Sols & Territoires

Réseau Mixte Technologique

BOUCLAGE
Recyclage, Fertilisation, Impacts Environnementaux

IDTypTerres

aide à l'Identification des types de sols pour les Décisions agronomiques et agroenvironnementales via des outils nomades et des données harmonisées (TypTerres)

Tests de l'intégration des TypTerres dans les OAD/modèles de pilotage de la fertilisation azotée

Projet CASDAR RT (2021-2024)

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté
Égalité
Fraternité

J.Y. Cahurel, F. Obriot, C. Revalier, L. Soucémarianadin, R. Tscheiller

Les typologies agronomiques TypTerres

https://sols-et-territoires.org/produits-du-rmt/typterres

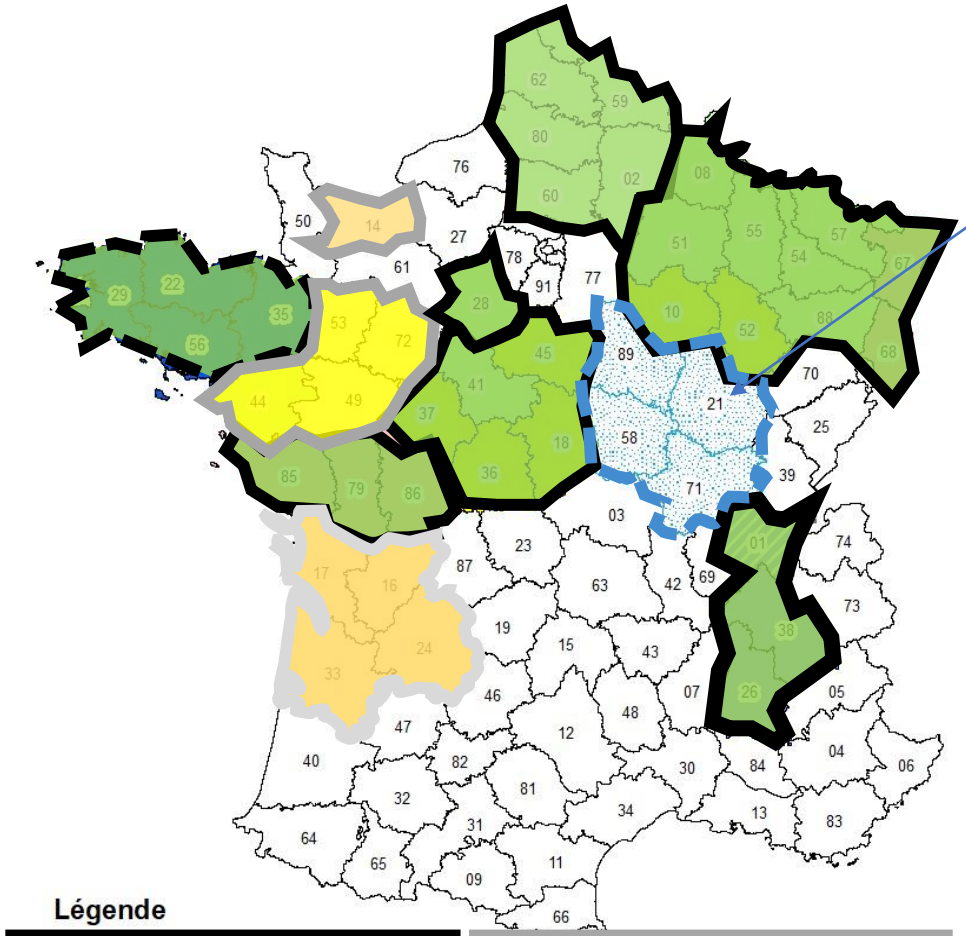
RRP : Base de données format DoneSol

Intégration des données sous le format du DataMart

Construction nom UTT = texture + profondeur + éléments grossiers + état calcique + hydromorphie + matériau parental

NOM TYPTERRES	MAT PARENT	GEOL	RPF	PHOTOS	Surf. tot	Surf. 36	Surf. 79	Surf. 85	Surf. 86	Id Typterre	Id couche	N° couche	Nom couche	Ep couche	Ep Sol	%EG	Type EG	Couleur	Ca actif	Ca tot	C	N tot	MO	CEC	pH eau	%A	%L	%S	TEXT GEPPA	TEXT AISNE	DA	Estimation RU du Sol (mm)
Argileux, profond, moyennement caillouteux, hydromorphe, sur argile lourde	Argile lacustre	Tertiaire	REDOXISOL, PELOSOL, BRUNISOL-REDOXISOL, vertique	oui	18 539	1 894	3 217	0	13 428	A_1	A_11	1	LA	25	109	18	silex, quartz	Brun		0,0	14,8	1,1	25,5	17,4	5,9	331	403	266	Als	A	1,42	140
										A_1	A_12	2	S	46		17	silex, quartz	Gris Rougeâtre	0,0	0,2	0,3	0,6	0,5	25,1	6,9	510	217	273	A	ALO	1,43	
										A_1	A_13	3	C	38		10	silex, quartz	Gris Verdâtre	2,5	3,9	0,3	0,5	0,4	25,5	7,1	652	88	260	AA	ALO	1,43	

TypTerres : Etat d'avancement



Typologie TypeSol Bourgogne

- Bonne couverture de la moitié Nord…
- A l'exception d'AURA, absence des typologies dans la moitié Sud

Des avancées méthodologiques avec le projet [IDTypTerres](#) !

Légende

TypTerres finalisés

TypTerres en cours

TypTerres en cours de finalisation

IDTypTerres

Sols & Territoires
Réseau Mixte Technologique

BOUCLAGE
Réseau Mixte Technologique
Recyclage, Fertilisation, Impacts Environnementaux

Finalité : Accompagner concepteurs et utilisateurs outils d'aide à la décision (OAD) et modèles « **sol-dépendants** », pour une **meilleure performance du conseil agronomique**

CASDAR RT 2021-2024

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté Égalité Fraternité

Des partenaires nombreux et diversifiés :

acta LES INSTITUTS TECHNIQUES AGRICOLES#
ARVALIS
IFV
Terres Inovia l'agronomie en mouvement
AGARIC IG
AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE GRAND EST
AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE NOUVELLE-AQUITAINE
AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE ISÈRE
AGRICULTURES & TERRITOIRES CHAMBRE D'AGRICULTURE LOIRET
Aurea AgroScience
LDAR Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherche
L'INSTITUT agro Rennes Angers
UniLaSalle Terre & Sciences
EPL du bas-rhin

Partenaire non financé :
INRAE
InfoSol

Chef de file : acta LES INSTITUTS TECHNIQUES AGRICOLES# ; Chef de projet : Laure Soucémarianadin

Objectifs d' IDTypTerres

Les besoins

- Des listes de sols en **nombre raisonnable,**
- Des données **simplifiées, «digérées» et accessibles,**
- Des typologies à différentes échelles **(locales, départementales, régionales, interrégionales et nationales),**
- Des données sols **adaptées et harmonisées,**
- Des **aides pour reconnaître les sols**

