

Journées Annuelles 2021

3 juin 2021

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



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Optimisation de la fertilisation azotée organique dans les supports de culture horticoles (OptiFAz)

- Sophie Bresch (ASTREDHOR)
- Patrice Cannavo (L'Institut Agro)

Contexte

- * Développement des fertilisants organiques en hors-sol en AB ou non.
- * Accidents de culture et litiges incriminant les supports de culture sans éléments de réponse.
- * De nombreux freins agronomiques dus au manque de connaissances des processus de minéralisation de l'azote organique dans un contexte hors-sol.

2 filières :

♣ Horticulture ornementale :

- plantes fleuries,
- arbres et arbustes d'ornement,
- aromatiques en pots pour l'amateur.



♣ Maraîchage AB :

- plants en mini mottes,
- mottes pressées ou alvéoles.

OptiFAz : 15 partenaires pour des compétences complémentaires



Autres partenaires associés :



Fabricants de supports de culture et d'engrais organiques

Projet labellisé par le RMT



Avec le soutien financier de



Les objectifs

OptiFAz →

Compréhension des
mécanismes de
minéralisation en milieu
hors-sol

Effets de la température et de
l'humidité

Mise en relation avec l'activité
biologique



Développement
d'outils pour

Modéliser la
minéralisation de l'azote

Suivre et piloter les
cultures au plus près
des besoins de la plante

Présentation des substrats et des engrais

Substrats	
S1	Tourbe blonde & noire, fibre coco, compost végétal
S2	Tourbe noire (80%), compost végétal
S3	Tourbe blonde, coco, écorces compostées
S4	Tourbe blonde (60%), coco, compost végétal

Pot – plants aromatiques et fleuries

Plants maraîchers en mottes ou plaques alvéolées

Conteneur arbre et arbuste

Plants maraîchers en mottes ou plaques alvéolées



Dispositif expérimental

Incubations en laboratoire sans plantes

4 substrats

N°	Comp.	MO (% MS)	C_organique (%)	C/N	N miné (g/kg)	pH eau	CE (mS/cm)
S1	Tourbe noire	68.7	34.4	30.9	0.39	6.82	0.71
S2	Tourbe blonde & noire, fibre coco	69.1	34.5	31	0.38	6.67	0.65
S3	Tourbe blonde, coco, écorces	90.9	45.4	65.9	0.03	7.3	0.64
S4	Tourbe blonde, coco, compost	71.3	35.6	27.2	0.25	6.5	0.58

2 engrais

N°	MO (%MS)	N_organique (%MS)	C/N	ISMO (%)
E1 (à dominante animale)	58.9	6.5	3.8	12
E2 (100% végétal)	72.8	6.2	5.1	4

Incubation 49 jours

4 humidités (pF) : 1.3, 1.5, 2 et 2.5
5 températures (°C) : 4, 10, 20, 28, 40

160 modalités,
3 répétitions par modalité

=> Suivi des cinétiques de production de NH_4^+ et NO_3^-

=> Quantification des gènes ammonitrifiants (AmoA)

Dispositif expérimental

Incubations en laboratoire sans plantes

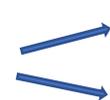
4 substrats

N°	Comp.	MO (% MS)	C_organique (%)	C/N	N miné (g/kg)	pH eau	CE (mS/cm)
S1	Tourbe noire	68.7	34.4	30.9	0.39	6.82	0.71
S2	Tourbe blonde & noire, fibre coco	69.1	34.5	31	0.38	6.67	0.65
S3	Tourbe blonde, coco, écorces	90.9	45.4	65.9	0.03	7.3	0.64
S4	Tourbe blonde, coco, compost	71.3	35.6	27.2	0.25	6.5	0.58

2 engrais

N°	MO (%MS)	N_organique (%MS)	C/N	ISMO (%)
E1 (à dominante animale)	58.9	6.5	3.8	12
E2 (100% végétal)	72.8	6.2	5.1	4

Incubation 49 jours



4 humidités (pF) : 1.3, 1.5, 2 et 2.5

5 températures (°C) : 4, 10, 20, 28, 40

160 modalités,
3 répétitions par
modalité

=> Suivi des cinétiques de production de NH_4^+ et NO_3^-

=> Quantification des gènes ammonitrifiants (AmoA)

