



PARTAGE

Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022

9h00 - 16h30

Centre Prouvé de Nancy (54)



COLLOQUE DE RESTITUTION DU PARTENARIAT EUROPÉEN POUR L'INNOVATION

L'azote cette ressource précieuse : comment gagner en autonomie et quelles perspectives pour les systèmes de culture ?



Introduction

Pascal Collard, *Président du Comité de pilotage PARTAGE*

PARTAGE : Un Partenariat Européen pour l'Innovation

- Une initiative de la Commission Innovation Recherche et Développement,
- Un projet pour une durée de **3 ans et 3 mois**: Septembre 2019 à Décembre 2022
- Un groupe opérationnel de **21 partenaires**
- Labellisé par le **RMT BOUCLAGE**

avec le partenariat de



avec le soutien financier de



Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée



Marine Raffray

Chambre d'agriculture France



Pascal Collard

Commission IRD
Chambre régionale d'agriculture Grand Est



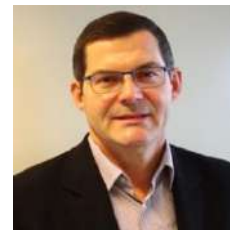
Sophie Agasse

UNIFA



Frédéric Adam

Cérèsia



Antoine Henrion

Terres Univia

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée



Marine Raffray
Chambre d'agriculture France

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée



Marine Raffray

Chambre d'agriculture France



Pascal Collard

Commission IRD
Chambre régionale d'agriculture Grand Est



