



4 cas de projets européens « Fertilisation et économie circulaire »

Extraits du webinaire « Je m'approprie les projets européens - Episode 1 : L'Europe, un terreau fertile pour les nouvelles matières fertilisantes ? » du 23/05/24, Chambres d'agriculture France – Résultats techniques du projet européen NUTRIMAN.

chambres-agriculture.fr



**CHAMBRES
D'AGRICULTURE
FRANCE**



Situation du marché des matières fertilisantes

Elena LOBO, Chambre d'Agriculture France



Des fertilisants soumis aux aléas d'un marché mondialisé

Grains prices rose along with fertilizer prices in 2022, remained above 2021 levels in 2023



Source : USDA

Lecture : indices des prix des fertilisants et des céréales, 2021-2023 ; indice des prix en \$ US, base 100 = 2010.

Des marchés sensibles aux chocs

- Production de fertilisants est concentrée dans certaines zones géographiques (Russie/Biélorussie, pays détenteurs de phosphate)
- Beaucoup de transit à l'international de ces engrais

Combinée à la crise du covid et la hausse des prix de l'énergie

→ **Forte augmentation des prix des engrais minéraux**

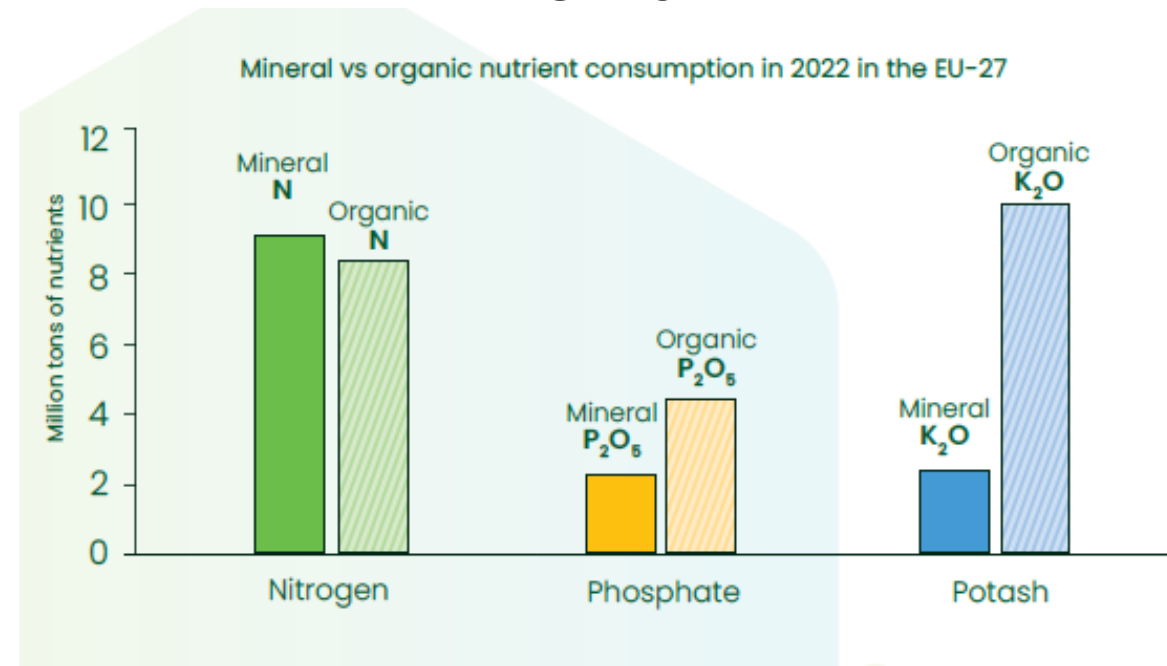
Utilisation d'engrais en Europe

A retenir

L'Europe est **un importateur net** d'engrais minéraux, majoritairement de pays hors UE (Russie, Egypte, Algérie) ainsi que les matières premières pour fabriquer les engrais dans les EM

Production de 17,3 MT de nutriments produits en 2022 en Europe

Comparaison entre la consommation de nutriments organiques et minéraux en Europe en 2022



Source : *Forecast of food, farming and fertilizer use in the European Union 2023-2033, 2024, Fertilizers Europe*



Nécessité de développer de nouvelles matières fertilisantes

Face aux défis liés au changement climatique, couplé aux fluctuations de marché, il est aujourd'hui impératif de repenser nos modes d'approvisionnement et de privilégier la production de nouvelles matières fertilisantes d'origine biosourcée.



Nutri2Cycle : Pour une agriculture plus efficiente en carbone et en fertilisation en Europe

*Jean-Philippe BERNARD, chambre interdépartementale
d'agriculture Charente-Maritime Deux-Sèvres*

➤ Le projet Nutri2Cycle (N2C)



Nutri2Cycle

Transition towards a more carbon and nutrient efficient agriculture in Europe

7

« Pour une agriculture plus efficiente en carbone et en fertilisation en Europe »



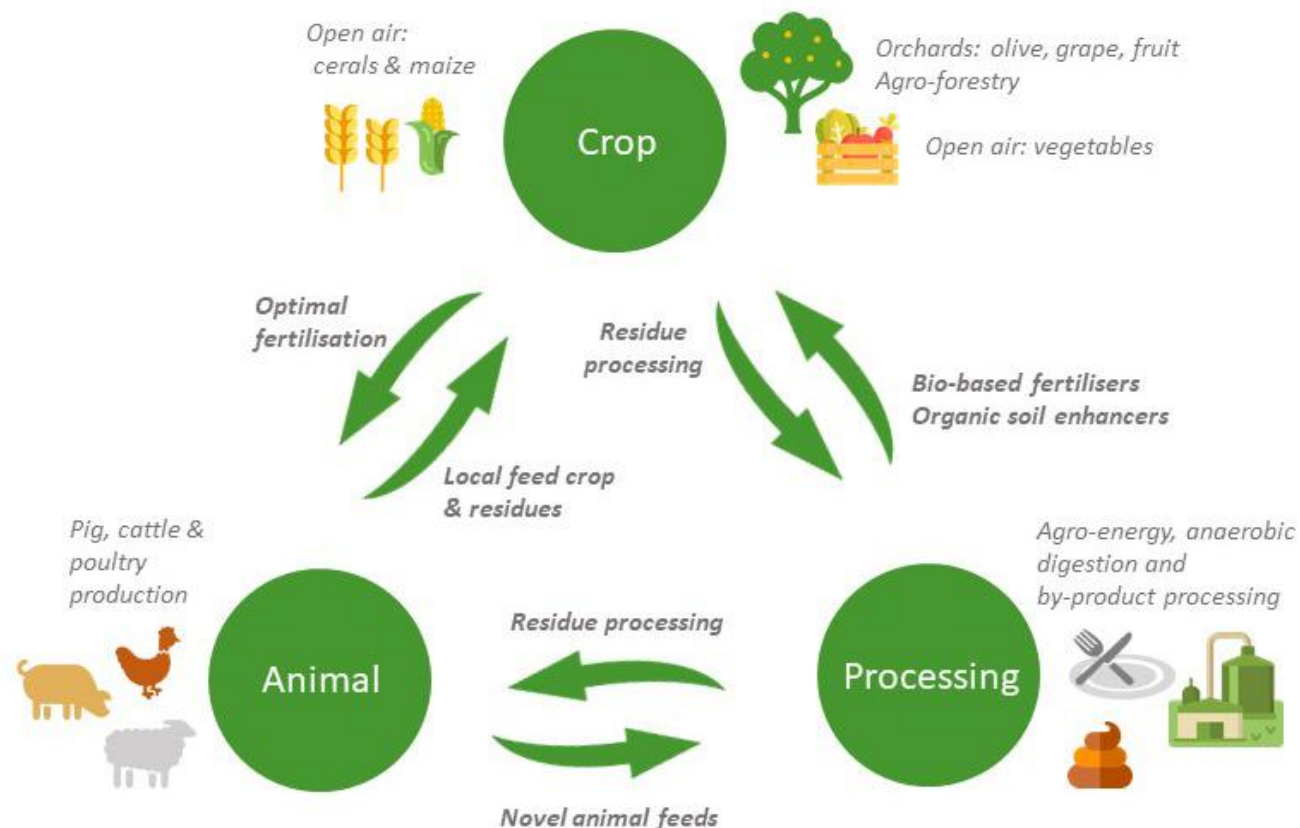
Ce projet a bénéficié d'un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon H2020 de l'Union Européenne au titre de la convention de subvention n° 773682

➤ **Nutri2Cycle : re-boucler la chaîne CNP**

- Projet directement issu des activités du *focus group* « Nutrient recycling » mis en place en 2016 par l'EIP Agri (actuellement EU CAP Network).
- En parallèle au projet de nouveau règlement UE « Matières fertilisantes »
- *Enjeu : comment améliorer le recyclage agronomique des nutriments (NP) contenus dans les effluents d'élevage ou d'autres sources organiques ?*

Les objectifs de Nutri2Cycle

- Évaluer les flux existants CNP
- Proposer et tester des technologies innovantes
- Présenter en démonstration des cas d'application



Pourquoi participer à Nutri2Cycle

- ⇒ Apporter le témoignage et les attentes des agriculteurs en France quant aux stratégies de recyclage par la fertilisation;
- ⇒ Participer à la construction de références préparant les changements de pratiques de fertilisation;
- ⇒ Présenter le niveau de pratique en France à partir 2 démonstrations conduites avec exploitations agricoles :
 - 1 exploitation en polyculture-élevage et agroforesterie
 - 1 exploitation GC/Viticulture en AB

Objectif : suivre le recyclage des effluents/résidus (lisiers et fumiers /tourteaux) dans chaque exploitation pour trouver les conditions de leur utilisation optimale comme engrais organiques.

► Un exemple des résultats Nutri2Cycle

Réflexion pour une stratégie territoriale de la fertilisation : application de la stœchiométrie CNP en agriculture

Principe : on s'intéresse aux rapports C/N, C/P et N/P dans les compartiments à prendre en compte dans la gestion de la fertilisation → productions végétales, matières fertilisantes de nature organique

11

But : favoriser des pratiques de fertilisations qui permettent de revenir à des valeurs C/N, C/P, N/P « originelles » dans le compartiment "sol" (voire "production végétale").

Cf. OENEMA O., LESSCHEN J.P., RIETRA R., RIEGER J., STOKKERMANS L., HENDRIKS C., 2021. Driving forces of farming systems and their impacts on CNP ratios and flows . Livrable D1.3, projet H2020 Nutri2Cycle.

Stœchiométrie des PV

Table 6.1 Summary statistics for N, P and dry matter content per crop type

Crop type	N content (g/kg)		P content (g/kg)		N:P ratio	C content (g/kg)	Number of data	
	Mean	St. dev.	Mean	St. dev.			N and P	C
Cereals	18.2	4.1	3.4	0.6	5.3	360	42	35
Fruits	0.5	0.5	0.1	0.1	5.9	NA	5	0
Legumes	44.1	10.1	4.9	1.8	6.3	400	15	13
Oil crops	35.4	2.9	6.1	0.6	5.8	410	7	4
Potatoes	2.7	1.1	0.5	0.3	5.4	90	6	3
Other root crops	1.9	0.8	0.5	0.4	3.8	90	9	5
Crop residues	14.7	8.3	4.9	2.9	3.0	340	18	12

Table 6.2 C, N and P ($\text{g kg}^{-1} \text{ dm}$) in grass and maize silage. The relative standard deviation is indicated between brackets. N is calculated on the basis of crude protein, and C on the basis of ash content (Source: DairyOneForageLab, 2020)

Roughages	N content	P content	C content	C:N ratio	N:P ratio	Number of samples
Fresh grass	27 (41%)	3.3 (41%)	447 (3%)	16.6	8.2	346
Grass silage	25 (25%)	3.4 (25%)	451 (3%)	18.0	7.4	1646
Maize silage	13 (12%)	2.5 (12%)	479 (1%)	36.8	5.2	1903

Source : OENEMA et col, 2021

Rapports C/N

- Céréales = 20
- Oléagineux = 12
- Herbe = 17
- Ensilage H = 18
- Ensilage M = 37

Rapports C/P

- Céréales = 106
- Oléagineux = 67
- Herbe = 135
- Ensilage H = 133
- Ensilage M = 192

12

Stœchiométrie des effluents

Table 6.4 C, N and P (g kg⁻¹ fresh weight) in animal manure. Standard deviations within brackets

	N content (g/kg)	P content (g/kg)	C content (g/kg)	C:N-ratio	N:P-ratio	C/P
Solid cattle manure	7.3 (6.2)	1.5 (2.3)	95 (44)	13	4.7	63
Liquid cattle manure	4.6 (1.3)	0.7 (0.5)	37 (19)	8	6.5	53
Liquid pig manure	5.3 (2.1)	1.1 (0.9)	42 (20)	8	4.8	38
Solid poultry manure	30.8 (10.2)	11.4 (4.1)	304 (NA)	10	2.7	27

Table 6.5 N:P ratio of different manure types as derived from a large set of obligatory laboratory analyses for manure transport in the Netherlands. Data are from the period 2013-2015 (CDM, 2017)

