



ARVALIS
Institut du végétal



CETIOM
Centre Technique Interprofessionnel
des Oléagineux Métropolitains

AMELIORATION DE LA PREDICTION DE LA MINERALISATION DE L'AZOTE ORGANIQUE DU SOL *IN SITU* POUR UNE LARGE GAMME DE SOLS Français

Matthieu VALÉ ^(1, 2), ***François LAURENT*** ⁽¹⁾, ***Luc CHAMPOLIVIER*** ⁽³⁾, ***Bruno MARY*** ⁽⁴⁾ et ***Eric JUSTES*** ⁽²⁾

¹ ARVALIS – Institut du végétal, Boigneville

² INRA - UMR AGIR (AGrosystèmes et développement terrltoRial), Toulouse

³ CETIOM – Toulouse

⁴ INRA - Unité d'Agronomie Laon-Reims-Mons

Colloque GEMAS – COMIFER (Blois, 20 – 21 novembre 2007)

Contexte

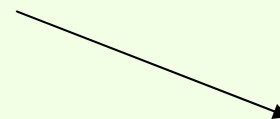
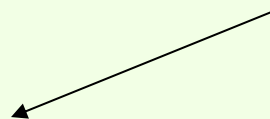
L'agriculture doit produire de façon durable

Raisonnement des
intrants renforcé

Diversification des systèmes de
culture et des itinéraires
techniques



**Besoin d'une prédiction précise de la minéralisation de
l'azote organique du sol en grandes cultures en France**



Simulation de scénarios de
systèmes de culture variés

→ Modèles : STICS (Brisson *et al.*, 1998), CROPSYS (Stöckle *et al.*, 2003), ...

Gestion fine de la fertilisation
azotée

→ Outils d'aide à la décision
basé sur le bilan prévisionnel :
AZOFERT[®] (Dubrulle *et al.*, 2004)

Objectifs de l'étude

Formalismes actuels :

- ✓ vitesse potentielle de minéralisation de l'azote **spécifique du type de sol** (fonction de la teneur en **azote organique**, en **argile** et en **CaCO₃** de l'horizon de surface)
- ✓ prédiction **peu précise** de cette vitesse potentielle de minéralisation calculée *in situ* pour une **large gamme de conditions pédoclimatiques** (Valé, 2006).

→ Objectif : proposer un modèle **opérationnel** de prédiction de la minéralisation de l'azote organique du sol *in situ*.

↓
Variables peu nombreuses et faciles d'accès

Modélisation statistique couplée à une **approche fonctionnelle** : prédiction du **taux de minéralisation K2** (vitesse de minéralisation par unité d'azote organique)

Méthode retenue : **réseau de neurones**

Dispositif expérimental

68 parcelles en grande culture

CETIOM

ARVALIS

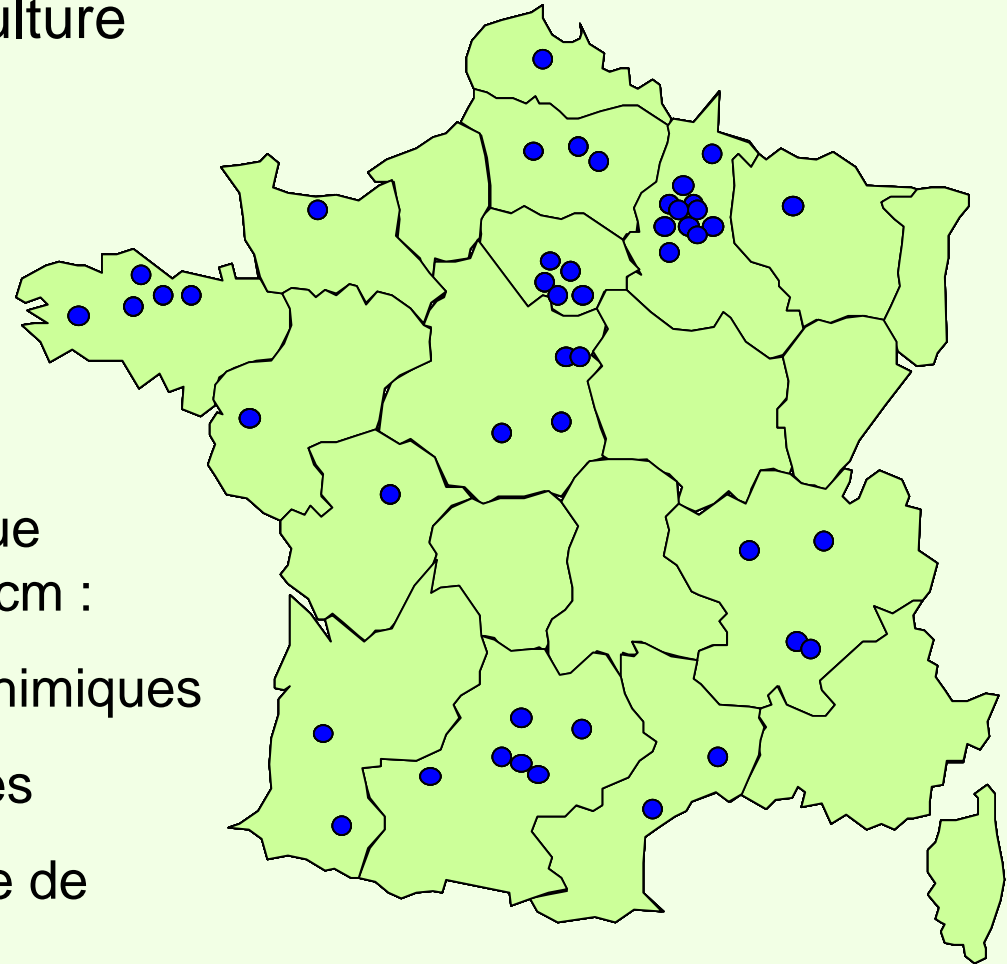
Collaborateurs INRA

INRA Toulouse

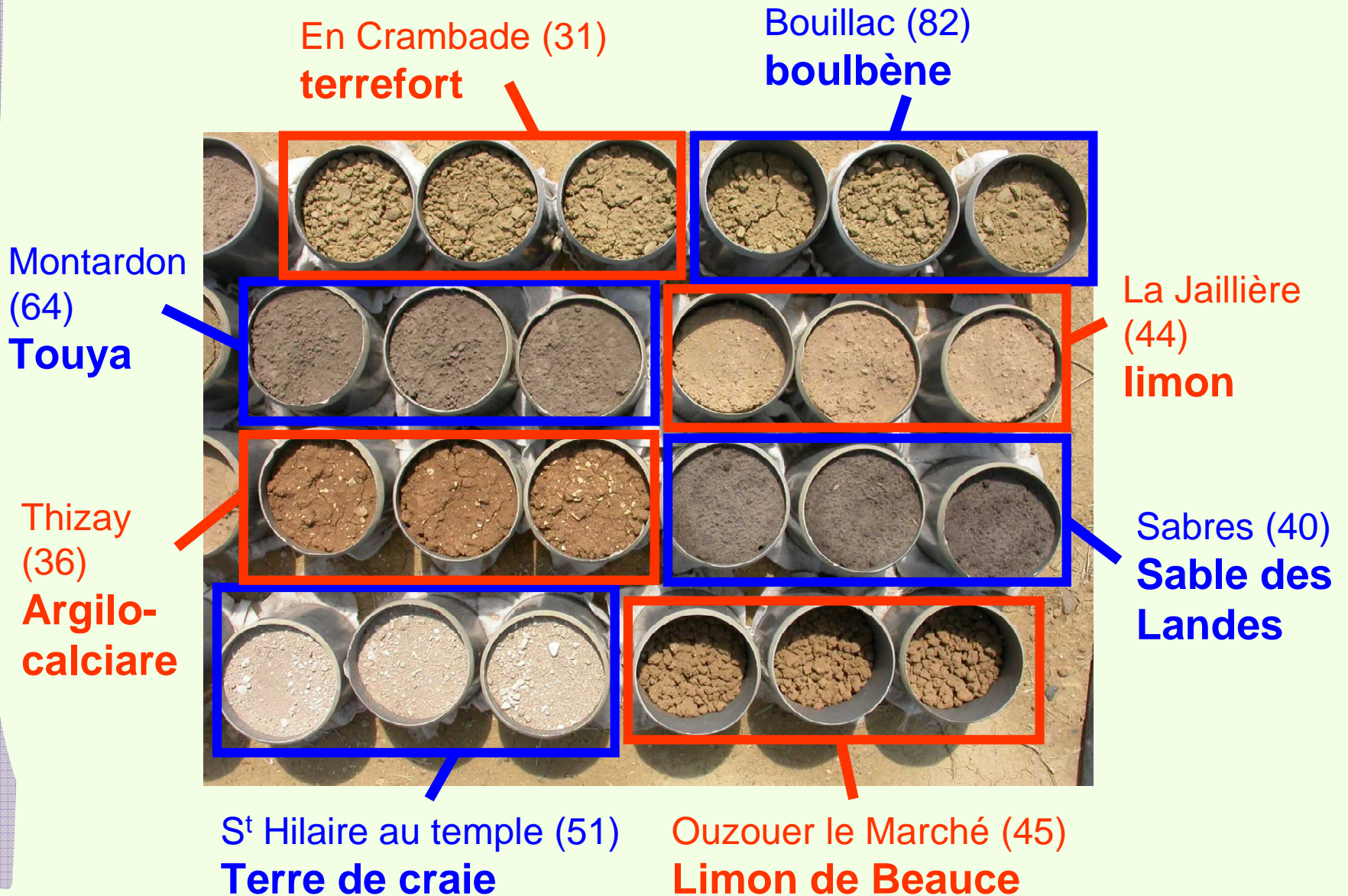
Variables mesurées sur chaque parcelle pour la couche 0-30 cm :