TypTerres

- Développer une méthodologie pour construire les clés de détermination
  - Tester les clés auprès de différents publics cibles
- Développer des outils informatiques pour aider à déterminer les TypTerres sur le terrain
- Tester l'intégration des typologies TypTerres dans des outils de conseil de fertilisation azotée (Δ conseil) :
  - AzoFert®,
  - N-Pérennes,
  - CHN

Plan

IDTypTerres

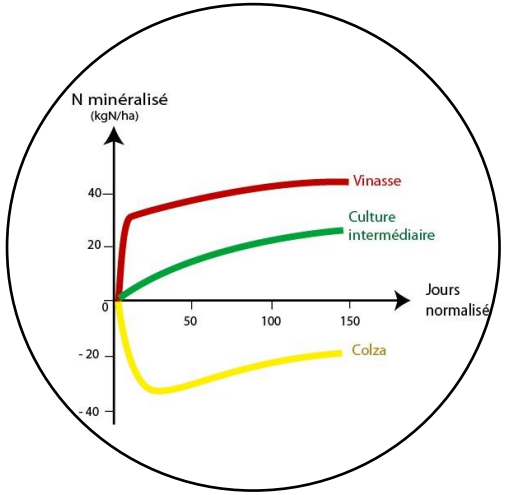
- ✓Présentation des outils
  - AzoFert®
  - N-Pérennes
  - CHN
- ✓Protocole des tests
- ✓Données d'entrées
- ✓Correspondance (typologies)
- ✓Sensibilité des variables
- ✓Conclusions et perspectives

AzoFert®

INRA – Unité Laon Reims Mons JM Machet, P. Dubrulle

LDAR – C. Le Roux

Références et paramètres régionalisés :
Type de SOL
Cultures
Variétés
PRO…



Mesures du laboratoire d'analyses

Rf - Ri =
(M'n+X+Ap+Fns+Fs+Ir) –
(Pf-Pi+Ix+Gx+Lx+Gs+Ls)

Modèles de calcul

Interventions culturales

Prélèvement Reliquat d'azote minéral

Culture intermédiaire

Semis

Gestion des résidus de culture

Produits organiques

Apports de fertilisants azotés

Fiche de renseignements

Acquisition données décadaires sur différentes stations météos

CONDITIONS METEOROLOGIQUES REELLES

CONDITIONS METEOROLOGIQUES MOYENNES

Récolte de la culture précédente

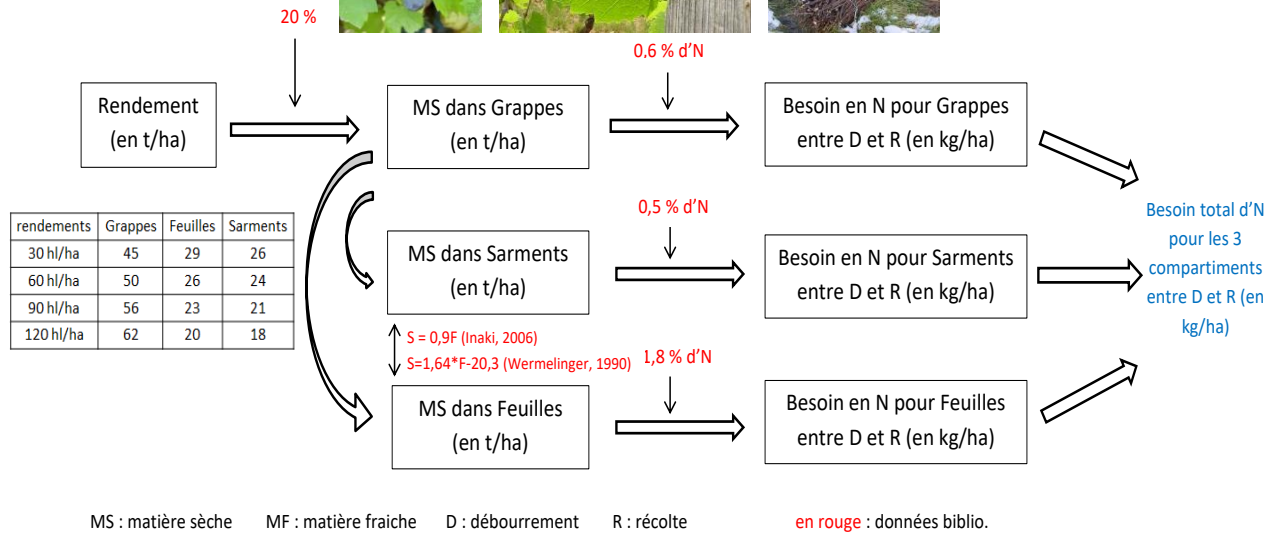
Ouverture du bilan

Récolte de la culture à fertiliser

<u>Sorties du moteur</u> : les résultats des calculs des postes du bilan pour arriver à la dose conseillée

Les spécificités N-Pérennes

- Cycle pluri-annuel : mise en réserves
  - ♣ hypothèse égalité des réserves début-fin cycle
  - ♣ plusieurs compartiments à prendre en compte (répartition MS et %N)
- Rangée de plantes : rang, inter-rang
  - ♣ prise en compte entretien du sol (enherbement)
- Ouverture/fermeture bilan
  - ♣ vigne : débourrement/récolte



rendements	Grappes	Feuilles	Sarments
30 hl/ha	45	29	26
60 hl/ha	50	26	24
90 hl/ha	56	23	21
120 hl/ha	62	20	18

MS : matière sèche MF : matière fraiche D : débourrement R : récolte en rouge : données biblio.

Références et paramètres régionalisés :
Type de SOL
PRO…

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORET
Avec la contribution financière du Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural

CHN : un modèle mécaniste à potentiel applicatif

ARVALIS

Modèle CHN
ARVALIS - Institut du végétal

BDD météo

BDD sols

Précédent et CI →

BDD variétés

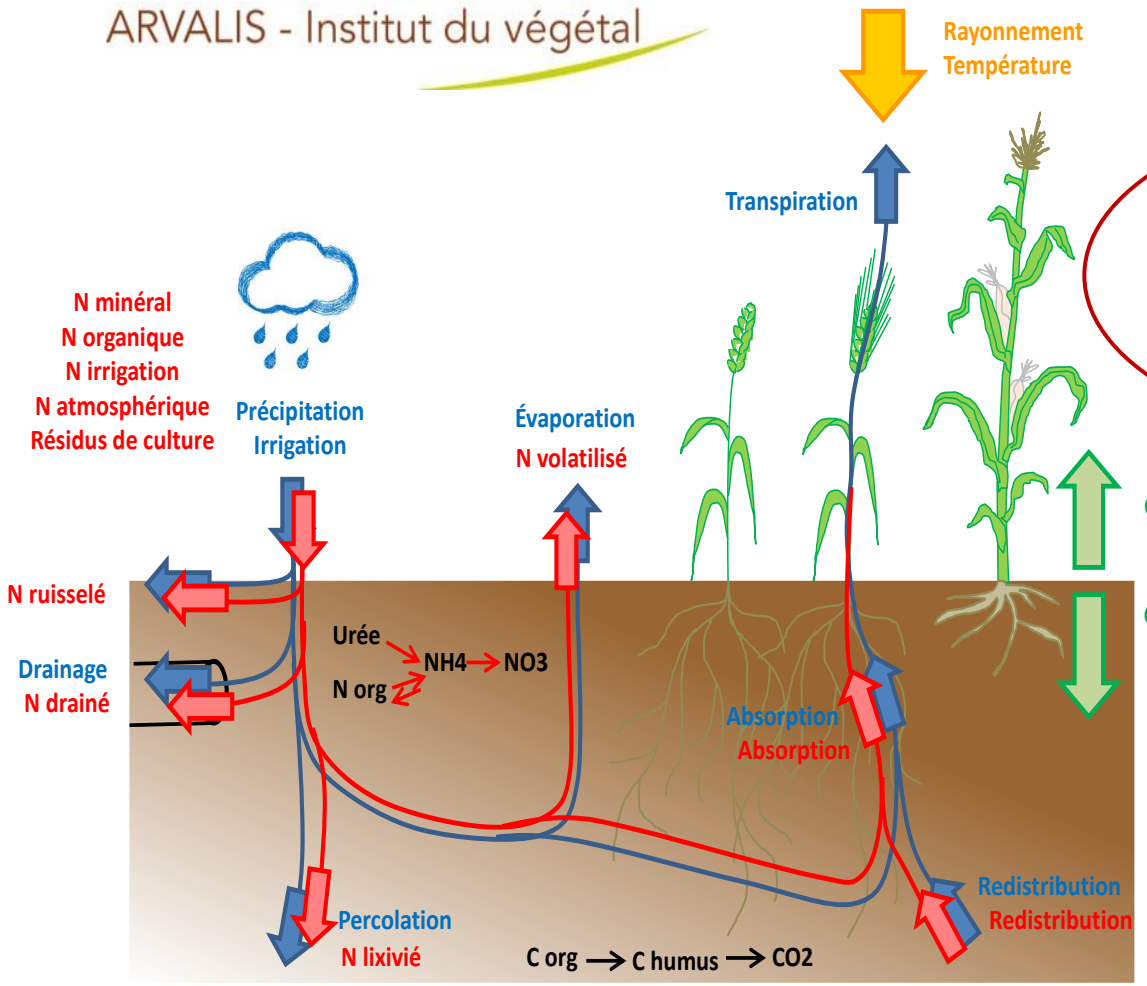
BDD engrais

BDD PRO

ITK →

- Variétés
- Date & densité de semis
- Ferti N minéral
- Ferti PRO
- Irrigation
- W du sol

Mesures plantes/sol →
Capteurs



→ **Stades phénologiques**

→ **LAI & enracinement**

→ **Biomasse et Nabs**

→ **Indices de stress H_2O et N**

Variables d'étude proposées TypTerres

Croissance aérienne

Croissance racinaire

→ **Flux d'eau**
- Absorption
- Evaporation
- Transpiration
- Ruissellement
- Percolation
- Drainage
- …

→ **Stock d'eau /cm de sol**

Calcul par cm de sol

→ **Flux d'azote**
- Absorption
- Minéralisations
- Drainage
- Lixiviation
- Volatilisation
- …

→ **Stock azoté /cm de sol**

Territoires tests et protocoles

AzoFert®

LOIRET : **Cas-type** = 1 seul climat (moyenne sur 15 ans) × maïs grain avec irrigation × sols. TypTerres (n = 58) vs. AzoFert® CENTRE (n = 43)

N-Pérennes

INDRE ET LOIRE : **Cas-réels** (hybrides) = 1 seul climat (moyenne sur 15 ans) × 1 seul cépage (Chenin) × rendement = crémant de Loire (objectif de production)

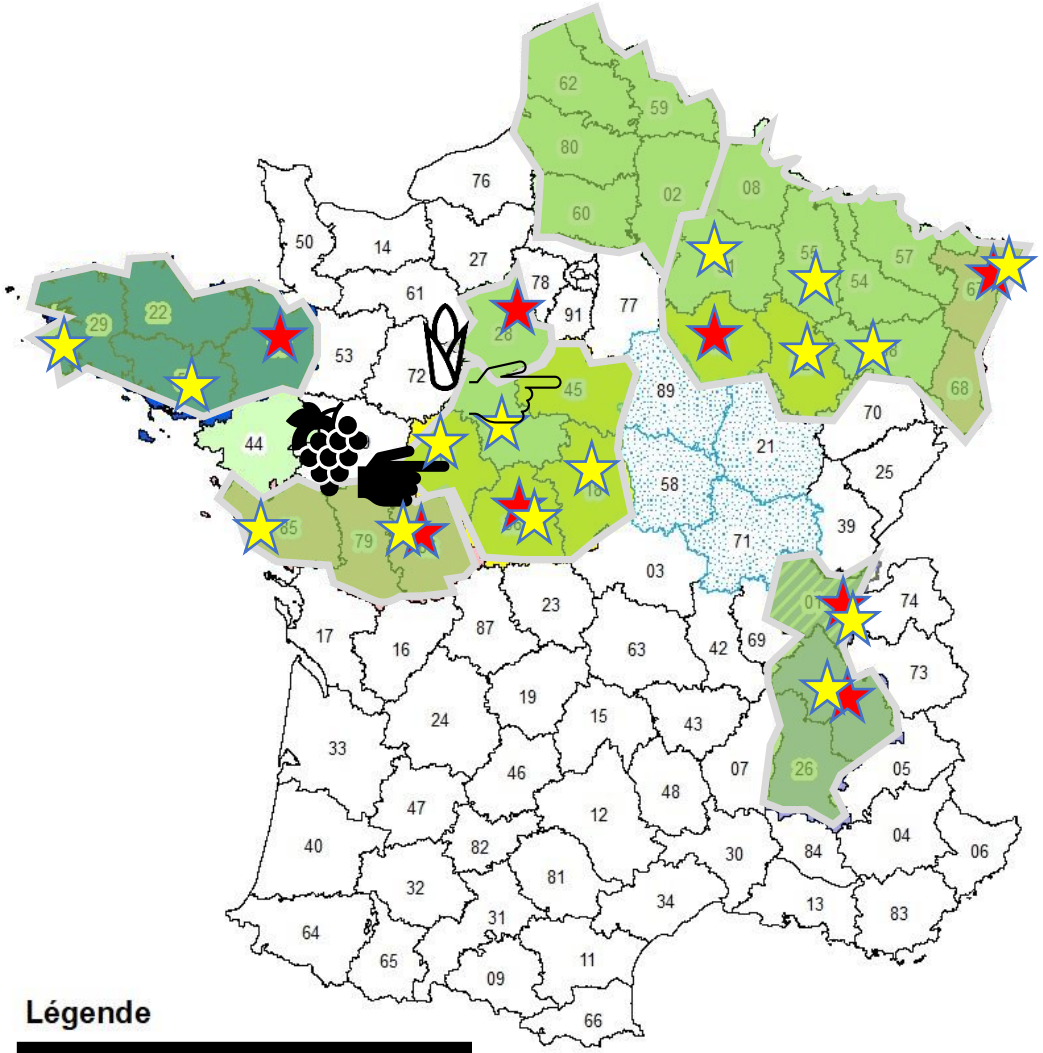
Correspondance entre carte terroir vignobles et UTT TypTerres : 31 parcelles (sols réels)

