



Quels paramètres influencent la minéralisation de l'azote dans les substrats de culture organiques hors-sol ?

Cannavo Patrice (EPHor – AGROCAMPUS OUEST)*

* Consortium projet OptiFaz :
Bresch S. (ASTREDHOR),
Guénon R. (AGROCAMPUS OUEST),
Benbrahim M. & Kremer L. (RITMO),
Valé M. & Le Net J. (AUREA),
Recous S. (INRA)



Contexte et enjeux

Une demande sociétale et des enjeux d'innovation en horticulture :
Circuits courts, économie circulaire, produits sains (AB)



Cités maraîchères –
Fermes urbaines



Toitures végétalisées –
potagers hors sol



Production horticole

- ⇒ Des supports de culture variés : matières premières diversifiées (tourbe, fibre coco, écorces...)
- ⇒ Des milieux contraints / confinés : conteneur, bac de production, serre de production



Contexte et enjeux

Une demande socio-professionnelle et des enjeux d'innovation en horticulture :

Recours aux **fertilisants organiques**, **substitutifs** aux produits de synthèse

Besoin de connaissances scientifiques et de validation agronomique des engrais organiques présents sur le marché

Engrais organiques

Origine animale : corne broyée, sang séché, guano,....

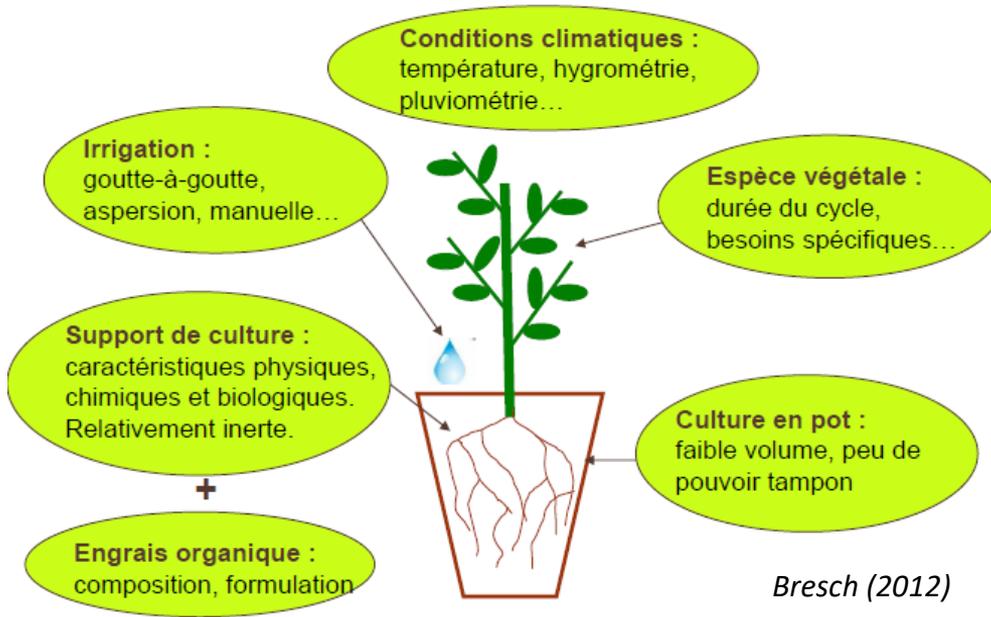
Origine végétale : tourteaux, purins, résidus compostés...

+ **les biostimulants** : bactéries, champignons, extraits végétaux, phytohormones, vitamines,...

⇒ Comment maîtriser la minéralisation des engrais ?