- Caractéristiques physico-chimiques
- Caractéristiques biologiques
- Informations sur le système de culture

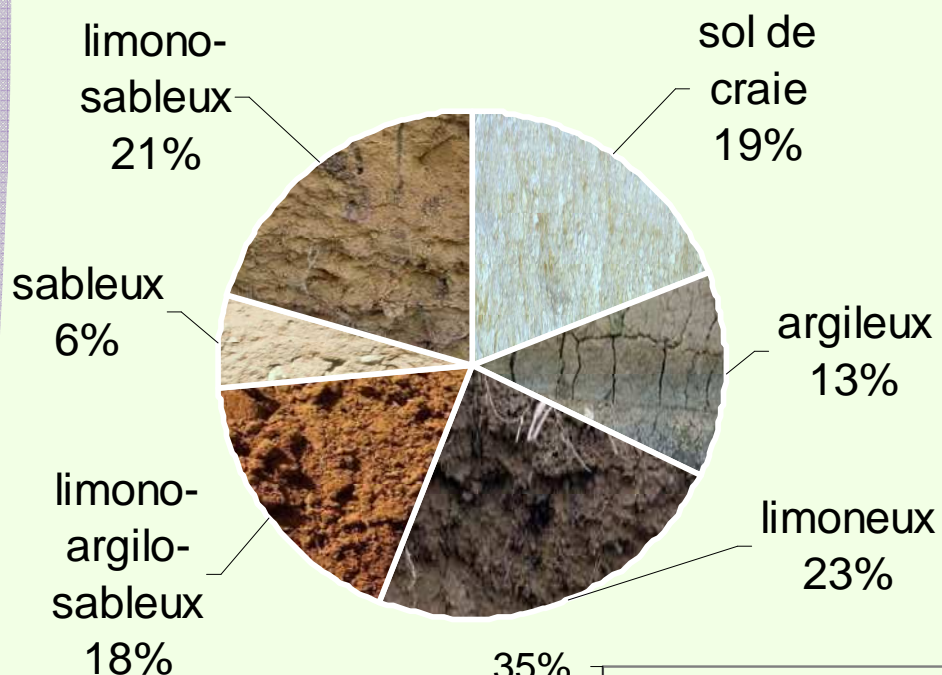
→ **variable à expliquer : taux de minéralisation de l'azote mesuré *in situ***



