

ARVALIS
Institut du végétal

 **Terres
Inovia**
l'agronomie en mouvement



 **GEVES**
Expertise & Performance

 **INRA**
SCIENCE & IMPACT

Groupe Innovations variétales

Caractérisation et valorisation des lieux d'essais

Josiane Lorgeou – ARVALIS,

Marie-Hélène Bernicot – GEVES

Fabien Masson – GEVES

Journées du GIS GC HP2E 17 janvier 2017

FAM RU sols

CASDAR CTPS Carabiot

CASDAR CTPS Optirés

Caractérisation des lieux d'essais

Mesures sur
Plantes
Témoins
révélateurs

Dates des
stades

Rendement et composantes,
**Biomasse et mesures
intermédiaires**

Dégâts
maladies,
insectes

Conduites de
culture

Dates semis,
récolte

Dates et
doses apports
eau, azote

Protections et
travail du sol

Données
climatiques de
stations météo

Températures
mini et maxi

Rayonnement
et ETP

Précipitations

Sol

Type de sol, Granulométrie,
profondeur, albédo

RU et fonctions
de
pédotransferts

États hydriques
et en reliquats
azote

Indicateurs stress
→ covariables
abiotiques sur
phases cycle

Estimés avec
modèles et
sondes

Excès et déficits
en températures
et rayonnement

**Déficits
hydriques et en
azote**

FAM RU sols : Caractérisation des sols de 37 parcelles d'essais

Essais Variétés CTPS et Post-Inscription de maïs, sorgho et tournesol dans Sud-Ouest et Centre-Ouest



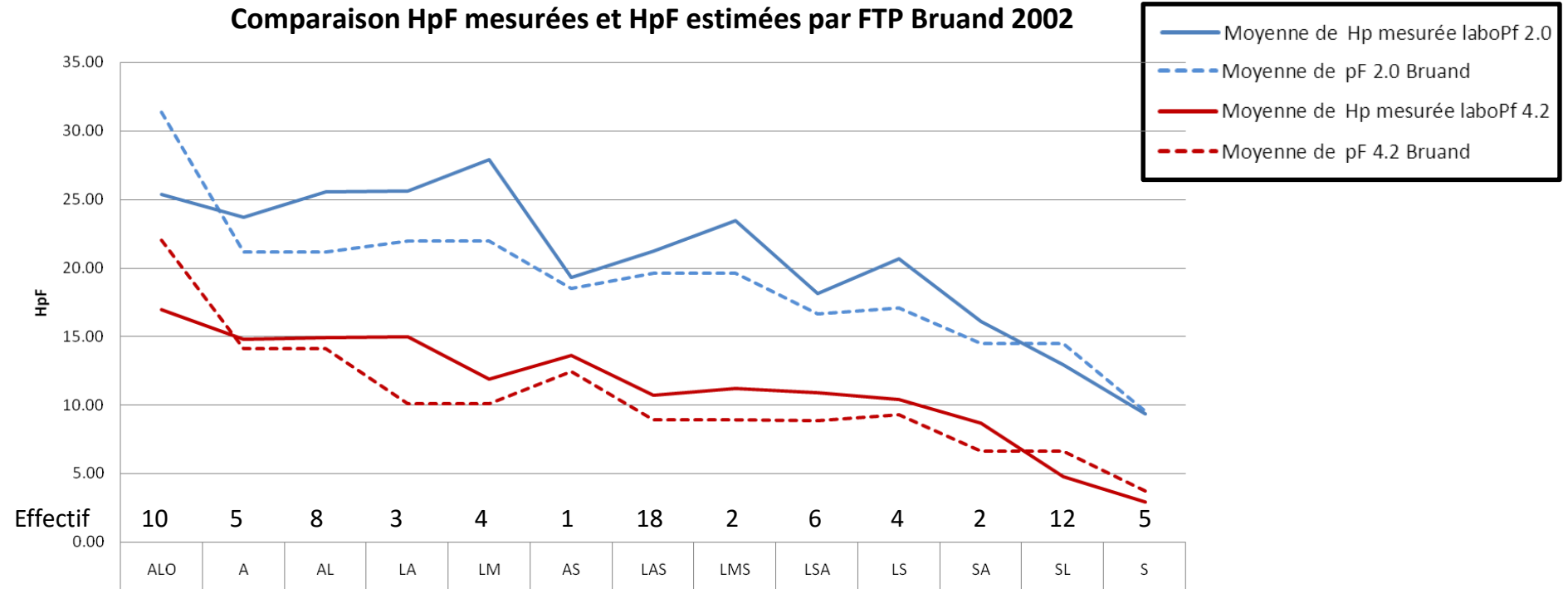
- **Caractériser sols de lieux d'essais pérennes du Sud - Ouest et Charentes de cultures d'été**
 - **Caractéristiques RU, obstacles enracinement, albédo, hydromorphie, battance,**
 - Estimer des co-variables agropédoclimatiques utiles à IGE, notamment bilans hydriques
 - **Appréciation de la variabilité spatiale des sols des parcelles**
 - Mieux localiser les essais au sein de parcelles pour études sous contraintes hydriques
 - **Déterminer des variables de Hcc, pF, Da pour des sols mal renseignés dans BDD**
 - Attribuer des caractéristiques de pédotransfert à des gammes de sols plus larges pour calculer des RU de sols non référencés
 - Comparer 2 méthodes estimation de RU
- **Compléter les bases d'Infosol et Soilbox**
- **Capitaliser des modes opératoires**



Avec le soutien financier de:



Comparaison des estimations de RU issues des mesures de terrain à celles issues de fonctions de pédotransfert (FPT)



- Estimations de HpF2 et 4.2 par FPT (2002) par classe de texture: écarts acceptables
- Ecart plus élevé à pF 2 qu'à pF 4.2
- Les écarts vont dans le même sens à pF 2 et 4.2: estimation de RU correcte

