

15^È RENCONTRES

DE LA FERTILISATION RAISONNÉE
ET DE L'ANALYSE



Le rendez-vous biennal des professionnels de la fertilisation raisonnée

comifer
Comité Français de l'Association
de la Fertilisation Raisonnée

Gemas
Généraliste des Experts de la Fertilité des Solles

PILOTAGE INTÉGRAL DE LA FERTILISATION AZOTÉE

VERS UNE INTÉGRATION EN TEMPS RÉEL DE L'HÉTÉROGÉNÉITE PARCELLAIRE

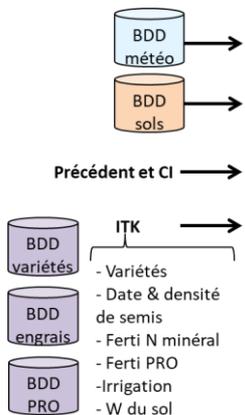
ARVALIS
Institut du végétal

François Taulemesse, Francesca Degan, Baptiste Soenen

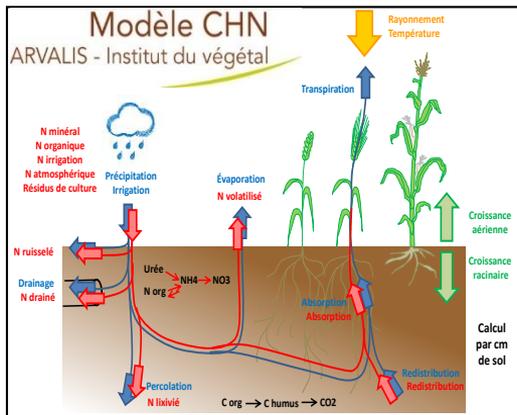
Principe de l'outil CHN-conduite

Pilotage intégral de la fertilisation azotée

Description du contexte parcellaire



Modèle de culture CHN

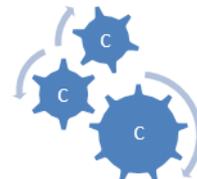


Variables agronomiques majeures

- Stades phénologiques
- LAI & enracinement
- Biomasse et Nabs
- Flux d'eau
 - Absorption
 - Evaporation
 - Transpiration
 - Ruissellement
 - Percolation
 - Drainage
 - ...
- Stock d'eau /cm de sol
- Flux d'azote
 - Absorption
 - Minéralisations
 - Drainage
 - Lixiviation
 - Volatilisation
 -
- Stock azote /cm de sol

Règles de décision CHN-conduite

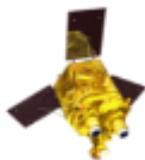
Pilotage intégral



Conseil en temps réel

Apport conseillé

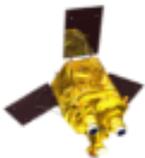
40 KgN



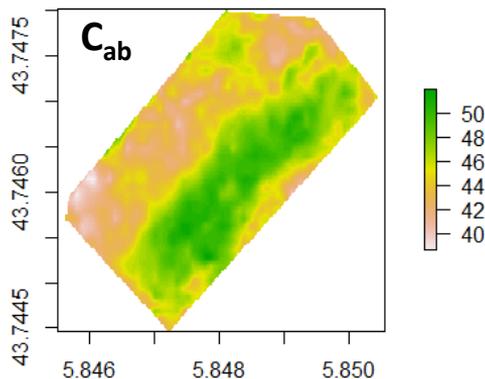
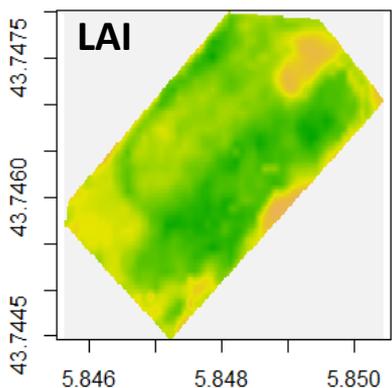
Indice Foliaire (LAI)
Chlorophylles A et B (C_{ab})