Dispositif expérimental



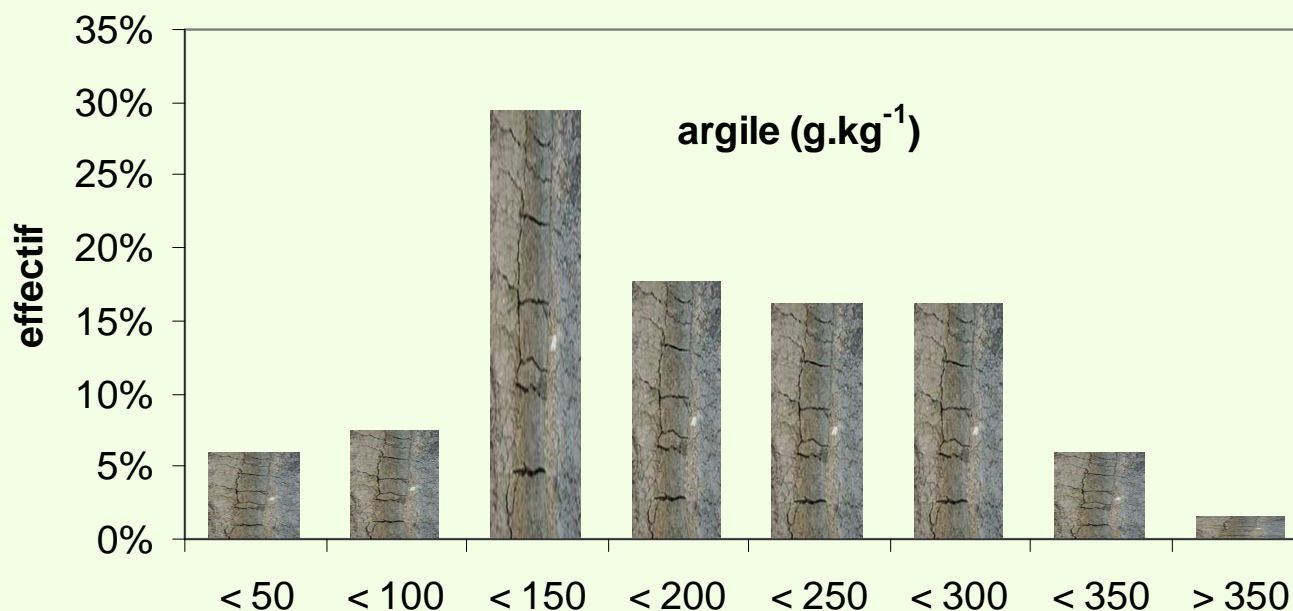
Caractérisation des parcelles étudiées



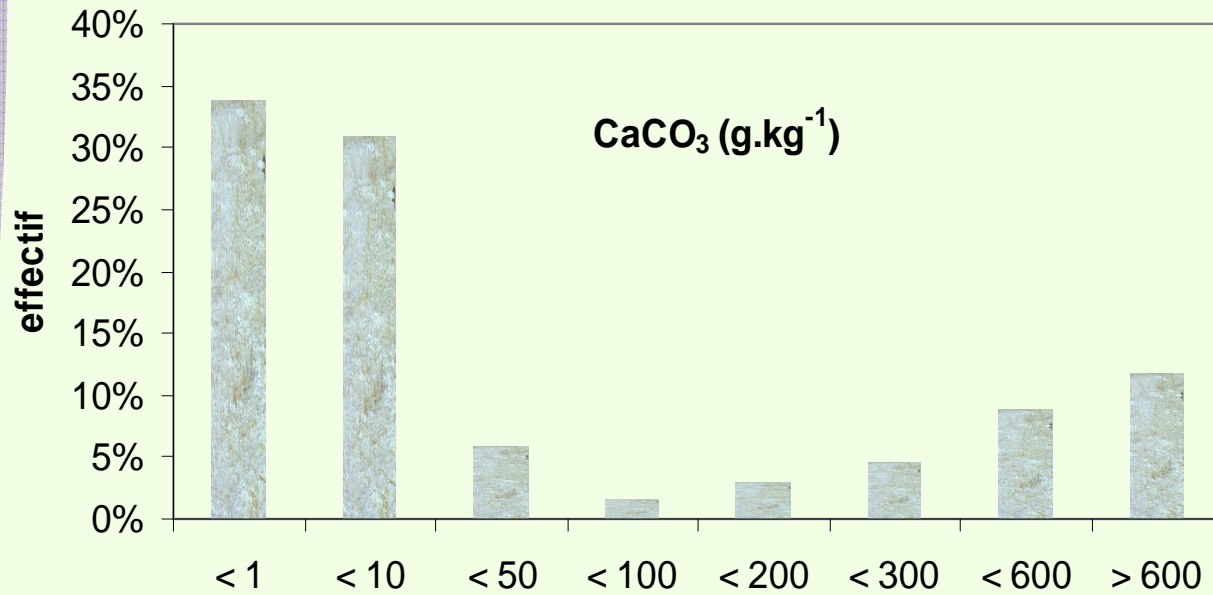
Variabilité des sols français bien représentée, *mais* :
→ **sur** représentation des sols de **craie**
→ **sous** représentation des sols **sableux**

Min : 2 %

Max : 37 %



Caractérisation des parcelles étudiées

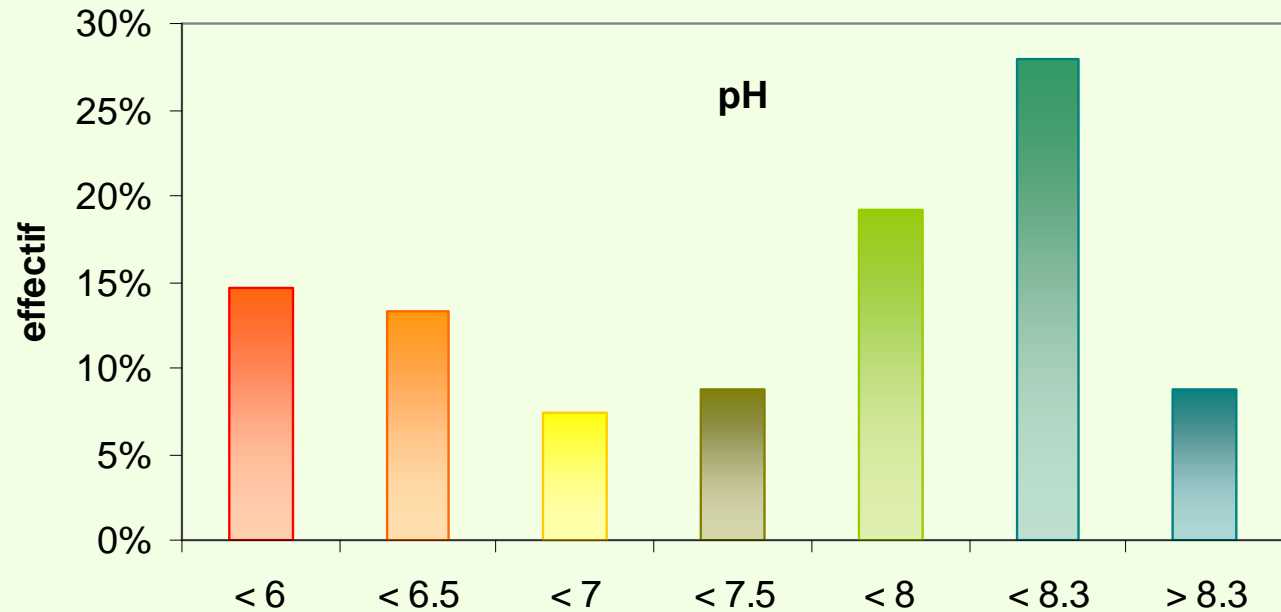


Min : 0 %

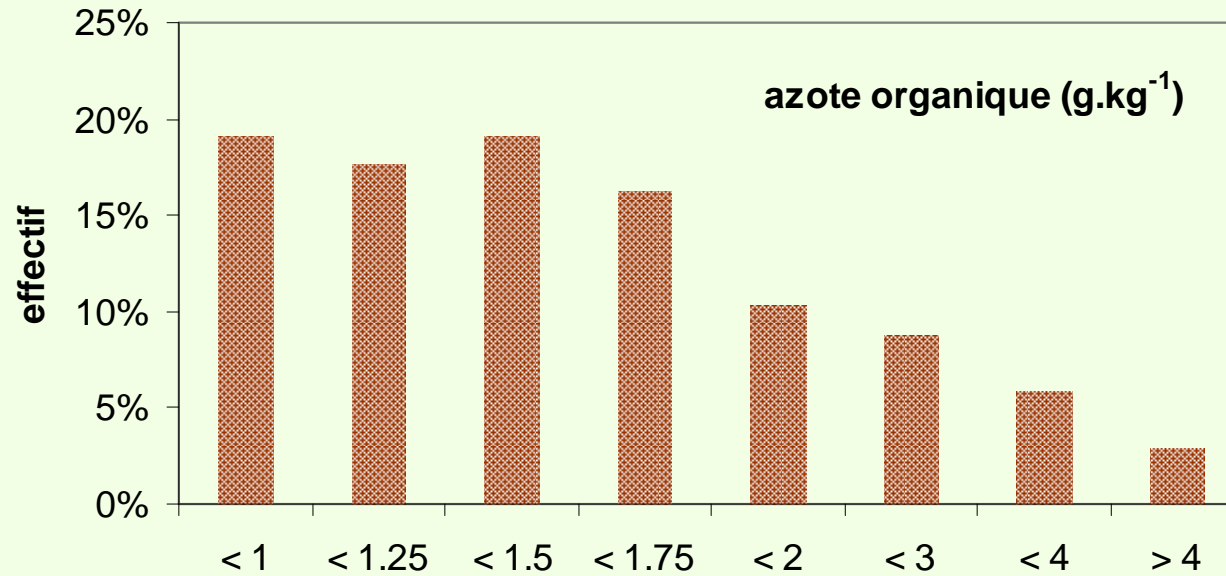
Max : 86 %

Min : 5.7

Max : 8.4



Caractérisation des parcelles étudiées



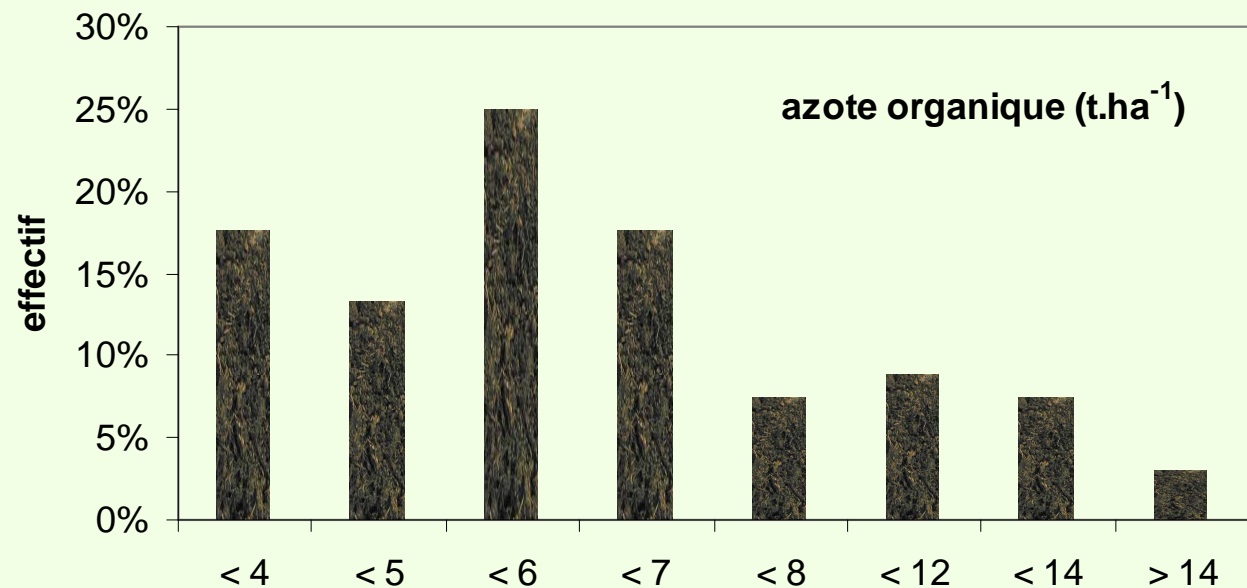
Min : 0.8 g.kg⁻¹

Max : 4.3 g.kg⁻¹

Min : 3 t.ha⁻¹

Max : 16 t.ha⁻¹

(sur 30 cm)