Projet caractérisation des parcelles d'essais – J.Landrieaux - J.Lorgeou - A.Bouthier, 2014

CASDAR CTPS Carabiot



UMR Agronomie
UMR Agroécologie
US Infosol et UR Science du Sol
UE Clermont, Dijon, Mons,
Rennes, Toulouse

Objectif : mettre en œuvre et comparer différentes méthodes de **caractérisation** de l'environnement **abiotique** d'essais variétés (pour se les approprier)

Description des conditions d'expérimentation

Caractérisation des réseaux : préalable à la structuration des réseaux et à l'analyse des IGEC

Focalisation sur stress abiotiques : des **covariables** qui décrivent **en dynamique le climat** (température, rayonnement) ainsi que les ressources en **eau** et en **azote**

Méthode d'acquisition des covariables :

Capteurs

Génotypes révélateurs

Modèles : option retenue



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE
ET DE LA FORÊT

avec la contribution financière du
compte d'affectation spéciale
« Développement agricole et rural »

Action 1 : données RU des essais Carabiot

La quête du Graal = définir la RU du sol

- Difficultés d'alléger les méthodes de caractérisation

Méthode (FAM RU sols)

RU = (humidité à la Capacité au champ – hum. au Point de flétrissement)

* densité apparente * épaisseur * % terre fine + eau des cailloux

RU = (HpF 2 – HpF 4,2) * da * e * % terre fine + eau des cailloux

Description des horizons pédologiques et prélèvements/horizon pour mesures de da et pF. → Calcul par horizon : RU mm/cm sol.

Prendre en compte la profondeur d'enracinement.

Méthode « Dégradée »

-Granulométrie par horizon (pédologique ou tous les 30 cm).

-Estimation de RU mm/cm sol à partir de la granulométrie et d'hypothèse de da, grâce à des fonctions de pédotransfert.

Type d'horizon	Texture	Réserve en eau en mm cm ⁻¹				
		Sans prise en compte de Da		Da horizon	Avec prise en compte de Da	
		$\theta_{1,5} - \theta_{4,2}$ (pF 1,5 – pF 4,2)	$\theta_{2,0} - \theta_{4,2}$ (pF 2,0 – pF 4,2)		$\theta_{1,5} - \theta_{4,2}$ (pF 1,5 – pF 4,2)	$\theta_{2,0} - \theta_{4,2}$ (pF 2,0 – pF 4,2)
	ALO	1,42	1,24	1,10 1,30	1,53 1,56	1,30 1,31

+ humidité pondérale (proche HCC) sur prélèvement faits pour les RSH.

Bruand et al, 2004

2 campagnes de prospections

2013 = 20 sites, 18 profils

2014 = 15 sites, 15 profils

Des résultats en retrait par rapport à l'investissement en temps.

Réutilisation des données Carabiot dans le cadre d'un stage sur la mise à jour des fonctions de pédotransfert (cf. exposé 18/01/2017).

Les suites données RU : des essais à mieux renseigner

- **Climat :**
 - Pluviomètre enregistreur sur la parcelle,
 - Autres paramètres : T, RG, ETP : réseaux de station météo.
- **Sol : utiliser les données existantes avec des dossiers d'essais plus complets :**
 - Faire des évolutions de l'outil de collecte des données d'essais (MAP sur essais CTPS et une partie réseaux post)
 - Proposer à l'expérimentateur/visiteur d'essai un document d'aide pour renseigner la partie sol

Sol			
Nom du sol :		Sensibilité à la battance :	[FORT] Fort
Classe texturale GEPPA :		Sensibilité à l'excès d'eau :	[DPI] Drainage parfois insuffisant
		Sensibilité à la sécheresse :	[POURVU] Sol bien pourvu
		Aptitude du sol au réchauffement :	[NORMAL] Sol normal
Profondeur du sol exploitable par racines (cm) :	90		
Obstacle à l'enracinement :		RU (mm) :	150
Profondeur apparition taches hydromorphie (cm) :		Méthode estimation RU :	
			Sol drainé : [N] Non

- Rajouter un champ pour que l'expérimentateur puisse mettre de l'info qualitative sur son sol (commentaire libre)
- Une aide en ligne pour renseigner le nom du sol dans le référentiel Soilbox (Arvalis)

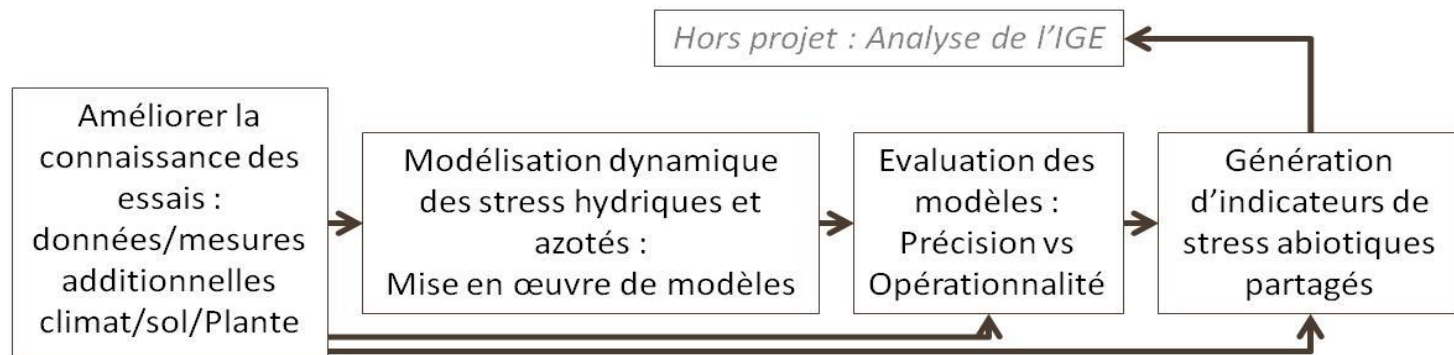
Actuellement en open sous Apiagro : types de sols référencés par région