TypTerres complet (n = 11) vs AzoFert® CENTRE défaut vs. AzoFert® CENTRE complet

CHN

NATIONAL: **Cas-types** représentatifs des pratiques dans les territoires (n = 22 ; dans 8 départements)

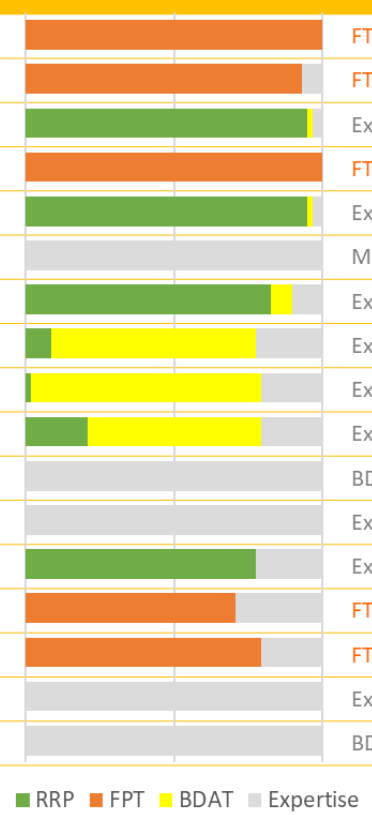
- Cas réels (45 essais, campagne 2017-2021)



Paramétrage AzoFert® : données d'entrée

Tableau : Données d'entrées sol nécessaires à AzoFert®

Variable	Présence dans TypTerre Loiret	Origine de la donnée sur les 58 UTT	Détail: FPT / expertise
Densité apparente surface	non		FTP Arvalis - INRAE
Densité apparente profondeur	non		FTP Arvalis-INRAE / CPT Bruand, expertise CA45
Argile sans décarbonatation	*oui*		Expertise CA45
Argile après décarbonatation	non		FTP Arvalis
Sable sans décarbonatation	*oui*		Expertise CA45
Sable après décarbonatation	non		Même proportion de calcaire pour Sab. et Lim.
Calcaire total	oui		Expertise CA45
C. organique	partiellement		Expertise CA45
N total	non		Expertise CA45
pH eau	oui		Expertise CA45
Prof. labour	non		BDD Azofert
Prof. potentielle enracinement	non		Expertise CA45
Charge en cailloux	oui		Expertise CA45
HCC	non		FTP Román Dobarco et al. (2019) / expertise CA45
HPF	non		FTP Román Dobarco et al. (2019) / expertise CA45
Eau utile (mm/cm sol)	non		Expertise CA45
Autres (7 paramètres)	non		BDD Azofert



Préparation du fichier Type Sol :

Stratégie pour combler les données manquantes et valider les données singulières :

- Utilisation de bases de données externes (BDAT)
- Utilisation de fonction de pédotransferts
- Expertise

Priorisation sur les variables les plus impactantes sur le modèle

Méthode identique pour **N-Pérennes**

Paramétrage CHN : données d'entrée

Tableau : Données d'entrées sol nécessaires à CHN (pour chaque horizon)

Variables sol	Présence dans les Typterres	Commentaires
Epaisseur	Oui	
Texture 5 classes	Partiellement	Texture 3 classes dans les TypTerres
Teneur en Matières organiques	Oui	Variables présentes, mais variabilité au sein des UTT, pratiques agriculteurs peuvent avoir une influence
C/N	Non	Utilisation données BaseSol Arvalis pour la simulation
Densite apparente	Partiellement	Valeurs TypTerres pour Alsace et Poitou-Charentes FPT Arvalis (autres typologies)
Hcc	Non	Fonction Arvalis
Hpfp	Non	Fonction Arvalis
Teneur en éléments grossiers	Oui	
Densité apparente des cailloux	Non	Fonction Arvalis
Nature des cailloux	Oui	Terminologie différente, travail d'harmonisation
Teneur en $CaCO_3$	Oui	
pH eau	Oui	Pratiques agriculteurs peuvent avoir une influence
Hcccailloux	Non	Fonctions ARVALIS à partir de nature des EG
Hpfpcailloux	Non	Fonctions ARVALIS à partir de nature des EG
Reserve Utilisable	Partiellement	Valeurs UTT quand disponible Fonction Arvalis (autres typologies)
Argile vraie	Non	Fonction Arvalis (cf. action 1.1)

- Données climat et ITK similaires dans l'étude
- Travaux nécessaires pour paramétrage sol
  - ♣ Validation des données d'entrées UTT
  - ♣ Stratégie lorsque données manquantes -> utilisation données BaseSol Arvalis
  - ♣ Harmonisation à l'échelle nationale : unité différente, certaines variables pas présentes dans toutes les typologies…
- Incertitude liée au Corg et Ntot : variables sensibles aux pratiques nécessaires pour le paramétrage

Etablissement de correspondance avec les typologies existantes

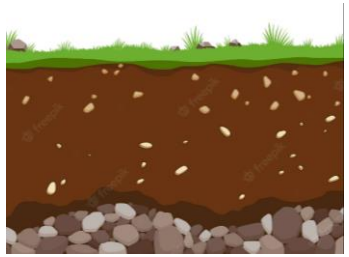
AzoFert®

N-Pérennes

CHN

??

=



- Règles de décision des correspondances
  - ✓ Choix *a priori* des variables pour les correspondances : texture couche superficielle, pH, $CaCO_3$, hydromorphie…
  - ✓ Autres variables prises en compte selon les outils
  - ✓ Libellé du sol, nature du substrat, classification pédologique
- Correspondance rarement parfaite, nécessite expertise chronophage et des arbitrages
  - ✓ 1 UTT = plusieurs sols de nos BDD respectives
  - ✓ A l'inverse 1 sol de nos BDD = plusieurs UTT

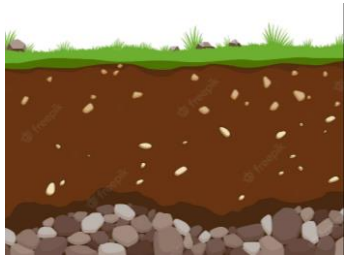
Résultats des comparaisons des typologies

Des différences malgré la correspondance

Même raisonnement pour AzoFert® ou N-Pérennes

??