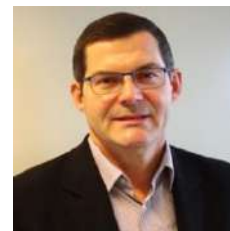
Sophie Agasse

UNIFA



Frédéric Adam

Cérèsia

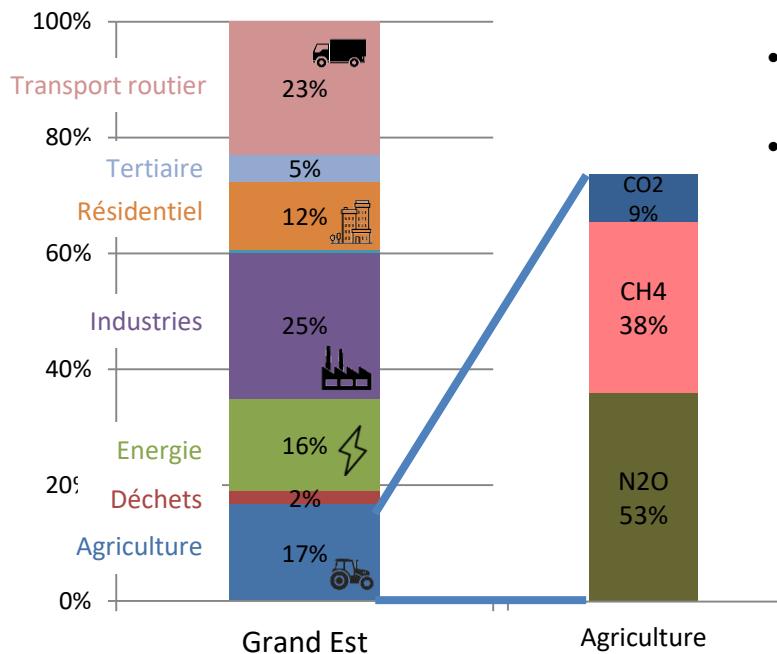


Antoine Henrion

Terres Univia

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée

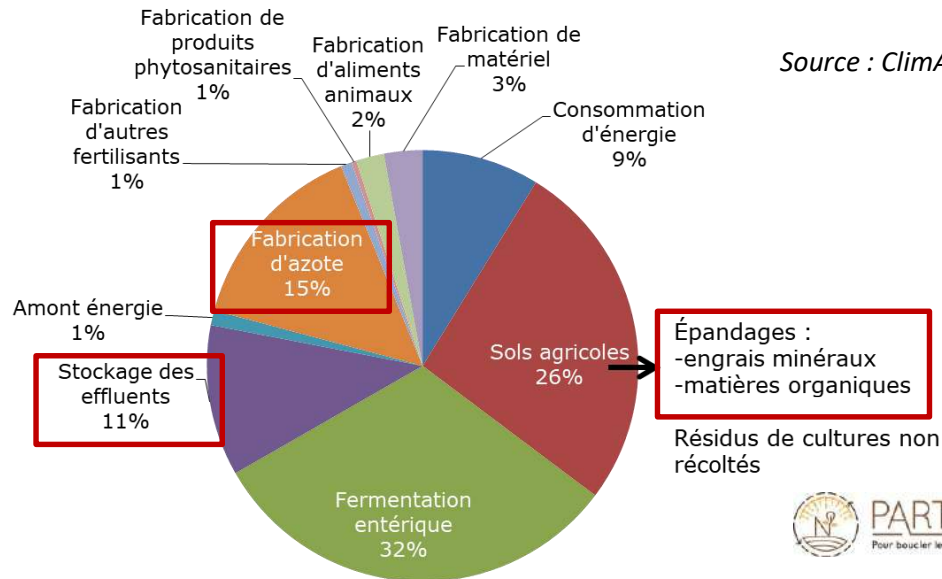
Répartition des émissions de GES par secteur en Grand Est



Source : ATMO Grand Est, Invent'Air V2018

Agriculture :

- 3^{ème} secteur émetteur de GES en Grand-Est après les industries et les transports
- Principales émissions sous forme de N_2O qui a un très fort pouvoir de réchauffement global (238 fois celui du CO_2)
- Un des principaux postes d'émission : Azote minéral et organique



Source : ClimAgri, 2018

Épandages :
-engrais minéraux
-matières organiques

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée

- Responsabilité à partager collectivement les ressources organiques
- Initiative « Optimiser la ressource en azote », Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée



Marine Raffray

Chambre d'agriculture France



Pascal Collard

Commission IRD
Chambre régionale d'agriculture Grand Est



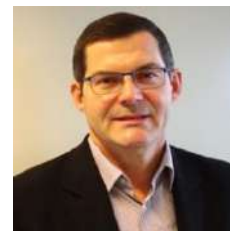
Sophie Agasse

UNIFA



Frédéric Adam

Cérèsia



Antoine Henrion

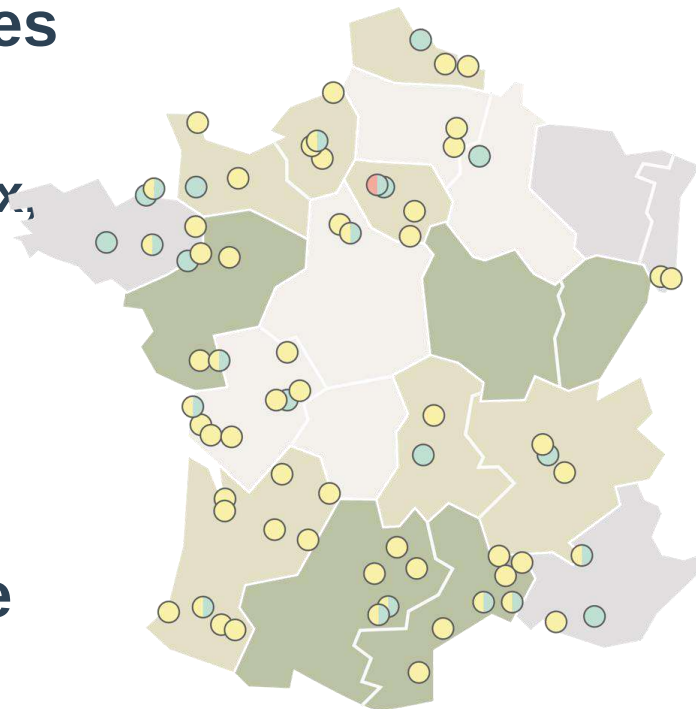
Terres Univia

L'Union des Industries de la Fertilisation (UNIFA)