**Nombreux enjeux, mais
Temps de calculs conséquent**

Information d'hétérogénéité parcellaire



Indice Foliaire (LAI)
Chlorophylles A et B (C_{ab})



- Séries temporelles de LAI et C_{ab} portent une information d'hétérogénéité parcellaire
- Profil d'hétérogénéité souvent complexe
- Une simulation pour chaque pixel n'est pas envisageable

Nécessité de simplifier l'information d'hétérogénéité pour accéder à un conseil de dose spatialisé :
Construction d'un algorithme de spatialisation du conseil

Réseau expérimental



- 6 parcelles suivies en 2020
- Pilotage N agriculteur
- Diversité de contextes agro-pédo-climatiques
- Parcelles caractérisées pour :
 - ✓ Simulations CHN
 - ✓ Accès aux images numériques

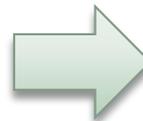
Algorithme de spatialisation mis en œuvre à chaque date de fertilisation réelle
Exemple de la simulation du 13/04/2020 sur la parcelle Garibaldi

Algorithme de spatialisation de la dose

Principes méthodologiques

1. Sélection de la série temporelle d'images numériques exploitables

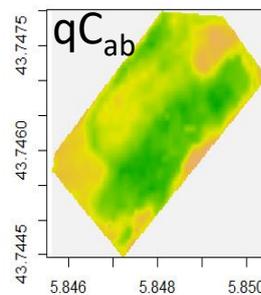
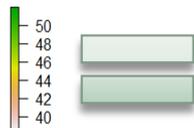
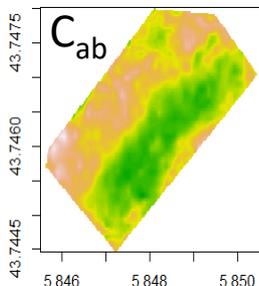
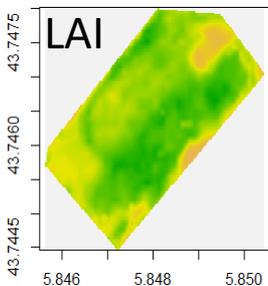
lieu	annee	intervention	produit	date.intervention	dose	unité
Garibaldi	2020	fertilisation azotee	ammonitrate	05/02/2020	67	U/ha
Garibaldi	2020	fertilisation azotee	ammonitrate	19/03/2020	67	U/ha
Garibaldi	2020	fertilisation azotee	ammonitrate	13/04/2020	40	U/ha
Garibaldi	2020	fertilisation azotee	ammonitrate	15/05/2020	40	U/ha



Dates Acquisition exploitables

"2020-03-20"
 "2020-03-25"
 "2020-04-04"
"2020-04-09"
 "2020-04-14"
 "2020-04-24"
 "2020-04-29"
 "2020-05-04"
 "2020-05-19"
 "2020-05-24"