Caractérisation				
Calcaire	Pierrosité	Texture	Profondeur	Hydromorphie
0 : Non calcaire (0 à 5%)	0 : Non caillouteux (<5%)	1 : Argileux (>30% A ou >25% A et >55%S)	1 : Superficiel (arrêt tarière <40 cm)	0 : non hydromorphe
5 : Calcaire (>5%)	1 : Peu caillouteux (5-15%)	3 : Limon-argileux (<55% S et 18%<A<35%)	3 : Moyen (40cm <arrêt tarière< 80 cm)	5 : hydromorphe (<60cm)
	5 : Caillouteux (>15%)	6 : Limoneux (<55% S et <18% A)	6 : Profond (arrêt tarière >80 cm)	
		7 : Limono-sableux (15%<S<55% et <18% A)		
		8 : Sablo-limoneux (>55% S et <15% A)		
		9 : Sableux (>55% S et <25% A)		

A venir :
-Profondeur
-RUMax

Action 2 : modèles pour caractériser l'environnement abiotique

- Des modèles pris en main sur quelques essais des réseaux CTPS (max 6 essais/an en 2013 et 2014) + apport d'autres situations expérimentales
- Mesures complémentaires (aux protocoles CTPS) sur plantes et milieu (sol, climat) pour :
 - fournir des données d'entrée nécessaires à l'application des modèles pour le calcul d'indicateurs hydriques et azotés,
 - et/ou fournir des données de référence pour valider la performance (qualité prédictive) des modèles.



Les outils mis en œuvre

		Blé tendre	Maïs	Sorgho	Colza	Betterave	Pois
Indicateurs azote et indicateurs agroclimatiques simples							
Climbox	Arvalis	X	X	X			
Azofert	INRA					X	
Diacol	Terres Inovia				X		
Irribet	ITB					X	
Bilan azote : Entrées/Sorties		X	X	X			
Utilisation de modèles de culture							
Azodyn colza	INRA/Terres Inovia				X		
BIHN	INRA	X					X
Pilote	Irstea	X	X	X		X	
CHN	Arvalis	X	X				