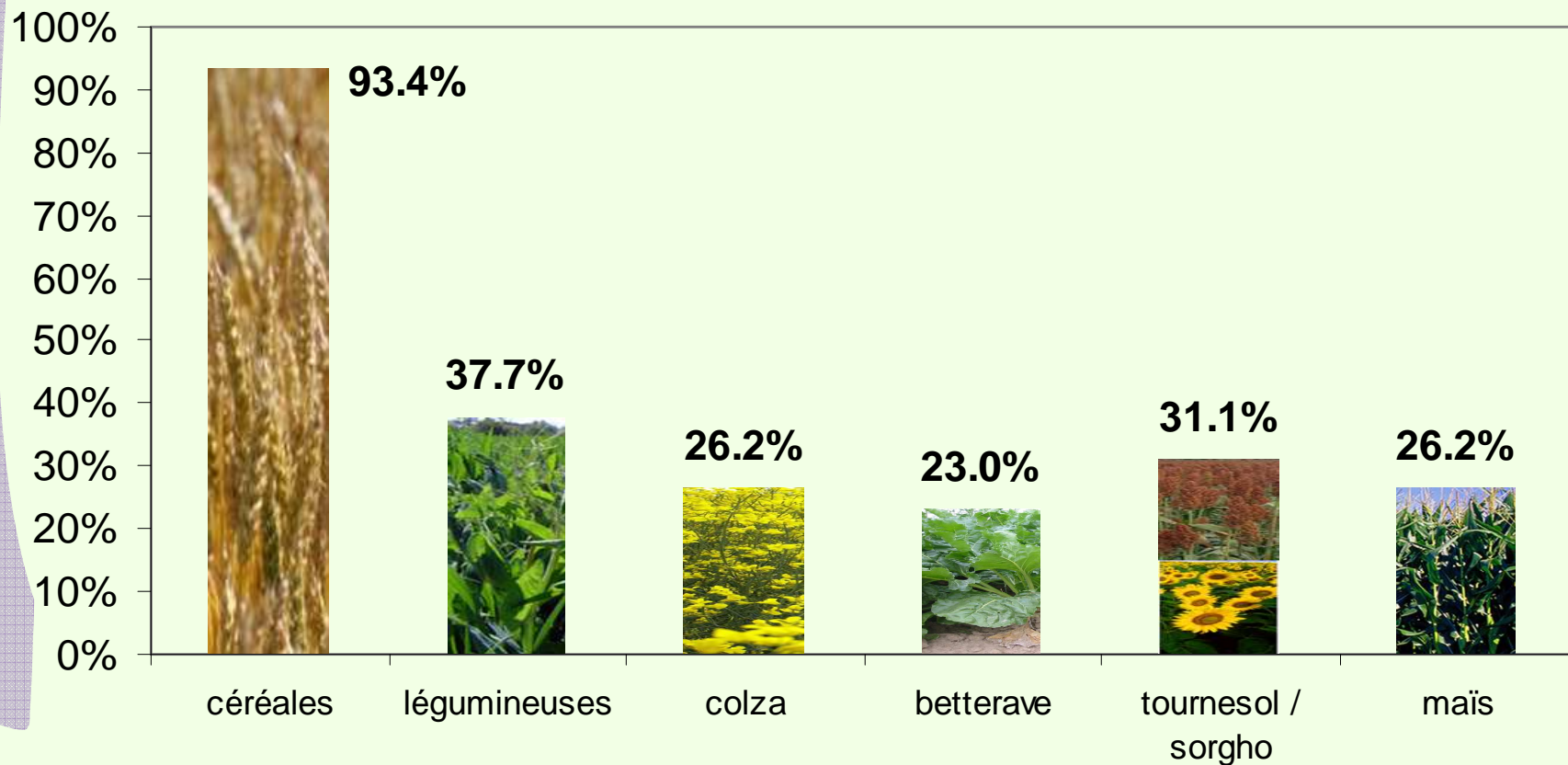


Caractérisation des parcelles étudiées

composition la rotation culturale

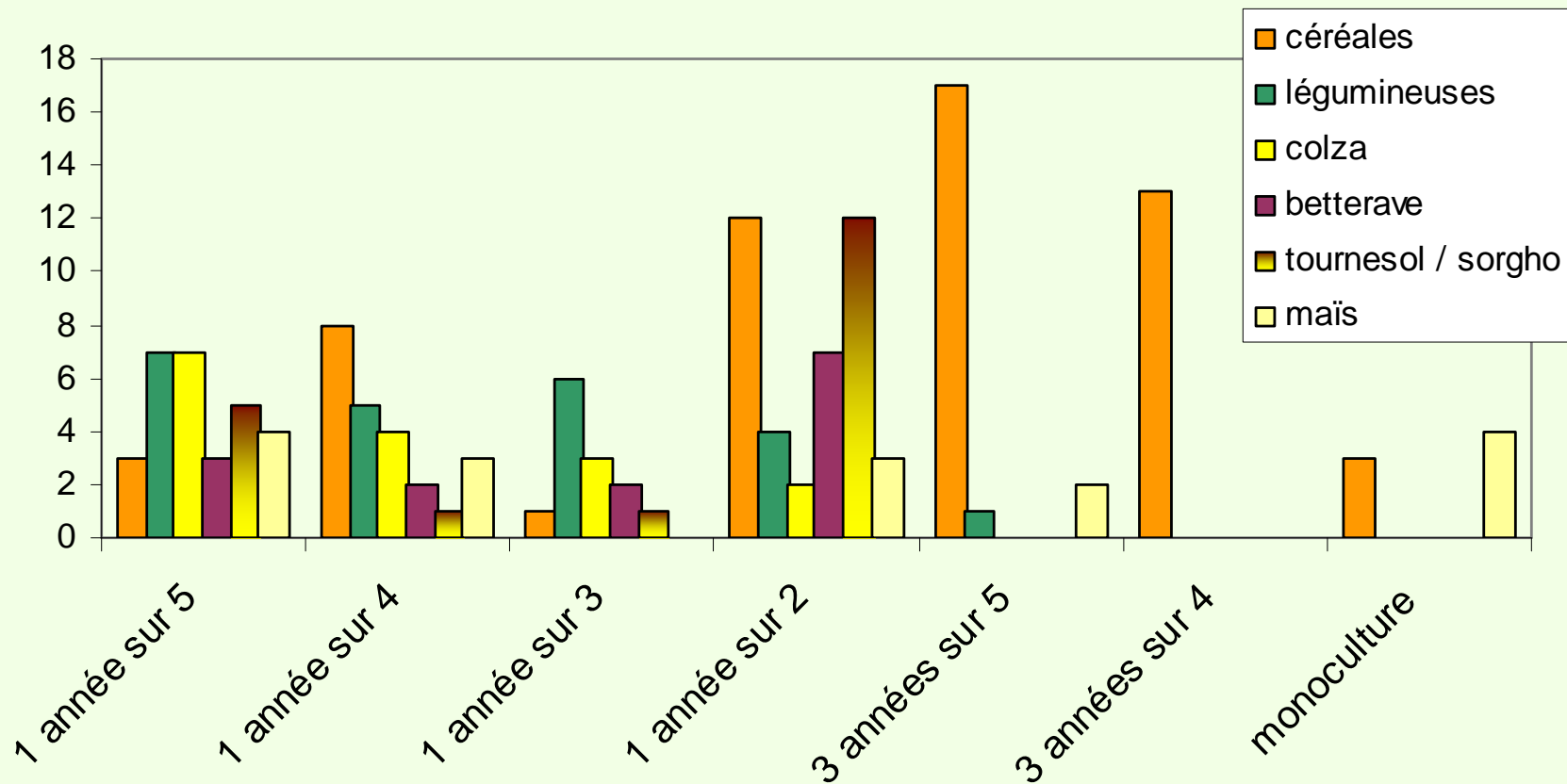
→ Informations disponibles : entre 5 et 10 ans avant les expérimentations en sol nu