Regroupe 36 entreprises adhérentes

- Fertilisants minéraux
- Amendements minéraux, organo-minéraux,
- Fertilisants organiques
- Biostimulants

77 sites de production répartis sur le territoire



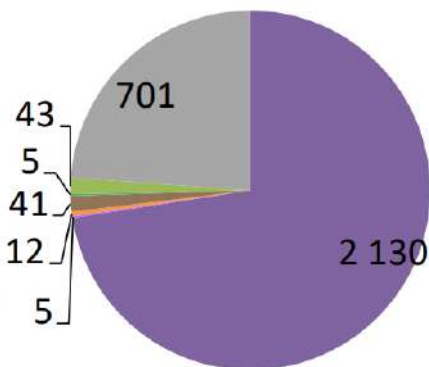
Observatoire national de la fertilisation minérale et organique- 2020



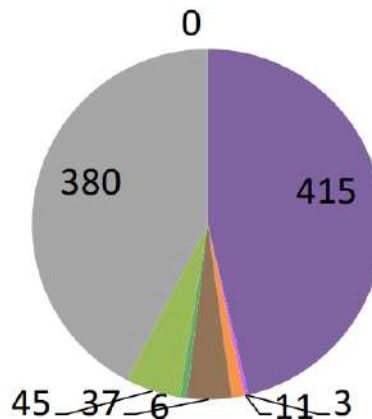
Fertilisants commercialisés et effluents d'élevage non commercialisés en 2020 : Répartition par catégories (en milliers de tonnes) :

- (1) Amendements minéraux basiques
- (2) Engrais minéraux
- (3) Engrais organo-minéraux
- (4) Engrais organiques élaborés
- (5) Engrais organiques bruts
- (6) Amendements organiques élaborés
- (7) Amendements organiques bruts
- Effluents d'élevage épandus localement

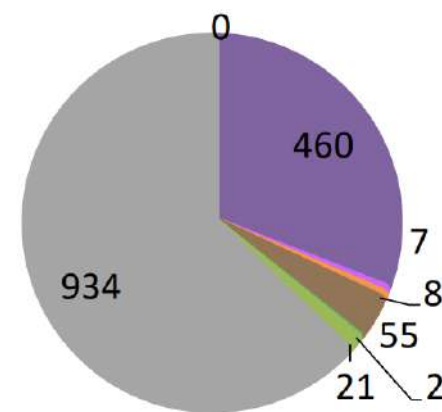
2 933 kt de N total



901 kt de P_2O_5 total



1 477 kt de K_2O total



Evolution des livraisons des engrais minéraux – France

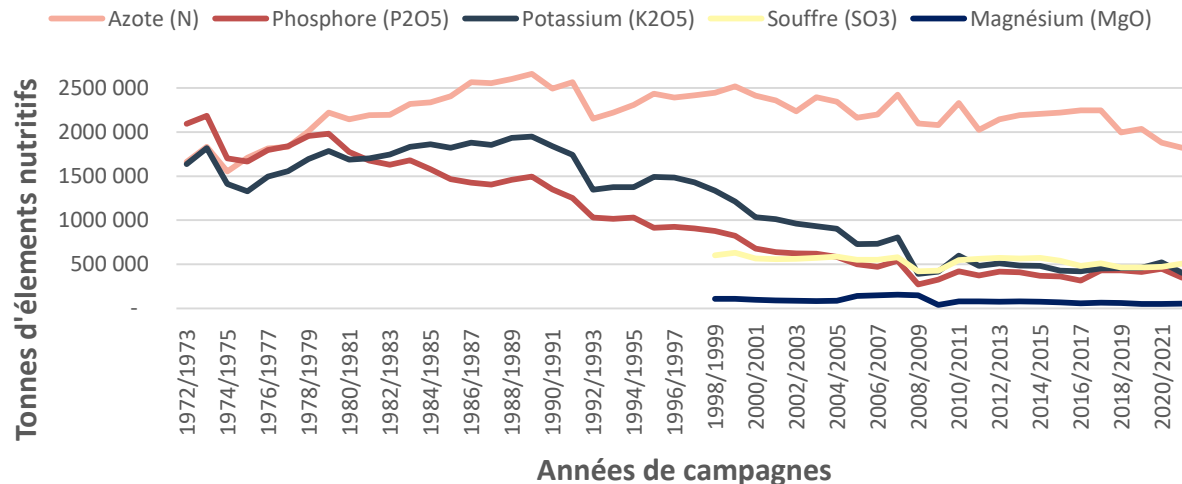


En 30 ans
on a réduit de

45%

la consommation
d'engrais

Livraisons d'engrais en France
Unité : Tonnes d'éléments nutritifs
Source : UNIFA