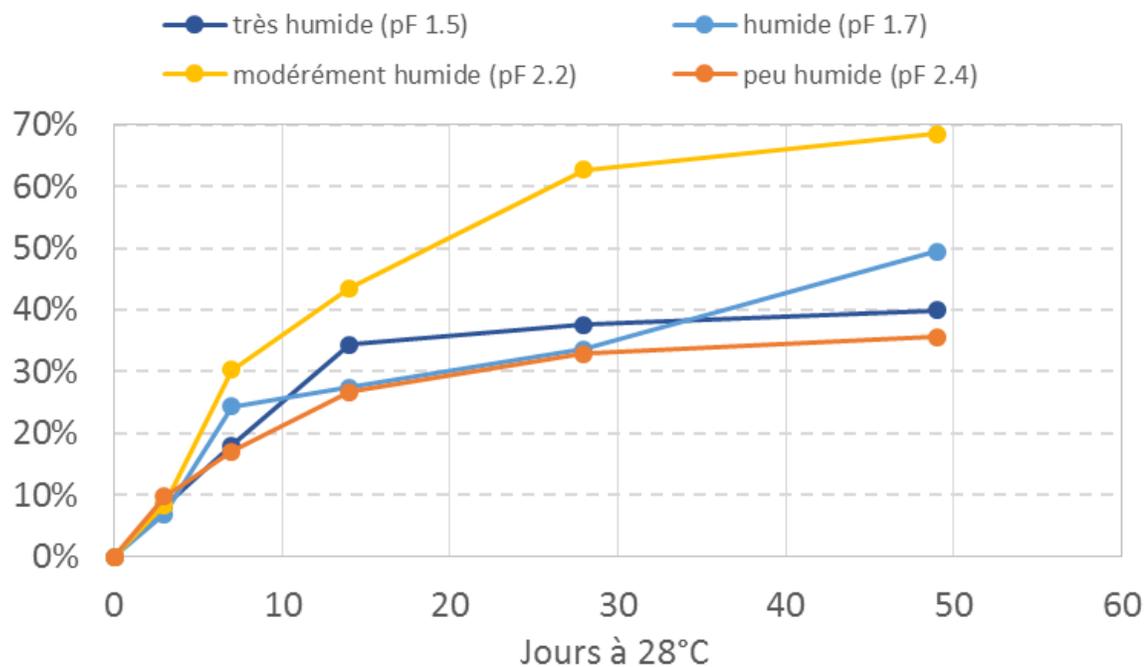
SUVIS ANALYTIQUES EN STATIONS ORNEMENTALES ET MARAICHAGE

Tests de mise en culture (aspect du substrat, tenue des mottes, germination et croissance des végétaux), suivi azote et humidité → données pour validation de l'outil de prédiction

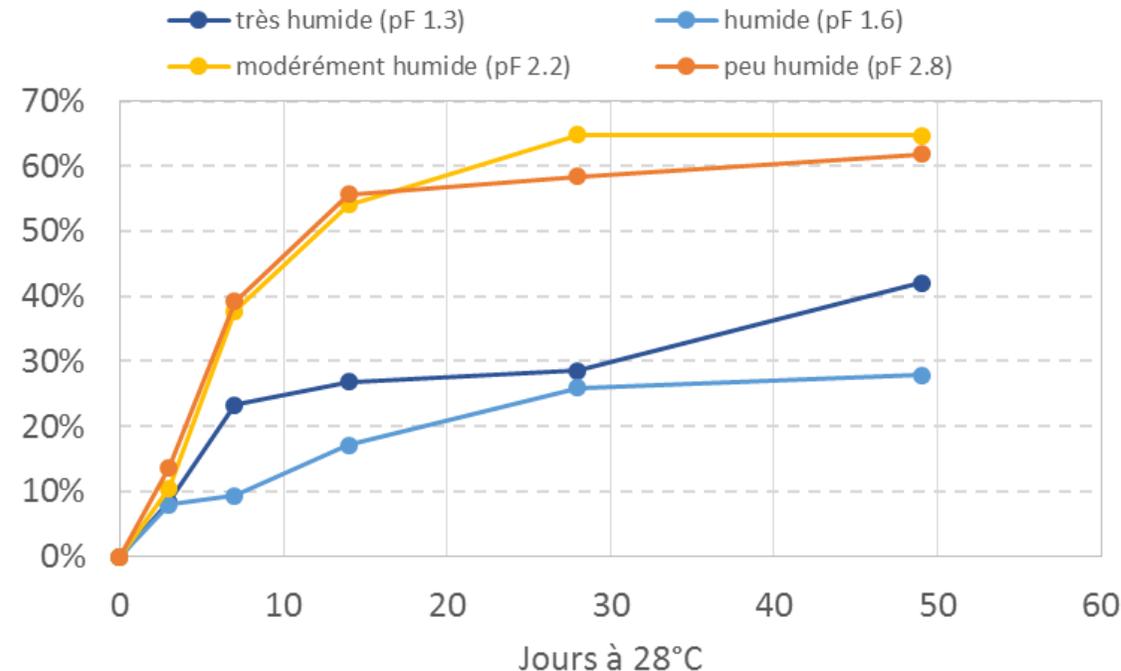
Résultats : cinétiques de minéralisation

