



HAL
open science

Amélioration de la prédiction de la minéralisation de l'azote organique du sol dans STICS

Hugues Clivot, Eric Justes, Matthieu Valé, Jean-Pierre Cohan, Luc Champolivier, François Piraux, François Laurent, Loïc Strullu, Bruno Mary

► **To cite this version:**

Hugues Clivot, Eric Justes, Matthieu Valé, Jean-Pierre Cohan, Luc Champolivier, et al.. Amélioration de la prédiction de la minéralisation de l'azote organique du sol dans STICS. 11e Séminaire STICS, Oct 2017, La Rochelle, France. hal-03511773

HAL Id: hal-03511773

<https://hal.inrae.fr/hal-03511773>

Submitted on 5 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Amélioration de la prédiction de la minéralisation de l'azote organique du sol dans STICS

Hugues Clivot ^{1@}, Eric Justes ², Matthieu Valé ³, Jean-Pierre Cohan ⁴,
Luc Champolivier ⁵, François Piraux ⁴, François Laurent ⁴,
Loïc Strullu ¹, Bruno Mary ¹

¹ INRA, UR 1158 AgrolImpact, Barenton-Bugny

² INRA, UMR INRA/INPT 1248 AGIR, Castanet-Tolosan

³ AUREA, Ardon

⁴ ARVALIS, Boigneville

⁵ TERRES INOVIA, Castanet-Tolosan

@ hugues.clivot@inra.fr

Positionnement des travaux



Projet SOLéBIOM : Evaluation de systèmes de production de biomasse & préservation du statut organique des sols

- **Amélioration des modules de minéralisation des MOS des modèles :**
 - **AMG**
Simulation de l'évolution des stocks de Corg des sols à pas de temps annuel
 - **STICS**
Simulation du système sol-atmosphère-culture à pas de temps journalier

Contexte

- Erreur de prédiction pour N minéral dans le sol est plus importante que pour d'autres variables dans STICS (Coucheney et al, 2015) même en sol nu

-> suggère une mauvaise prédiction de la Vitesse potentielle de minéralisation de N (V_p)

Actuellement, dans STICS:

$$V_p = f(SOM) \cdot f(Clay) \cdot f(CaCO_3)$$

Modèle et paramétrage déterminés par des expérimentations *in vitro*

=> Proposer une meilleure fonction de prédiction qui pourrait améliorer les modèles de simulation

Objectifs

- ❖ **Améliorer la prédiction de la minéralisation de la MOS**
- **Caractérisation de la minéralisation *in situ* de la MOS sur un réseau expérimental en France**
- **Développement d'une nouvelle fonction de minéralisation de la MOS**
- **Implémentation de la fonction dans les modèles de simulation STICS (et AMG) et évaluation des nouvelles versions**

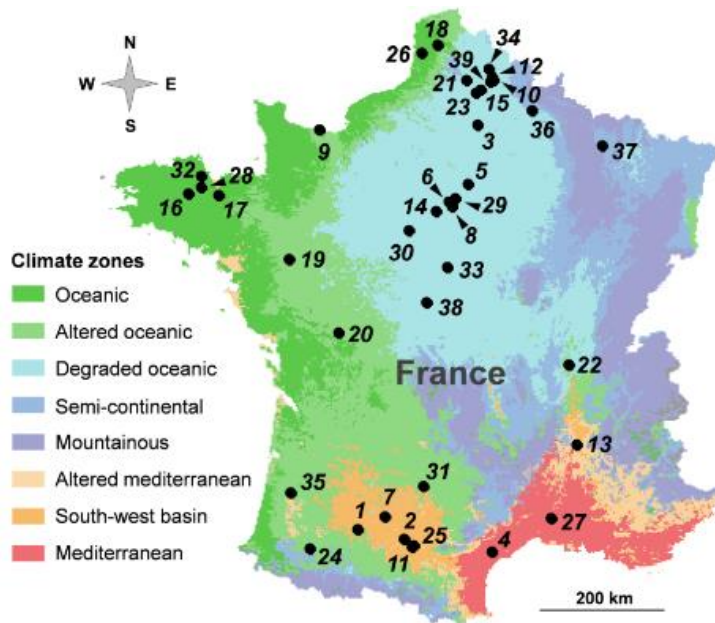
Caractérisation de la minéralisation *in situ* de la MOS
sur un réseau expérimental
&
Développement d'une nouvelle fonction de minéralisation

Réseau expérimental

Constitué pour développer un modèle de prédiction de la minéralisation de N *in situ*