Spécificités des cultures hors-sol



Bresch (2012)

Volume racinaire limité :
=> faible pouvoir tampon

Substrats organiques : biologiquement stables
=> communautés microbiennes spécifiques, faible activité



Caractérisation et modélisation de la minéralisation de l'azote

Minéralisation de l'azote organique = processus indispensable en amont de la nutrition des plantes en cultures hors-sol

Deux principaux facteurs de régulation : la teneur en eau et la température

Des connaissances scientifiques abondantes sur la caractérisation et de modélisation de la minéralisation de N **dans les sols**

Ces acquis sont-ils directement transposables aux substrats horticoles ?
Est-il possible de proposer un modèle « générique » de minéralisation de l'azote ?



Projet OptiFaz

Optimisation de la fertilisation azotée organique dans les supports de culture horticoles



Financement CASDAR



Labellisation





Objectifs

Caractériser et modéliser la **dynamique de minéralisation de l'azote organique en hors-sol** à partir de couples substrats / engrais de référence (produits du commerce).

Développer un OAD pour faciliter la gestion de la fertilisation et accompagner les utilisateurs :

- Outil prédictif de la minéralisation d'un engrais donné dans un substrat donné, basé sur la modélisation,
- Indicateurs de terrain pour le pilotage des cultures.



Méthodologie mise en place

>> Incubations en laboratoire (AUREA)

4 substrats

2 engrais

N°	Comp.	MO (% MS)	Corga (%)	C/N	N miné (g/kg)	pH eau	CE (mS/cm)
T1	Tourbe noire	68.7	34.4	30.9	0.39	6.82	0.71
T2	Tourbe blonde & noire, fibre coco	69.1	34.5	31	0.38	6.67	0.65
T3	Tourbe blonde, coco, écorces	90.9	45.4	65.9	0.03	7.3	0.64
T4	Tourbe blonde, coco, compost	71.3	35.6	27.2	0.25	6.5	0.58

N°	MO (%MS)	Norga (%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



3 humidités (pF) : 1.7, 2.5, 3

4 températures (°C) : 4, 20, 28, 40

96 modalités,
3 répétitions par modalité



Mesures réalisées

Cinétique de l'azote : N-NO_3^- et N-NH_4^+

=> extractions à l'eau

=> mesures à $t = 0, 3, 7, 14, 28$ et 49 jours

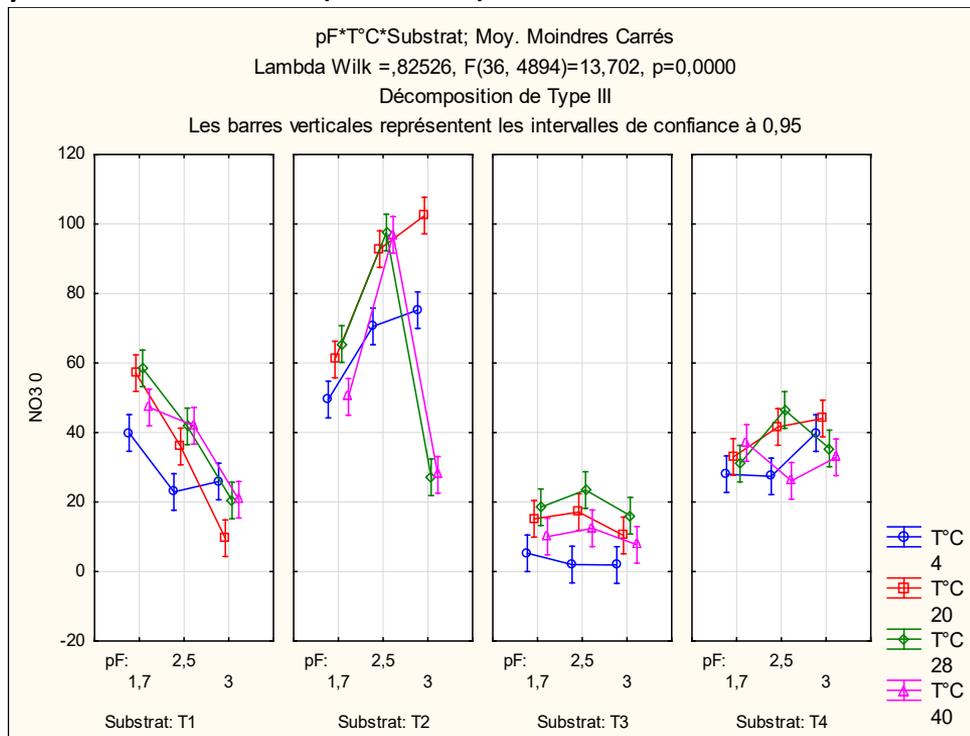
Quantification de l'ADN bactérien:

- Adaptation de l'extraction (Qiagen Dneasy PowerSoil Kit)
- Amplification par PCR quantitative (16S et AmoA : Ammonia Oxidizing Bacteria) et mesure en nombre de copies de gènes
 - mesures à pF 1,7 et pF 3; à deux températures 20° et 40°C
 - mesures à $t=3, 28$ et 49 jours



Résultats : analyse des facteurs impliqués

Analyse de variance (ANOVA)



Production de NO_3^- dépendante du substrat, humidité et température (1^{er} niveau d'interactions significatif)

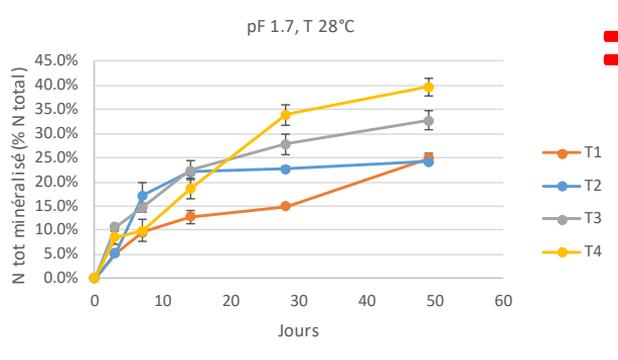
Pas d'effet de l'engrais à ce niveau d'interaction :
Composition engrais proche, ISMO comparable



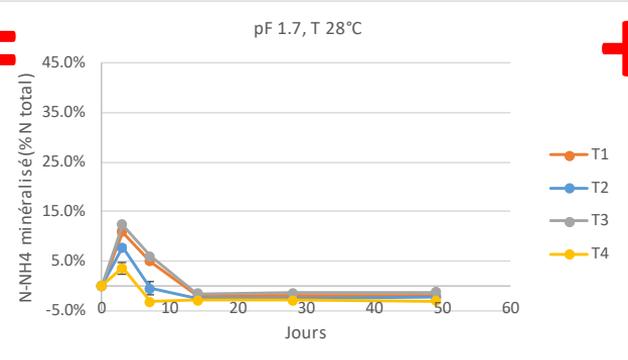
Résultats : cinétiques de minéralisation nette

Effet « substrat »

Comparaisons à pF 1.7 et T 28° (conditions de « confort »)

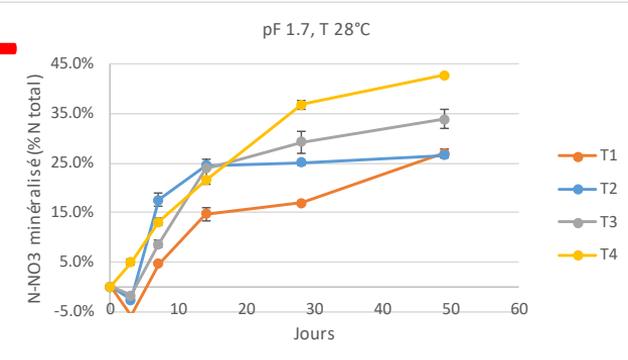


Cinétique T1 particulière = T2 à 49j
T3-T4 minéralisent le plus



Cinétiques NH_4^+ comparables : pic de production NH_4^+ durant les 15 premiers jours