Manure type	Median	Average	St. dev	Number of samples
Liquid cattle manure	6.2	6.0	3.7	293524
Solid cattle manure	4.6	4.1	2.5	15789
Solid fraction separated cattle manure	4.6	4.1	3.4	9551
Liquid fraction separated cattle manure	6.6	6.2	6.6	1094
Liquid pig manure	3.9	3.9	2.7	289596
Solid pig manure	2.3	2.3	2.3	4615
Solid fraction separated pig manure	2.1	2.3	4.1	11252
Liquid fraction separated pig manure	6.0	6.4	5.0	22777
Solid broiler manure	4.6	4.6	3.0	33780
Solid chicken manure	2.5	2.5	2.5	42534

Source : OENEMA et col, 2021

Stœchiométrie des sols

D'après Tipping et col, 2016 (cités par OENEMA et col, 2021) :

- Sols « pauvres » : $C/N = 25$, $C/P = 900$
- Sols « riches » : $C/N = 8$, $C/P = 62$

Pour OENEMA et col, 2021 :

- Sols « naturels » : $C/N = 15 - 25$, $C/P > 200$
- Sols « agricoles » : $C/N = 10 - 12$, $C/P = 60 - 200$

Principe : les valeurs actuelles des rapports stœchiométriques des sols agricoles favorisent les mécanismes de « découplage » des éléments et donc les risques de fuite dans l'environnement



Exemple de situation stœchiométrique des sols

Table 6.8 Average soil properties related to CNP for arable soils based on the LUCAS 2009 topsoil dataset. Note that P is only available as P-Olsen (indicator for crop available P) and not total P, therefore the N:P ratio is not provided

		Organic C (g/kg)	N (g/kg)	P-Olsen (mg/kg)	C:N ratio
Region					
	Central Europe	15.4	1.5	39	10.0
	Northern Europe	27.5	2.2	37	12.3
	Northwest Europe	19.0	1.8	49	10.2
	Southern Europe	13.8	1.4	24	10.0
Soil texture					
	Loamy soils	17.9	1.7	35	10.2
	Sandy soils	14.4	1.3	47	10.7
Soil pH					
	Acid	19.9	1.7	45	11.1
	Neutral	17.1	1.6	42	10.1
	Alkaline	16.4	1.6	33	10.1

15

Source : OENEMA et col, 2021

Exemple de suivi stoechiométrique du sol

Table 6.9 Treatments, input-output P balance and characteristic of the top soils (0-5 cm) of a 10 years lasting fertilization experiment on grassland in the Netherlands. Application rates of fertilizers were 200 kg N per ha and 52 kg P per ha per year, and manure application rates were 25 Mg per ha per year. The degree of phosphorus saturation (DPS) represents the fraction of adsorption sites saturated with P (after Koopmans et al., 2003).

Treatment	P balance kg/ha	pH (KCl)	SOM %	Total P mg/kg	Organic P mg/kg	C/P	DPS %
No fertilizer	-158	4.0	5.9	436	269	125	39
N fertilizer	-219	4.0	6.8	349	286	135	35
NPK fertilizer	236	4.1	6.3	742	288	125	66
Poultry manure	2486	6.5	6.5	2400	529	70	194
Cattle slurry	1066	5.7	5.7	1134	328	99	111
Pig slurry	1000	6.7	6.7	1222	441	87	107

Source : OENEMA et col, 2021

Conclusion

Les travaux Nutri2Cycle offrent une piste très intéressante avec le principe des rapports stœchiométriques en particulier C/P et N/P mais recherches nécessaires :

- Valeurs de référence ?
 - Quels compartiments ? Quelles fractions ?
 - Quel équilibre ?

- Méthodes analytiques (notamment pour le sol) ?



Fertimanure : La production de fertilisants biosourcés à partir d'effluents d'élevage

Mariana MOREIRA, chambre régionale d'agriculture de Bretagne

18

From Farm to Market: Converting Animal Manure to Fertilisers

H2020 FERTIMANURE

*Mariana MOREIRA – service Agronomie
Chambre d'agriculture Bretagne
23/05/2024*



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 862849.



FERTIMANURE

Innovative nutrient recovery from secondary sources – Production of high-added value FERTIlisers from animal MANURE
Développer des procédés innovants de transformation des effluents organiques pour produire des fertilisants bio-sourcés



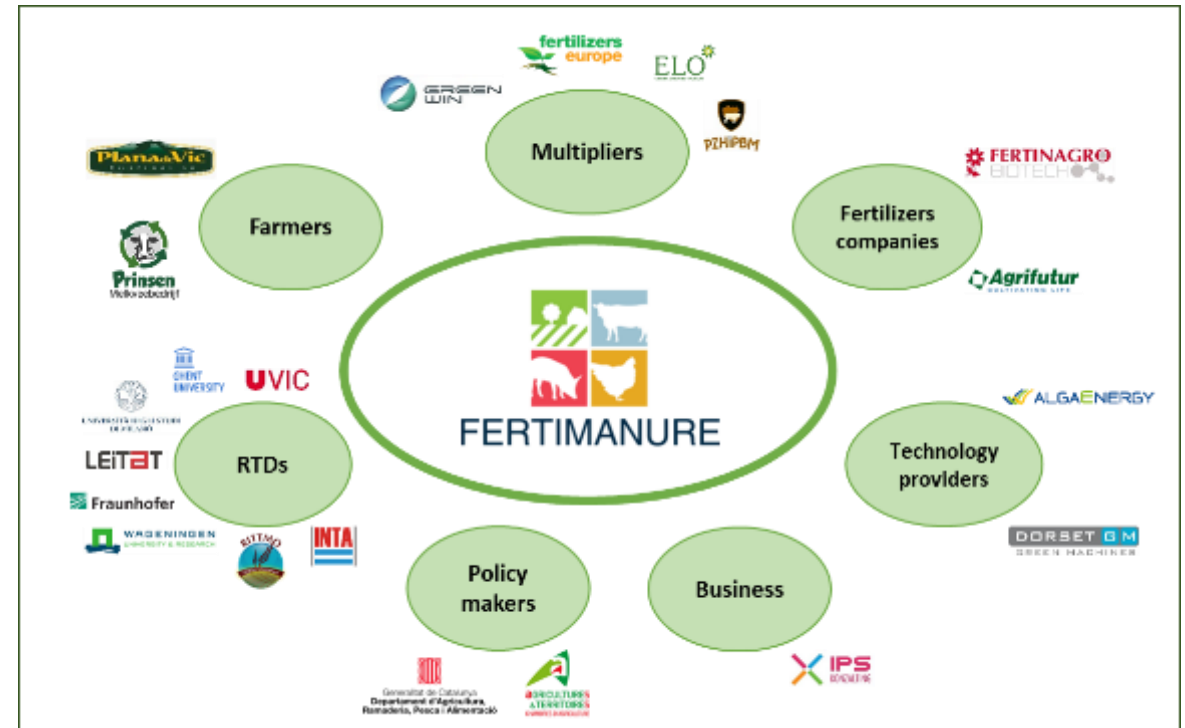
01/01/2020
 30/06/2024



Total project costs: 8.419.670,75€
 Total EU Contribution: 7.784.512,25€
 CDA France (+ CA Bretagne, Grand Est et Somme)
 477.487 €



21 Project Partners



Dépendance aux pays hors UE



Impact environnemental : Eutrophisation



Stratégie Nationale FREC



Le règlement sur les engrais n° 2003/2003 couvrait presque exclusivement les engrais inorganiques classiques. Son champ d'application englobe aujourd'hui les engrais bio-sourcés.

Le **nouveau règlement (2019/1009) en application depuis 2022** ouvre le marché des 27 membres de l'UE pour ces nouveaux produits.

Ambition

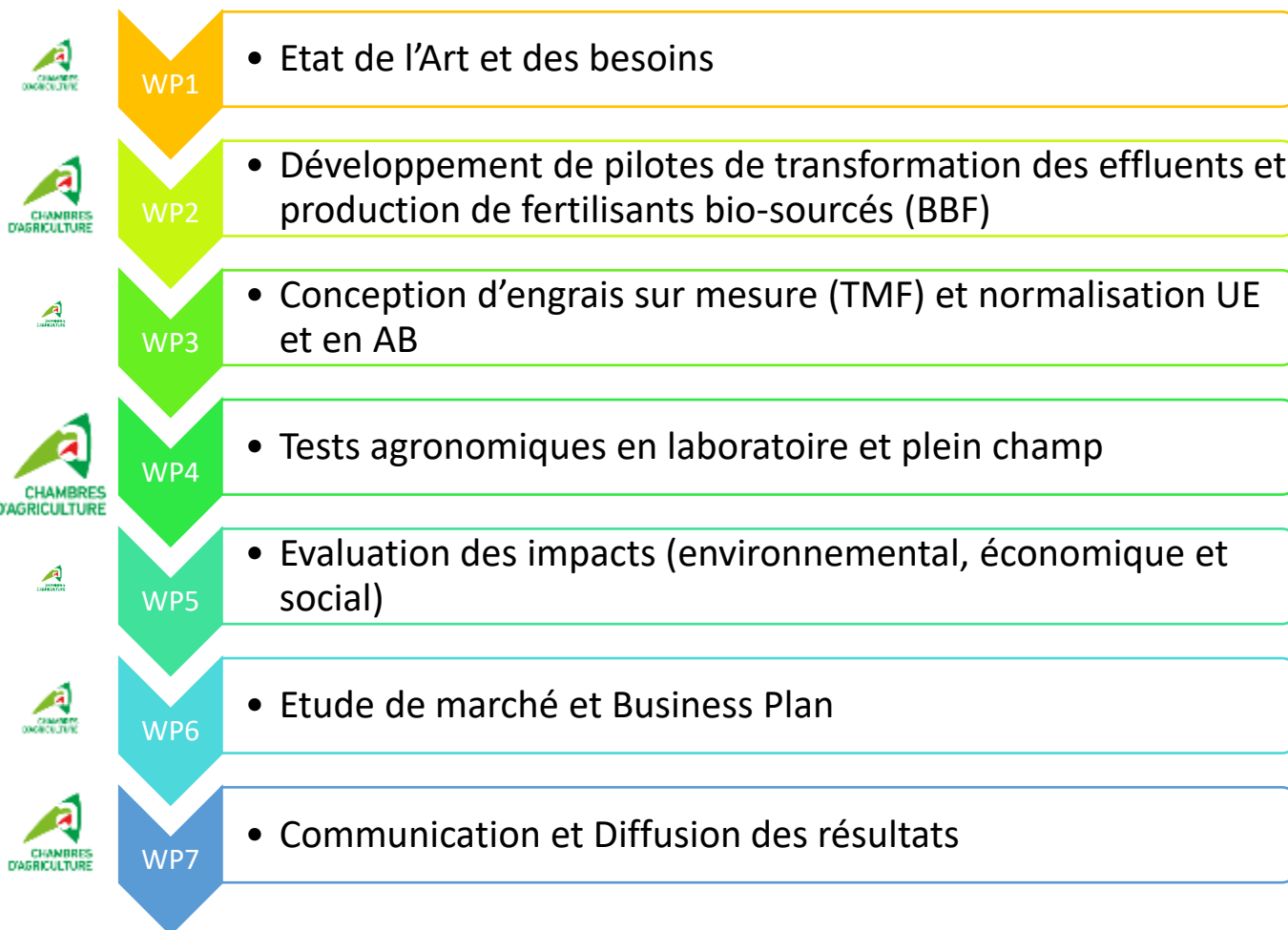
développer, intégrer, tester et valider des stratégies innovantes de valorisation des effluents d'élevage.

Objectif

recupérer et réutiliser efficacement les éléments nutritifs en produisant des engrais compétitifs sur le marché européen qui peuvent remplacer les engrais minéraux de synthèse chimique.