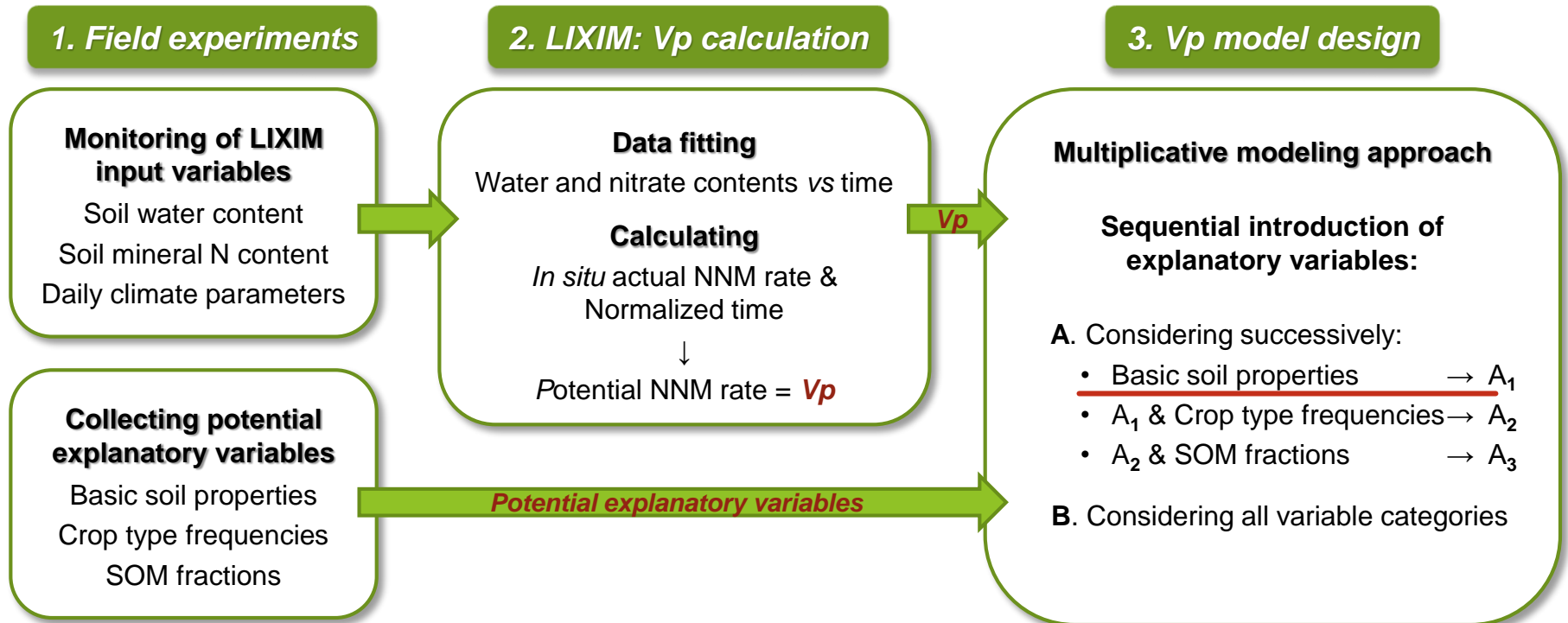
Poursuite des travaux initiés durant la thèse de M. Valé (2006) encadrée par E. Justes

65 expérimentations au champ en sol nu réparties sur 39 sites
(Réseau INRA – ARVALIS – CETIOM)



	Units	Min	Max	Median	Mean	SD
Soil properties						
Clay	g kg ⁻¹	24	396	191	201	76
Silt	g kg ⁻¹	55	814	539	502	198
Sand	g kg ⁻¹	22	895	184	218	174
CaCO ₃	g kg ⁻¹	0	436	4	64	123
pH		5.7	8.4	7.7	7.5	0.8
SOC	t ha ⁻¹	27.0	147.2	45.8	51.7	24.4
SON	t ha ⁻¹	2.6	12.6	5.0	5.3	1.9
C/N		7.2	15.3	9.3	9.6	1.5

Méthode

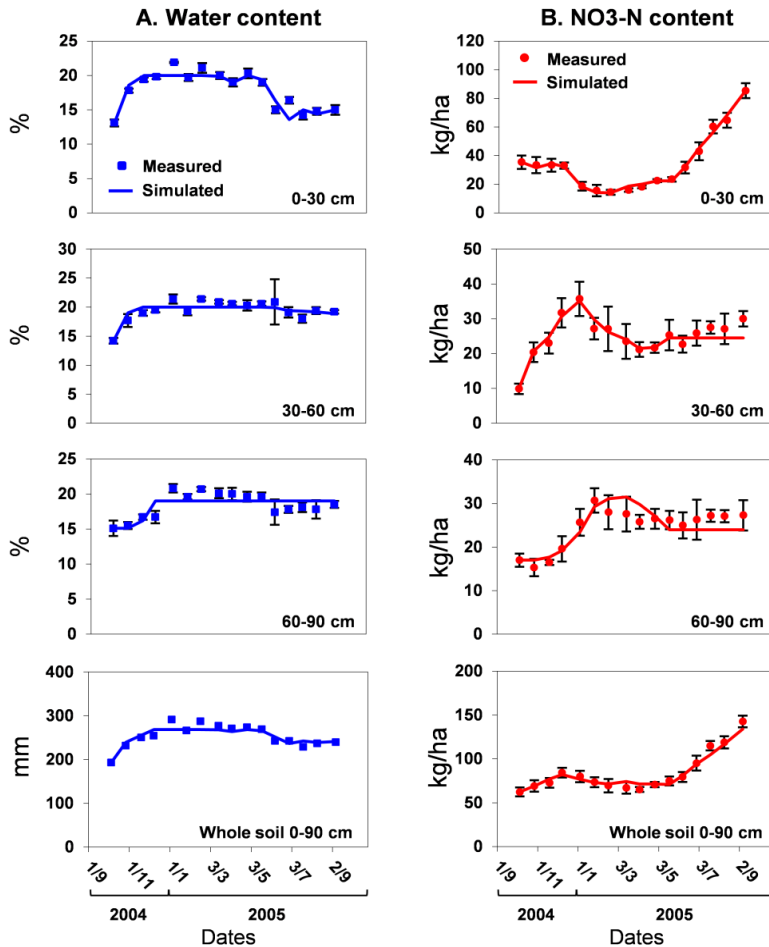


Calcul de la vitesse potentielle de minéralisation de N

➤ Calcul de V_p avec LIXIM pour 65 expérimentations en sol nu: exemple

1

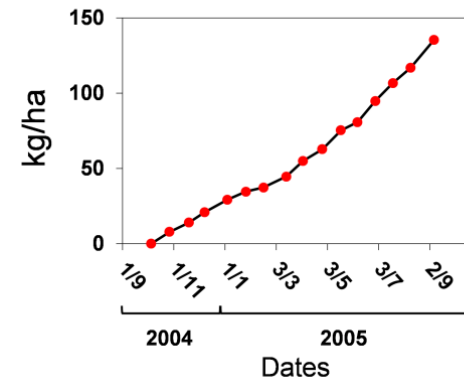
Mesures régulières des profils d'eau et de N minéral du sol et simulations



2

Cinétique de minéralisation de N en fonction du temps

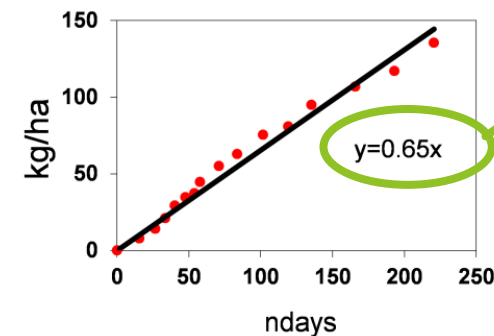
C. Cumulative net N mineralized against time