→ 6 types de culture



Caractérisation des parcelles étudiées

composition la rotation culturale



→ Légumineuses – colza : entre 1/5 et 1/2

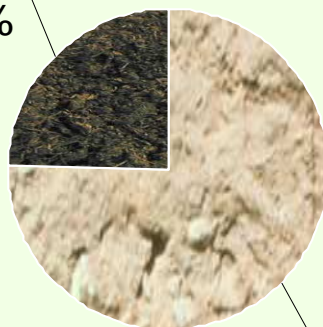
→ Betterave – tournesol / sorgho : 1/2

→ Monocultures : maïs et céréales

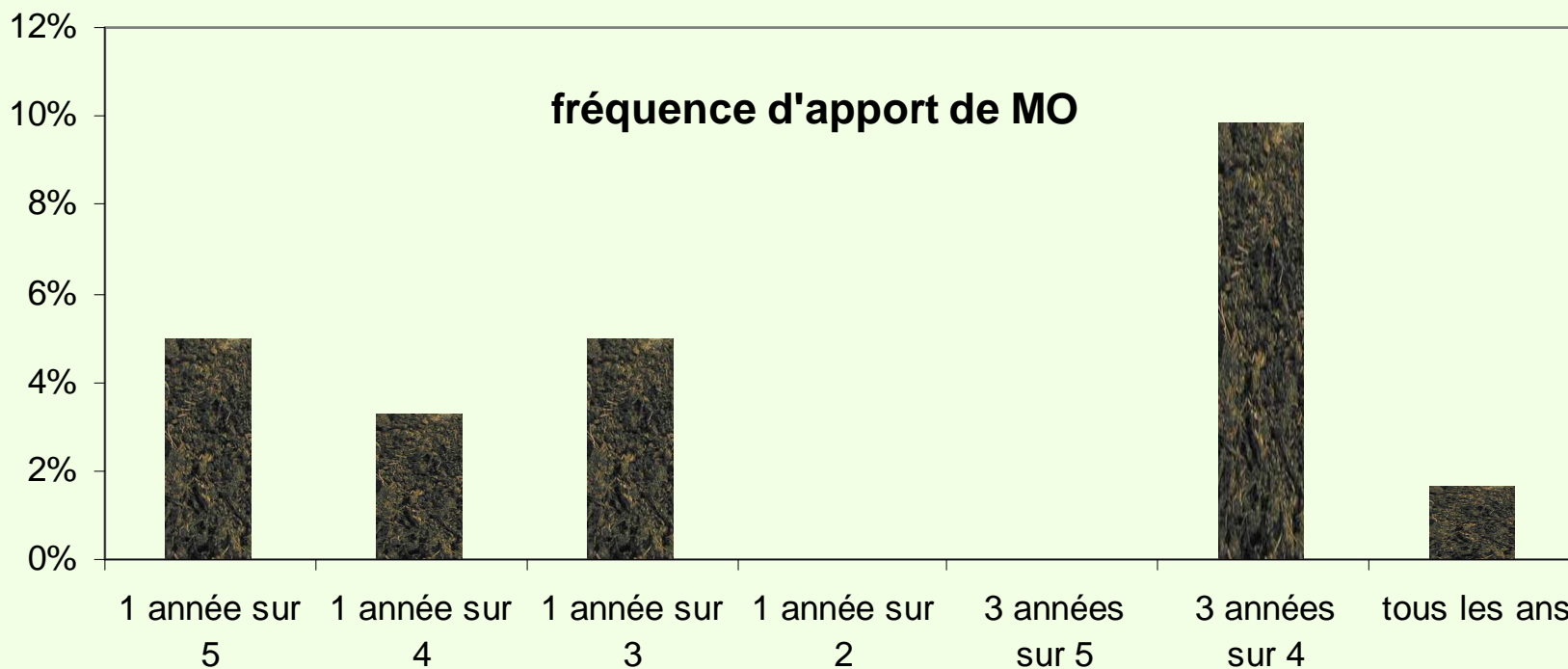
Caractérisation des parcelles étudiées

apport de matières organiques

oui
24.6%



non
75.4%



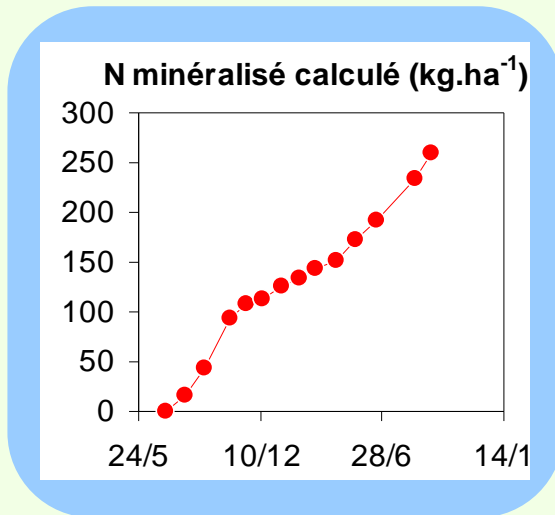
Mesure du taux de minéralisation K2 *in situ*

Situations avec résidus de culture **exportés**

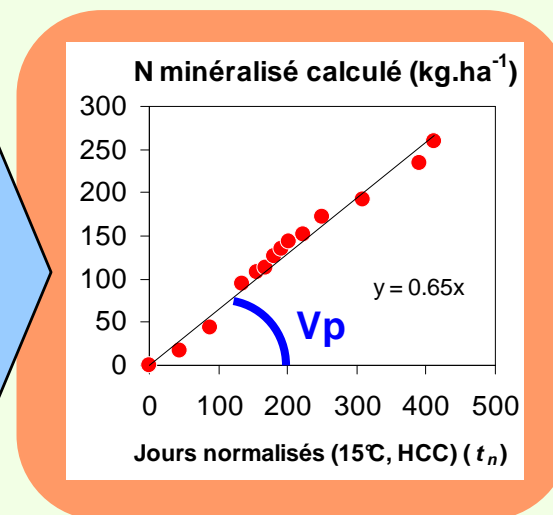


Mesure du taux de minéralisation de la **MO humifiée du sol uniquement**

Suivi en sol nu de l'évolution mensuelle du stock d'azote et d'eau dans différentes couches du sol pendant environ 1 an



Calcul du temps normalisé (effet température et humidité)