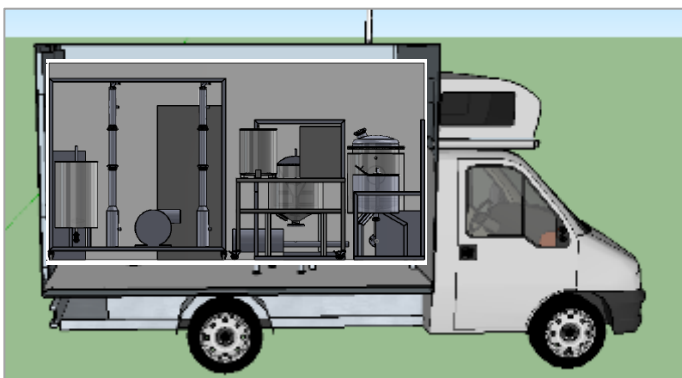
Implication CA

Actions

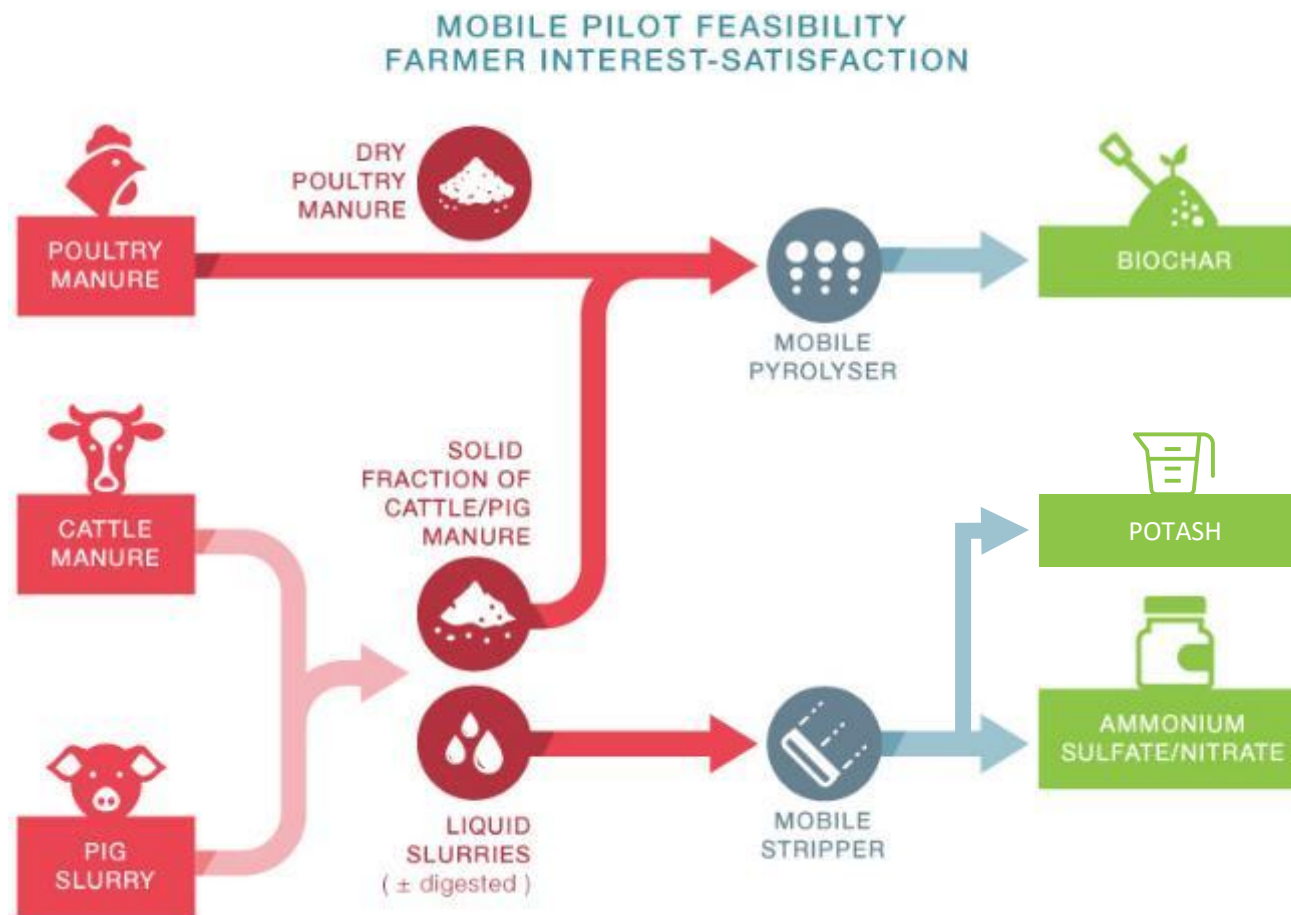




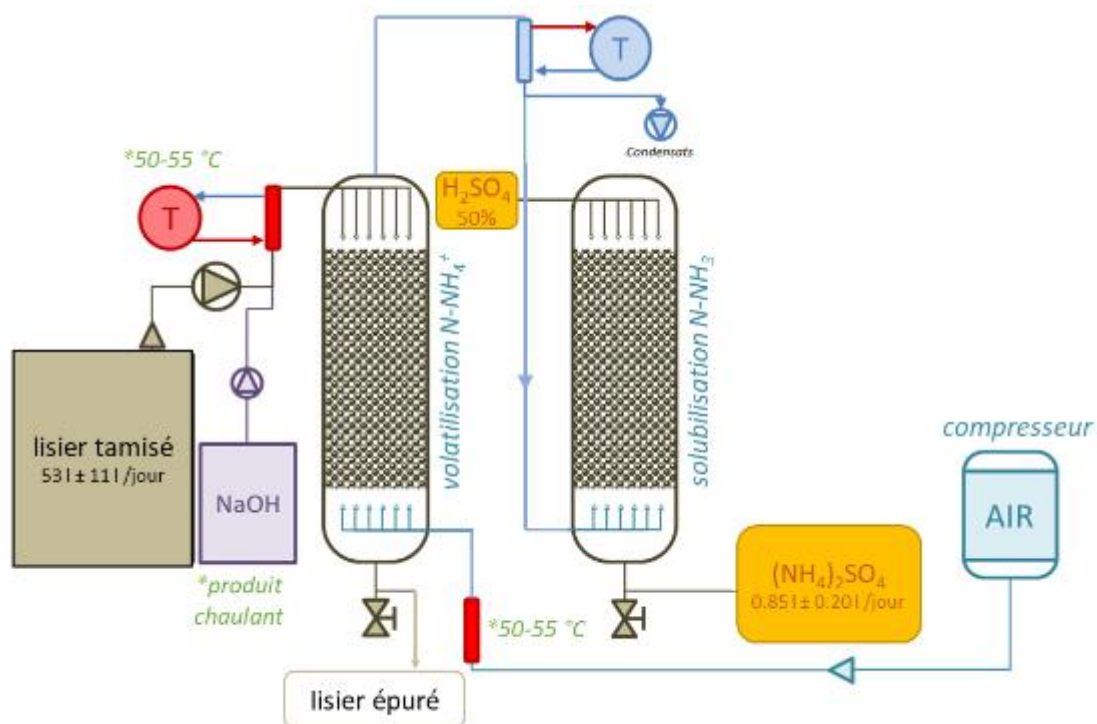
- **Technologies testés en France :**
stripping de l'azote et pyrolyse
- **Innovations :** *pilotes mobiles*, adaptés à *différents substrats*, pour la gestion individuelle de petits volumes d'effluents liquides, à bas coût.



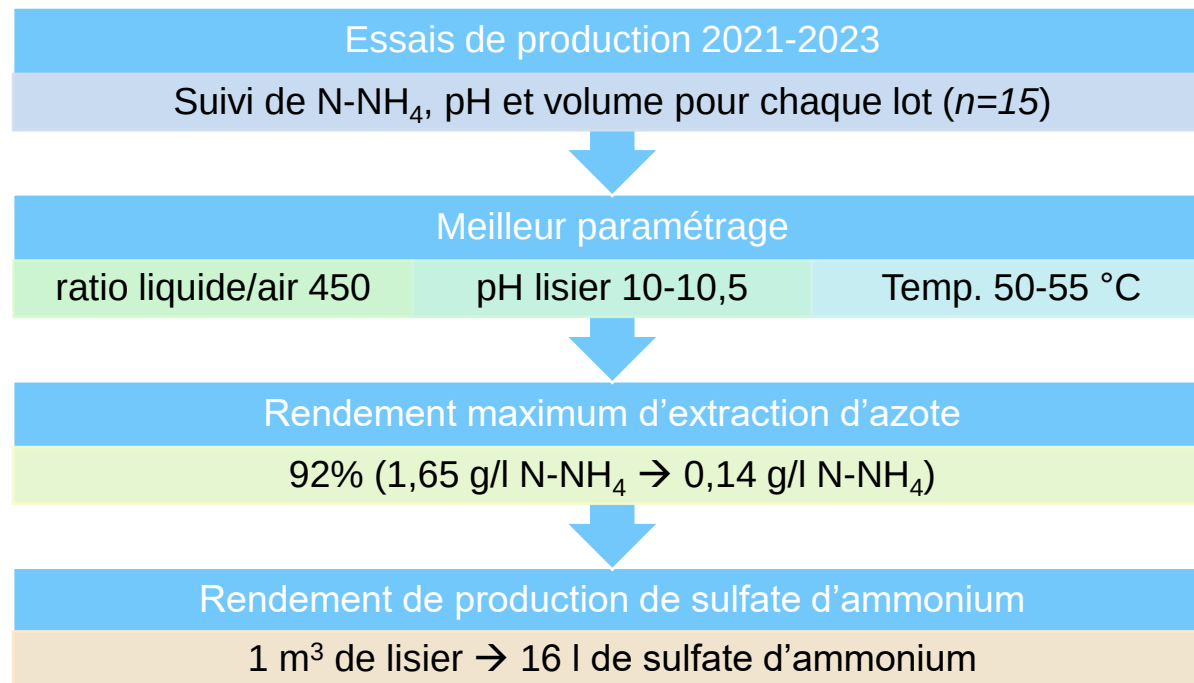
ON-FARM EXPERIMENTAL PILOT IN FRANCE



Stripping de l'azote - traitement physico-chimique qui consiste à volatiliser l'azote ammoniacal d'un effluent liquide pour ensuite le concentrer dans une solution acide par lavage d'air.



**optimisation ajoutée au cours du projet
+ recirculation*



Paramètre	unité	Lisier de porc	Sulfate d'ammonium	Lisier épuré
pH	-	8,4	4,8	10,9
Densité	kg L ⁻¹ MB	1	1,12	1,01
MS	g kg ⁻¹ MB	17,5	302,9	25,2
C org		15,9	<LD	4,2
N total		15,9	48,8	1,9
N-NH ₄		14,8	48,8	<LD
P ₂ O ₅		1,8	<LD	0,6
K ₂ O		2,9	<LD	2,6
SO ₃		0,8	325,7	0,55

MB : matière brute, LD : limite de détection



- 12 essais au champ
- 6 cultures
- 3 régions
- mesures d'azote, calcul Keq N

✓ Potentiel du sulfate d'ammonium bio-sourcé pour remplacer une partie des engrais azotés du commerce

⚠ **Freins possibles à son utilisation** : grands volumes à gérer à l'épandage, fertilisant à inclure dans le plafond de 170 kg N organique



Pyrolyse – traitement de chauffage à haute température d’une biomasse (paille, bois, effluents, etc...) en condition anaérobie (absence d’oxygène). 2 produits sont obtenus : du biochar et des gaz.



Bilan de masse issu de la pyrolyse de fumier de volaille

	Masse (t)	C org (t)	N (t)	P (t)	K (t)	S (t)
Fumiers de volailles	422	136,8	11,57	3,87	9,57	1,09
Produits sortants						
Biochar	93,5	32,74	2,36	2,25	7,17	0,67
Taux de conservation (%)	22,2	23,9	20,4	58,2	75,0	61,3
Gaz (calcul)	328,5	104,1	9,2	1,6	2,4	0,4
Taux de pertes (%)	77,8	76,1	79,6	41,8	25,0	38,7



Paramètre	Unité	Fumier de volailles	Biochar	Rapport Biochar/fumier
MS	g/100 g de MB	81,6	98,3	1.2
MO		69,0	62,0	0.9
C total		36,1	55,7	1.5
C org		34,5	35,0	1.0
N total		3,0	2,5	0.8
N organique		2,6	2,6	1.0
N-NH ₄		0,3	<0,1	
N-uréique		0,02	<0,1	
N-NO ₃		<0,02	<0,02	
K ₂ O		2,8	9,2	3.3
P ₂ O ₅		2,4	5,7	2.4
Cu	mg/kg de	55,0	157,4	2.9
Zn	MS	392,6	897,6	2.3

Seuil Zn 1000 mg/kg MS NF U 44-001-2

Seuil Zn 800 mg/kg MS règlement européen 2019/1009



D'autres usages possibles :

- en **formulation** avec des engrais minéraux et/ou organiques ?
- au sein de l'**élevage** : alimentation animale, incorporation à la litière, compostage, ...?



Evaluation de la **biodisponibilité du phosphore** sur le court terme :

- **En serre** capacité de remplacement de l'engrais minéral de synthèse de 50 % vérifié avec un apport de 200 kg de P₂O₅/ha
- **Au champ** pas d'effet significatif du biochar sur la nutrition phosphatée des cultures testées : pomme de terre, betterave, choux.



- 16èmes Rencontres Comifer-GEMAS, Tours, 21 et 22 novembre 2023
 - *Du sulfate d'ammonium d'origine animale pour remplacer les engrais azotés de synthèse : du développement d'un pilote mobile à l'évaluation de l'efficience azotée au champ*
- 56èmes Journées de la Recherche Porcine, Saint Malo, 6 et 7 février 2024
 - *Développement d'un pilote mobile de transformation de lisier de porc en engrais azoté*
- Quinzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 20 et 21 mars 2024
 - *Pyrolyse lente du fumier de volaille : performance du procédé et potentiel pour la filière poulet de chair*
- Le Mag des agriculteurs de Bretagne– mai 2024
 - *Fumier et lisier - des procédés pour récupérer leurs éléments fertilisants*

OPERA
connaissances

Posters et articles
bientôt disponibles sur OPERA



TAILOR-MADE SOIL SOIL-CROP NUTRITION TOOL

Un outil pour produire des engrais sur mesure.