Travaux effectués dans Carabiot

Travaux effectués en parallèle

Mise au point d'une nouvelle version

Calage sur pois

Calage sur betterave

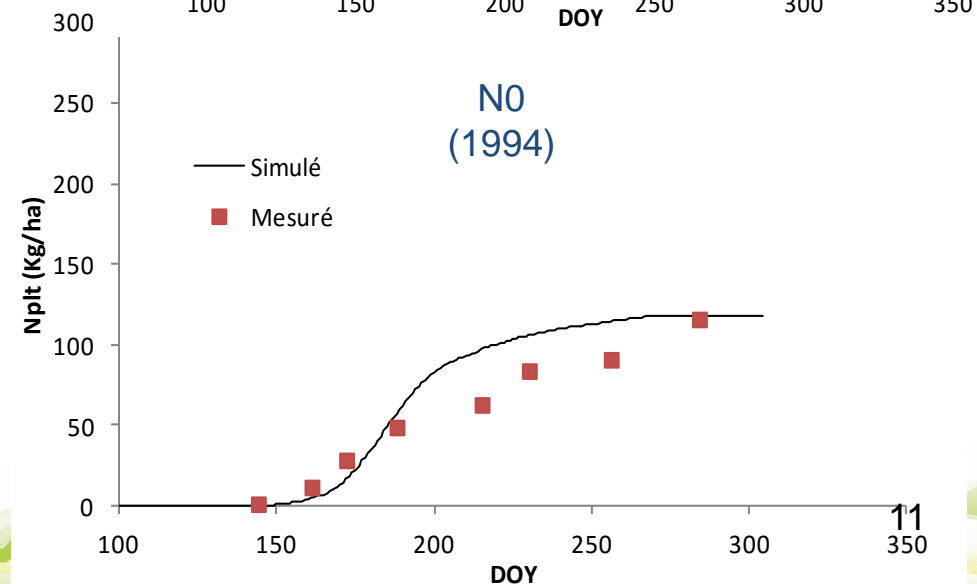
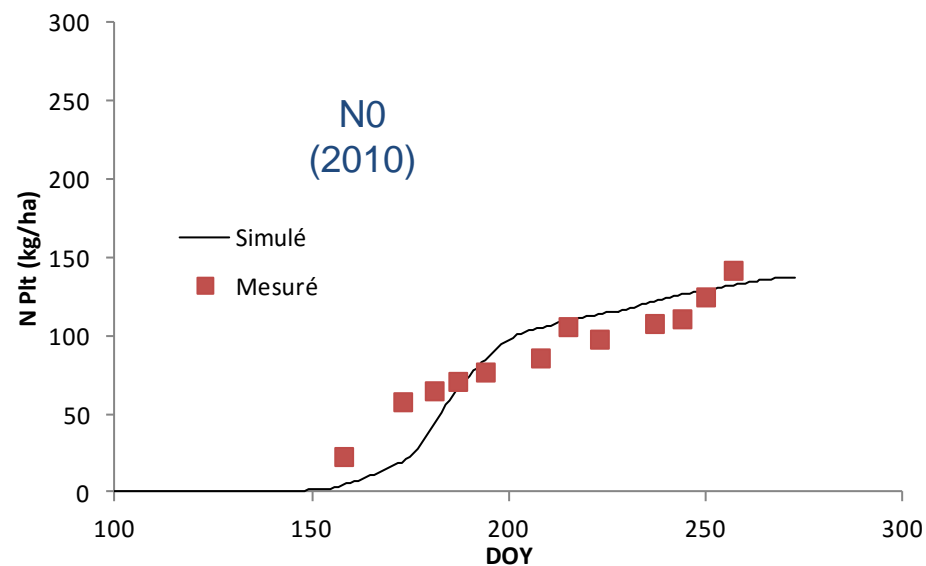
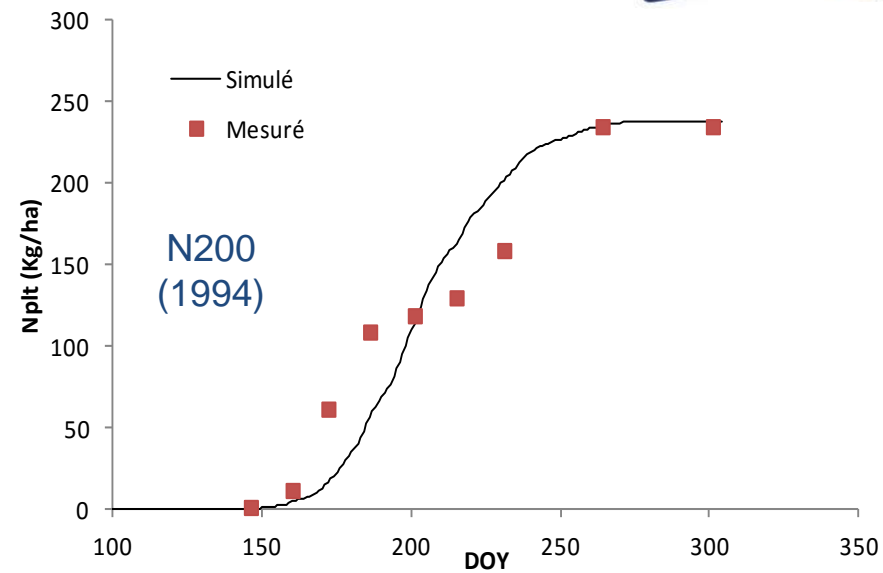
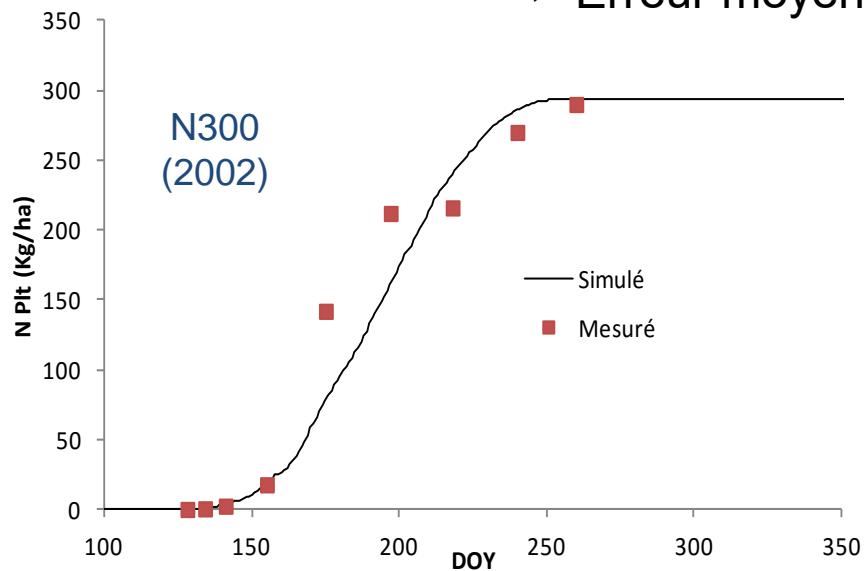
Mise au point sur blé et maïs

Betterave : calibration du modèle Pilote

Simulations de QNF



✓ Erreur moyenne d'estimation de QNF: 8%



Choix des variables de stress abiotiques qui impactent le plus le poids racine

→ Tri de covariables réalisé en utilisant une régression pas à pas de type bi-directionnelle.

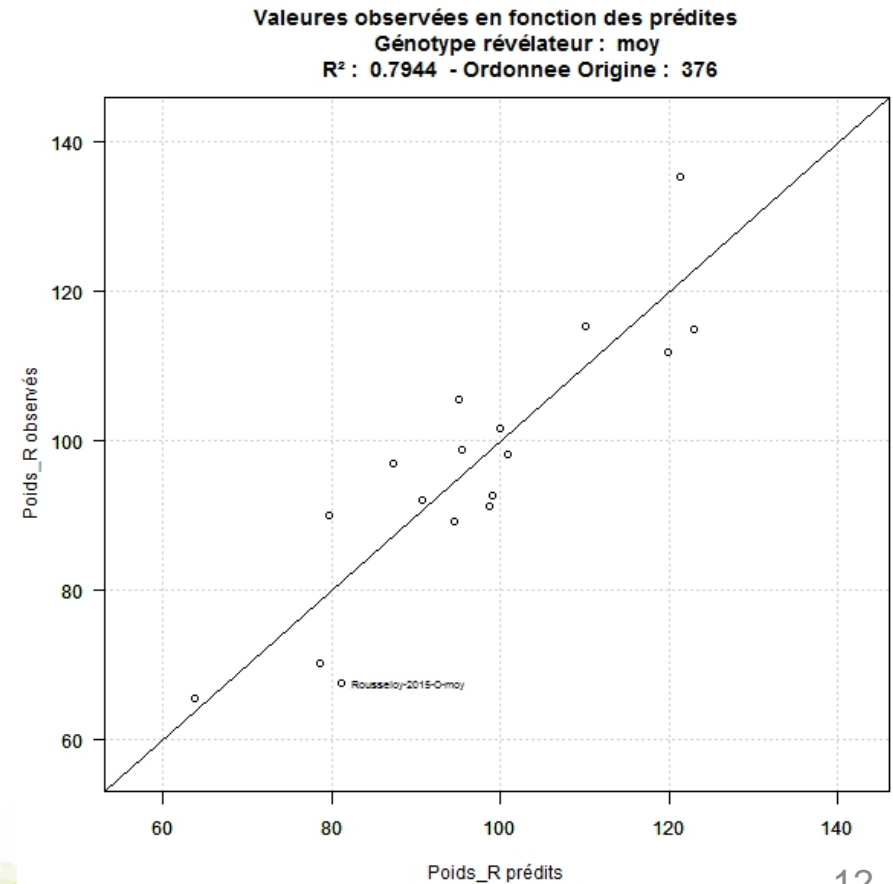
$$\text{Poids_R (t/ha)} \sim \mu + \alpha_1 \cdot \text{COV}_1 + \alpha_2 \cdot \text{COV}_2 + \dots + \alpha_n \cdot \text{COV}_k + \varepsilon$$