3

Cinétique de minéralisation de N en fonction du temps normalisé (T & Hum)

D. Cumulative net N mineralized against normalized time



V_p
vitesse
potentielle de
minéralisation

Développement d'un nouveau modèle

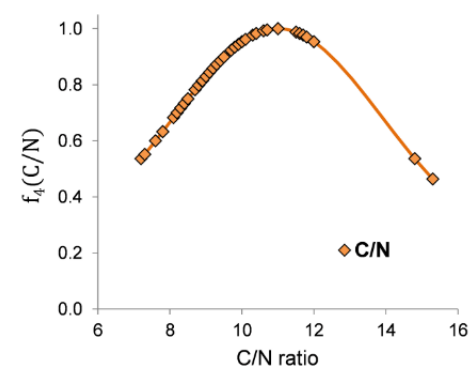
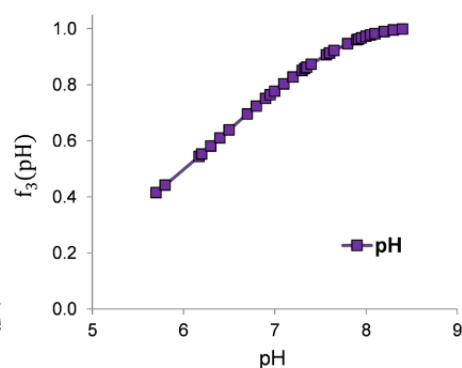
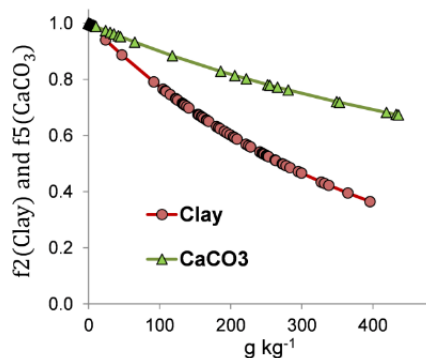
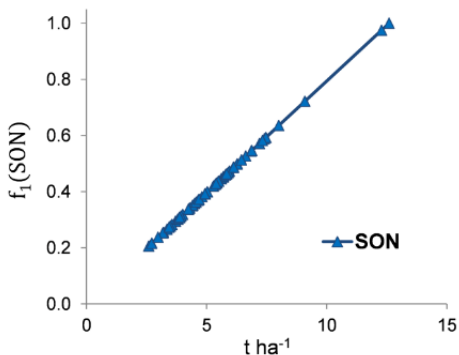
➤ Modélisation de la Vitesse potentielle de minéralisation V_p

vs propriétés physico-chimiques

Modeling step	Dataset	Introduced variable	Generic model	EF	Bias	RMSEP
i	n	V_i	$\hat{V}p(i) = f_1(V_1) \cdot f_2(V_2) \cdots f_i(V_i)$			kg N ha ⁻¹ nday ⁻¹
Soil model						
1	65	SON	$\hat{V}p(1) = f_1(\text{SON})$	0.18	0.03	0.29
2	65	Clay	$\hat{V}p(2) = \hat{V}p(1) \cdot f_2(\text{Clay})$	0.22	0.03	0.29
3	65	pH	$\hat{V}p(3) = \hat{V}p(2) \cdot f_3(\text{pH})$	0.43	0.00	0.26
4	65	C/N	$\hat{V}p(4) = \hat{V}p(3) \cdot f_4(\text{C/N})$	0.56	0.00	0.23
5	65	CaCO ₃ (Ca)	$\hat{V}p(5) = \hat{V}p(4) \cdot f_5(\text{Ca})$	0.61	0.00	0.22

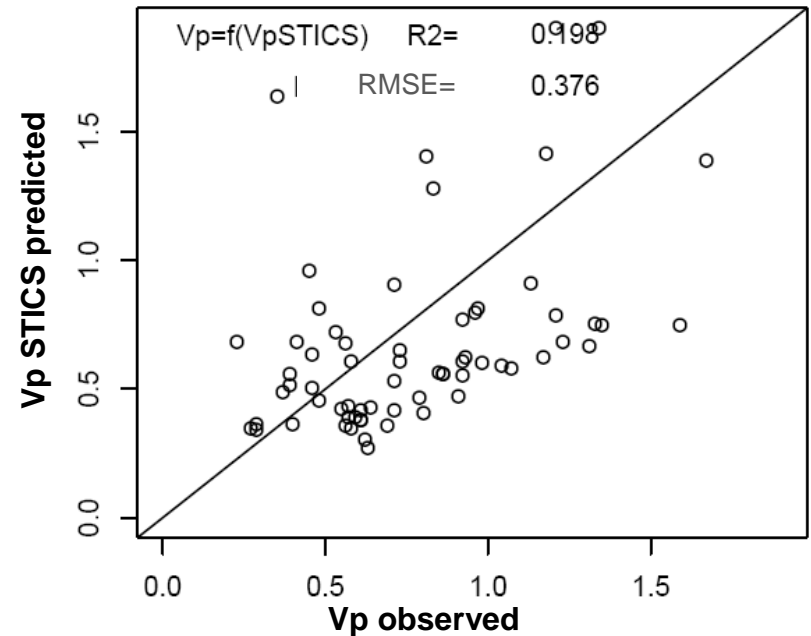
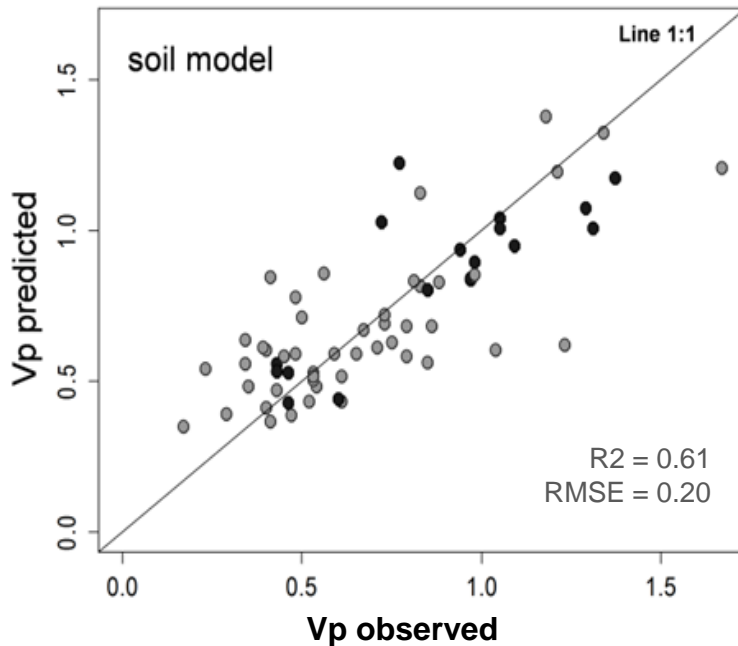
Modèle empirique non linéaire à structure multiplicative