T1-T3 contiennent davantage de NH_4^+



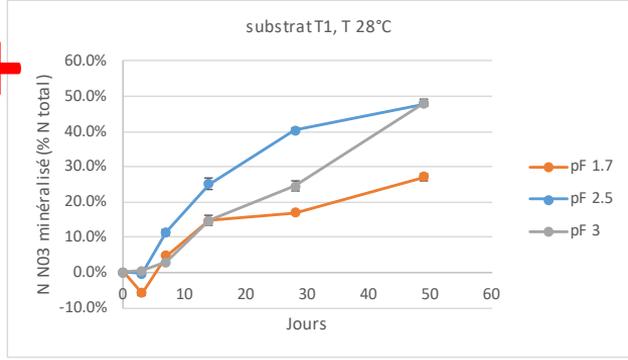
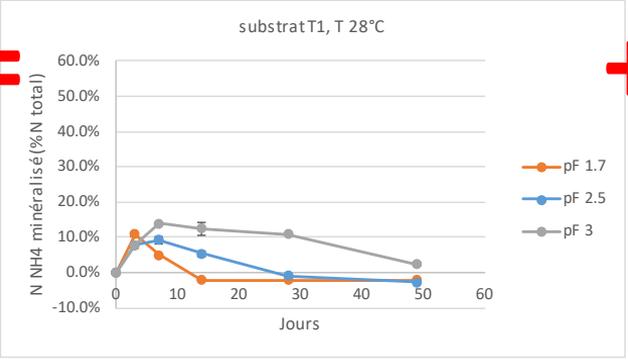
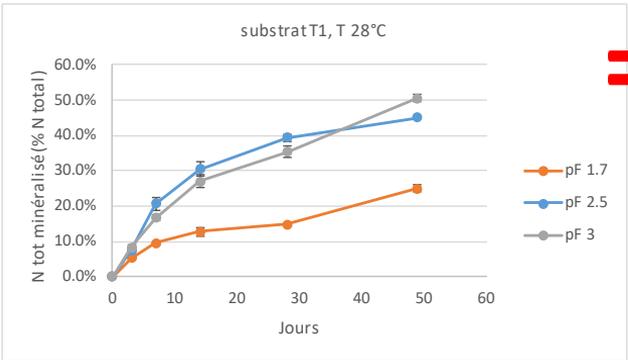
Phénomène d'organisation de NO_3^- durant les 5 premiers jours sauf pour T4



Résultats : cinétiques de minéralisation nette

Effet « humidité substrat »

Comparaisons faites sur les substrats T1 et T4 (cinétiques extrêmes) à T 28°



Meilleure minéralisation en conditions d'humidité « sèche »

La baisse d'humidité favorise la production de NH_4^+
=> Réduction du processus de nitrification

