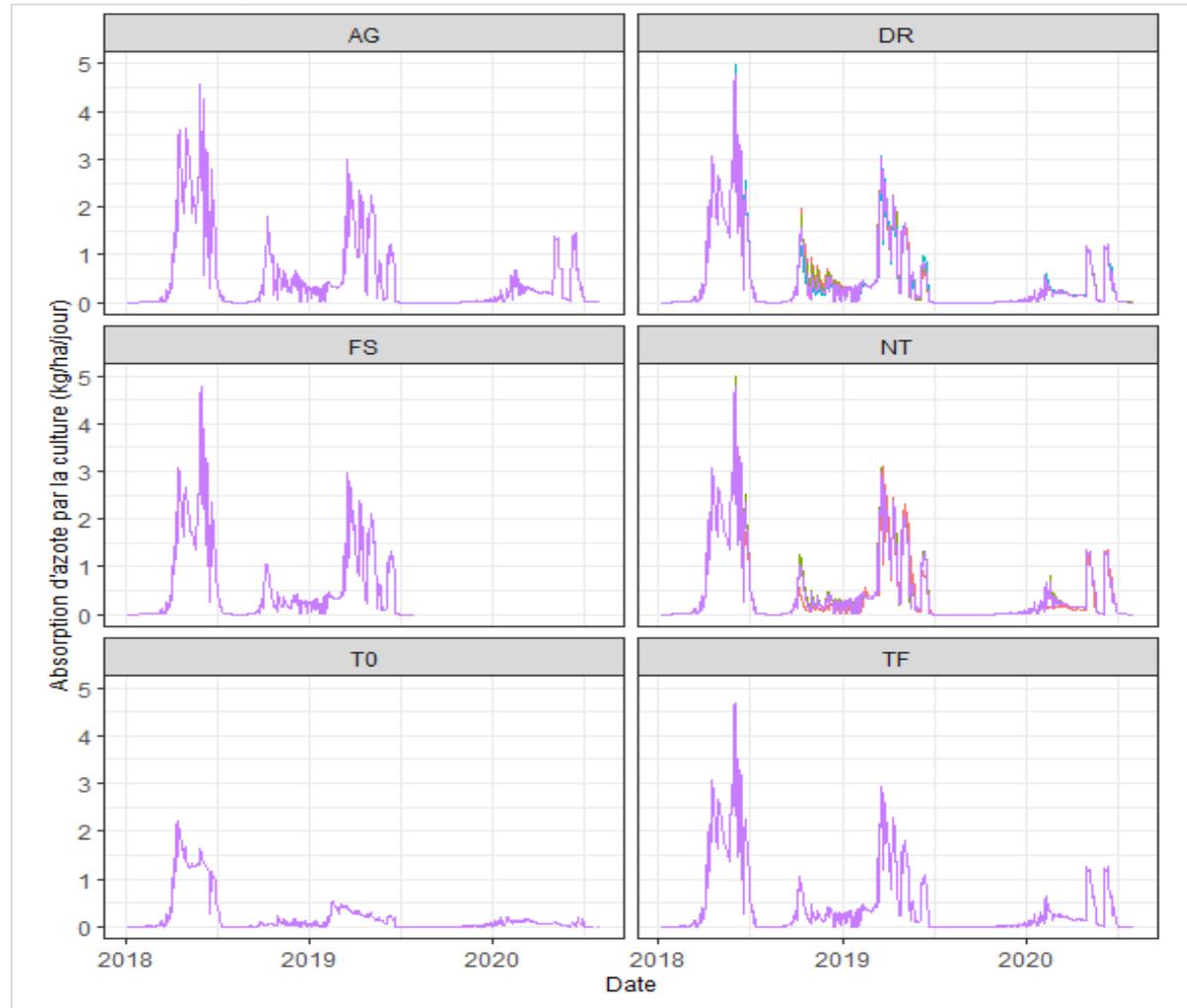
QUANTIFICATION DES FLUX D'AZOTE

Bilan annuel de l'azote minéral simulé (kg/ha), par modalité sur le site expérimental d'Izel



QUANTIFICATION DES FLUX D'AZOTE

Absorption d'azote (kg/ha/jour) par les cultures par modalité sur le site d'Izel



Quantité de NO₃-N lixiviée à la base du profil de sol (kg/ha/jour), sur la parcelle expérimentale