2. Analyse du couple LAI – C_{ab} le plus récent au travers de qC_{ab}

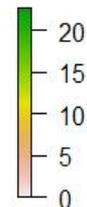
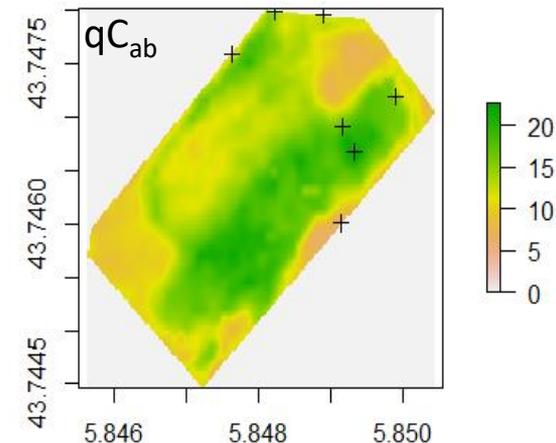
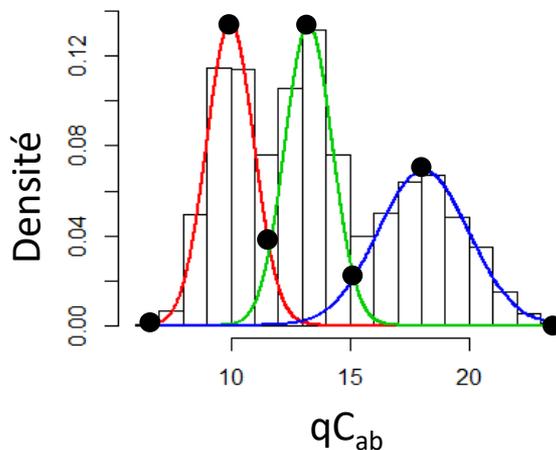
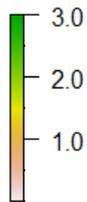
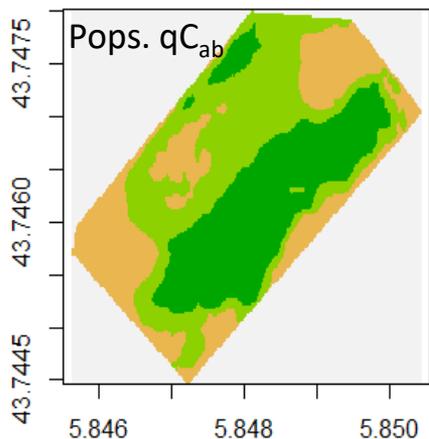


Algorithme de spatialisation de la dose

Principes méthodologiques

3. Analyse de la distribution des pixels de qC_{ab} et sélection des pixels d'intérêts

Modèle de mélange gaussien (Fraley et Raftery, 2007)



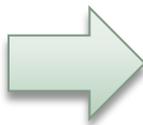
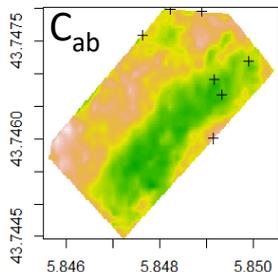
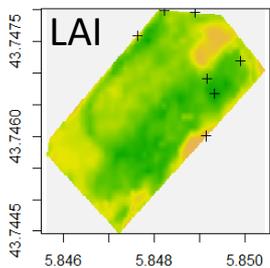
3 à 9 pixels d'intérêts sont sélectionnés pour décrire l'hétérogénéité

Algorithme de spatialisation de la dose

Principes méthodologiques

4. Collecte des valeurs historiques LAI et C_{ab} mesurées sur chaque pixel d'intérêt

\$`2020-04-09`



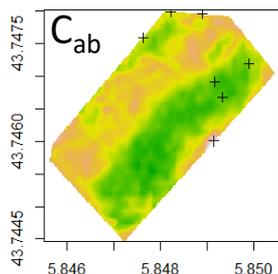
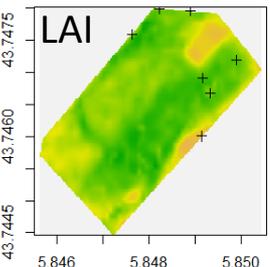
[[1]]

POI_n	Date	LAI	CAB	QN
1	1 20/03/2020	1.33858263492584	35.8267707824707	35.53906
2	1 25/03/2020	1.2992125749588	35.8267707824707	34.14696
3	1 04/04/2020	1.57480311393738	33.8582649230957	36.59694
4	1 09/04/2020	1.45669293403625	40.1574783325195	38.74225

[[7]]

POI_n	Date	LAI	CAB	QN
1	7 20/03/2020	2.16535425186157	43.7007865905762	62.29734
2	7 25/03/2020	2.71653532981873	44.0944862365723	73.12353
3	7 04/04/2020	3.03149604797363	45.2755889892578	74.10067
4	7 09/04/2020	4.48818874359131	50.3936996459961	107.31921

\$`2020-04-04`



**Estimation de la variable QN
(quantité d'azote aérien absorbé)
à partir de LAI et C_{ab}**

... pour toutes les dates d'acquisition disponibles....