=



- Une fois les correspondances réalisées, ce qu'il en sort au niveau du paramétrage :
  - ✓ Profondeur potentielle d'enracinement en cm = Ppe
    - ✓ majorité des UTT plus superficielles que le paramétrage AzoFert®
  - ✓ Charge en cailloux = Ccx
    - ✓ majorité des UTT plus chargées que le paramétrage AzoFert®
  - ✓ Humidité à la capacité au champ = Hcc
    - ✓ majorité des UTT qui ont une Hcc plus faible que le paramétrage AzoFert®
  - ✓ Humidité au point de flétrissement = Hpf
    - ✓ majorité des UTT qui ont une Hpf plus élevée que le paramétrage AzoFert®
  - ✓ Teneur en argile = Arg
    - ✓ Permet de distinguer les effets sur Mh

Identification des variables explicatives → AzoFert®

- Mh : minéralisation de l'humus du sol

  Surestimation du poste Mh pour une part significative des UTT.

  → Exacerbée par le choix de la situation test (culture d'été à cycle long, irriguée).

  → En règle générale, dans cette situation (durée du cycle comprise entre avril et octobre), ce poste Mh ne devrait pas excéder 120 kgN/ha.

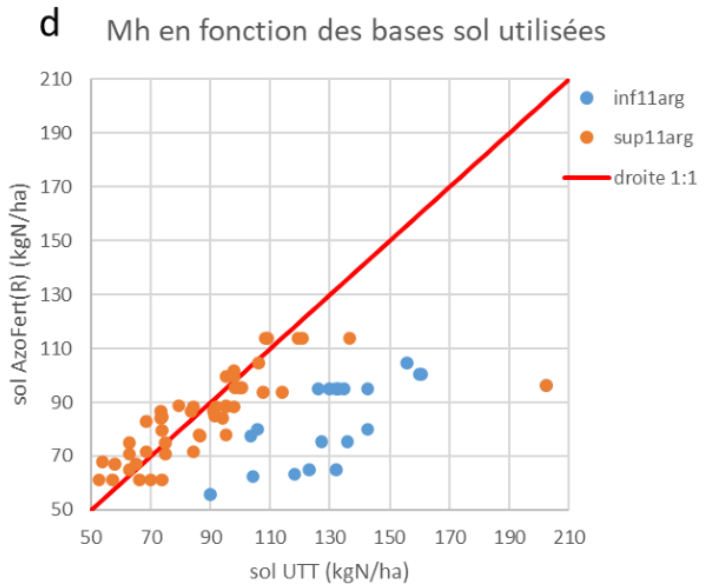
- Xc : Dose conseillée

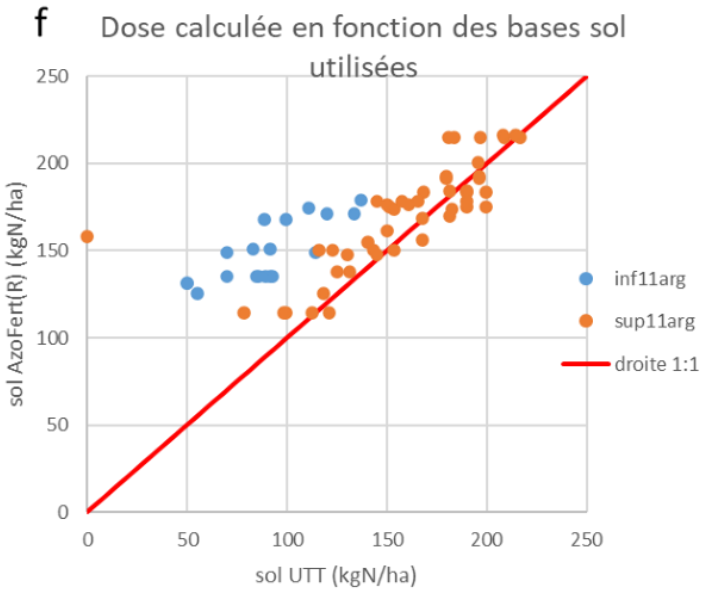
  → Des doses conseillées plus faibles avec les UTT pour les sols <11% argile.

  → Les sols les plus argileux (>11%) sont mieux représentés sur la droite 1:1

  → Il faudrait confronter ces résultats à des essais au champ.

  → Il faut donc soit revoir le paramétrage pour les sols moins argileux soit considérer qu'ils sont en dehors du domaine d'application de l'outil.





Identification des variables explicatives → N-Pérennes

En vigne, les doses conseillées sont faibles, les écarts ont donc plus d'importance.
Nombres de "cas-réels" = 31 parcelles

Complet = Granulo + analyses physico-chimiques mesurées

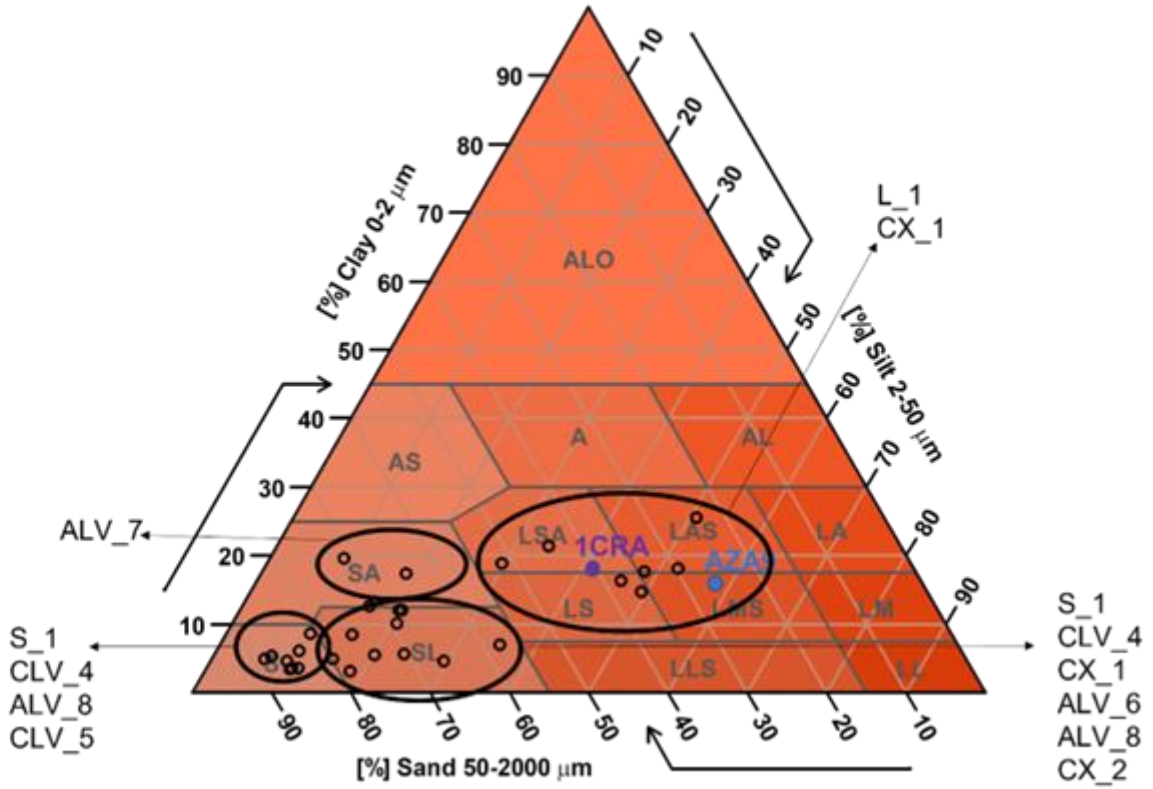
Défaut = paramétrage par défaut

- Dose calculée entre UTT et sol AzoFert ® > 10 kgN/ha :
  - ♣ Entre UTT_complet et CENTRE_défaut = 12 cas
  - ♣ Entre UTT_complet et CENTRE_complet = 2 cas
    (1 CRA et AZA9)