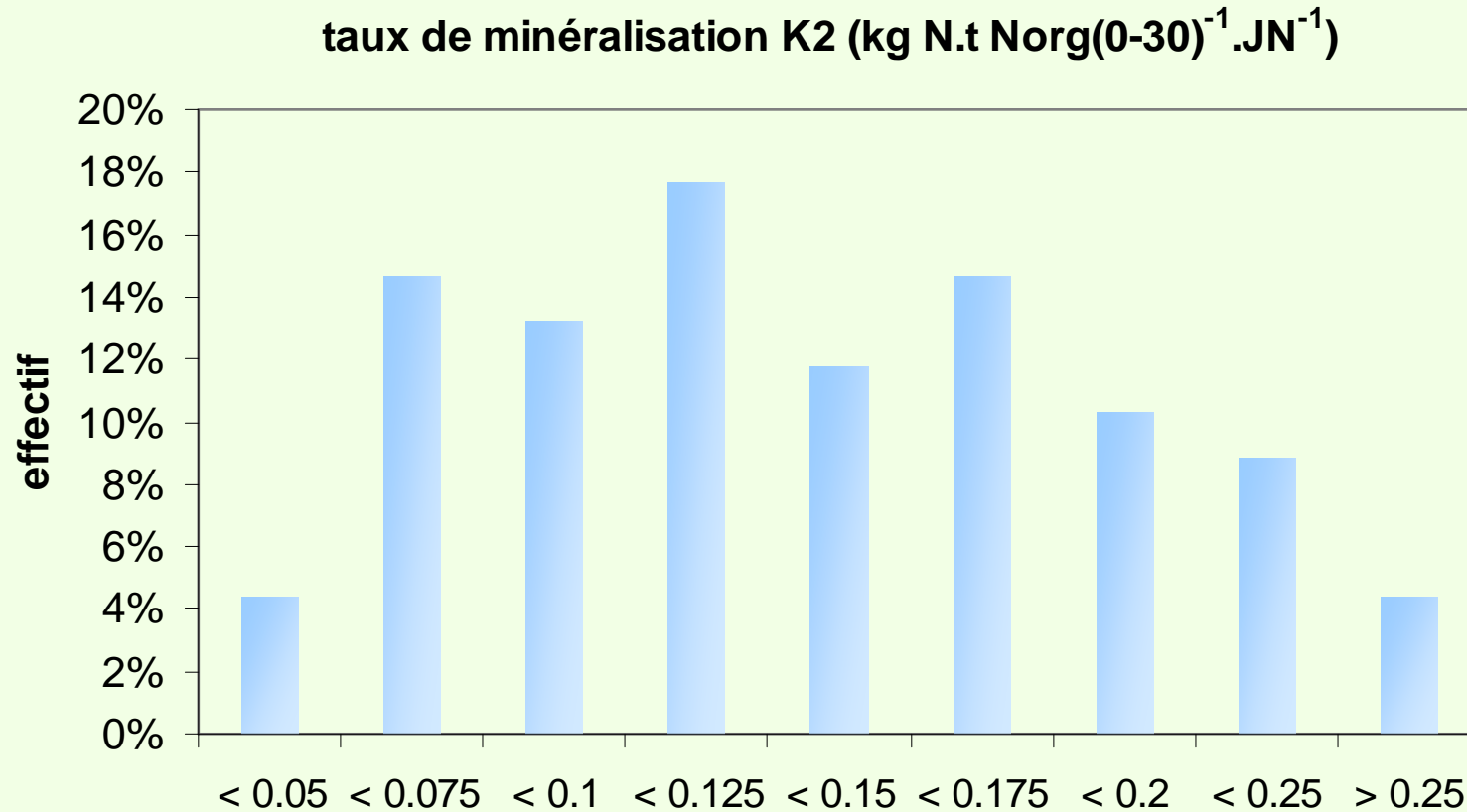
Vp : Vitesse potentielle de minéralisation en kg.ha⁻¹.JN⁻¹



$$K2 = Vp / t \text{ Norg (0-30)}$$

K2 exprimé en kg d'azote minéralisé par tonne d'azote organique sur 30 cm par jour normalisé (kg N.t Norg(0-30)⁻¹.JN⁻¹)

Gamme de la variable à expliquer (K_2)



Large gamme obtenue : Min = 0.04 à Max = 0.27

Moyenne = $0.13 \text{ kg N.t Norg}^{-1} \cdot \text{j}_n^{-1} \rightarrow \approx 160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$

Comparaison entre K_2 mesuré et K_2 référence français (AZOFERT, STICS)

$$K_2 = F_{ACT} * K_2 pot$$

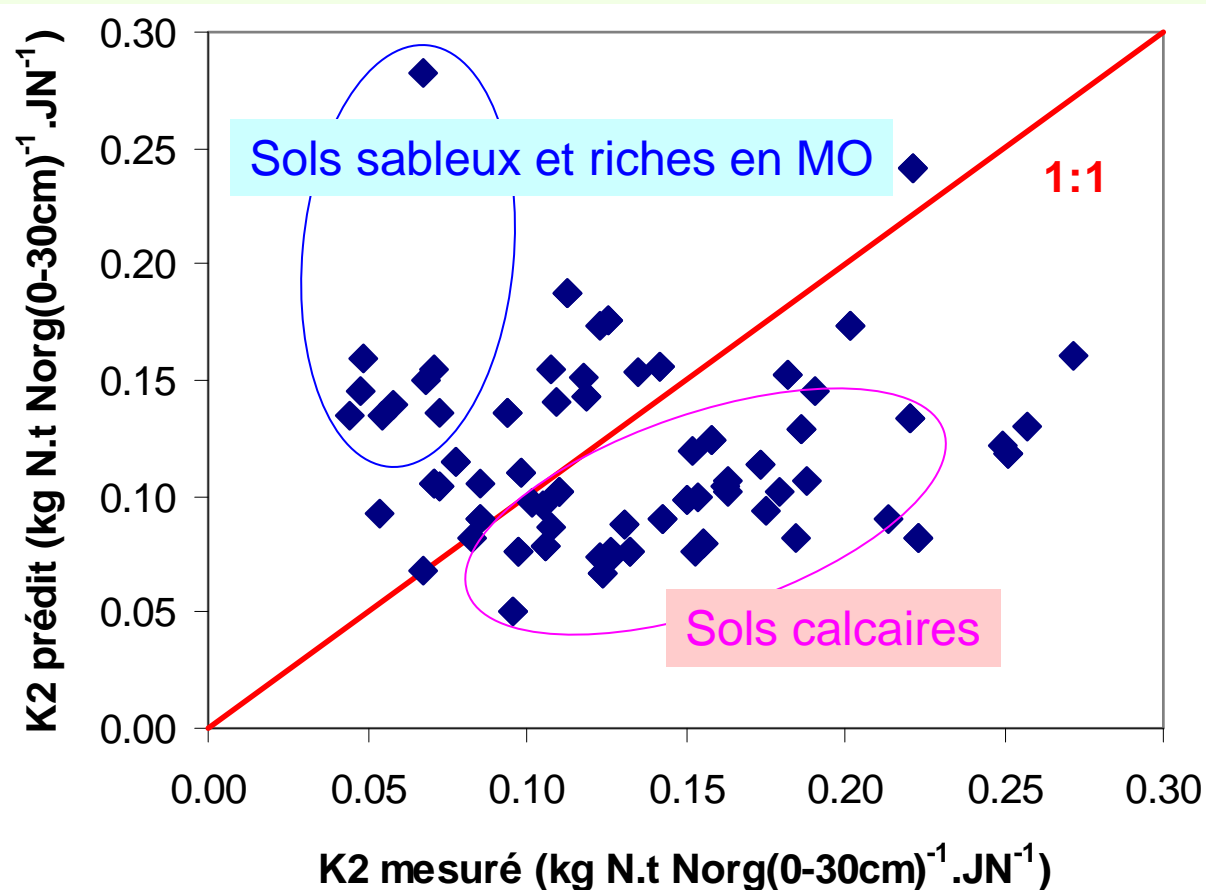
$$K_2 pot = \frac{65}{(110 + Arg)(600 + CaCO_3)}$$

$K_2 pot$: constante de vitesse de minéralisation (jour⁻¹)

F_{ACT} : proportion d'azote organique actif, fixée à 35%

Arg : teneur en argile du sol (g.kg⁻¹)