- COV1: Durée de végétation
- 2** COV2: **jj_semis**
- 3** COV3: **QNplante**
- COV4: NbjINN<0.8 (cycle)
- COV5: CumINN<0.8 (cycle)
- COV6: Minéralisation du sol
- COV7: ETR/ETM (cycle)
- COV8: NbjETR/ETM<0.8 (cycle)
- COV9: CumETR/ETM<0.8 (cycle)
- COV10: Diagnostic_524
- 1** COV11: **ETR/ETM (estival)**
- COV12: NbjETR/ETM<0.8 (estival)
- COV13: CumETR/ETM<0.8 (estival)
- COV14: Irribet_Nb jours DH (estival)
- COV15: Irribet_Cumul DH (estival)

Pilote

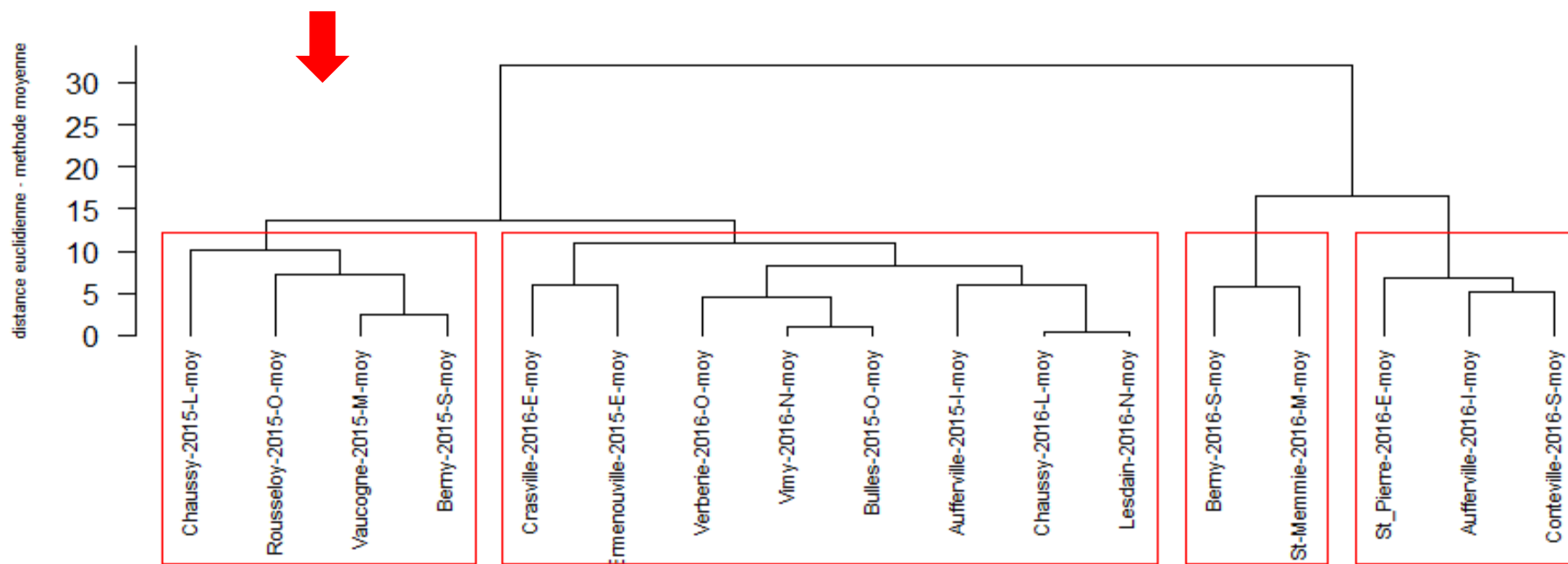
Irribet

Variable de caractérisation du milieu	AIC	R ²
1	95.5	0.29
1 + 2	84.6	0.67
1 + 2 + 3	78.4	0.79



Classification des lieux à partir des covariables issues des modèles

La prise en compte de ces 3 covariables permet d'isoler les essais présentant le plus de stress hydrique en 2015



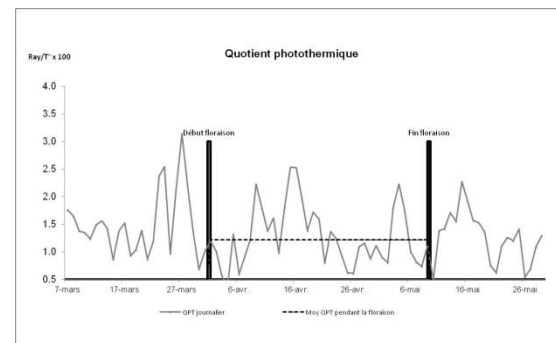
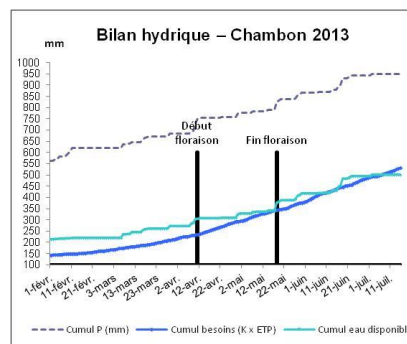
Colza : Modèle DIACOL – indicateurs climat/eau