-> +15% de variance expliquée par rapport à des modèles linéaires additifs (RLM, PLS)



Développement d'un nouveau modèle

➤ Evaluation de la nouvelle fonction de prédiction



➤ Meilleur modèle vs Vp prédit par STICS

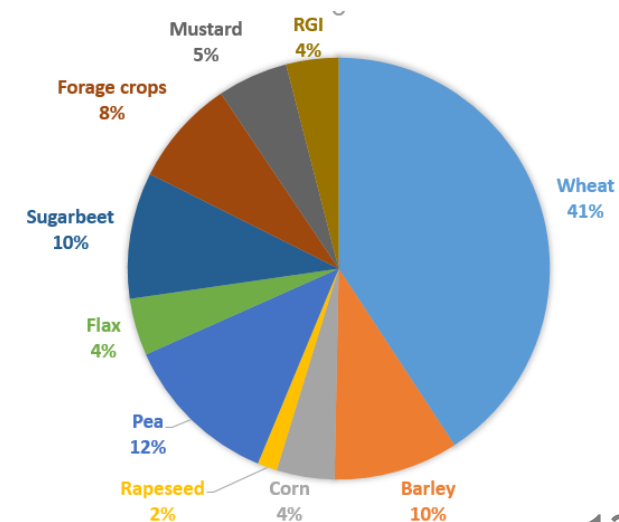
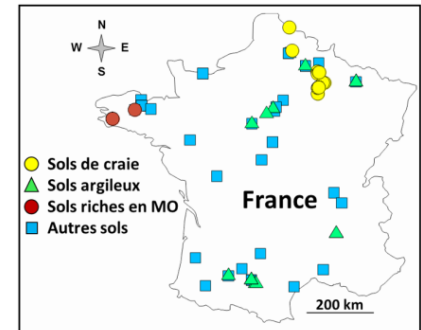
-> Implémenter la nouvelle fonction dans les modèles de simulation

Intégration de la nouvelle fonction dans le module minéralisation de l'humus du sol de STICS et évaluation

Approche/Méthode

- Version recherche STICS 10 « plantes pérennes » incluant la nouvelle fonction de minéralisation
- Caler et tester STICS sur BDD SMS sols nus
 - BDD de 131 USMs (dont 52 ayant servi au développement de la nouvelle fonction de minéralisation)
- Evaluation de la version optimisée de STICS vs paramétrage standard sur BDD SMS sols cultivés
 - BDD de 2188 USMs plantes (données indépendantes)

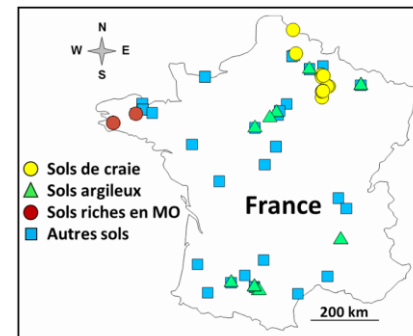
cf présentations L. Strullu et al



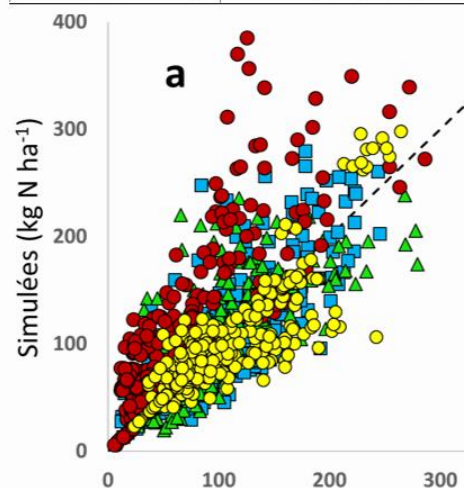
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Caler et tester STICS sur BDD SMS sols nus (131 USMs)

a) sans aucun reparamétrage: $K2HUM = FMIN1.f(Argile).f(CaCO_3)$



	a. STICS v8.41
Efficiéce	0,30 (0,04)
rRMSE (%)	47,2 (80,7)
Biais (kg N ha ⁻¹)	-12,0 (-8,5)

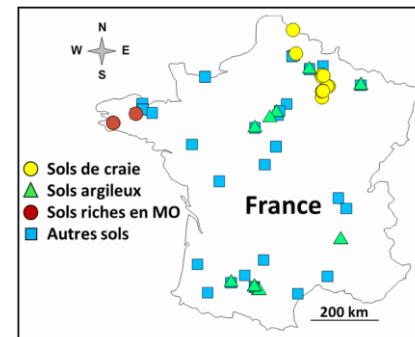


Quantités observées d'azote minéral dans le sol (kg N ha⁻¹)