Incubations en conditions contrôlées – Effet de l'humidité

N minéralisé (% N org engrais) S2 E2



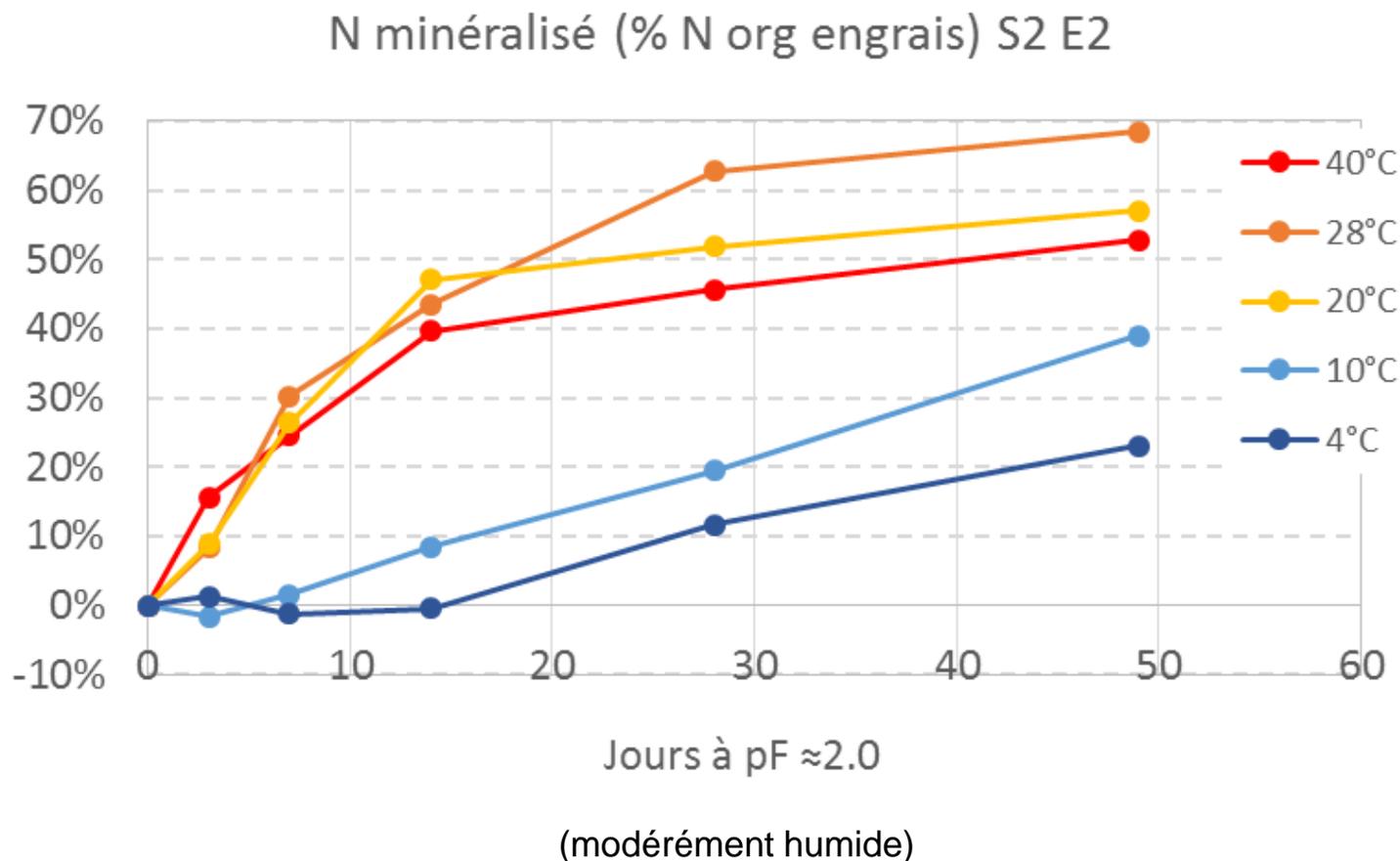
N minéralisé (% N org engrais) S4 E2



L'effet de l'humidité varie selon le substrat, mais la minéralisation de l'azote organique de l'engrais semble plus faible pour les humidités les plus élevées

Résultats : cinétiques de minéralisation

Incubations en conditions contrôlées – Effet de la température



- ❖ La minéralisation de l'azote organique de l'engrais est très faible à 4°C, augmente légèrement à 10°C, puis fait un bon à 20°C.
 - ❖ Le maximum est relevé à 28°C.
 - ❖ À 40°C, la minéralisation est plus faible qu'à 20°C.
- **Les températures très froides et très chaudes limitent la minéralisation de l'azote des engrais organiques.**

Approches de modélisation

Deux stratégies de modélisation

* Régression linéaire multivariée :