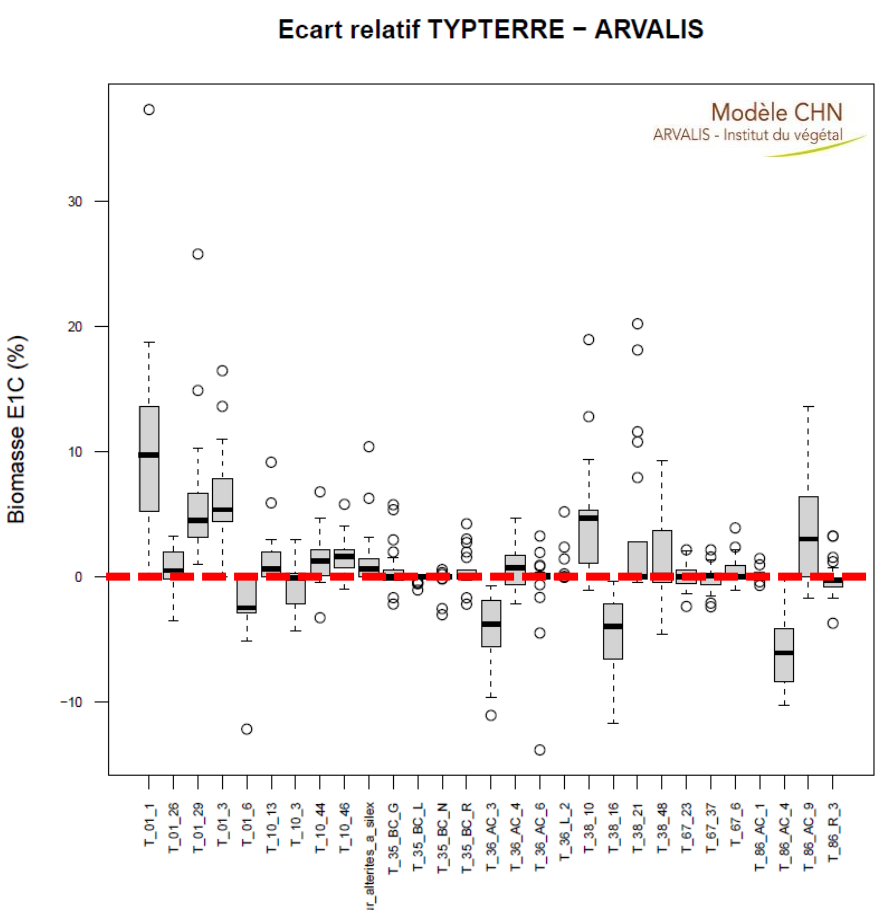
- Conclusion :
  - ♣ Hcc et Hpf = poids important dans les écarts
  - ♣ Les données analytiques précises permettent d'améliorer les conseils
  - ♣ Poursuite des travaux dans le projet PerN

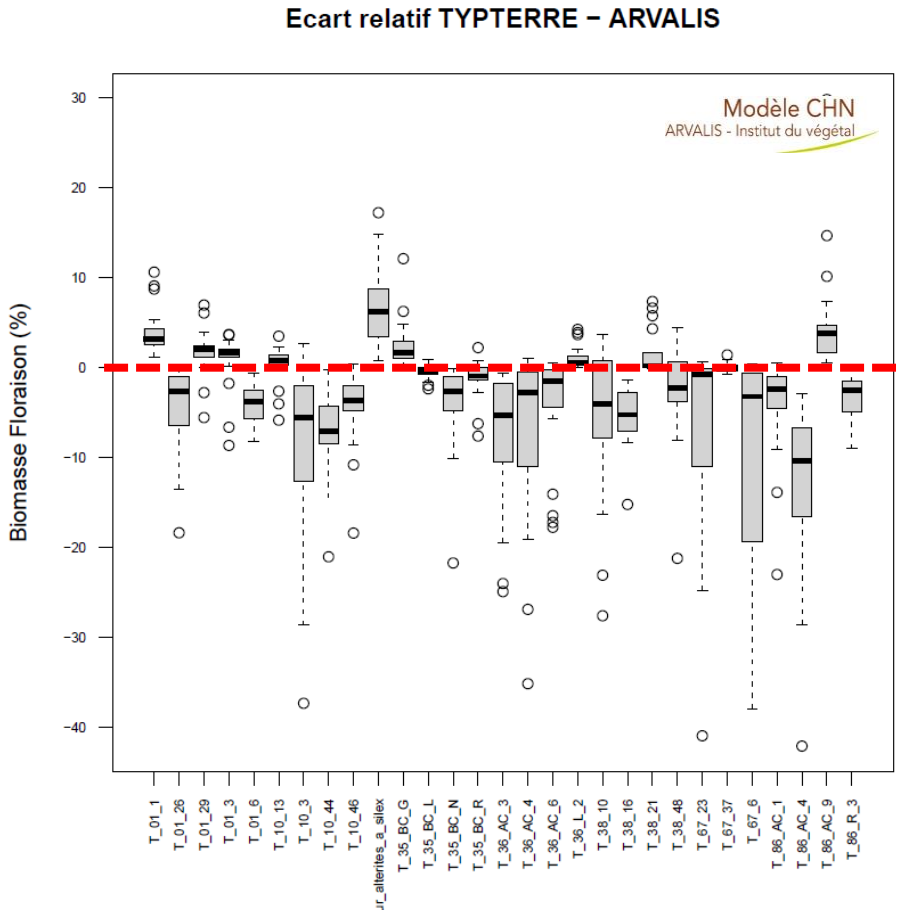
Granulométrie des « cas-réels » étudiés

Triangle des textures : Aisne



Exemple de sortie du modèle **CHN**
Comparaison écarts relatifs biomasse blé tendre d'hiver par cas-type