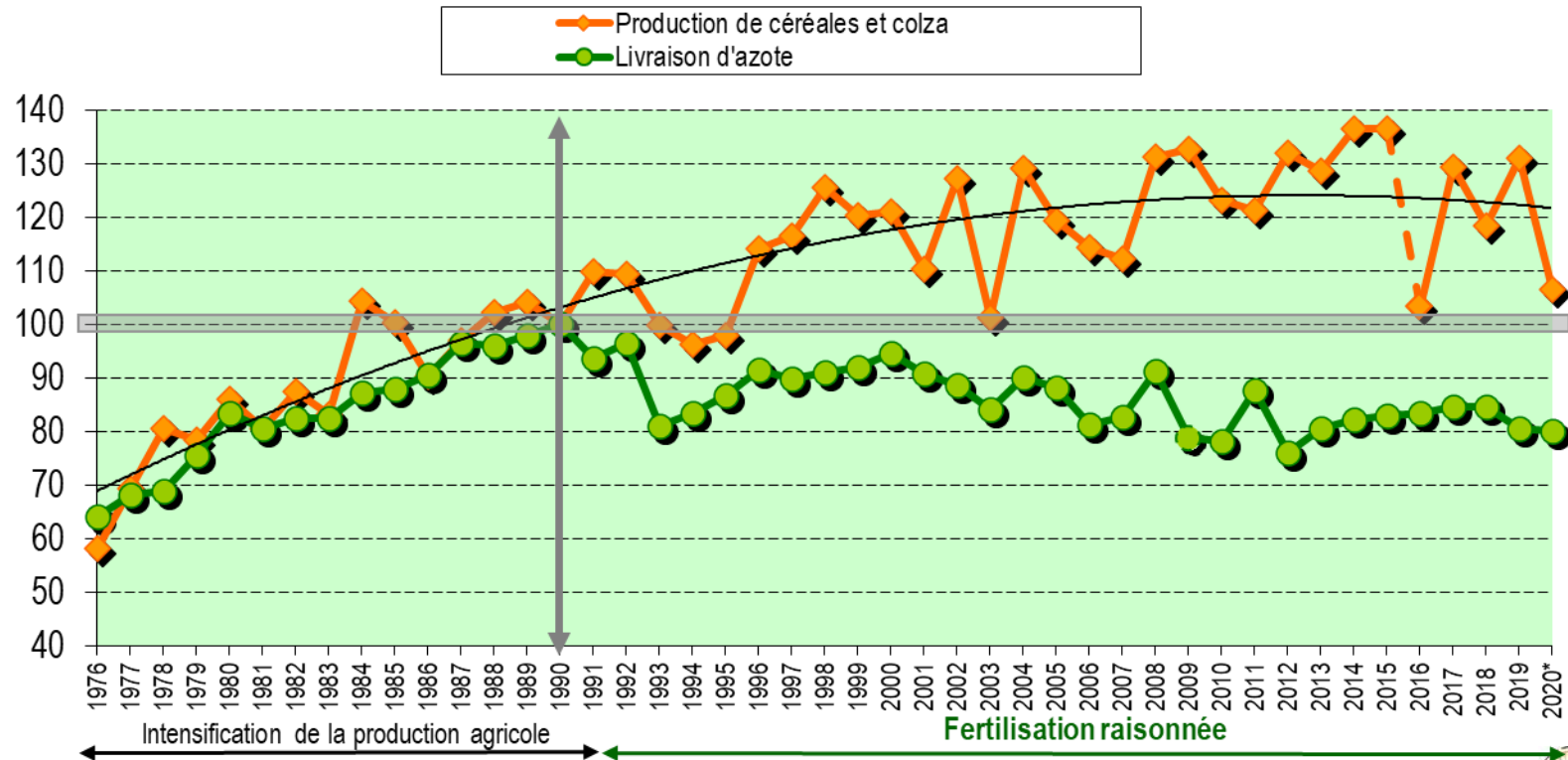


Unité : Tonnes d'éléments nutritifs

Source



Efficiency of the use of nitrogen fertilizers – France



Source



Répartition géographique des **quantité d'engrais simples N (kT de produits)** par rapport aux livraisons des engrais des différentes formes d'engrais simples N (en kT de produits) par régions, 2020-2021

kT de produits

Formes d'engrais (%)