DIACOL = outil simple de diagnostic agronomique de Terres-Inovia

⇒ utilisation du module climatique seul

⇒ Données d'entrée :

- Données climatiques
- Sol : types de sol, RU
- Phénologie : dates stades clé



Type de variable	Variable d'entrée	Remarque
Météo	T moyenne	Si possible, moyenne horaire arithmétique
Météo	T max	
Météo	T min	
Météo	P	
Météo	ETP	ETP Penman
Météo	Rayonnement global	
Météo	Irrigation	
Sol	Type de sol	triangle des textures de Geppa
Sol	RU	RU totale du profil
Phénologie	Date levée	
Phénologie	Date arrêt végétation	3 jours consécutifs à Tmoy < 5°C
Phénologie	Etat de la culture EH	stade
Phénologie	Date F1	Moyenne DK Exstorm - DK Explicite
Phénologie	Date fin floraison	Date F1 + 450 dj (base 0)

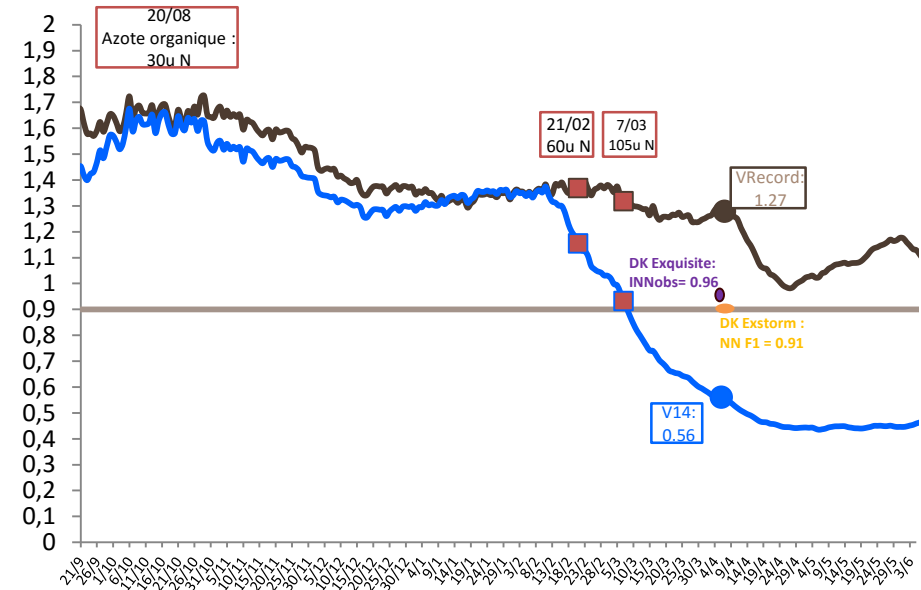
	Lieux d'essai											
	Chambon (17)		Ennetières (59)		Le Rheu (35)		Martincourt (54)		Crisenoy (77)		Tourney (28)	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Somme de T° automne	895.5	1066.3	786.3	652.1	897.6	963.5	682.1	867.05	814.08	834.6	749.1	
Gel hivernal	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	Non limitant	
Quotient photothermique floraison (journalier)	1.40	1.33	1.42	1.32	1.51	1.37	1.26	1.50	1.25	1.22	1.37	
Déficit hydrique pendant la floraison (journalier)	1.06	1.12	1.21	1.47	2.16	2.09	1.49	0.37	2.74	2.99	1.12	
Déficit hydrique post floraison (journalier)	1.02	0.82	0.60	1.00	1.48	1.02	1.02	0.21	2.27	1.68	0.50	
RU	70	90	120	150	200	150	70	50	200	200	70	

+ Indicateur qualité enracinement = forme et longueur du pivot (3 classes)

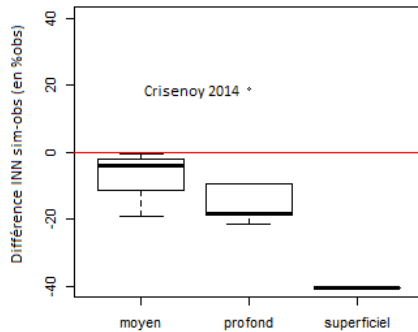
Colza : AZODYN – indicateurs N test de 2 versions Azodyn V14 et Azodyn Record

AZODYN-COLZA V14 et VRecord	
Type de modèle	Modèle dynamique à pas de temps
Objectif/Application	Outil d'aide à la décision (raisonner la fertilisation azotée) + évaluer les impacts environnementaux de la culture
Variables d'entrée	-ITK -Plante (date floraison) -Sol -Climat
Variables de sortie	Rendement et qualité Pertes azotées, bilan hydrique... Indice de nutrition azotée (INN) Quantité d'azote absorbé par la culture en sortie hiver.

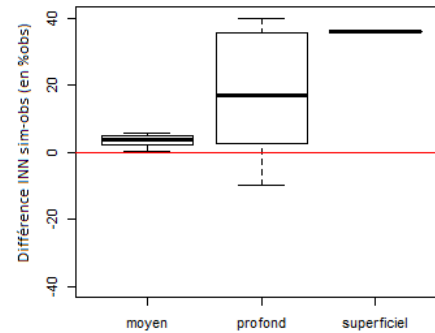
INN instantané Martincourt 2014



Différence INN F1 V14 - INN F1 moyen observé



Différence INN F1 record - INN moyen observé



- INN F1 sous-estimé avec V14 et sur estimé avec VRecord pour tous les types de sol MAIS meilleure simulation pour sols moyennement profonds.
- Outil à améliorer (recalage de la cinétique avec Poids EH – SH et INN F1).
- Reste à expertiser le bilan hydrique de cet outil

→ Depuis la campagne 2014/2015, toutes les plateformes d'essais CTPS colza (18) font des INN à F1.