$$N_{\text{minéral}} = A * \text{Variable}_1 + B * \text{Variable}_2 + \text{etc...}$$

⇒ Modèle purement statistique appliqué à toutes les modalités

* Modélisation des cinétiques de minéralisation :

$$N_{\text{minéralisé}} = A * [1 - \exp(-K * t)]$$

Avec A = plateau de minéralisation atteint,

K = constante de biodégradation de l'engrais,

t = temps (jours normalisés)

⇒ Approche scientifique adaptée des concepts en science du sol

Approches de modélisation

Deux stratégies de modélisation

* Régression linéaire multivariée :

$$\mathbf{N_minéral} = \mathbf{A*Variable_1} + \mathbf{B*Variable_2} + \mathbf{etc...}$$

⇒ Modèle purement statistique appliqué à toutes les modalités

* Modélisation des cinétiques de minéralisation :

$$\mathbf{N_minéralisé} = \mathbf{A*[1 - exp(-K*t)]}$$

Avec A = plateau de minéralisation atteint,

K = constante de biodégradation de l'engrais,

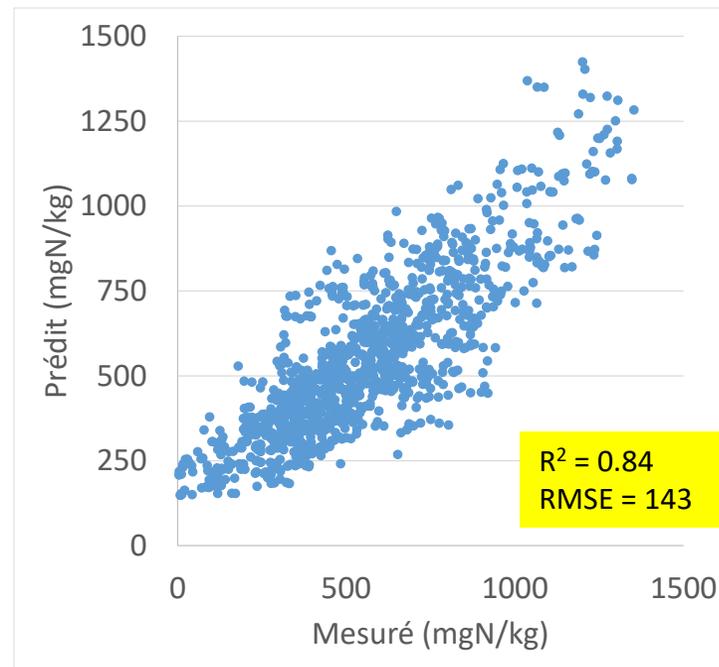
t = temps (jours normalisés)