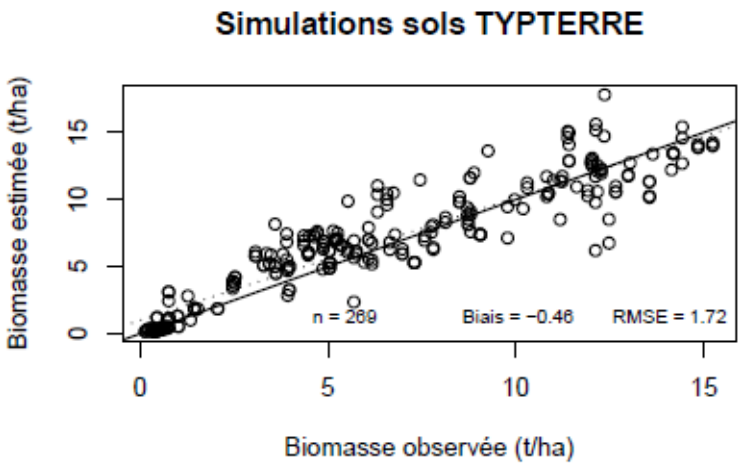
Espèces/variétés/pratiques/météo équivalentes
Données météo fréquentielle sur 1999-2019, réseau Météo France – Arvalis- INRAE

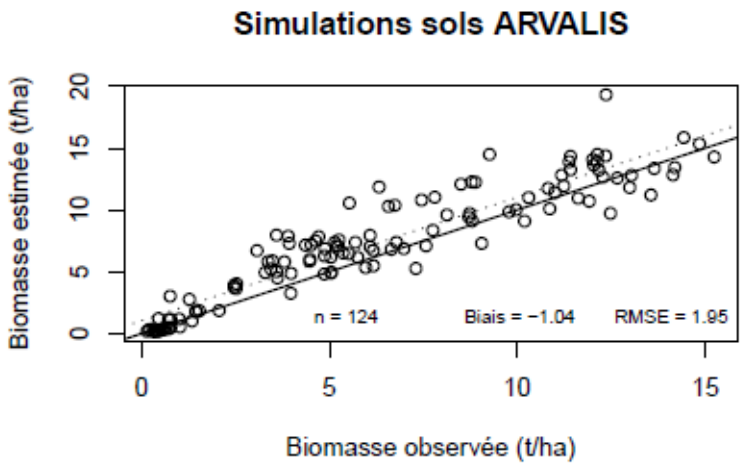
Jeu de données : virtuel = blé sur 1 sol × 1 variété × 1 date de semis (propre au territoire)
Durée : 21 années simulées (1999-2019)
Localisation : 8 départements
Sols : 22 sols types BaseSol correspondant à 29 UTT

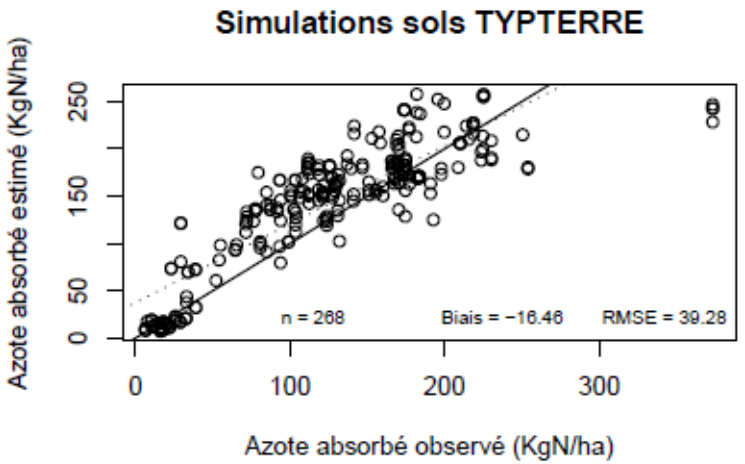
- Variabilité des écarts plus forte sur biomasse à floraison
- Les situations qui dévient fortement à floraison (30 à 40% d'écart relatif) sont souvent des situations où le réservoir utilisable est très différent entre le sol type et l'UTT

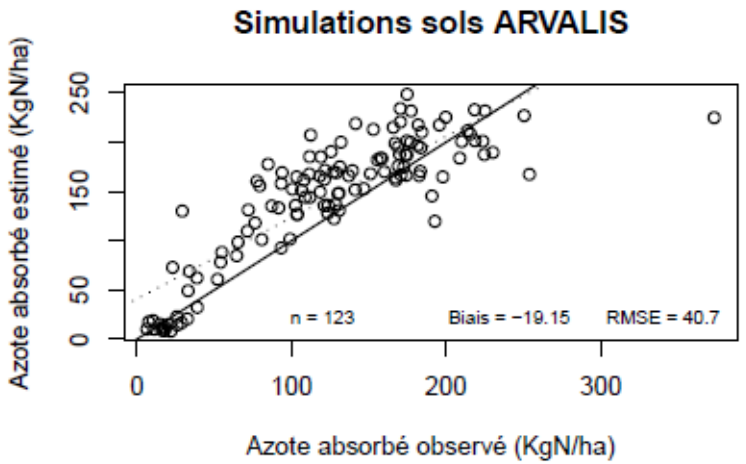
Exemple de sortie du modèle **CHN**

Comparaison écarts de biomasse et d'azote absorbé observés (données réelles) et estimés par CHN









Jeu de données : réel = essais terrain
Durée : 2017-2021 (1 à 3 dates de mesures par essai)
Localisation : 15 départements
Nombre d'essais cas réels : 45
Sols : 31 sols types Base Sol correspondant à 38 UTT

- Des situations où écart par rapport aux observations important, quelles que soient les données d'entrées
- Plus d'écart données TypTerres où biomasse décroche : lié aux RU faibles
- Résultats d'évaluation de modèles comparables entre BaseSol et TypTerres