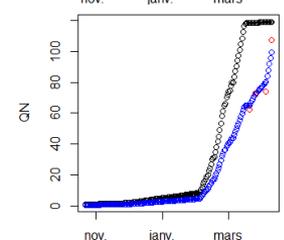
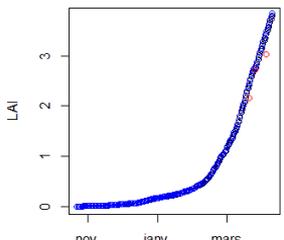
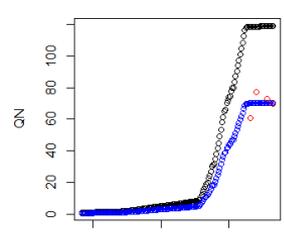
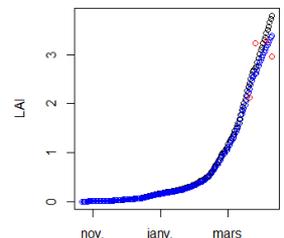
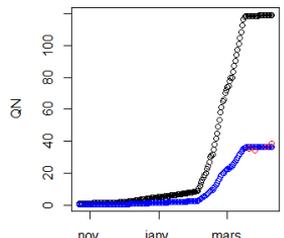
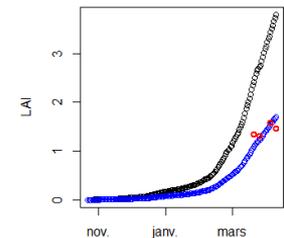
Algorithme de spatialisation de la dose

Principes méthodologiques

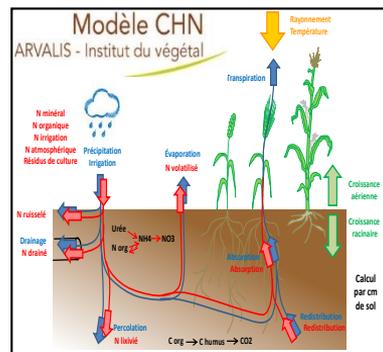
5. Assimilation de données LAI et QN au modèle CHN

Modèle de régression dynamique
(Kalman, 1960)

[[1]]						
POI_n	Date	LAI	CAB	TsumE1c	QN	
1	20/03/2020	1.33858263492584	35.8267707824707	177.60	35.53906	
2	25/03/2020	1.2992125749588	35.8267707824707	214.05	34.14696	
3	04/04/2020	1.57480311393738	33.8582649230957	307.00	36.59694	
4	09/04/2020	1.45669293403625	40.1574783325195	363.00	38.74225	
[[4]]						
POI_n	Date	LAI	CAB	TsumE1c	QN	
1	20/03/2020	2.12598419189453	43.3070869445801	177.60	60.83101	
2	25/03/2020	3.22834634780884	39.3700790405273	214.05	77.01707	
3	04/04/2020	3.26771640777588	41.3385848999023	307.00	73.13105	
4	09/04/2020	2.95275592803955	45.2755889892578	363.00	69.49348	
[[7]]						
POI_n	Date	LAI	CAB	TsumE1c	QN	
1	20/03/2020	2.16535425186157	43.7007865905762	177.60	62.29734	
2	25/03/2020	2.71653532981873	44.0944862365723	214.05	73.12353	
3	04/04/2020	3.03149604797363	45.2755889892578	307.00	74.10067	
4	09/04/2020	4.48818874359131	50.3936996459961	363.00	107.31921	