⇒ Approche scientifique adaptée des concepts en science du sol

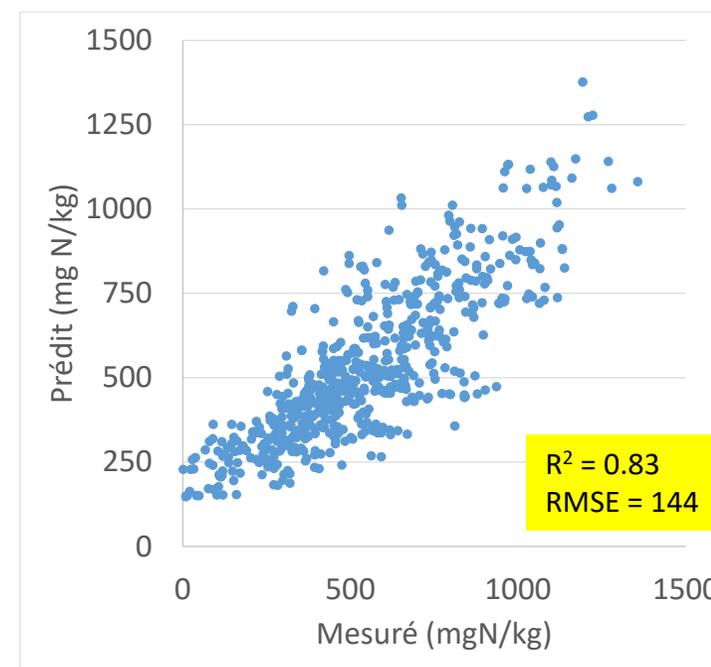
Résultats de la modalisation

Modélisation par régression linéaire multivariée

Calibration (2/3 de la BDD, n=1235)



Validation (1/3 de la BDD, n=617)



$$N_{\text{minéral}} \text{ (mgN / kg MS)} = 0.1 * \text{Qté N}_{\text{engrais}} + 9.8 * N_{\text{initial_substrat}} + 0.8 * \text{Jours_Normalisés}$$