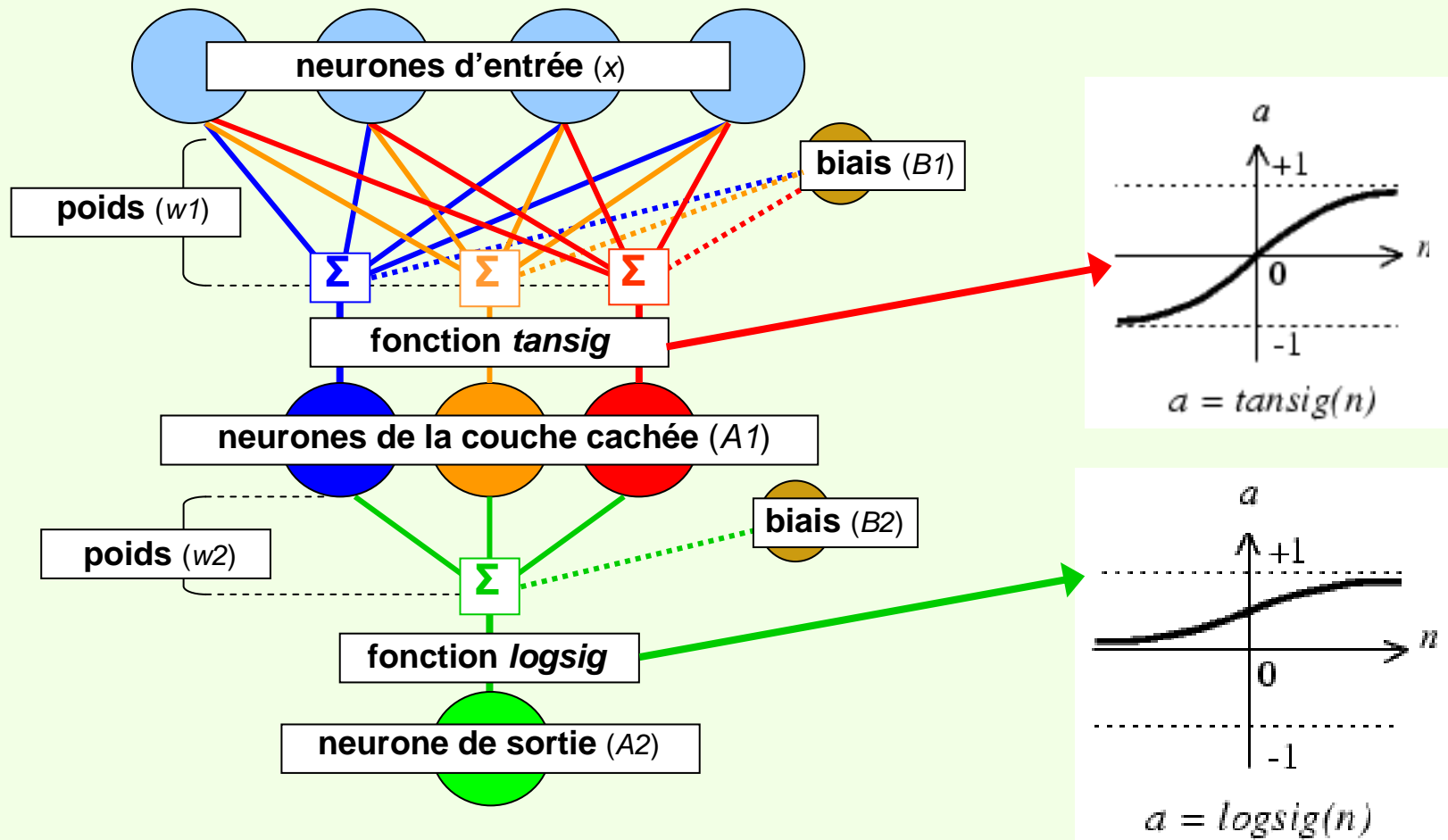
CaCO₃ : teneur en calcaire du sol (g.kg⁻¹)



$R^2 = 0.07$
MSEP = 66 %
Fort biais
pour sols
calcaires et
sableux
riches en MO

Méthode de modélisation : réseau de neurones

Caractéristiques de sol - SdC



K2 prédit

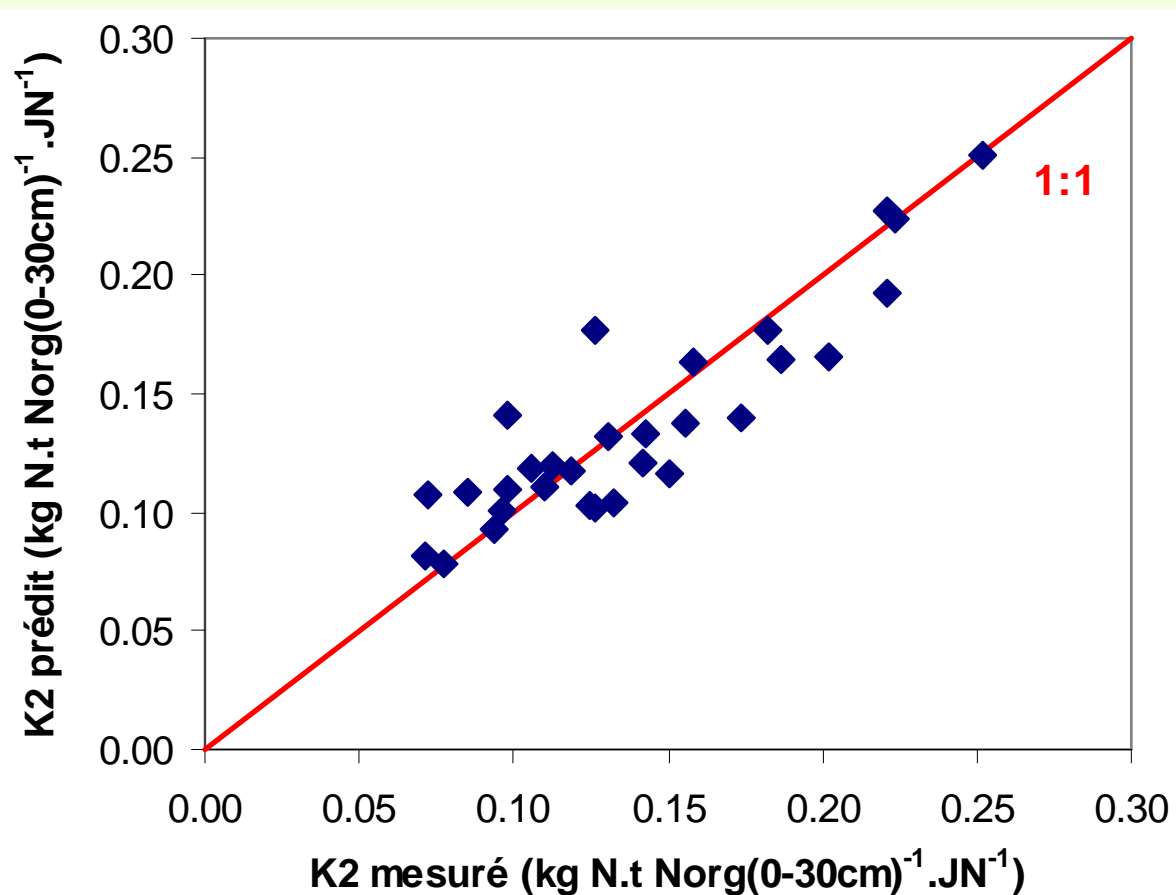
Paramètres à optimiser : poids (w) et les biais

Modèle obtenu par réseau de neurones

Argile, CaCO_3 , pH, fréquence de colza dans la rotation

1) Paramétrage

30 parcelles avec grande précision dans le calcul de K_2 , représentatives de l'ensemble du réseau expérimental