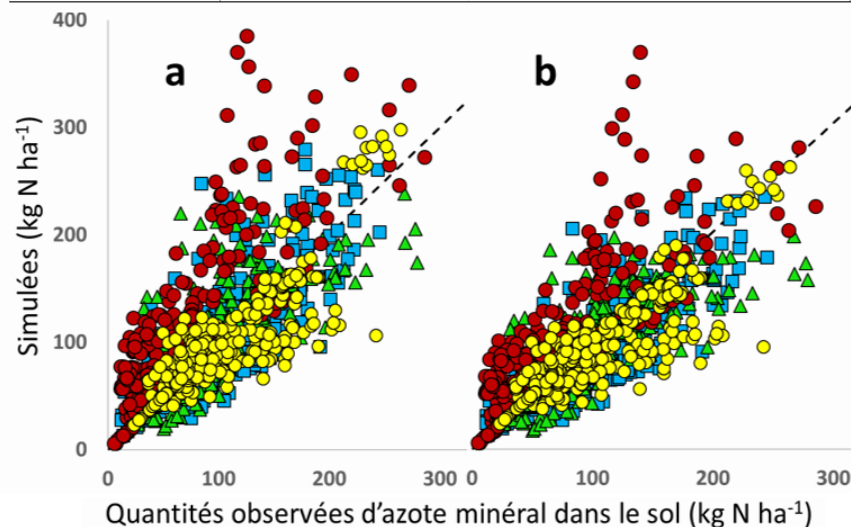
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Caler et tester STICS sur BDD SMS sols nus (131 USMs)

- a) sans aucun reparamétrage: $K2HUM = FMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3)$
- b) après optimisation du paramètre: $FMIN1 = 0.00047$ vs 0.00060 dans v8.41



	a. STICS v8.41	b. <i>FMIN1</i> ré-optimisé
Efficiéce	0,30 (0,04)	0,54 (0,41)
rRMSE (%)	47,2 (80,7)	38,3 (63,4)
Biais (kg N ha⁻¹)	-12,0 (-8,5)	0,1 (-2,1)



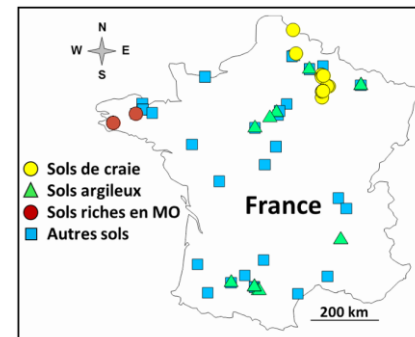
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Caler et tester STICS sur BDD SMS sols nus (131 USMs)

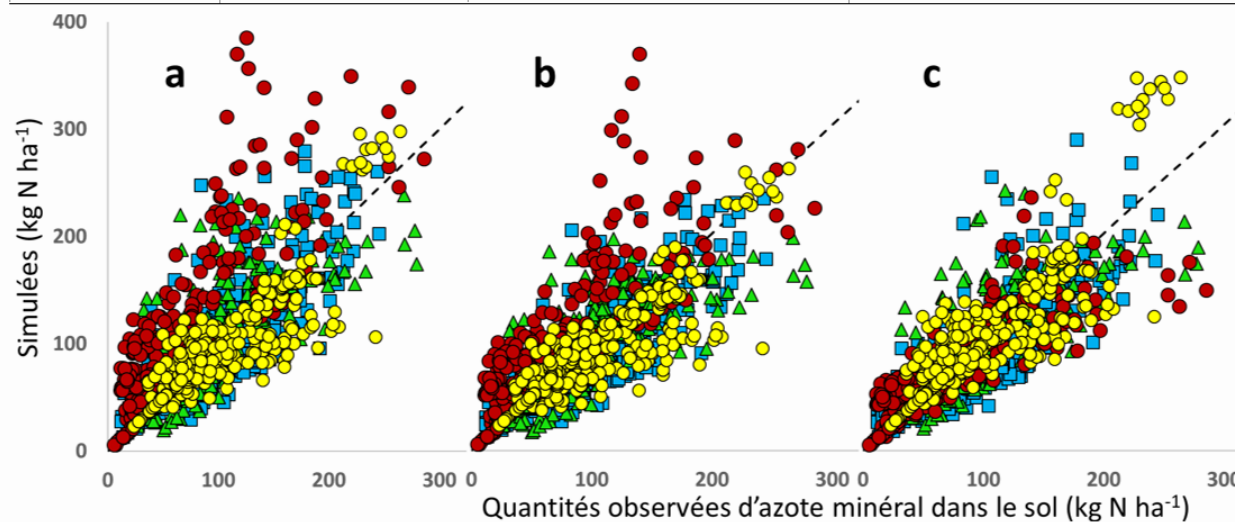
a) sans aucun reparamétrage: $K2HUM = FMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3)$

b) après optimisation du paramètre: $FMIN1 = 0.00047$ vs 0.00060 dans v8.41

c) après implémentation de la nouvelle fonction: $K2HUM = GMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3) \cdot f(pH) \cdot f\left(\frac{Corg}{Ntot}\right)$



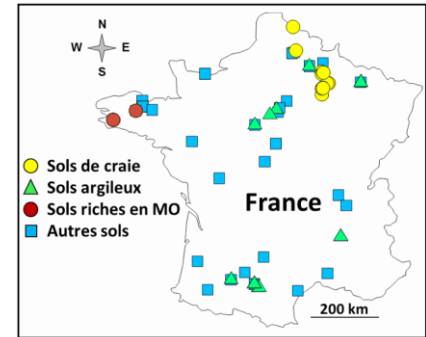
	a. STICS v8.41	b. <i>FMIN1</i> ré-optimisé	c. <i>GMIN1</i>
Efficiéce	0,30 (0,04)	0,54 (0,41)	0,65 (0,51)
rRMSE (%)	47,2 (80,7)	38,3 (63,4)	33,6 (57,9)
Biais (kg N ha⁻¹)	-12,0 (-8,5)	0,1 (-2,1)	-0,1 (-2,7)