Suivis sur le terrain



**Dispositifs sous abri
avec suivis :**
Température substrat
Température aérienne
Humidité
Azote minéralisé

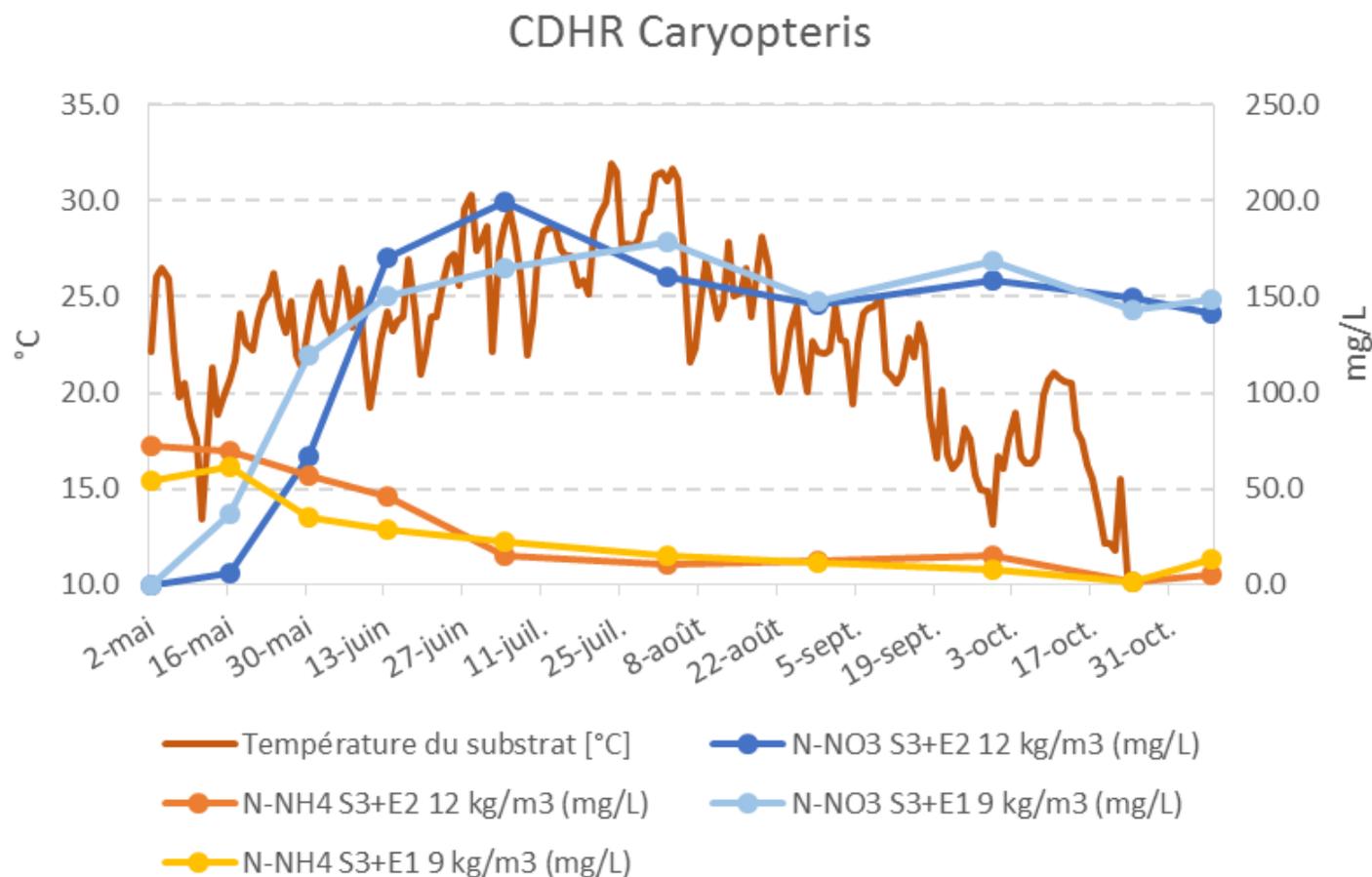
Sans plantes

Avec plantes
(pour validation
agronomique)



Suivis sur le terrain

Suivi azote minéralisé et température du substrat



- Prédominance de l'azote ammoniacal en début de culture,
- Transformation en azote nitrique après 3 à 4 semaines de culture.
- Phénomène accentué par la chute des températures en début de culture.
- Peu de différence de profil de libération d'azote minéral entre les 2 engrais.

→ **Jeu de données pour la validation des modèles**

Evaluation d'outils de terrain

Identification d'indicateurs de terrain pour piloter la fertilisation

Faciliter le pilotage des apports complémentaires d'engrais en cours de culture sur des cycles longs (> 8 semaines).

Exigences : mise en œuvre simple, méthode non destructive, peu coûteux.

Deux types d'indicateurs identifiés :

- Taux de nitrate et ammonium dans le substrat (réflectométrie)



Boîtier
Nitrachek404



Boîtier RQ-
Flex®

- Indice de coloration des feuilles (teneur en chlorophylle corrélée à l'azote dans la plante)



SPAD-502plus®
(Konica-Minolta)



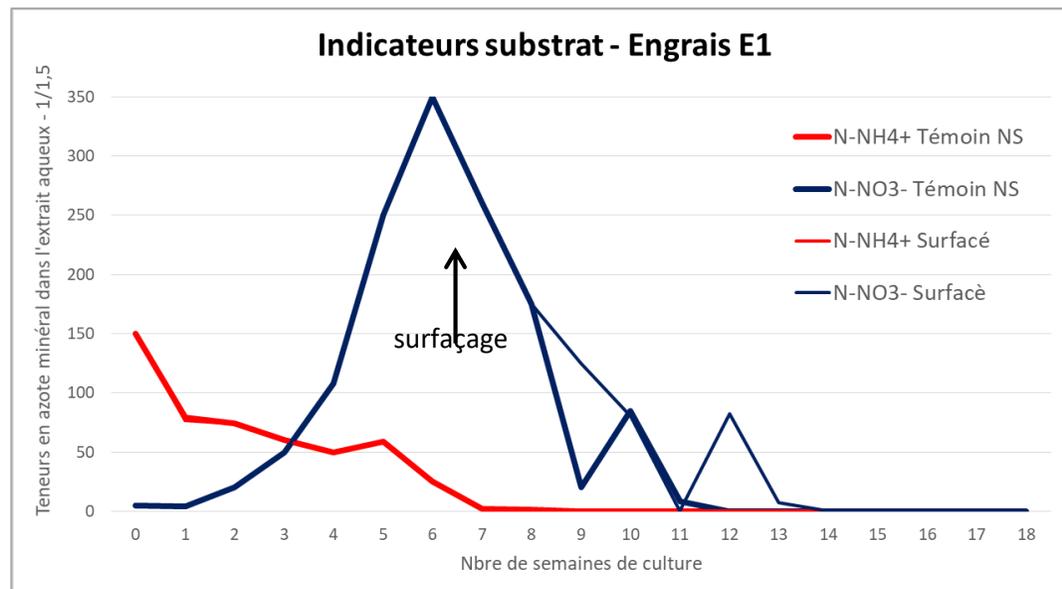
N-Tester®
(Yara)