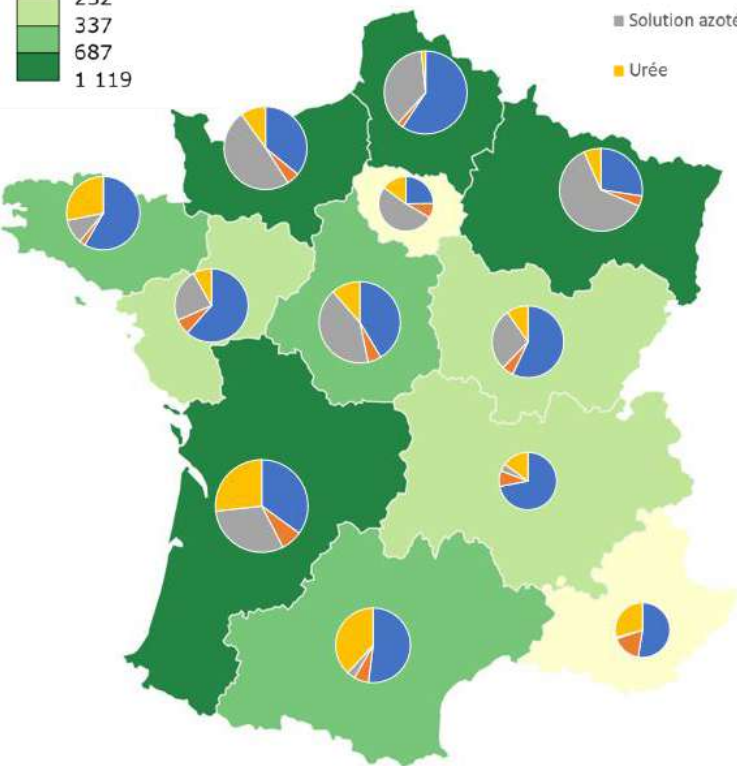
■ Ammonitrates

■ Autres simples N

■ Solution azotée

■ Urée

0
232
337
687
1 119



Source



Répartition géographique des **quantité d'engrais (tous confondus - T de produits)** par rapport aux livraisons des engrais selon les éléments nutritifs (en T d'éléments nutritifs) par régions, 2020-2021

Livraisons des engrais 2020-2021 (en T de produits)