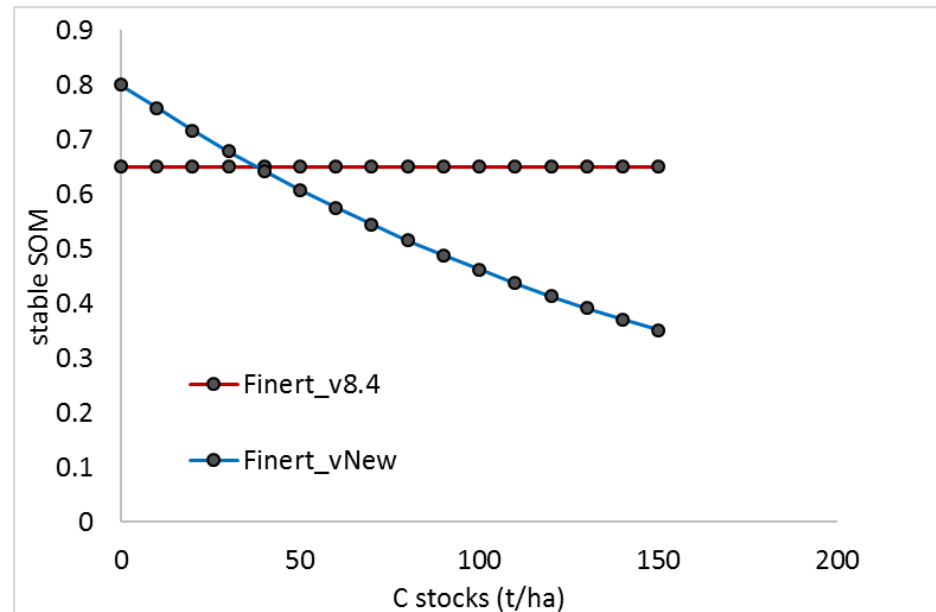
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Caler et tester STICS sur BDD SMS sols nus (131 USMs)

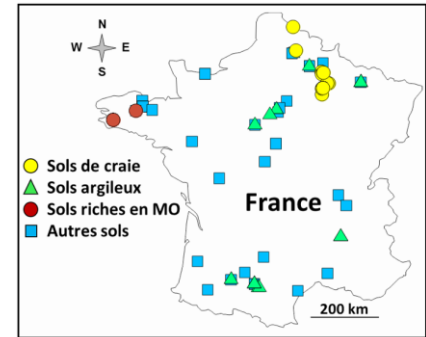
- sans aucun reparamétrage: $K2HUM = FMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3)$
- après optimisation du paramètre: $FMIN1 = 0.00047$ vs 0.00060 dans v8.41
- après implémentation de la nouvelle fonction: $K2HUM = GMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3) \cdot f(pH) \cdot f\left(\frac{Corg}{Ntot}\right)$
- en modifiant le calcul de la fraction organique stable: $FINERT = Finert1 \cdot e^{-Finert2 \cdot Corg}$



FINERT:
Fixe (= 0.65) vs
Fonction de la teneur ou
stock de C organique



Implémentation dans STICS et évaluation



➤ Caler et tester STICS sur BDD SMS sols nus (131 USMs)

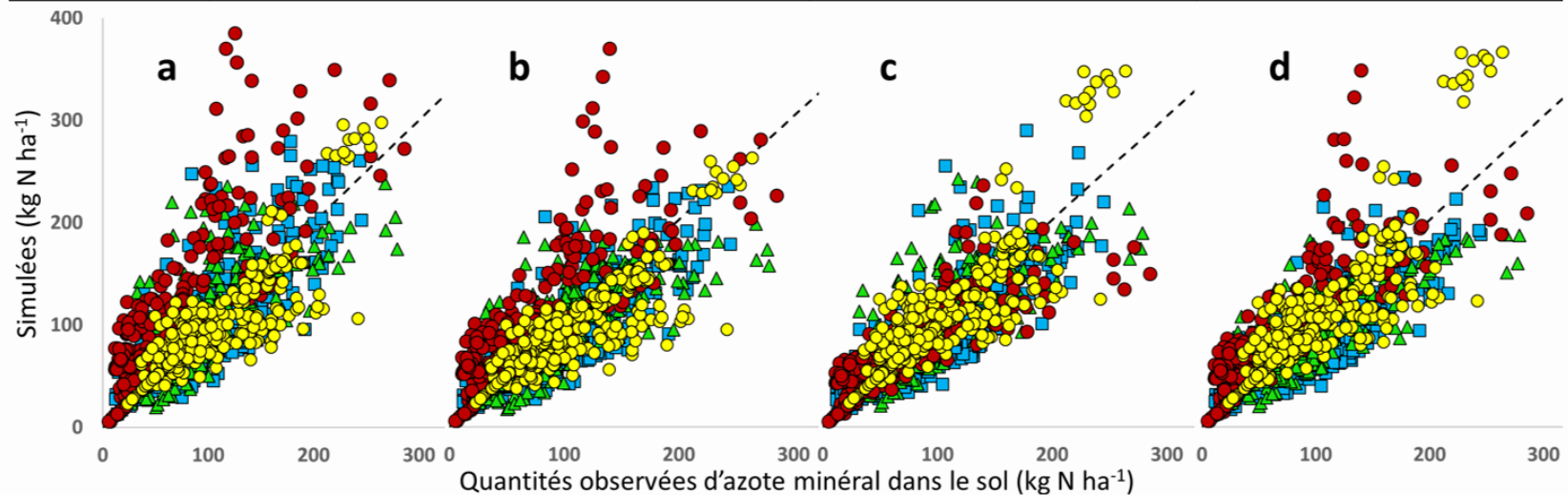
a) sans aucun reparamétrage: $K2HUM = FMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3)$

b) après optimisation du paramètre: $FMIN1 = 0.00047$ vs 0.00060 dans v8.41

c) après implémentation de la nouvelle fonction: $K2HUM = GMIN1 \cdot f(Argile) \cdot f(CaCO_3) \cdot f(pH) \cdot f\left(\frac{Corg}{Ntot}\right)$

d) en modifiant le calcul de la fraction organique stable: $FINERT = Finert1 \cdot e^{-Finert2 \cdot Corg}$