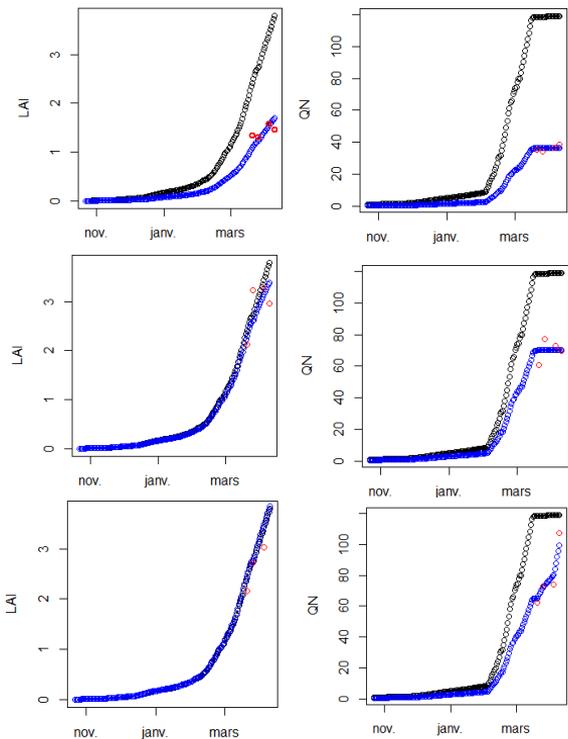
Assimilation
spécifique à chaque
pixel d'intérêt



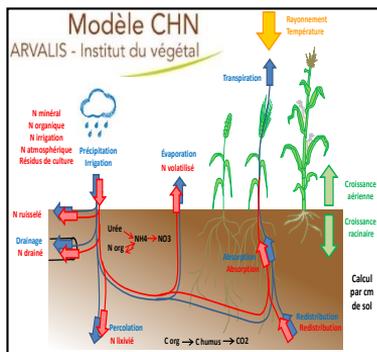
Algorithme de spatialisation de la dose

Principes méthodologiques

6. Pronostic de dose d'azote sur chaque pixel d'intérêt



**Assimilation spécifique à
chaque pixel d'intérêt**



**Conseil spécifique à
chaque pixel d'intérêt**

46.5 KgN.ha

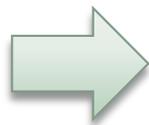
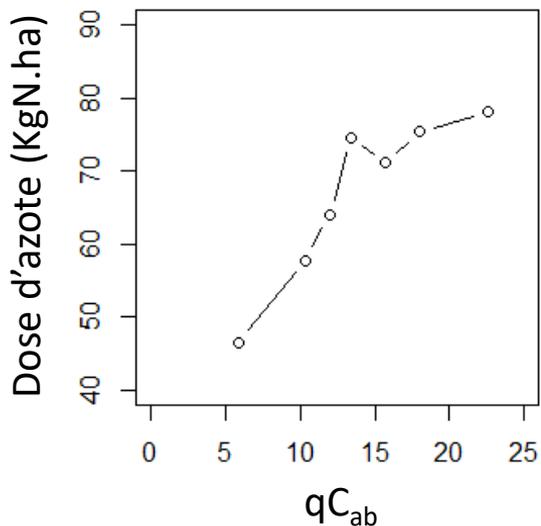
74.6 KgN.ha