- Calcule le mélange idéal d'effluents et d'engrais minéraux pour répondre aux besoins précis en nutriments de cultures et de sols spécifiques.
- Génère des prescriptions d'engrais sur mesure pour des combinaisons sol-culture.

Bientôt disponible sur
<https://www.fertimanure.eu/en/>



THE FPR TOOL

Un outil pour comparer facilement un produit aux exigences du Règlement UE 2019/1009 et de vérifier la possibilité de leur commercialisation sur le marché européen en tant que CMC (catégorie de matière constituante) ou PFC (catégorie fonctionnelle de produit).

FERTIMANURE Regulatory tool

- CMC**
 - 1. Create your constitutive material(s)
 - 2. Fill in data for each material to see which CMC they comply with
- PFC**
 - 3. Create your final product with mixing your constitutive material(s)
 - 4. Complete datas for each constitutive material if needed
 - 5. The tool gives in which PFC your product is

FERTIMANURE  

1. Création et validation des CMC à partir des données de composition du produit
2. Création du produit final
3. Validation des PFC



Bientôt disponible sur
<https://www.fertimanure.eu/en/>



Fiches techniques des 14 engrais bio-sourcés à destination des agriculteurs et chercheurs

Pour retrouver l'ensemble des livrables du projet :
<https://www.fertimanure.eu/en/>

AMMONIUM SULPHATE (NL-AS, BE-AS, FR-AS, ES-AS)



PRODUCT SUMMARY

Ammonium sulphate is a liquid nitrogen (ammonium) rich fertilizer produced by a nitrogen stripping-scumming installation. Agonomically, a targeted nitrogen fertilizer is easy to apply directly in soil with injection equipment or mixed with another fertilizer like animal manure. Environmentally, a targeted pH of about 4.5-5.5 is best for lowest ammonia emission potential. Ecologically it is shown to be a viable as replacement of fossil nitrogen fertilizer, especially if used in the region of production.

CMC - CMC 15 - recovered high-purity materials
 PFC - 1 C.10) liquid inorganic fertilizer

PRODUCT INFORMATION

Country:	The Netherlands, Belgium, France, Spain	Main chemical species:	Ammonium sulphate
Type of fertilizer:	Mineral fertilizer	Product form:	Liquid
Input material:	Pig manure (EX, BE, FR)	Diaptable (NL, FR)	
pH:	2.7-5.8		
Density (kg/L):	1.0-1.3		
Dry matter (g/kg):	154-451		
Organic carbon (g/kg):	0.8-1		
Total nitrogen (g/kg):	43-81.8		
Total phosphorus (g/kg):	0.01		
Total potassium (g/kg):	0.5-0.9		

APPLICATION

Application dose: Depending on the crop, 140kg N/ha for potatoes.
 Application frequency: Depending on the crop, generally done 1-2 weeks prior to the sowing date.
 Estimated amount (tonnage): n.a

PRICE

Price range: 95,60 EUR/tonne

CROPS

Recommended crops: Grass, maize, potatoes and root crops in general

UNIQUE SELLING POINTS

- ✓ The product has relatively high N content compared to manure.
- ✓ It is similar to synthetic mineral fertilizer.
- ✓ It contains S, which can be useful for some specific crops.
- ✓ The product do not contain any pathogens or heavy metals following the guidelines for CMC 15.

CHALLENGES

- x The product is a liquid fertilizer, which is bulky, leading to high transportation and storage costs, especially for long-distance transport.
- x The product can be corrosive to equipment, particularly if it comes into contact with metal surfaces. This can lead to equipment failure and can be costly to replace or repair.

FERTIMANURE



WalNUT : La production de fertilisants biosourcés à partir d'eaux usées

*Mathilde BLANC, chambre interdépartementale
d'agriculture Charente-Maritime Deux-Sèvres*

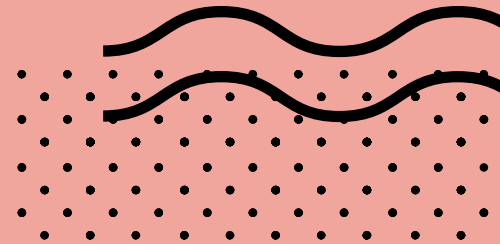


Boucler les cycles des eaux usées pour récupérer les nutriments et produire des fertilisants biosourcés

Mathilde Blanc - 23 mai 2024



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101000752.



Consortium

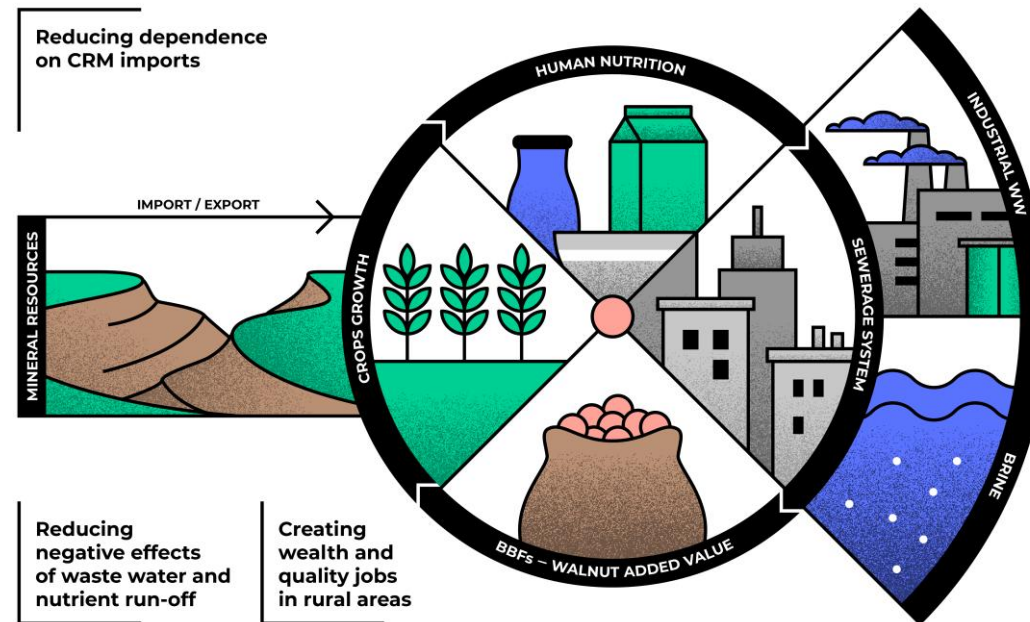


Contexte

- Croissance rapide de la population mondiale et augmentation de la demande de consommation, exerçant une pression croissante sur l'industrie alimentaire.
- Besoins accrus en terres, eau, énergie et engrais pour satisfaire cette demande supplémentaire.
- La demande pour des nutriments végétaux efficaces et performants devrait atteindre des niveaux sans précédent.
- Les eaux usées offrent un potentiel prometteur pour la récupération des nutriments.
- Mise en place d'un nouveau modèle circulaire et durable pour répondre aux limitations des réserves de nutriments minéraux et aux enjeux environnementaux cruciaux.

Ambition du projet

- Redéfinir la chaîne de valeur et d'approvisionnement des nutriments issus des eaux usées, en créant des solutions innovantes pour la récupération des nutriments tout en contribuant à l'économie circulaire et à la durabilité dans le secteur agricole de l'UE.



Objectifs du projet

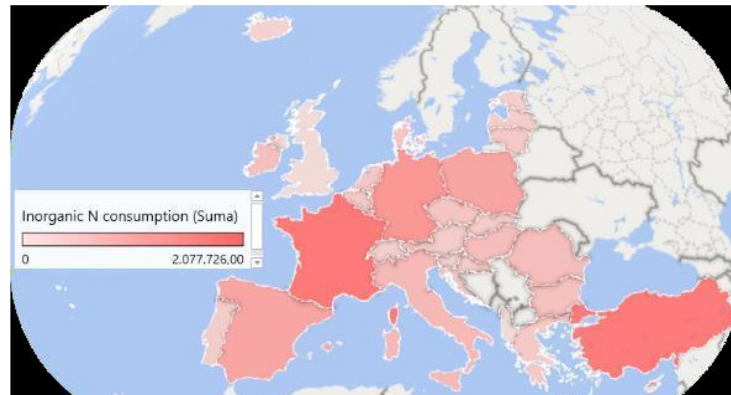
- Etude de biofertilisants fabriqués à partir d'eaux usées traitées et industrielles
 - Collecter et analyser les connaissances existantes sur le sujet ;
 - Tester des nouveaux biofertilisants issus d'eaux usées traitées et industrielles sur différentes cultures à travers l'Europe, évaluer leur performance agronomique et leurs impacts économique, social et environnemental ;
 - Mettre en œuvre des programmes de grande envergure pour diffuser largement les savoir-faire et les innovations (bases de données, évènements, formations, supports divers).



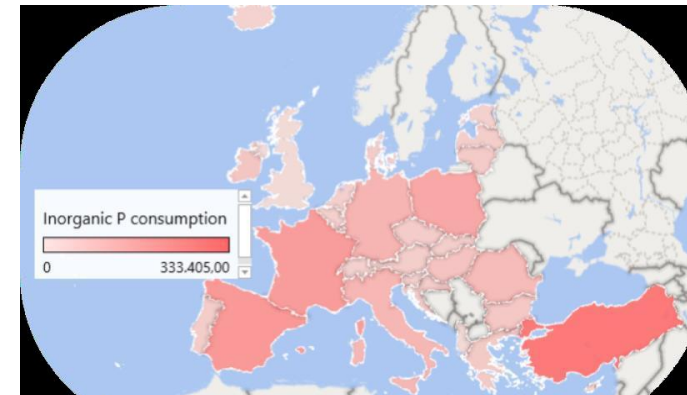
The screenshot displays the 'Opéra collaboratif' interface. The top navigation bar includes links for 'Tableau de bord', 'Blog', 'Discussions', 'Espace documentaire' (highlighted), 'Plus', and a settings icon. The main content area shows a document list under the path 'Documents > A. Retour au sol > Matières fertilisantes et supports de culture > WALNUT'. Two documents are visible: 'WalNUT-D11-fr.pdf' (2 Mo) and 'WalNUT-D12-fr.pdf' (1 Mo), both modified 5 months ago by Jean-Philippe BERNARD. A red-bordered box on the right contains the text: 'Livrables D1.1 et D2.1 disponibles en français sur l'espace Opéra Collaboratif « N75N - Economie Circulaire (Déchets) »'. The left sidebar shows a file tree with categories like 'A. Retour au sol', 'Agronomie', 'Connaissances du réseau', 'Courriers', 'Crise COVID', 'Guides', and 'Matières fertilisantes et supports de culture'.

D1.1 - Analyse des flux de nutriments et modèle de transfert

- Analyse de la demande inorganique de N et P pour établir une base de référence :
- En France :
 - 2 077 726 t N/an
 - 197 937 t P/an



Consommation d'azote inorganique
au niveau national pour l'année
2020 (t/an)



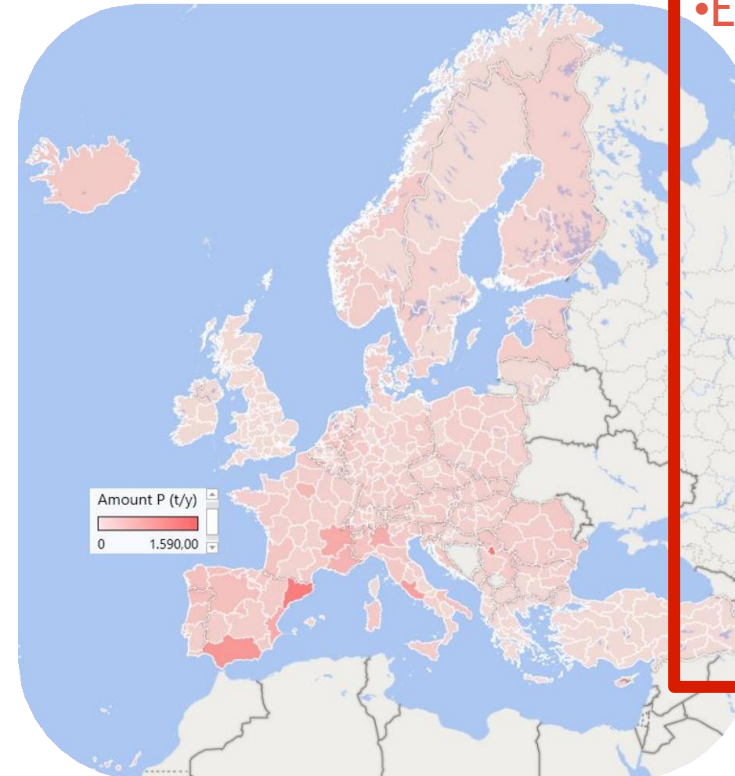
Consommation de P inorganique
au niveau national pour l'année
2020 (t/an)

D1.1 - Analyse des flux de nutriments et modèle de transfert

- Étude des stocks et flux de nutriments dans les rejets d'eaux usées industrielles et urbaines :



Rejets d'azote provenant des stations d'épuration urbaines et industrielles. Élaboration propre à partir des données de l'E-PRTR.