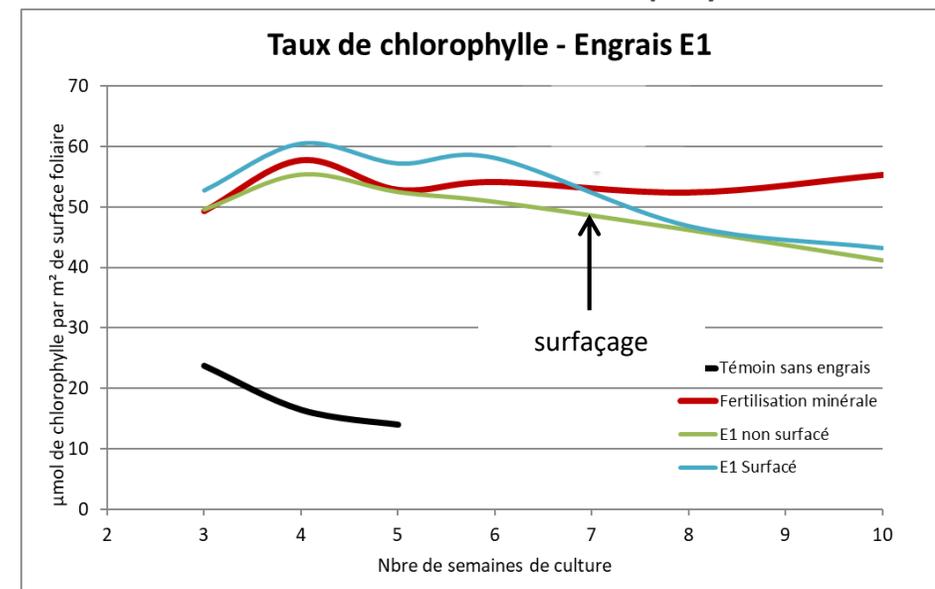
MC100® (Apogee)

Evaluation d'outils de terrain

Taux de N-NO₃ et N-NH₄ dans le substrat



Concentration chlorophylle



Indicateurs complémentaires :

- Azote ammoniacal : permet de détecter des blocages de minéralisation.
- Azote nitrique : permet de vérifier que la nitrification se déroule correctement
→ Surfaçage quand N-NO₃⁻ commence à diminuer et N-NH₄⁺ non détectable.
- Chlorophylle : permet une intervention plus précoce mais nécessite un témoin.

Des outils adaptés aux différentes cibles

- **Pour les fabricants de support de culture et d'engrais**
 - **Prise en compte de l'activité biologique des bactéries ammonitrifiantes (AmoA)** jusqu'ici indicateur utilisé en PT adapté et testé aux cultures HS mais nécessité de vérifier sur d'autres supports.
 - **Modélisation de la minéralisation de l'azote** à partir des données obtenues : 2 modèles prédictifs : 1 statistique (Modèle de régression multivarié) et 1 adapté des sciences du sol (Modélisation des cinétiques de minéralisation) mais là aussi nécessité d'être validés par d'autres couples (supports/engrais).
 - **Courbe de minéralisation** spécifique adaptée au HS : valeurs de pF, T° et humidité.
- **Pour les producteurs surtout sur cultures longues et/ou surfaçage**
 - **Courbe de minéralisation** : importance de la Température.
 - **Outils de suivi des cultures**: Nitrachek, RQFlex, pinces à chlorophylle.