Exemple de sortie du modèle **CHN**
Identification des variables explicatives

Observations

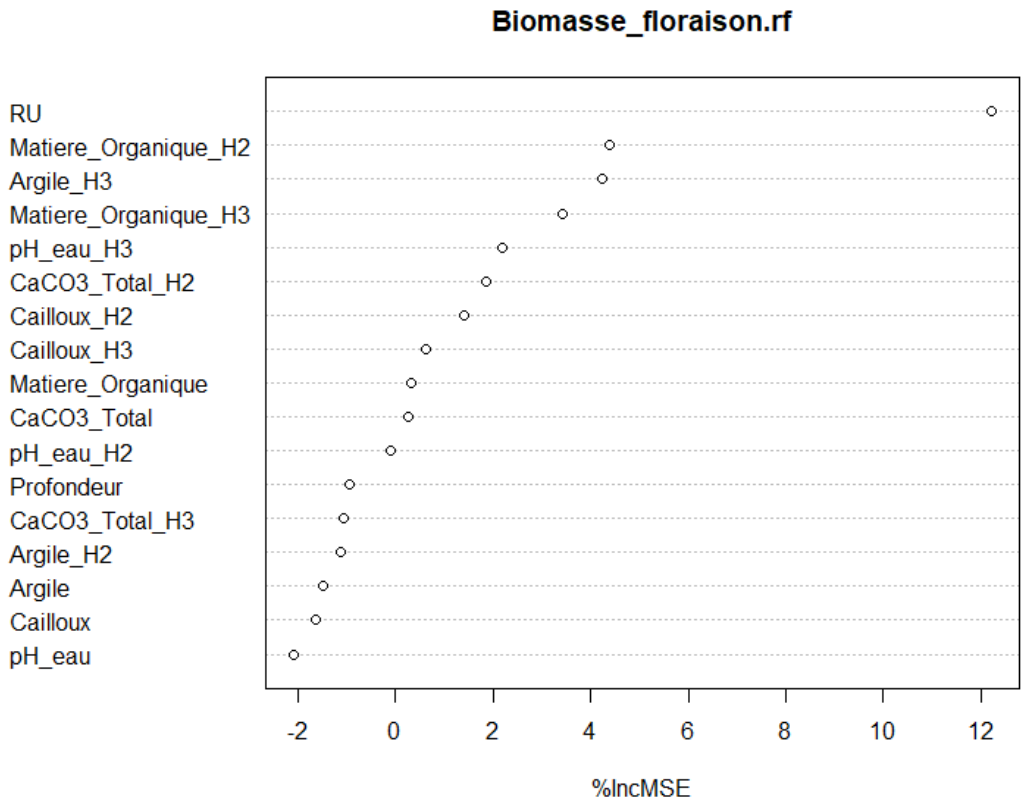
- Hiérarchiser les facteurs explicatifs : analyse des écarts entre variables d'entrées et de sorties
- Variabilité observée sur sorties CHN généralement contenue (+ ou – 5%)
- Dans les situations où les écarts sont importants :
  - ✓ Estimation Réservoir Utilisable (contribution des EG au RU, profondeur d'enracinement) -> effet variable selon météo mais Pb à partir d'écart de 15-20%
  - ✓ %MO sur l'Horizon de surface : peu visible sur variable de sortie plante mais visible sur les variables sols, des différences jusqu'à 30-35 kg d'N minéralisé par le sol semis-floraison
  - ✓ Texture du sol (quand grande différence)

Conclusion

- ✓ Climat est un catalyseur d'écarts sur les variables de sorties
- ✓ En situation où le stress hydrique est le principal facteur limitant : Réservoir utilisable et profondeur d'enracinement sont les variables les plus sensibles
- ✓ Pour modélisation du cycle de l'azote : granulométrie et teneur en MO

Limite de l'étude

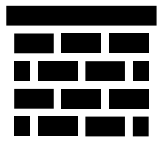
- ✓ C/N issu de la BaseSol Arvalis
- ✓ Stress azoté limité par des pratiques de fertilisation non limitante
- ✓ Diversité des situations simulées : pour le cycle de l'azote, certains cas peuvent être en dehors du domaine de validité des modèles



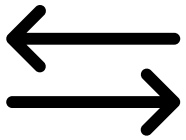
Exemple : analyse des écarts des variables d'entrées pour les écarts de sortie de biomasse floraison (Random Forest)

Recommandations pour utilisation/intégration des typologies TypTerres dans d'autres outils de conseil agronomique

- ✓ Une opération « difficile » = travail conséquent de correspondance et de vérification/validation (données entrée et sortie)



- ✓ Pour les outils ayant une utilisation nationale / sur des territoires larges : intérêt limité pour l'intégration des TypTerres tant que la disponibilité n'est pas nationale…



- ✓ Quand une base sol existe → Nécessité d'adopter un système de **correspondance entre les typologies** TypTerres et les typologies inhérentes aux outils, afin d'assurer l'utilisation de données d'entrées complètes et cohérentes

- ✓ Travail de communication nécessaire (à prévoir !) pour les utilisateurs historiques en cas de changement de nomenclature au profit des TypTerres

- ✓ Pour les régions avec une typologie existante : importance des clés de détermination pour aider à l'identification de l'unité TypTerres la plus proche

Typologie et clé de détermination

Questions successives → 1 type de sol (UTT)

Outil de détermination

TypTerres : fiche synthétique

UTT 2

Sable limoneux à limon sablo-argileux, profond, non caillouteux, non calcaire, sain issu d'alluvions récentes. (FLUVIOSOL BRUNIFIE)

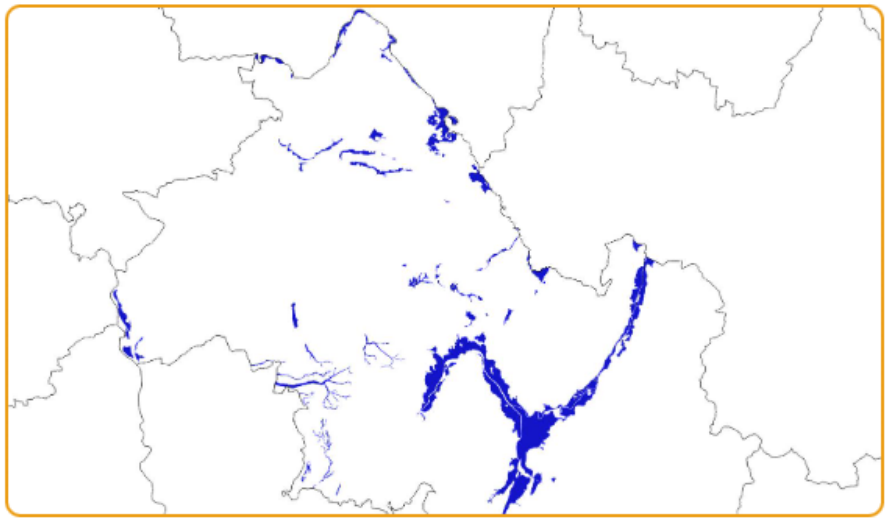
Surface : 2429 ha (Isère)

Correspondance avec d'autres typologies

Mes parcelles : Non défini

Position paysagère

Plaines alluviales du Rhône et de l'Isère et recouvrements alluviaux localisés dans le Bas-Dauphiné.



Couches de l'UTT

N° (nom RP)	1 (LA)	2 (S)
Profondeur (cm)	0 - 30	> 30
Texture (GEPPA)	LAS	Lsa
Couleur	Brun gris foncé	Brun gris
Argile (%)	25	16
Limons (%)	55	50
Sables (%)	20	35
Pierrosité (%)	15	25
MOS2(%)	3.3	0.4
pH	6.7	5.5
CaCO3	-	-
CEC3(meq / 100g)	17.0	6.0

1 : Valeurs les plus fréquentes | 2 : 1.72 x Corg | 3 : Metson

Profondeur (cm) : 60

Drainage naturel du sol : favorable

Exemple de fiche simplifiée pour l'UTT 2 du TypTerres Isère

Où trouver les informations ?

Informations : https://sols-et-territoires.org/projets/idtypterres

Réunion de clôture : 26 juin 2024 (Paris)