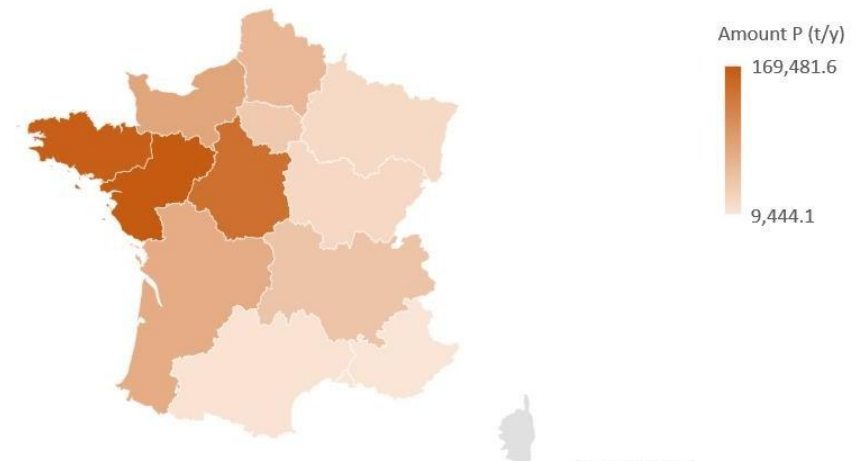
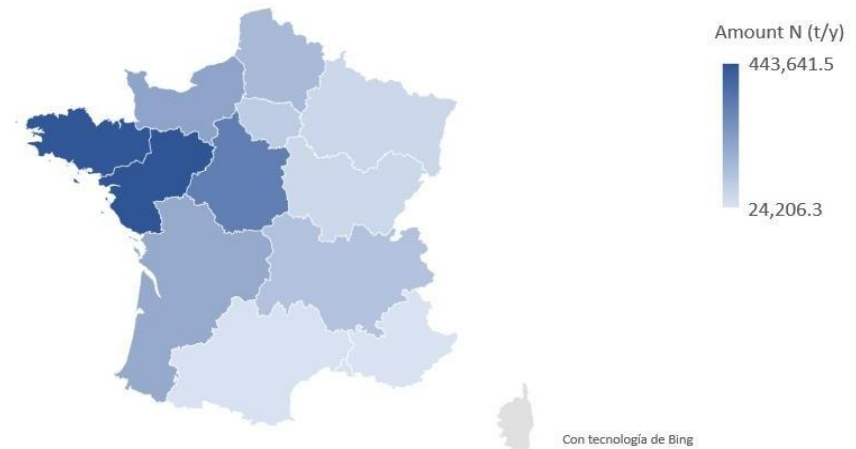
Rejets de P des STEP urbaines et industrielles. Élaboration propre à partir des données de l'E-PRTR.

• En France :

- eaux usées urbaines **32 838,9 t N/an**
- eaux usées industrielles **? t N/an**
- eaux usées urbaines **2 895,7 t P/an**
- eaux usées industrielles **18,2 t P/an**

D1.1 - Analyse des flux de nutriments et modèle de transfert

- Estimation de la teneur en N et en P des boues provenant de stations d'épuration urbaines selon les pays :
 - 1 174 000 t boues d'épuration urbaines en France/an
 - 43 438 t N/an
 - 16 436 t P/an
- ➔ Potentiel de réduction de la demande de fertilisants de synthèse :
 - ➔ En France : 4 % pour l'azote et 10 % pour le phosphore grâce aux nutriments récupérés
 - ➔ En Europe : 5,5 % pour l'azote et 13 % pour le phosphore grâce aux nutriments récupérés



Estimation des besoins en éléments nutritifs des cultures en France

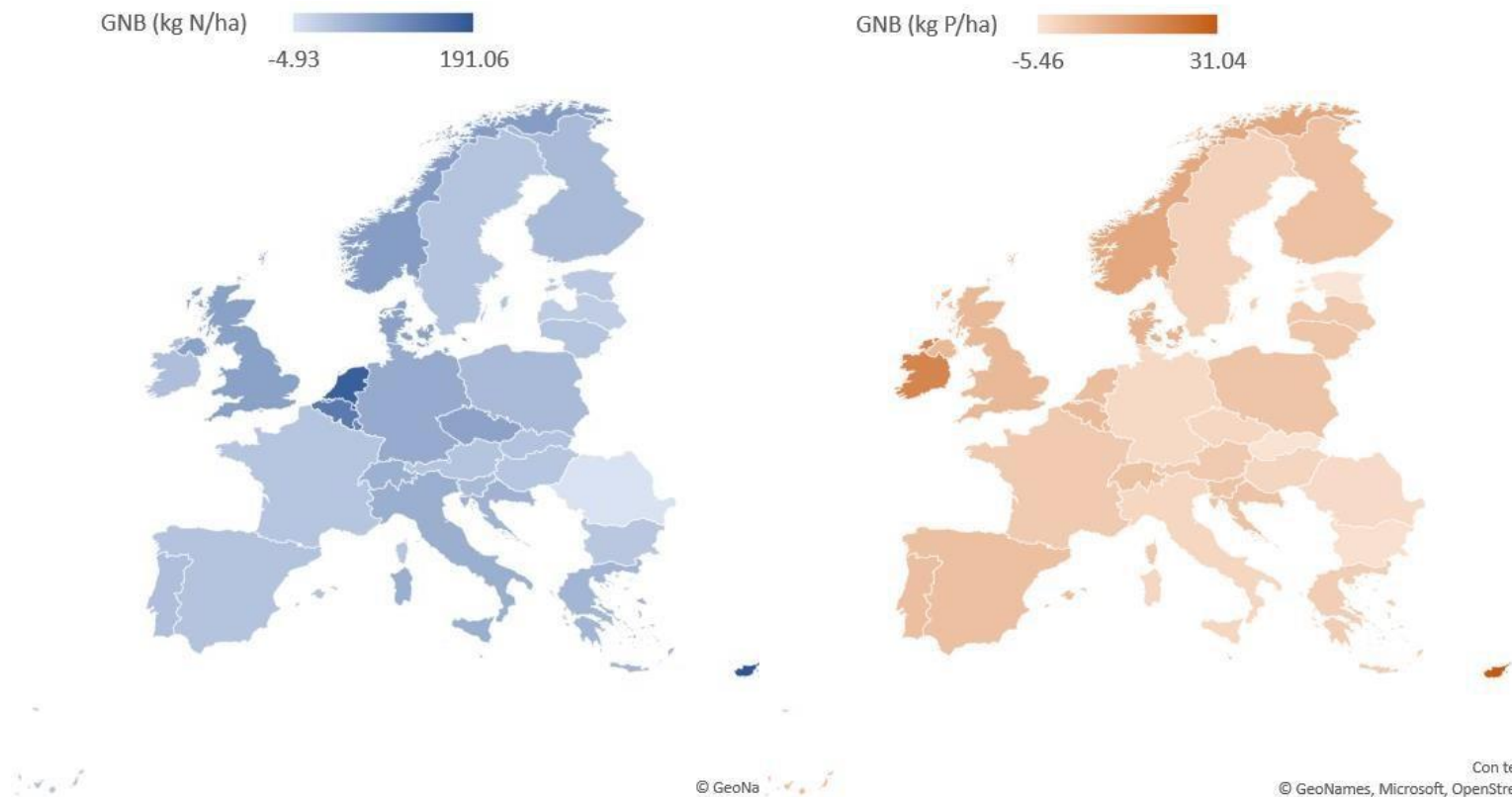
D1.1 - Analyse des flux de nutriments et modèle de transfert

- Perspectives :
 - Comblement des lacunes en informations sur les flux et stocks de nutriments.
 - Gestion optimale des nutriments secondaires dans les stations d'épuration urbaines et industrielles.
 - Technologies WalNUT pour améliorer les pratiques de gestion des nutriments et réduire les excès de N et P dans l'UE.



D1.2 - Analyse des déséquilibres de fertilisation

Résultats du calcul de l'équilibre brut des nutriments au niveau national pour l'azote et le phosphore (Élaboration propre à partir des données d'Eurostat).



Entrées = fertilisation + lisier & fumier + facteurs biologiques

Sorties = récolte + pâturage et cultures fourragères + export de résidus de culture

Prochaines étapes du projet WalNUT

- En France (CIA 1779) : essais en plein champ d'un fertilisant issu d'un pilote espagnol (Cartif + Veolia) qui récupère les nutriments d'eaux usées via des micro-algues
- D'autres essais en pot et en plein champ en Belgique et en Italie de fertilisants issus d'autres pilotes en Belgique, Hongrie, Espagne et Grèce
- Fin du projet en 2026



NUTRIMAN : recycler les nutriments par la fabrication d'engrais bio-sourcés

Jean-Philippe BERNARD, chambre interdépartementale d'agriculture Charente-Maritime Deux-Sèvres

➤ **NUTRIMAN : H2020 818470**

- Projet directement issu des activités du *focus group* « Nutrient recycling » mis en place en 2016 par l'EIP Agri (actuellement EU CAP Network).
- En parallèle au projet de nouveau règlement UE « Matières fertilisantes »
- *Enjeu : proposer des références de matières fertilisantes bio-sourcés aux agriculteurs?*

Le projet NUTRIMAN



46

Réseau sur le recyclage et la gestion des nutriments

<https://nutriman.net/>



Ce projet a bénéficié d'un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne au titre de la convention de subvention n° 818470

➤ **NUTRIMAN : H2020 818470**

- Projet directement issu des activités du *focus group* « Nutrient recycling » mis en place en 2016 par l'EIP Agri (actuellement EU CAP Network).
- En parallèle au projet de nouveau règlement UE « Matières fertilisantes »
- *Enjeu : proposer des références de matières fertilisantes bio-sourcés aux agriculteurs*

➤ Exemple de fertilisation organique : fientes de volaille déshydratées (FVD)

Fabrication : à partir de fientes de volailles traitées par séchage avec le procédé SECONOV.

Composition (en matière brute) : 4.6 % N – 3 % P_2O_5 – 2.9 % K_2O – 1.25 % SO_3

Caractéristiques organiques : MO = 65 % MB - C/N = 7,1

48



Fertilisation par fientes de volaille déshydratées : dispositif expérimental



- Dispositif expérimental de 2020 sur BTH : 13 modalités de fertilisation azotée, dont une de fertilisation organique pure avec FVD (modalité T12)
- Fertilisation minérale de ref : urée 46 (modalité T04). Rdt objectif de 65 qx/ha (15% MS) = dose de référence de 164 uN/ha
- Même protocole d'apport : 3 fractions de février à avril 2020.

49



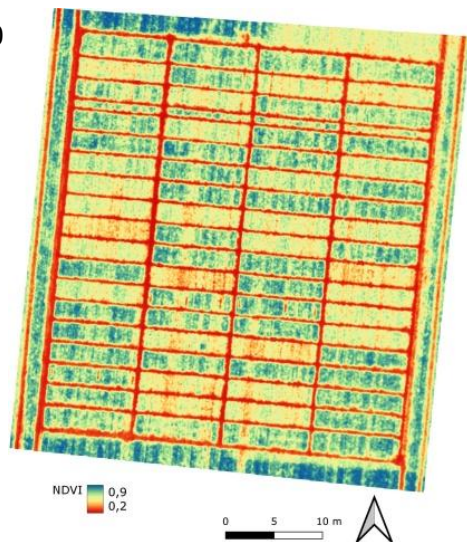
➤ Essai FVD 2020 : observations et résultats

Application des fientes

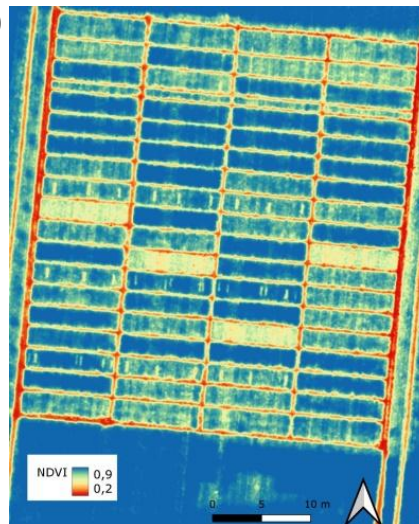
For the modality T12 "DPD" and T4 "Full dose in urea", the 164 kg N/ha dose has been provided in 3 splits : 40 kg/ha on February the 14th, 84 kg/ha on March the 12th and 40 kg/ha on April the 20th.