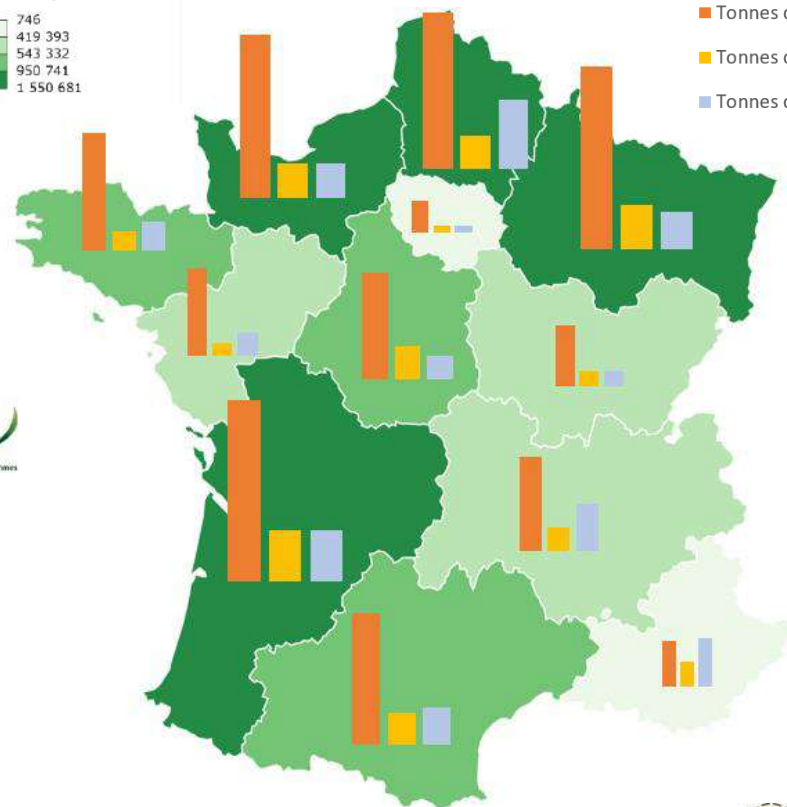
746
419 393
543 332
950 741
1 550 681

Formes d'élément nutritif (T)

■ Tonnes de N

■ Tonnes de P2O5

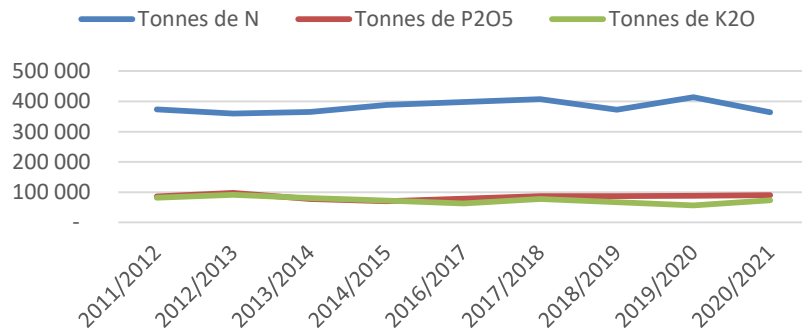
■ Tonnes de K2O



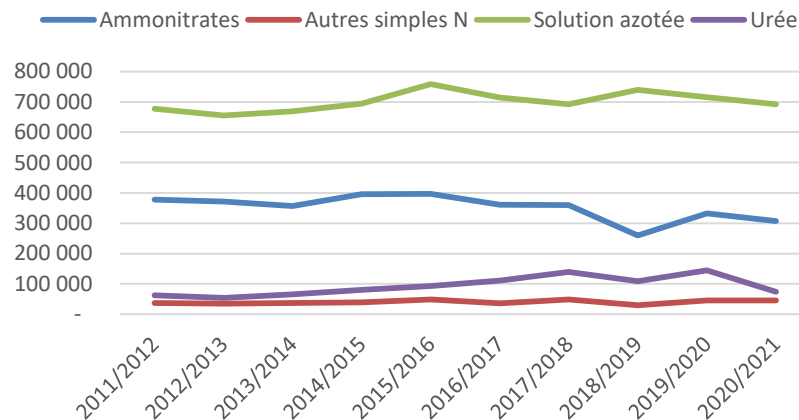
PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote

FOCUS région Grand Est

Evolutions des éléments nutritifs (azote N, phosphore P2O5 et potasse K2O) des livraisons des engrais en région Grand-Est, sur 10 campagnes, en tonnes d'éléments nutritifs.



Evolution des livraisons des engrais simples N en Grand-Est, par catégorie de produits, sur 10 campagnes, en tonnes de produits.