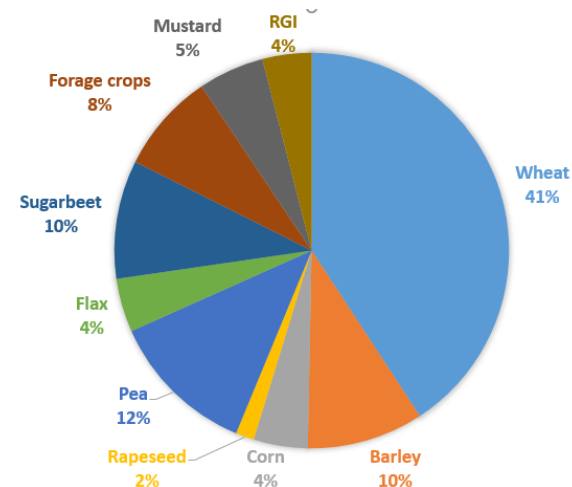
	a. STICS v8.41	b. $FMIN1$ ré-optimisé	c. $GMIN1$	d. $GMIN1$ & $FINERT = f(Corg)$
Efficiéce	0,30 (0,04)	0,54 (0,41)	0,65 (0,51)	0,59 (0,45)
rRMSE (%)	47,2 (80,7)	38,3 (63,4)	33,6 (57,9)	36,3 (61,4)
Biais (kg N ha ⁻¹)	-12,0 (-8,5)	0,1 (-2,1)	-0,1 (-2,7)	-0,3 (-2,7)



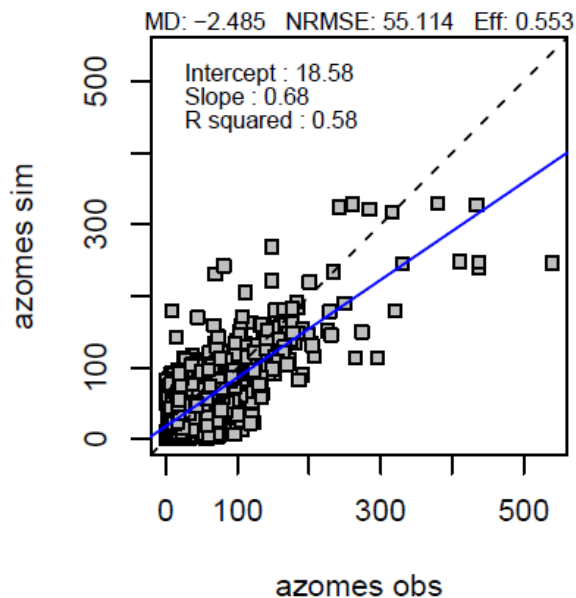
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Evaluation sur BDD SMS sols cultivés (2188 USMs)

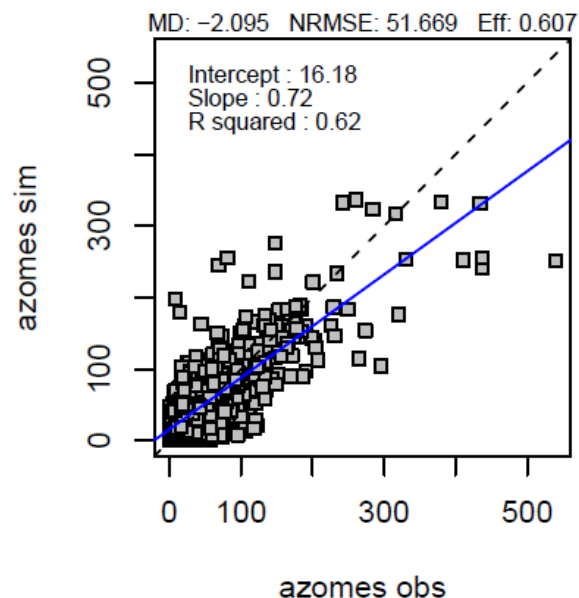
Quantités d'azote minéral dans le sol (kg N ha^{-1})



Paramétrage standard

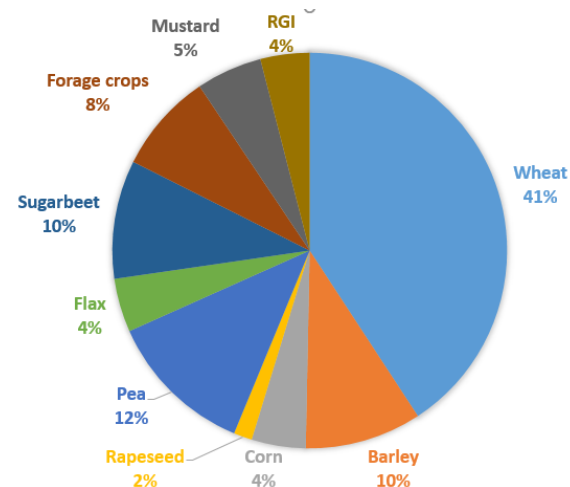


Version optimisée



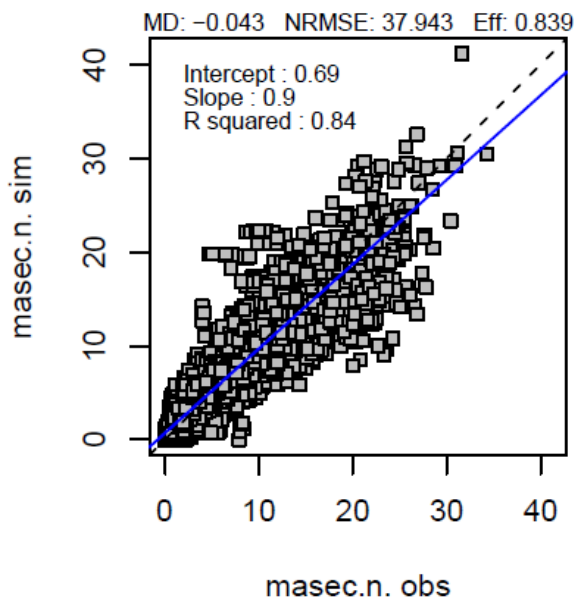
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Evaluation sur BDD SMS sols cultivés (2188 USMs)