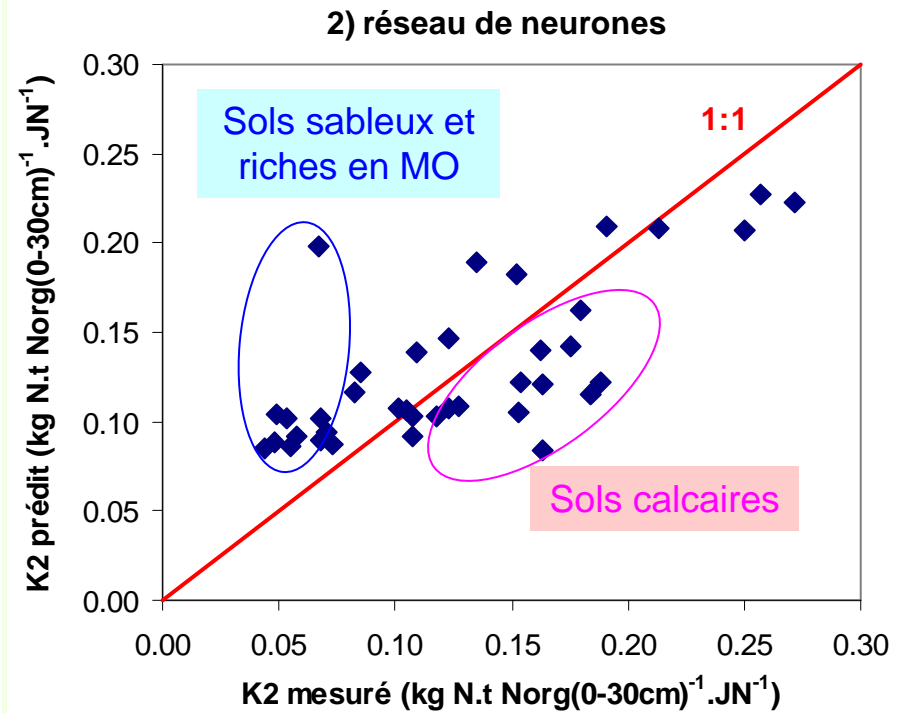
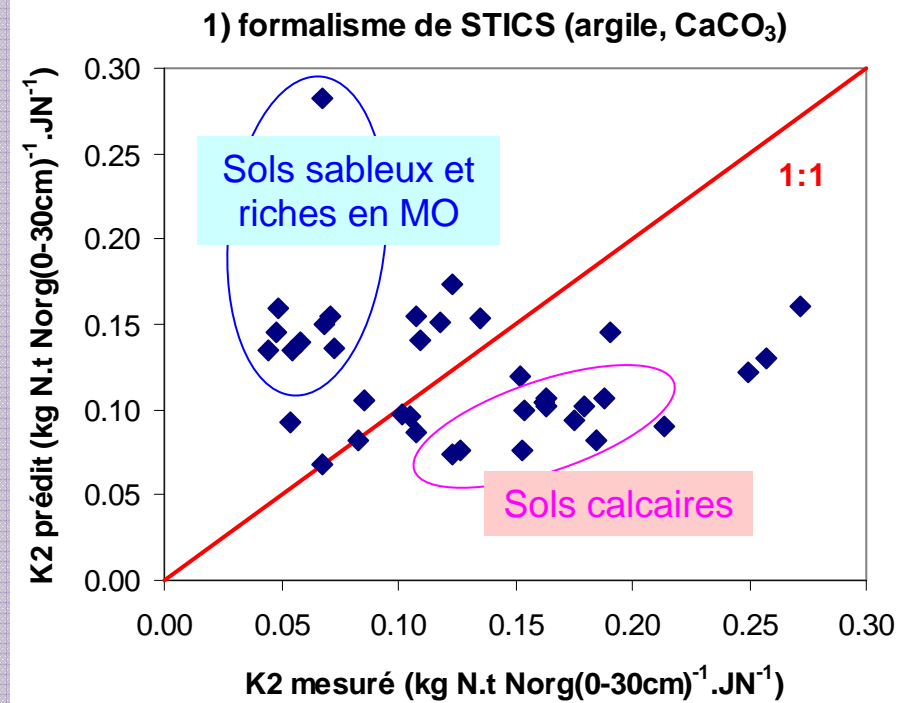
$R^2 = 0.80$
MSE = 16 %
pas de biais

Modèle obtenu par réseau de neurones

Argile, CaCO_3 , pH, fréquence de colza dans la rotation

2) Validation – comparaison avec K2 STICS

38 parcelles restantes



$R^2 = 0.07$
MSEP = 66 %



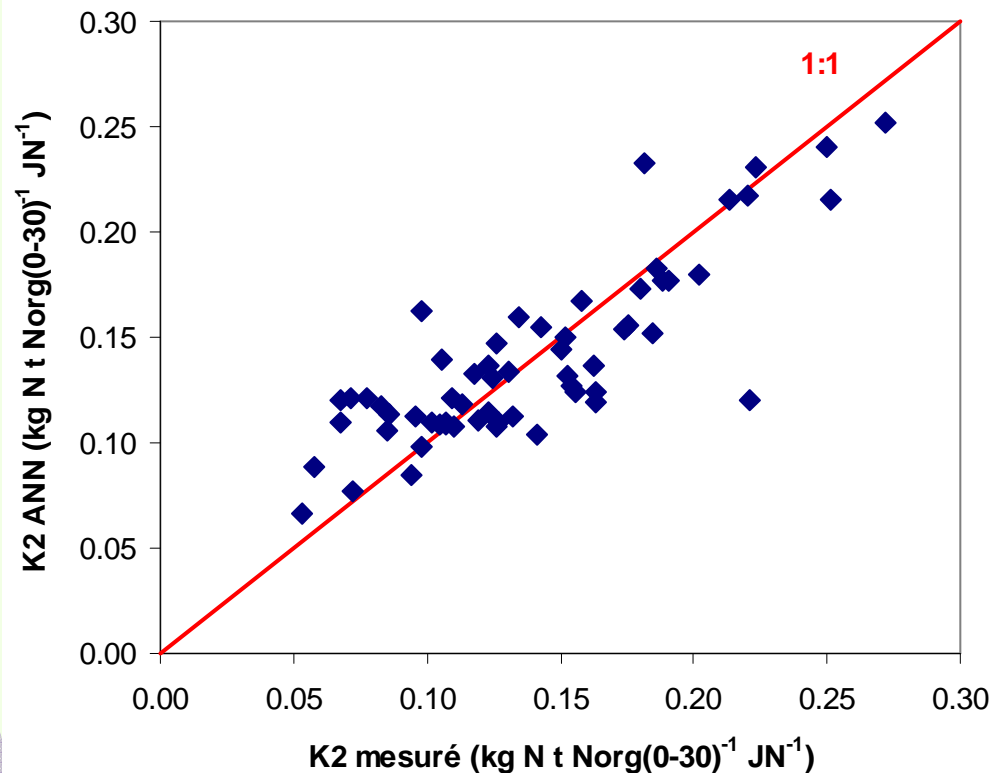
$R^2 = 0.52$
MSEP = 33 %

Modèle obtenu par réseau de neurones

Argile, CaCO_3 , pH, fréquence de colza dans la rotation

3) Modèle de prédiction proposé

Utilisation de toute l'information disponible (68 parcelles)
afin d'obtenir le paramétrage le plus robuste



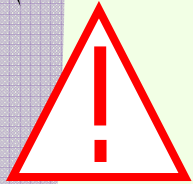
$R^2 = 0.70$
MSE = 20 %

Taux de minéralisation des
sols sableux riches en MO
et sols calcaires bien prédit

→ Bonne robustesse du
modèle a priori pour une
large gamme de conditions
pédoclimatiques

Conclusion - perspectives

Approche statistique



→ **domaine de validité** limité à la gamme de valeur du paramétrage

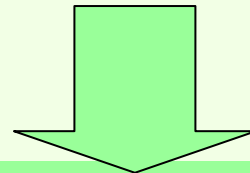
→ **pas de signification fonctionnelle stricte** et relation complexes entre les variables (**pas d'effet unique**)

Modélisation par réseau de neurones

Amélioration de la prédiction de la minéralisation de l'azote *in situ* par rapport au formalisme existant (argile et CaCO_3)

Modèle simple : 4 variables faciles d'accès

Modèle robuste : valide pour une large gamme de pédoclimats et de systèmes de culture



Modèle opérationnel qui pourra être utilisé dans des modèles de recherche ou des outils d'aide à la décision



**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**