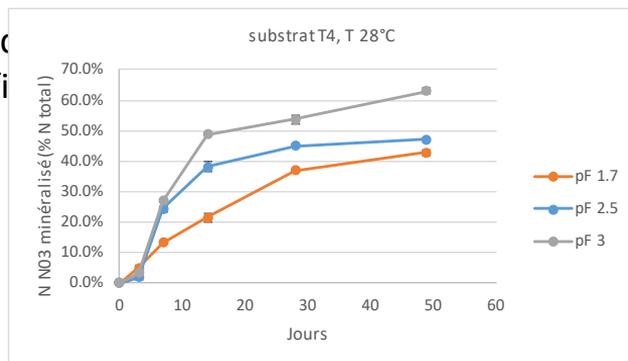
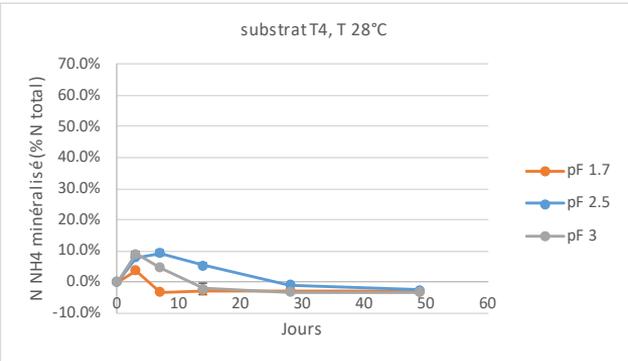
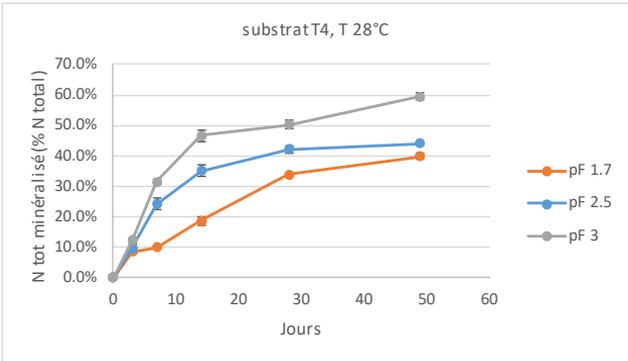
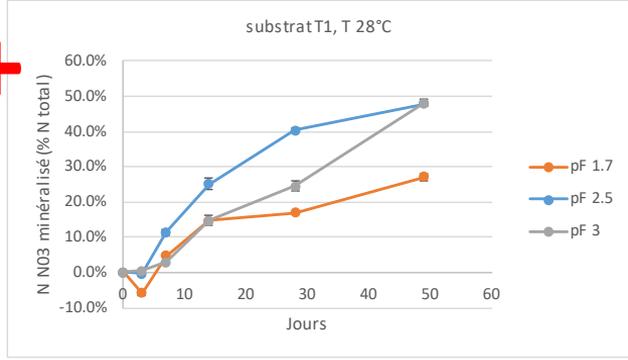
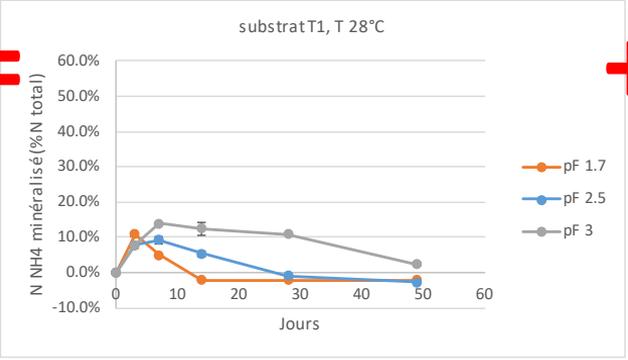
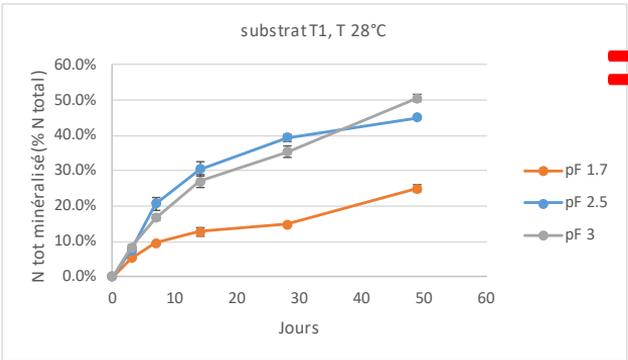
Substrat T1 = tourbe noire



Résultats : cinétiques de minéralisation nette

Effet « humidité substrat »