➤ Classement des lieux expertisé en commission CTPS.



INRA
SCIENCE & IMPACT

Terres
Inovia
l'agriculture en mouvement

GEVES
Expertise & Performance

Les travaux modèles de bilans hydriques et en azote sur blé

3 modèles : CHN Arvalis, Pilote IRSTEA, BilHN INRA

	période 1 levée (semis + 150d°j) à épi 1 cm		période 2 épi 1 cm à mi-montaison (épi + 220 °J)		période 3 mi-montaison (épi 1CM + 220 °J) à floraison (épiason à 145°)		période 4 floraison (Epi + 145d°j) à grain laiteux (Epi + 430d°j)		période 5 grain laiteux (Epi + 430d°j) à fin maturité(Epi + 775d°j)	
	CHN	Pilot	BilHN	CHN	Pilot	BilHN	CHN	Pilot	BilHN	CHN
ETR/ETM= somme ETR sur la période/ somme ETM sur la période										
nb de jours ou ETR/ETM<1										
nb de jours ou ETR/ETM<0.8										
nb de jours ou FTSW<0.8 propre au modèle										
Cumul Excès eau (mm dépassant la RU) (1)										
nb jours d'excès d'eau (1)										
ETR en mm										
Indice de satisfaction propre au modèle (eau)										
INN en valeur absolue en fin de phase										
Nombre de jours durant lequel il y a stress pour l'indicateur INN, INN<1										
Nombre de jours durant lequel il y a stress pour l'indicateur INN, INN<0.8										
Nb de jours stress pour l'indicateur propre au modèle (azote)										
N absorbé										

➤ Calcul d'indicateurs décrivant les conditions abiotiques avec chacun des modèles sur 5 phases du cycle cultural

➤ Evaluation de la capacité prédictive des modèles en comparaison aux mesures réalisées sur essais

➤ Comparaisons des indicateurs calculés par les différents modèles

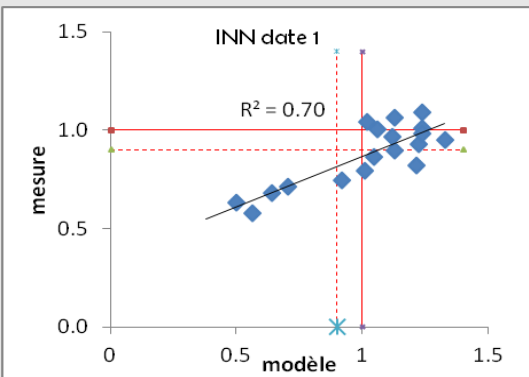
➤ Comparaisons des classements par les modèles



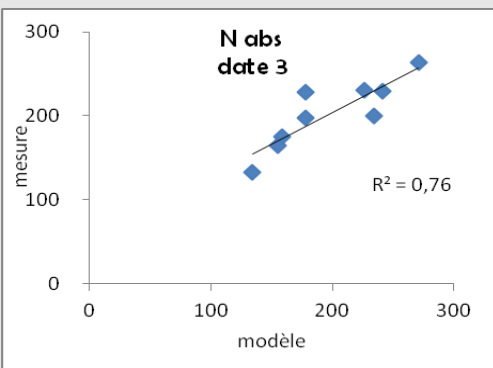
Les conclusions blé

Valeur prédictive des modèles moyenne à correcte (mais incertitudes aussi sur données mesurées et données d'entrées des modèles)

CHN stade 2 noeuds



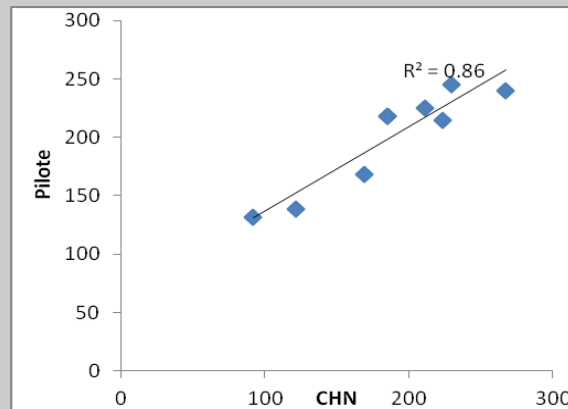
BilHN maturité



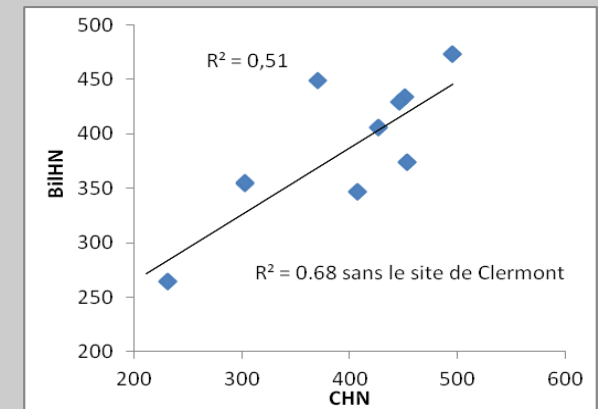
Comparaison des indicateurs calculés par les modèles :

- Calculés sur l'ensemble du cycle sur l'ensemble du cycle = Bonne convergence entre modèles pour le Nabs, correcte pour l'ETR.
- Comparaison des indicateurs calculés par phase : moins bonne convergence entre modèles.
- Travailler sur des indicateurs calculés avec le même modèle.