Suivi dvt BTH par télédétection

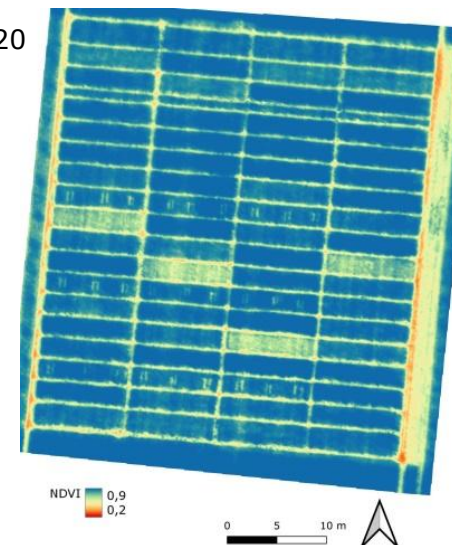
Au 13/03/20



Au 23/04/20



Au 07/05/20



50

Résultats

Indicateurs		T4 « urée »	T12 « FVD »	T1 « témoin 0 »
Rdt	Moyennes (t/ha à 15% hum)	6.7	3.8	2.1
	Groupes homogènes	A	C	D
Protéines	Moyennes (%)	11.933	9.45	9.375
	Groupes homogènes	A	C	C
PMG	Moyennes (g)	46.325	43.725	42.1
	Groupes homogènes	A	B	C

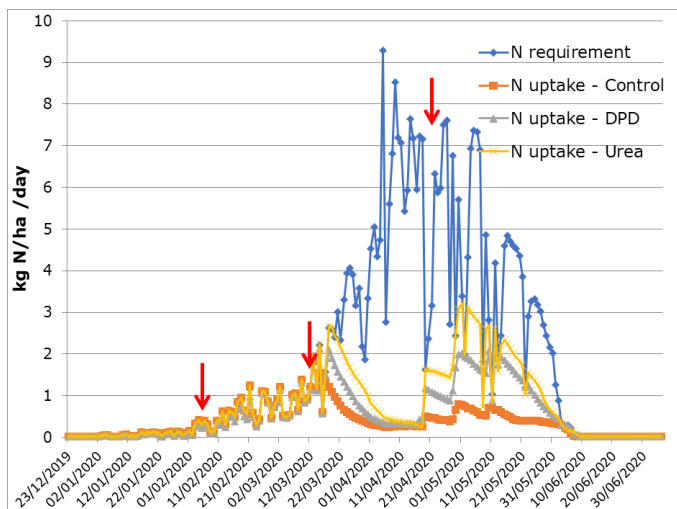
**A doses égales, les
FVD sont moins
efficaces que l'urée...
Pour ce protocole**

Sources :

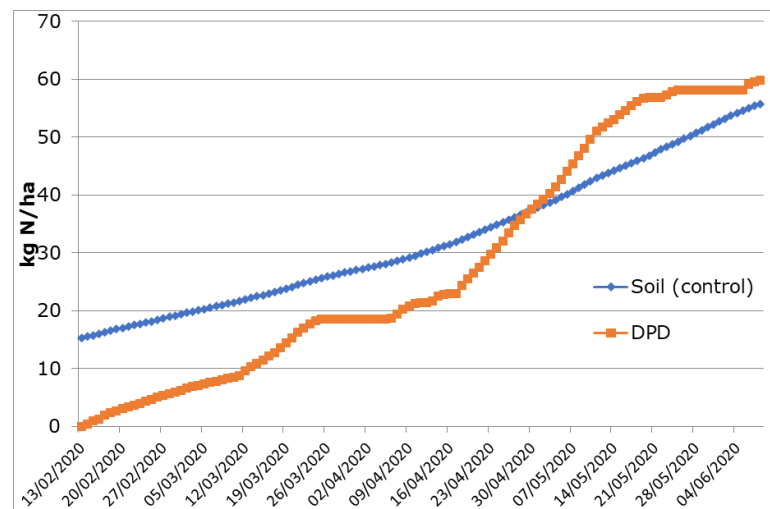


Essai de FVD 2020 : ce que dit la modélisation

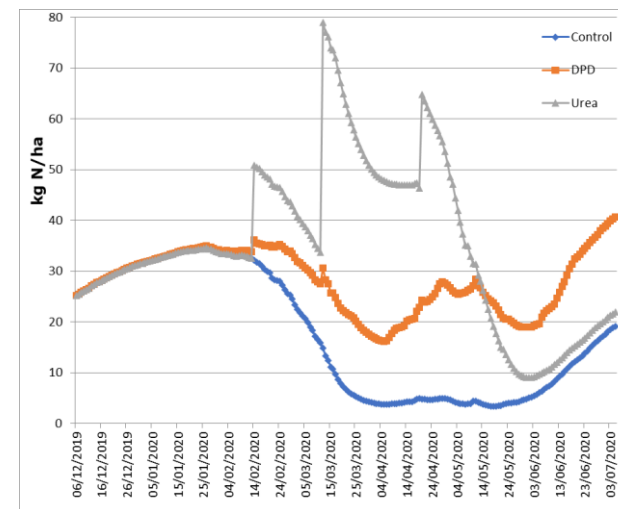
Simulation du dvt cultural du BTH avec STICS (v9.1) pour les modalités « Témoin 0 » (T1), «Urée » (T4) et « FVD » (T12 « DPD »).



Besoin et prélèvement de N
du 23/12/19 au 06/07/20



Minéralisations cumulées de l'azote du sol et des
résidus organiques du 13/02/20 au 08/06/20

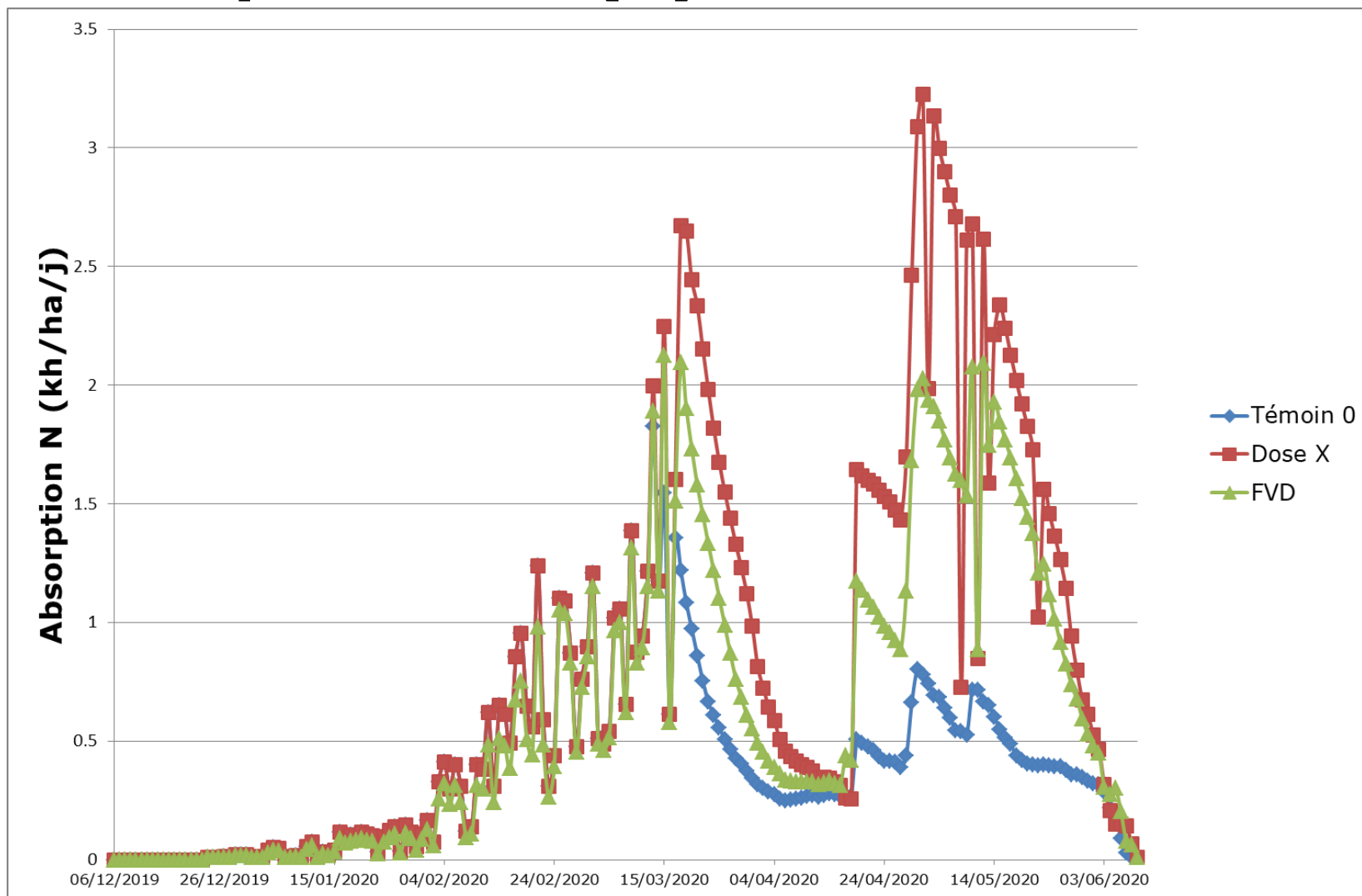


Stock d'azote minéral du sol de
décembre 2019 à juillet 2020

La différence d'efficacité s'explique principalement par la différence de disponibilité de l'azote, liée à la minéralisation de la modalité organique... dans ce protocole.

Pour une meilleure efficacité de la fertilisation organique, il faut envisager des séquences d'apports et une approche du sol différentes.

Fertilisation par fientes de volaille déshydratées: interprétation (1)



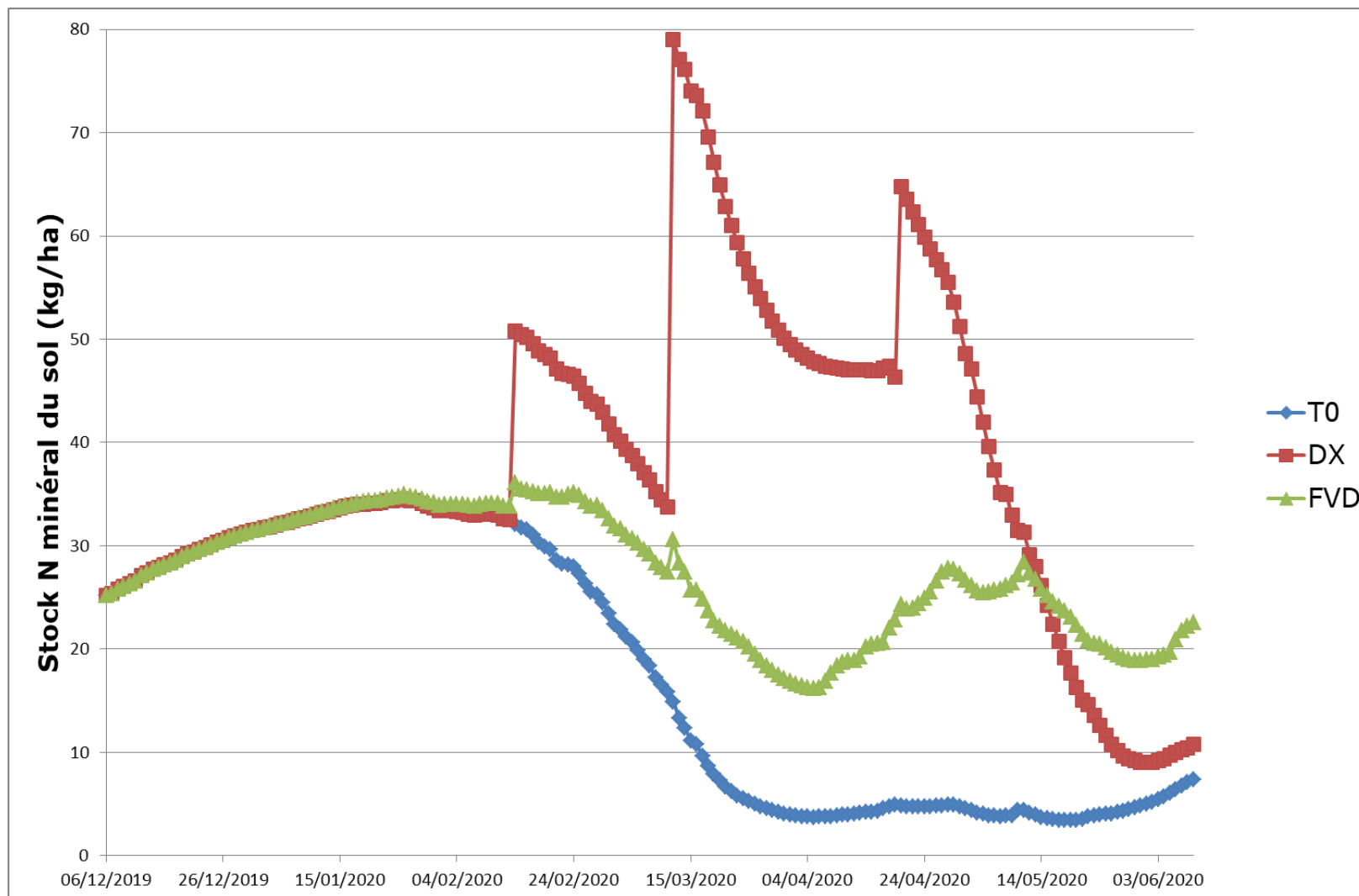
Absorption N de la culture
(kg/ha/jour)

A partir de simulations
faites avec STICS, INRAe

52



Fertilisation par fientes de volaille déshydratées: interprétation (2)



A partir de simulations faites avec STICS, INRAe

53



Ce projet a bénéficié d'un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne au titre de la convention de subvention n° 818470



➤ Simulation de fertilisation par FVD

Sur culture de BTH implantée au 16/10/n sur sol de « groie » moyenne (argilo-calcaire ou calcolsol 75 cm prof – 110 mm RU).