78.1 KgN.ha

Algorithme de spatialisation de la dose

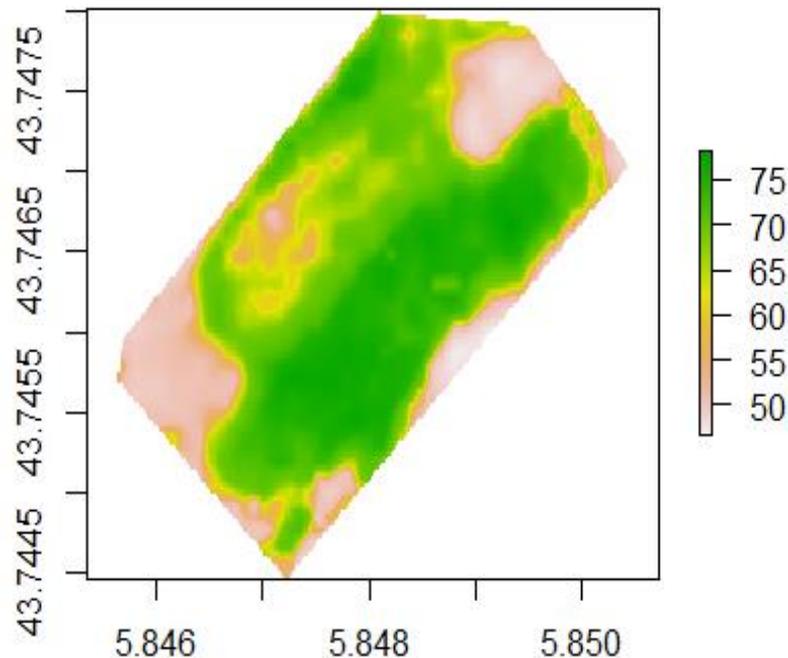
Principes méthodologiques

7. Spatialisation du conseil de dose



Extrapolation entre bornes du conseil
de fertilisation

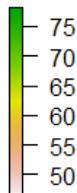
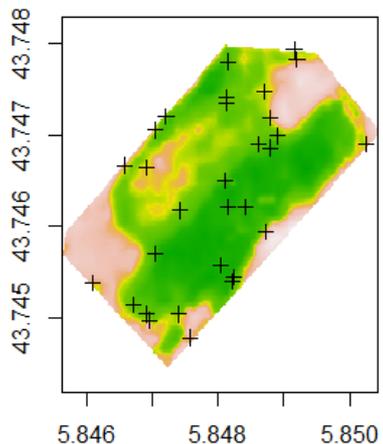
Conseil de dose spatialisé (KgN.ha)



Algorithme de spatialisation de la dose

Evaluation de la méthode

Tirage aléatoire de 30 pixels

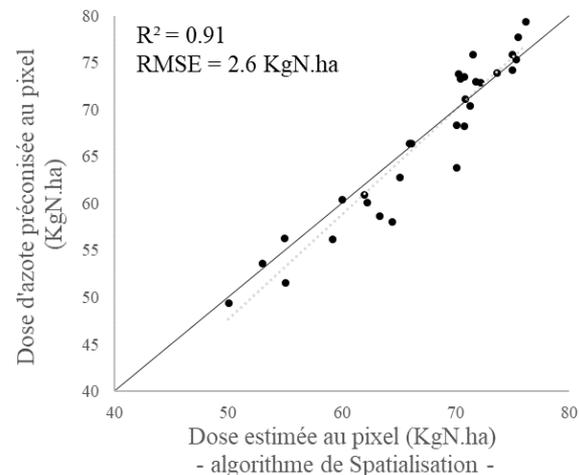


Modèle CHN
ARVALIS - Institut du végétal

**Conseil au pixel avec
assimilation spécifique**



Comparaison 'observés'
vs prédicts



A l'échelle du réseau, RMSE = 3.3 KgN.ha (± 1.1)

✓ Toujours inférieure à 5 KgN.ha

Conclusions et perspectives

- L'algorithme de spatialisation proposé permet de :
 - ✓ Réduire le volume de calculs dans une enveloppe acceptable
 - ✓ Atteindre des performances satisfaisantes

- Méthode récemment implémentée dans l'outil CHN-conduite
 - ✓ Tous les conseils de fertilisation sont spatialisés
(sous conditions de disponibilité des images satellites)

- Des évolutions de la méthode seront nécessaires si de nouvelles variables descriptives de l'hétérogénéité parcellaires étaient disponibles
(Cartes de réserve utile, de profondeur de sol, matière organique, etc...)

Merci de votre attention

Remerciements à toutes les équipes Arvalis impliquées :

SAEE (Baptiste Soenen)

DAR (ingénieurs et techniciens)

Groupe CHN (M. Bonnefoy, A. Bonnard, B. Piquemal)

SSIM (F. Moreau, R. Brioude, P.Descazeaux,...)