Source



Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée



Marine Raffray

Chambre d'agriculture France



Pascal Collard

Commission IRD
Chambre régionale d'agriculture Grand Est



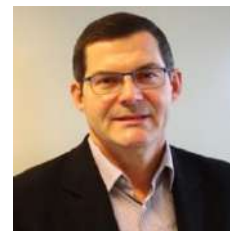
Sophie Agasse

UNIFA



Frédéric Adam

Cérèsia



Antoine Henrion

Terres Univia

BESOINS ET ATTENTES DES MARCHES

La fertilisation : 1^{er} poste de charges proportionnelles
L'azote : 1^{er} facteur de production en céréales
L'azote facteur de qualité

DEBOUCHES BLE

MEUNERIE

≈5%

VARIETES	PS	PROTEINES	HAGBERG	INSECTICIDE	DON
VRM, BPMFp	> 76	11% mini	> 220	SIS	< 1250 ppb

SIS : Sans insecticide de stockage

AMIDONNERIE / ETHANOLERIE

≈70%

VARIETES	PS	PROTEINES	HAGBERG	DON
BPMFp (BP et autres BPS <30%)	> 76*	11% mini	> 180 ou 220*	< 1250 ppb

* selon les contrats et les industriels

EXPORTATION

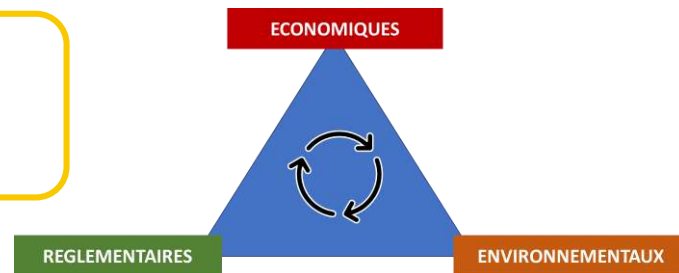
≈15%

VARIETES	PS	PROTEINES	HAGBERG	DON
BPS et BP	> 77	11.5% mini	> 240	< 1250 ppb

ALIMENTATION ANIMALE

≈10%

VARIETES	PS	PROTEINES	HAGBERG	DON
Pas d'exigence	> 72	Selon contrat	-	< 8000 ppb



Autres cultures

Orges brassicoles

- 9.5 – 11.5% de protéines

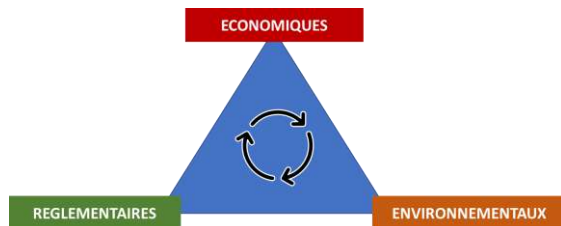
Colza

- Impact négatif sur la teneur en

Betteraves

- Impact négatif sur la richesse en sucre

ACCOMPAGNEMENT DES AGRICULTEURS



Objectifs

- Optimiser l'efficacité des unités apportées
- Limiter les pertes
- Produire de l'azote au champ et dans le système de cultures.
- S'adapter en cours de campagne aux conditions climatiques

- 1 Expérimentation** : Forme, fractionnement, système de culture, produits organiques, couverts, nouvelles approches, participation à des projets...
- 2 Communication** : Visite d'essais, réunions, bulletins techniques...
- 3 Promotion et accès à des outils** : PPF, Reliquats, Farmstar...

FARMSTAR

1290 expl.

82 142 ha

Pourcentage des surfaces pilotées

Blé
43%

OH
48%

Colza
68%

cérèsia

- 4 Approvisionnement, logistique et stockage** : Engrais minéraux, organiques...

Un contexte géopolitique et économique qui nous pousse à repenser la nutrition azotée



Marine Raffray

Chambre d'agriculture France



Pascal Collard

Commission IRD
Chambre régionale d'agriculture Grand Est



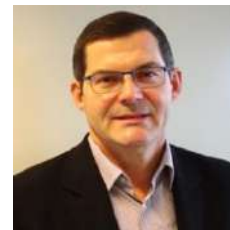
Sophie Agasse

UNIFA



Frédéric Adam

Cérèsia



Antoine Henrion

Terres Univia



PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022
9h00 - 16h30
Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle



Quels leviers pour boucler le cycle de l'azote à l'échelle des territoires ?