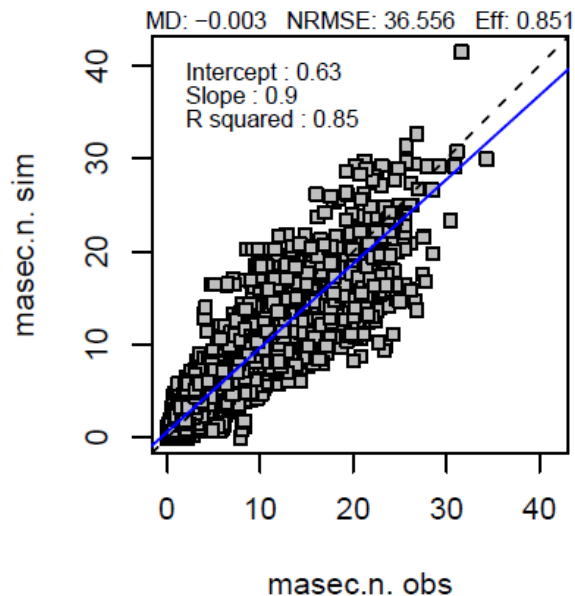


Biomasses aériennes des plantes (t MS ha⁻¹)

Paramétrage standard



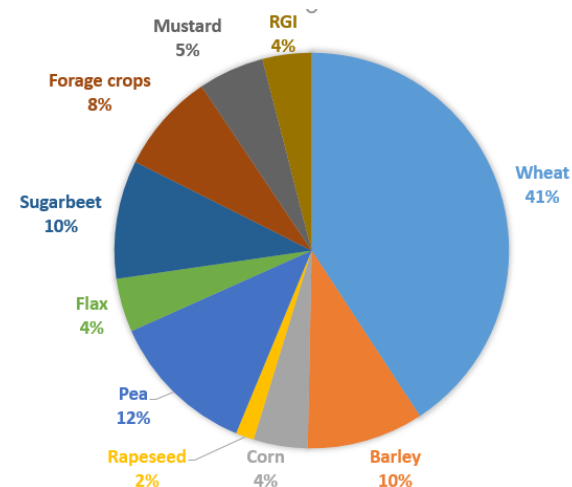
Version optimisée



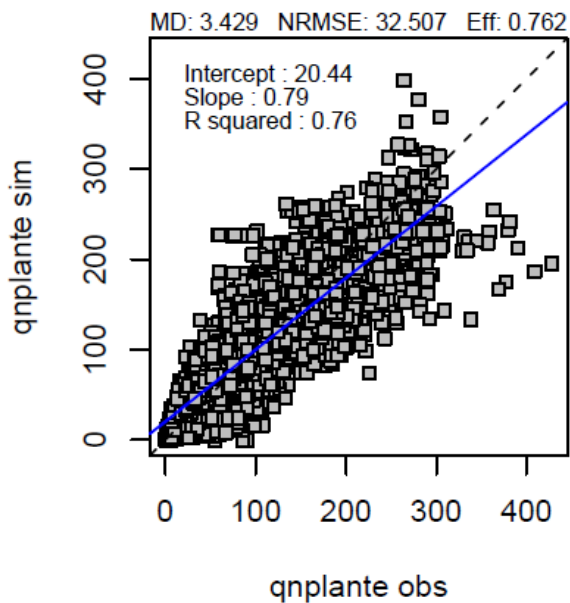
Implémentation dans STICS et évaluation

➤ Evaluation sur BDD SMS sols cultivés (2188 USMs)

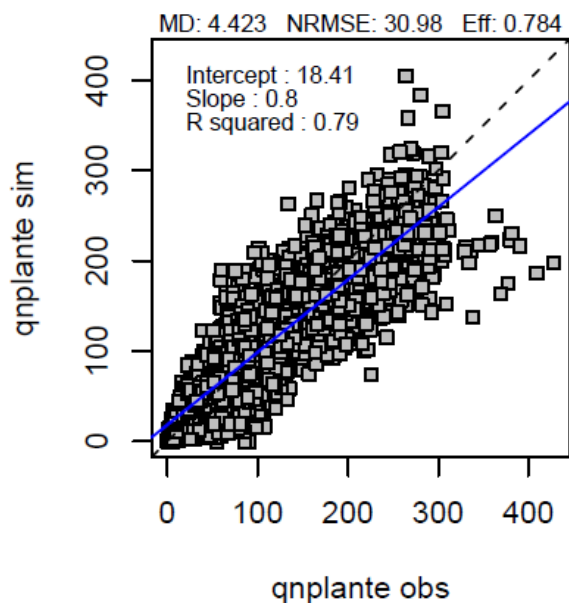
Quantités d'azote absorbées par les plantes (kg N ha⁻¹)



Paramétrage standard



Version optimisée



Conclusion

- Une meilleure fonction de prédiction de la minéralisation nette de N
 - Article Clivot *et al*, *Soil Biology and Biochemistry*, 2017
- Amélioration de la prédiction de l'azote minéral dans les sols dans STICS

Perspectives

- Amélioration de la simulation des évolutions de stocks de MOS dans AMG => STICS ?
(C-MIP model intercomparison)
- Paramétrage de *FINERT* dans AMG & STICS :
 - difficulté à estimer la fraction stable de la MOS pour initialiser les modèles
 - paramétrage peut dépendre de l'historique
(ex. *FINERT* < 0.65 en précédent prairie)
- Version recherche STICS 10 « plantes pérennes »
 - modélisation des pertes de nitrate et du stockage C & N sous prairies fauchées

Amélioration de la prédiction de la minéralisation de l'azote organique du sol dans STICS

Hugues Clivot¹@, Eric Justes², Matthieu Valé³, Jean-Pierre Cohan⁴,
Luc Champolivier⁵, François Piraux⁴, François Laurent⁴,
Loïc Strullu¹, Bruno Mary¹

¹ INRA, UR 1158 AgrolImpact, Barenton-Bugny

² INRA, UMR INRA/INPT 1248 AGIR, Castanet-Tolosan

³ AUREA, Ardon

⁴ ARVALIS, Boigneville

⁵ TERRES INOVIA, Castanet-Tolosan

@ hugues.clivot@inra.fr