Nabs sur le cycle



ETR sur le cycle



Élargir le jeu de données de comparaison, autres travaux en cours.

CHN et BilHN donnent des éléments de diagnostic, Pilote nécessite un calage pour l'indicateur INN .

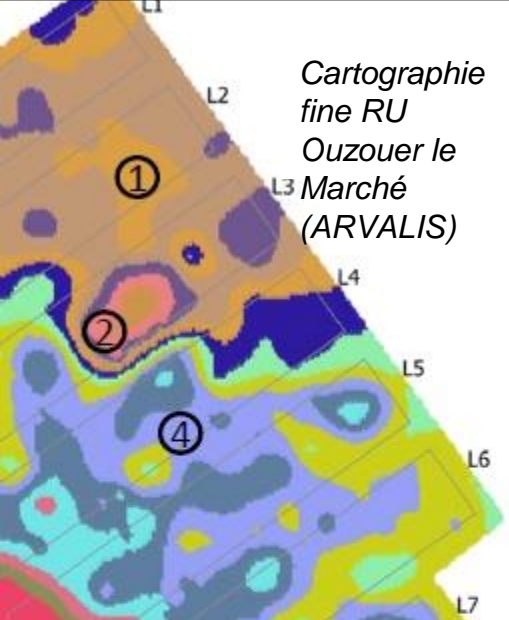
Outil pour classer des sites expérimentaux.

Optirés : augmenter le nombre et la diversité des sites 2017-2019



Action 1

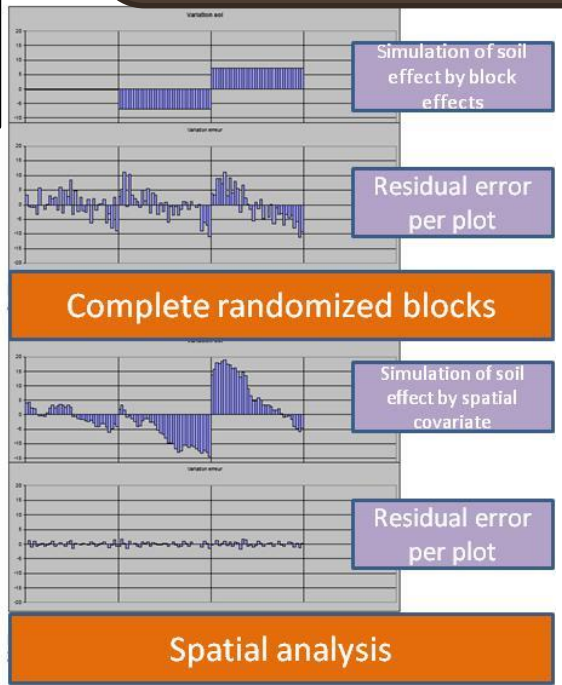
Améliorer la précision de chacun des essais en situations hétérogènes : analyse spatiale, ou avec covariable décrivant l'hétérogénéité du milieu



Objectif : Faire évoluer les procédures de traitement des données des réseaux d'essais variétés

Action 2

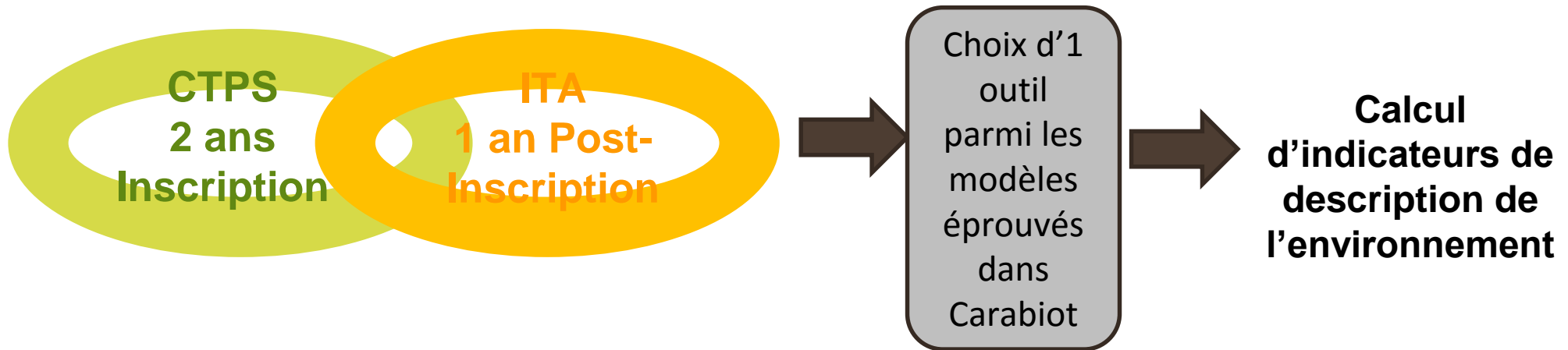
Augmenter le nombre d'essais valorisés dans les synthèses :
par la prise en compte des essais à variété(s) manquante(s), par une évolution des seuils de validation ?



- Meilleure valorisation des dispositifs mis en place
- Plus de précision, Plus d'essais retenus → plus de puissance dans les comparaisons variétales
- Exploration d'une plus grande diversité de milieux/conduites possible : oser dans des milieux plus hétérogènes (stress hydrique, AB, etc)

Conclusion

- La récupération des données nécessaires pour mieux décrire les sites est un défi quotidien dans les réseaux d'essais variétés.
- Pertinence d'utiliser des modèles pour fournir des indicateurs de description de l'environnement abiotique.
- Suites de Carabiot dans Caravage : utilisation dans l'action 1 d'un outil commun dans le continuum d'évaluation variétale CTPS/Post-inscription



- Interfaces informatiques entre bases d'essais variétés et outils de diagnostic agronomique : à développer même si des avancées.

Merci de votre attention