Comparaisons faites sur les substrats T1 et T4 (cinétiques extrêmes) à T 28°



Minéralisation plus élevée
Effet gradient humidité plus marqué

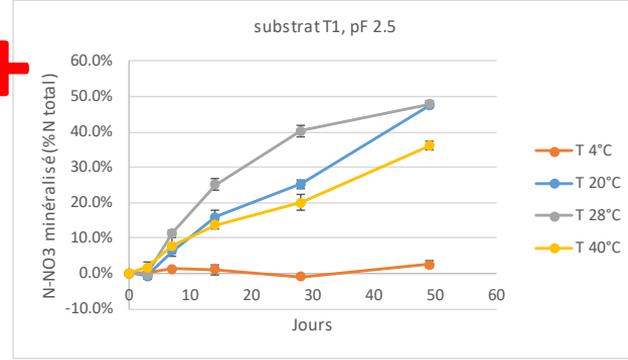
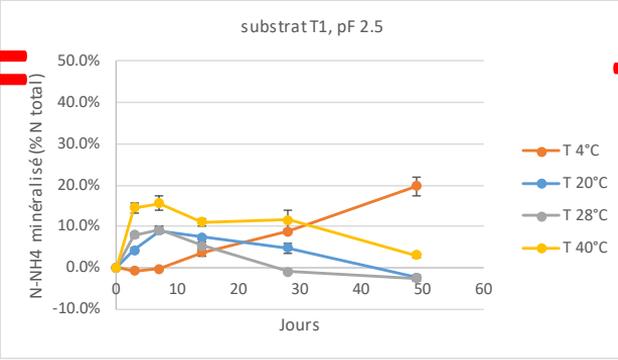
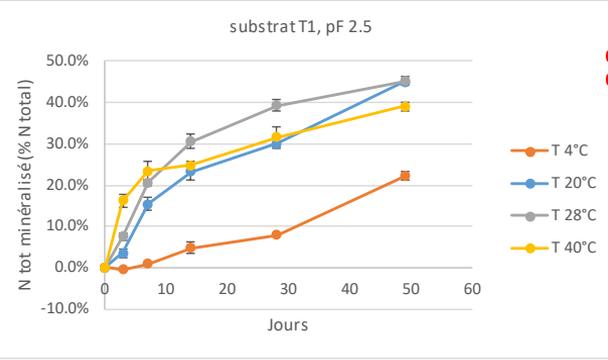
Réduction de la production d'ammonium au profit de NO₃⁻



Résultats : cinétiques de minéralisation nette

Effet « température substrat »