Séquence de saisons culturales 1967-2021 soit 54 récoltes

4 scénarii STICS :

✓1 = témoin sans ferti

✓2 = apport 4 t/ha (180 uN/ha) au 05/10/n et enfouissement

✓3 = apport 4 t/ha au 05/01/n+1 en surface

✓4 = apport 4 t/ha au 05/02/n+1 en surface

Conditions init : 90% Rmax eau et stock Nmin du sol de 15 kg/ha

Simulation de fertilisation par FVD : évaluation des résultats

Résultats à la récolte (16%) : du 05/07 au 27/07 pour tous les scenarii - date moyenne = 15/07

		Min	Moy	Max
Rdt (tMS/ha)	S1	2.835	4.22	5.263
	S2	3.134	5.04	6.82
	S3	3.105	5.32	7.222
	S4	3.054	5.20	6.962
N minéralisé sur la période "semis-récolte" (kg/ha)	S1	56.064	67.5	76.585
	S2	107.397	120.6	130.028
	S3	117.579	145.8	159.118
	S4	107.487	141.7	157.236
N minéralisé de la MO du sol (kg/ha)	S1	61.347	81.0	97.031
	S2	60.642	80.3	96.652
	S3	68.773	82.3	97.226
	S4	69.839	83.4	98.32
N minéralisé des résidus organiques (kg/ha)	S1	-19.064	-8.4	-1.375
	S2	64.392	73.9	79.548
	S3	52.157	68.6	77.772
	S4	40.998	63.4	75.336
N lessivé à la base du profil (kg/ha)	S1	3.274	14.1	31.423
	S2	5.629	47.3	109.235
	S3	3.63	15.0	31.917
	S4	3.394	14.3	31.472

Simulation de fertilisation par FVD : analyse comparative des scenarii

Statistiques des écarts de rdt entre scenarii :

		Ecart à S1 (témoin 0 N)				Ecart à S2	
		S2 = apport au 05/10	S3 = apport au 05/01	S4 = apport au 05/02	<i>Tout scenario</i>	S3	S4
Valeurs des centiles	Min	5%	4%	3%	3%	-8%	-12%
	10%	9%	14%	13%	10%	-5%	-6%
	25%	12%	18%	16%	16%	0%	-2%
	Médiane	20%	25%	22%	22%	4%	2%
	75%	25%	33%	29%	28%	9%	7%
	90%	31%	40%	35%	35%	17%	15%
	Max	36%	42%	39%	42%	34%	32%

Simulation de fertilisation par FVD : conclusion

On remarque :

1. L'apport de fientes par rapport au témoin augmente le rendement de 3% à 42% en fonction des scénarios et des années climatiques $\Rightarrow$ un réel effet mais date d'apport à optimiser.
2. 80 kgN/ha minéralisés à partir de la MO du sol et de 60 à 75 kgN/ha minéralisés à partir des résidus – essentiellement les FVD soit 33% à 42% de la dose totale – à partir de la date d'apport jusqu'à la récolte.
3. Si le scénario S2 « apport précoce » montre une efficacité relative comparable au scénario S4 « classique » (jusqu'à 60% des cas avec différence de rendement $< 5\%$), l'impact environnemental est plus fort chez S2 et l'azote minéralisé disponible pendant le cycle de développement de la plante est plus faible.
4. La date d'apport au 05/01/n+1 est la plus efficace des trois pour un impact environnemental équivalent au scénario témoin.

➤ Fertilisation et amendement organique : compost de fumier et d'algues (CFA)

Fabrication : à partir de fumier bovin, de fumier équin, de paille et d'algues par compostage à la ferme chez un exploitant/entrepreneur 17 en agriculture bio.

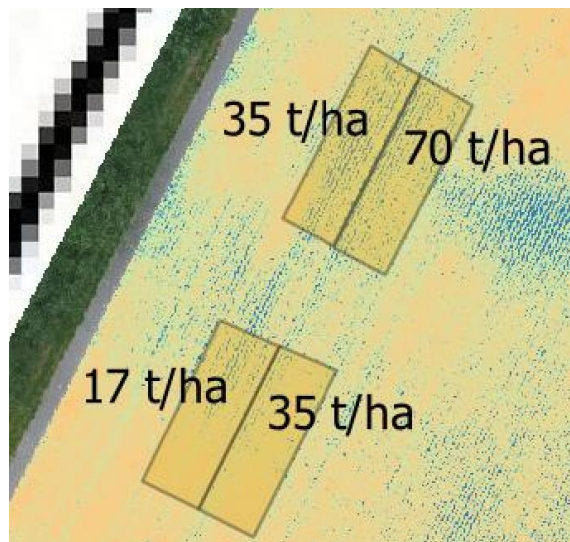
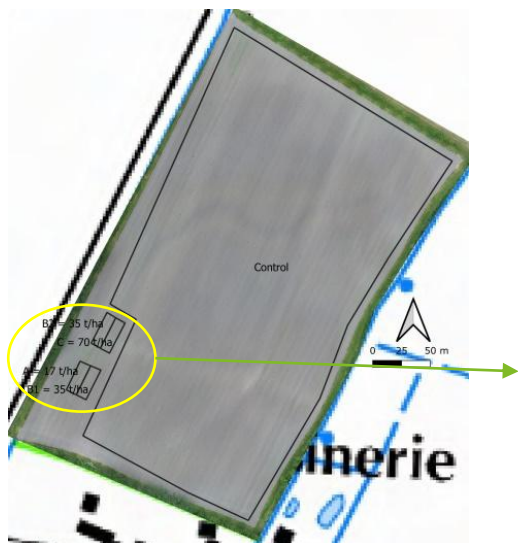
Composition (en matière brute) : 0.8 % N – 0.71 % P_2O_5 – 1.82 % K_2O – 0.52 % MgO – 6.43% CaO - 0.62 % SO_3

Caractéristiques organiques : MO = 13.62 % MB - C/N = 8,5 – pH = 8.9

58



➤ Dispositif de démonstration CFA 2019



Démonstration sur une parcelle de marais (55% argile) en culture de maïs biologique - en sec :

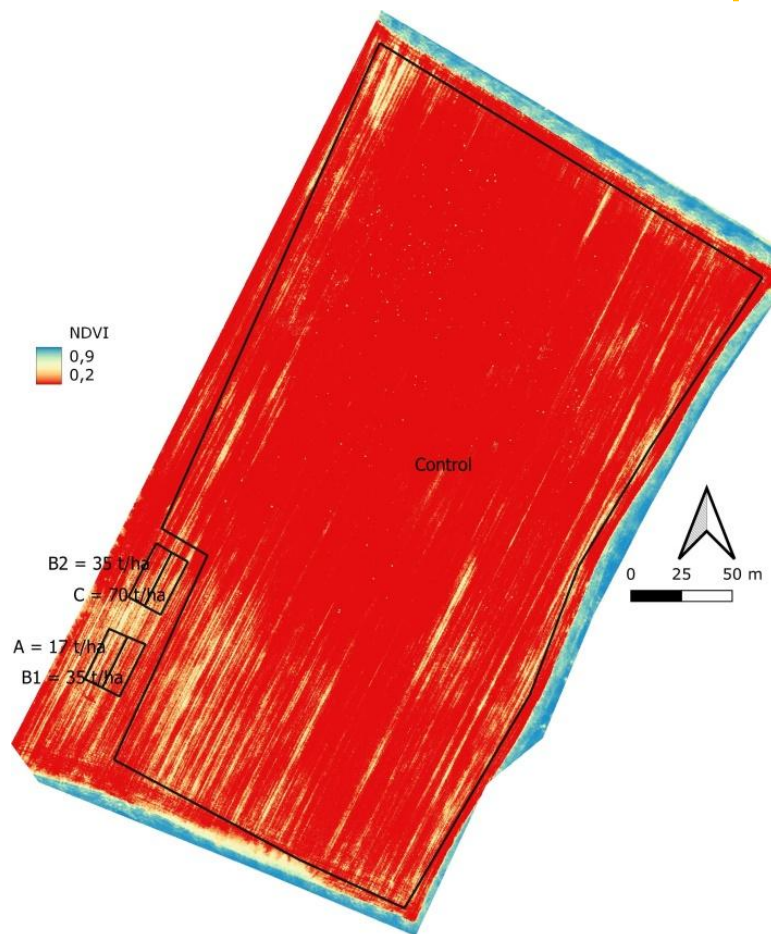
- Épandage du compost au 06/05/19
- Semis après enfouissement au 07/05/19
- Récolte au 10/10/2019

59

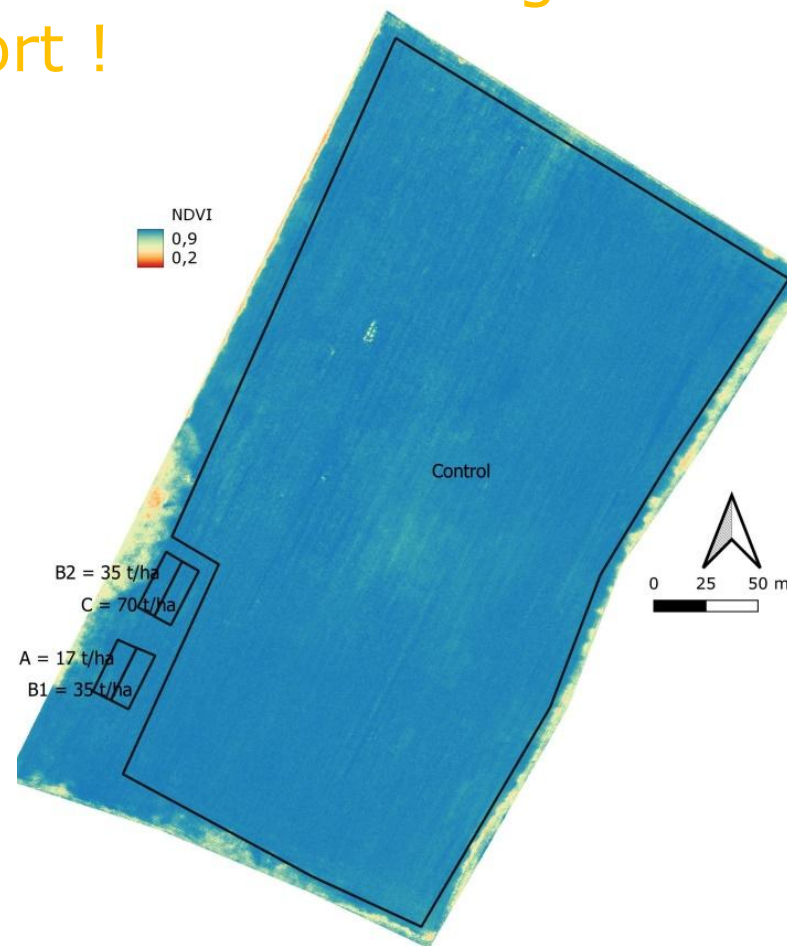
Doses (t/ha)	N total (u/ha)	P ₂ O ₅ (u/ha)	K ₂ O (u/ha)
17	110	47	188
35	227	98	388
70	455	196	777

➤ Exemple du CFA : des résultats surprenants

Au cours du développement, pas de différence de dvt végétatif dans les zones d'apport !



Au 05/06/19



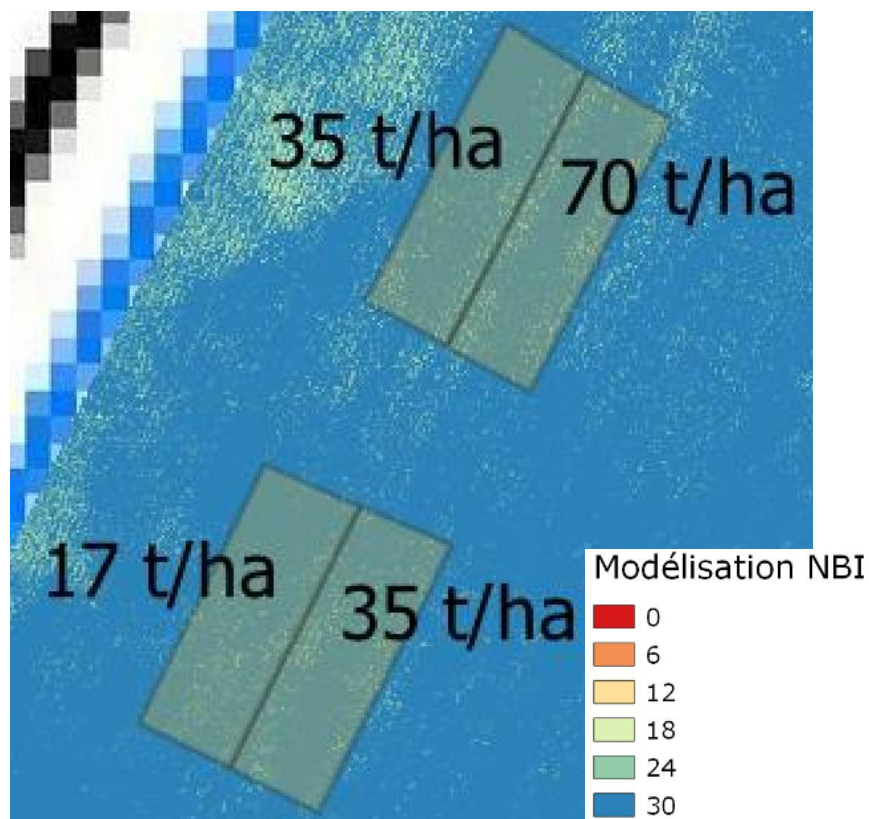
Au 08/08/19

➤ Fertilisation par compost de fumier et algues : résultats

Stade 7-8 feuilles

Un développement de la biomasse identique entre les bandes
Pas de différence de développement

Résultats de rendement



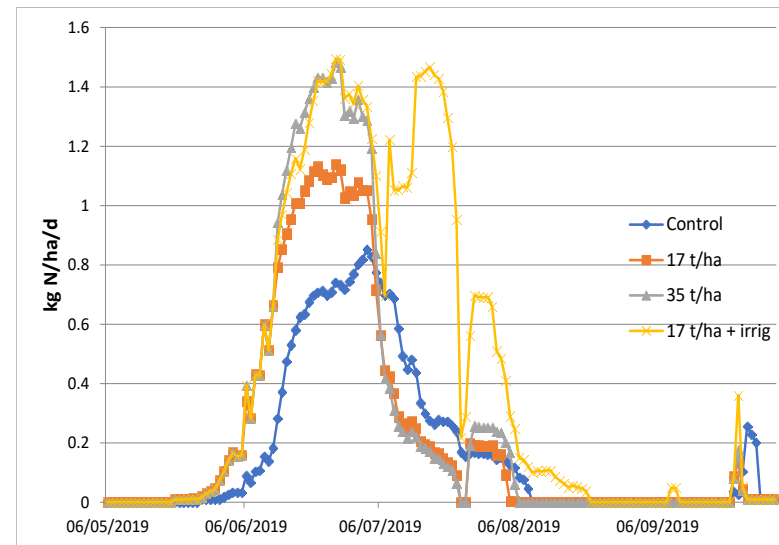
Modalité	Rdt en Qx/ha
Temoin	57,7
17 t/ha	48,1
35 T/ha	54,8
70 T/ha	56,8

61

Exemple du CFA : apport de la modélisation

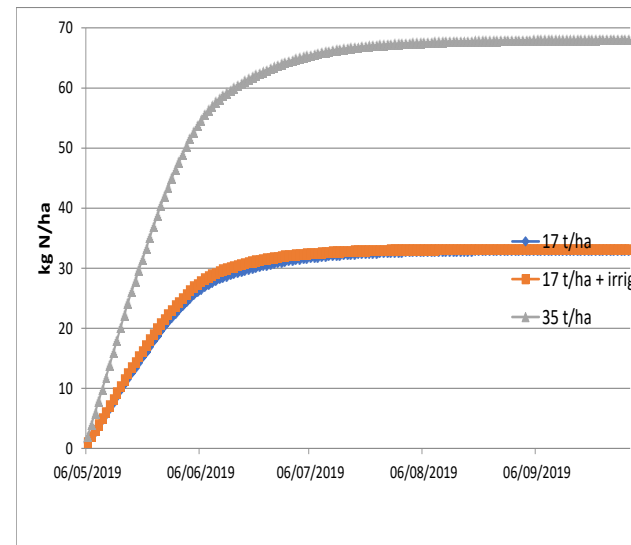
4 simulations avec le logiciel STICS© v9.1 de l'INRAe : 1=Témoin 0 – 2 = Apport de 17 t/ha – 3 = Apport de 35 t/ha – 4 = Apport de 17 t/ha + irrigation

About the N nutrition during the crop development cycle



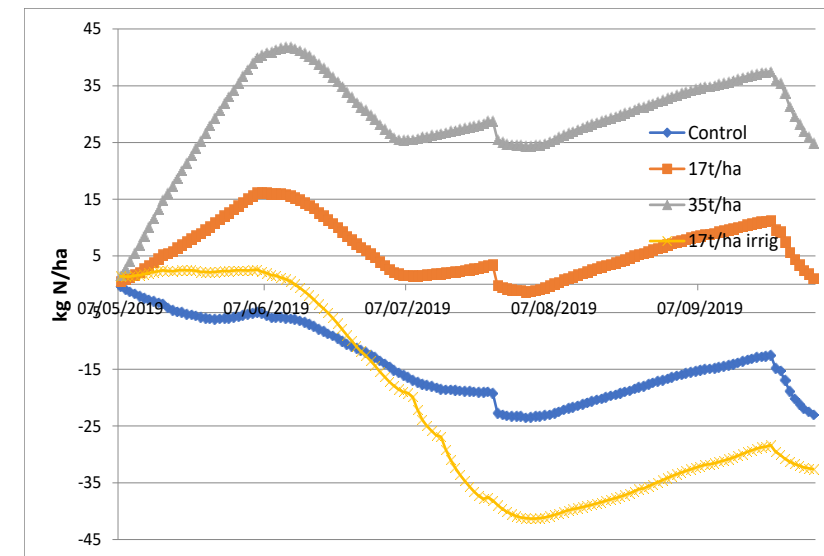
N uptake rate by the crop during the period 07/05/19 to 02/10/2019

Nitrogen mineralization of compost.



Cumulative amount of mineralized N derived from organic matter of soil and from organic residues during the corn development

To conclude : storage of mineral N in soil.



Mineral nitrogen stock in soil horizons - base 0 on 06/05/19 (sowing)

Référence :

https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=182628

Cette démonstration expose la difficulté d'évaluer le potentiel de fertilisation d'une MF organique sans le support de tous les outils, en particulier ceux de la modélisation. **Un travail de construction de références est nécessaire !**

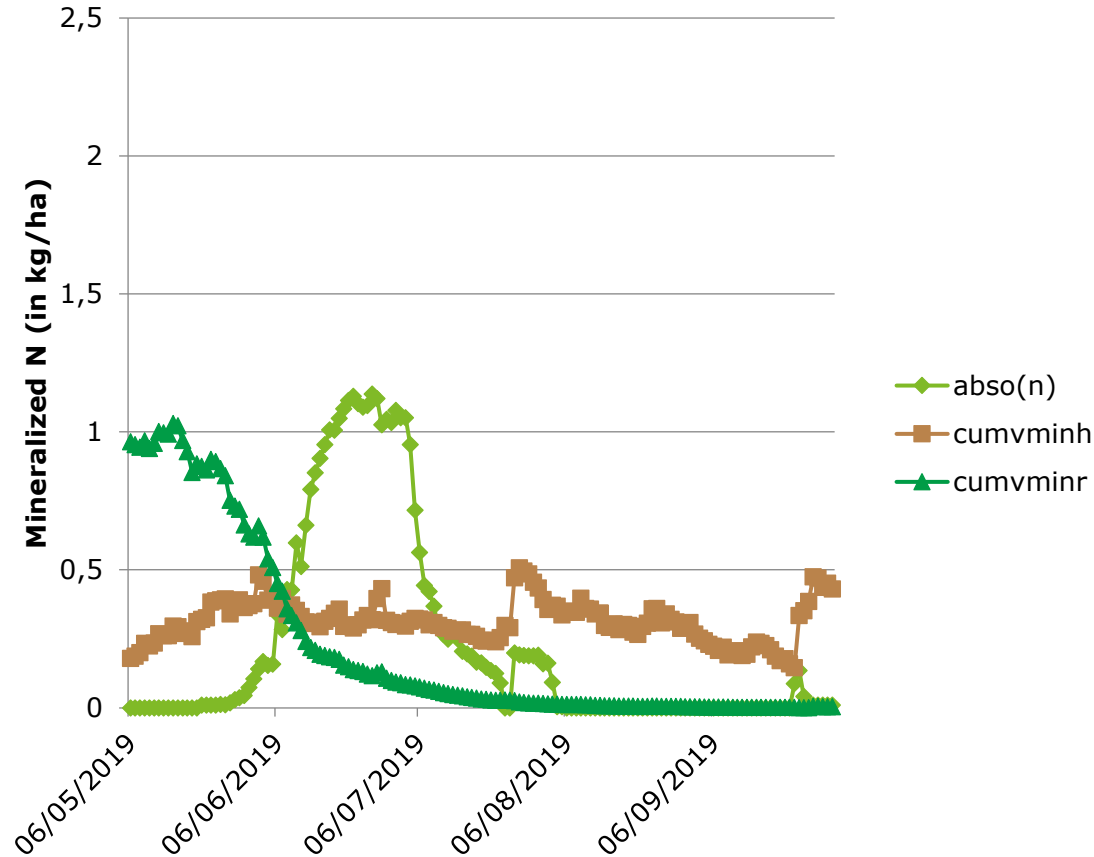
Fertilisation par compost de fumier et algues : interprétation (1)

Apports		Rdt simulé (q/ha)	
		Non irrig	irrig
0	t MB/ha	26,2	60,4
17		28,4	69,8
35		31,9	83,1
70		36,0	100,8

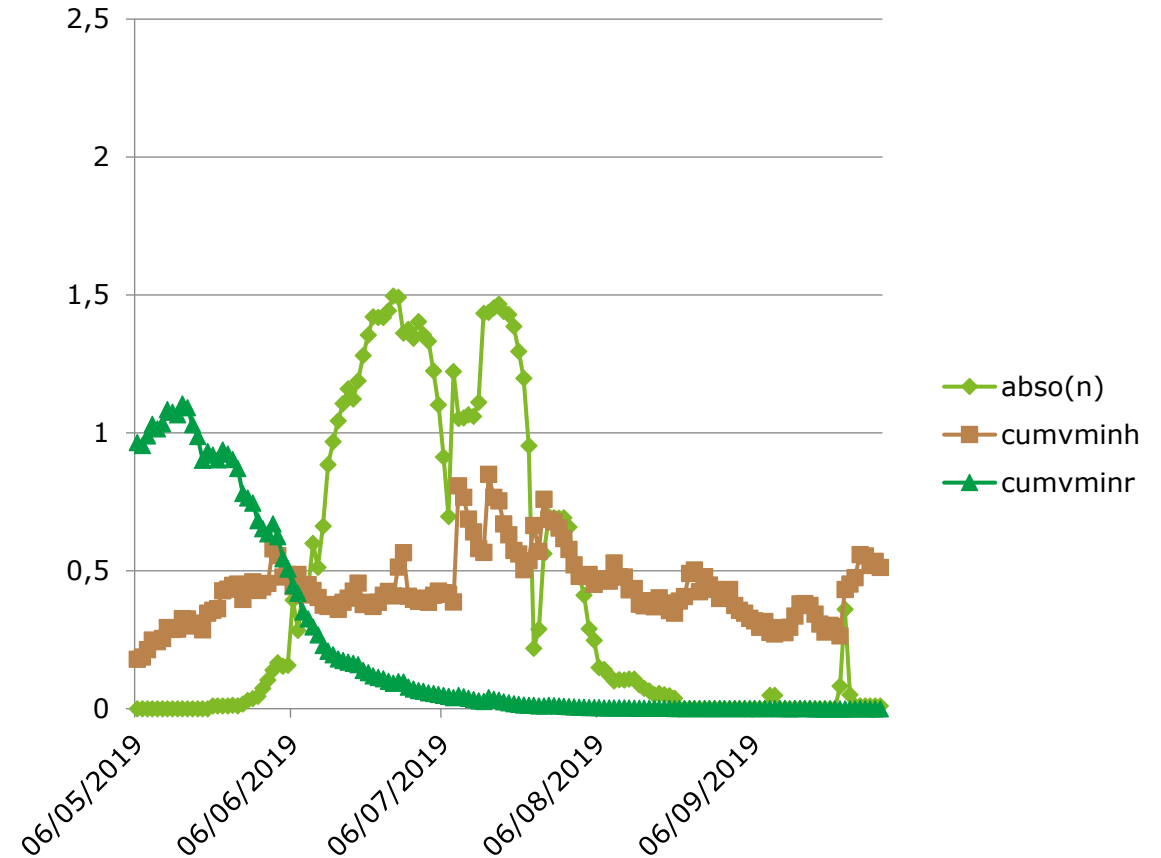
63

Essai de simulation avec STICS © (v 9.1) de l'INRAe

Fertilisation par compost de fumier et algues : interprétation (2)



Apport de 17 t/ha non irrig



Apport de 17 t/ha irrig

64

Essai de simulation avec STICS © (v 9.1) de l'INRAe

➤ **Conclusion : la fertilisation organique, une autre approche**

Les exemples précédents illustrent la difficulté d'évaluer l'efficacité d'un fertilisant organique avec la seule teneur N.

⇒ Autres outils analytiques pour la caractérisation, notamment pour une meilleure appréciation de la minéralisation;

⇒ Une autre façon de penser les itinéraires de fertilisation, en particulier pour les protocoles d'essai;

⇒ Développer l'utilisation des outils de modélisation pour préparer des références et orienter les protocoles d'essais