Comparaisons faites sur les substrats T1 et T4 (cinétiques extrêmes) à pF 2.5



Gradient de température
Impact des températures extrêmes

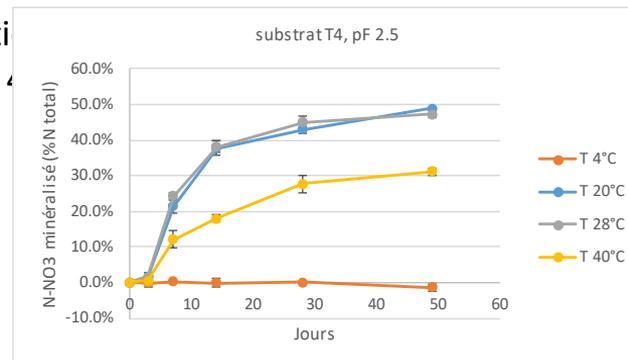
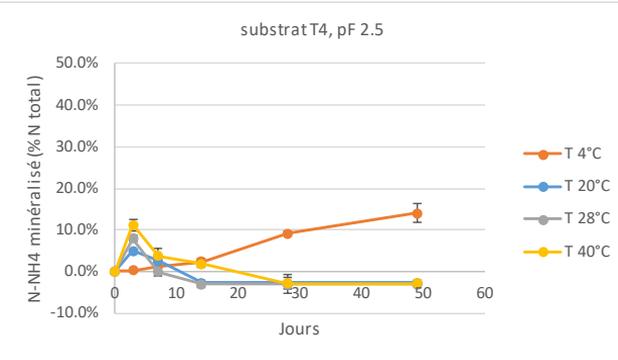
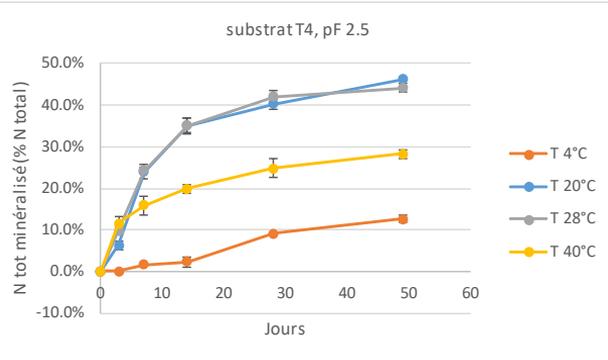
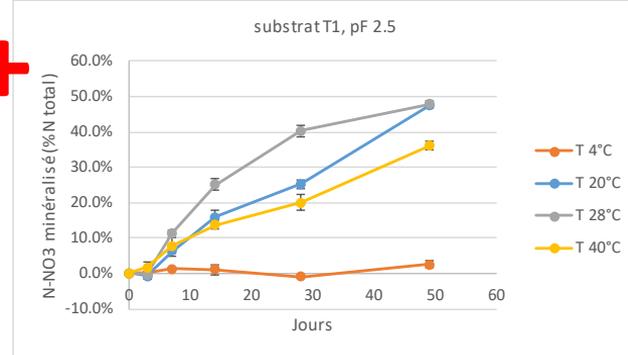
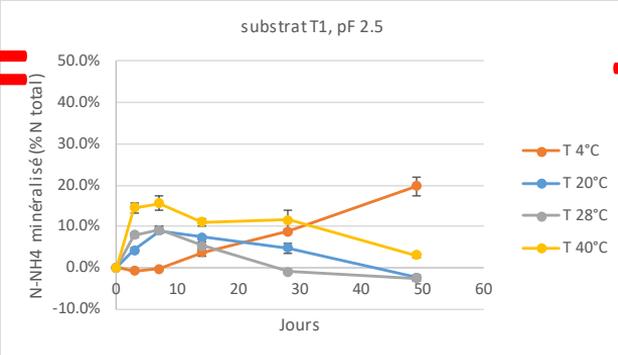
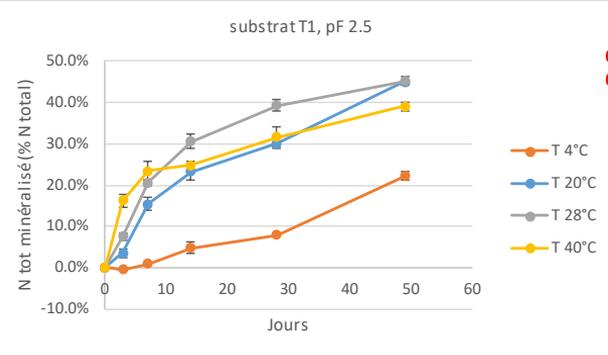
Blocage de la nitrification à 4°C
Nitrification ralentie à 40°C (vs 20 et 28°C)



Résultats : cinétiques de minéralisation nette

Effet « température substrat »

Comparaisons faites sur les substrats T1 et T4 (cinétiques extrêmes) à pF 2.5



Plus forte réduction de la minéralisation à 40° C
=> Micro-organismes moins tolérants dans le substrat 4 ?

Meilleure activité de nitrification (peu de NH₄⁺), sauf à 4° C



Conclusions & Perspectives

Des cinétiques de minéralisation nette contrastées des points de vue :

- Dynamiques de N-NH_4^+ et N-NO_3^- en fonction des substrats
- De l'humidité et de la température

Elaboration d'un OAD de gestion de la fertilisation :

- Modélisation des courbes de minéralisation à partir de formalismes établis dans les sols
- Validation du modèle sur des données acquises *in situ* dans les stations expérimentales partenaires du projet OptiFaz
- Prise en compte de l'activité biologique des substrats