Quels leviers pour boucler le cycle de l'azote à l'échelle des territoires ?

- Solutions pour limiter les pertes d'azote
- Production d'azote au champ par les légumineuses
- Gestion territoriale de la matière organique
- Living Lab : accompagnement des agriculteurs



Gérer la fertilisation azotée en limitant les pertes dans l'environnement

Pilotage intégral de la fertilisation azotée du blé : retour sur 4 années d'expérimentation en Grand Est

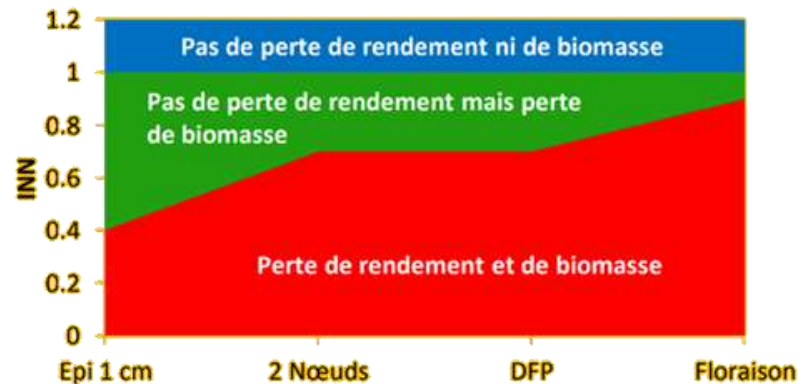
Honorine Gabriel, *Chambre régionale d'agriculture Grand Est*

Jacques-Nicolas Klein, *Chambre d'agriculture Meuse*

Antoine Letinois, *Chambre d'agriculture Ardennes*

Principes de la méthode APPI-N

- Pas de RSH ni d'objectif de rendement → **Pas de calcul a priori de dose totale**
- **Maximiser le CAU** grâce à :
 - Un **décalage** des apports, permis par **l'acceptation d'une carence tolérable en début de cycle**, pilotée grâce à une **trajectoire seuil d'INN** à ne pas franchir



Principes de la méthode APPI-N

- Pas de RSH ni d'objectif de rendement → **Pas de calcul a priori de dose totale**
- **Maximiser le CAU** grâce à :
 - Un déclenchement des apports uniquement lors de « **jours favorables** », c'est-à-dire **lorsque les conditions d'humidité du sol sont satisfaisantes** pour permettre la valorisation de l'azote (10 mm de pluie dans les 3 jours suivant apport ou sol humide)



Jour favorable =

Pas d'apport depuis 15 jours

+

Cumul de pluie >10 mm dans les
3 jours

Ou surface sol très humide

Principes de la méthode APPI-N

- Le **suivi régulier de l'INN** grâce à un outil d'estimation (HN-Tester®) de la **sortie hiver à la floraison**, pour le pilotage intégral des apports
- La **définition des doses d'azote à apporter** en fonction de l'INN et de la date de contrôle, à partir d'une **analyse fréquentielle du climat des 20 dernières années** et la **simulation de nombreuses stratégies de fertilisation** → ABAQUE



La démarche en résumé

1 Interroger la plante

à l'aide de la pince N-tester



Pince N'Tester ©

2 Décider d'un apport ou non

En fonction de la date de mesure et de l'INN du blé

À partir d'abaque de décision régionalisés

INN	15 - 28 fév.	1 - 15 mars	15 - 30 mars	...
< 0.6	0	60	60	
0.6 - 0.7	0	40	60	
0.7 - 0.8	0	0	40	
0.8 - 0.9	0	0	40	
0.9 - 1.0	0	0	0	
1.0 - 1.1	0	0	0	

3

OUI

Apporter la dose
conseillée

NON

Revenir pincer dans
1 semaine

Exemple de conduite de la méthode APPI-N sur 2 parcelles en 2022

- Localisation : Allandhuy (Ardennes)
- Type de sol : Limon argileux profond

	Parcelle 1	Parcelle 2
Précédent	Maïs grain	Pois
Apport MO	Non	Non
RSH/PPF	53/200	
Variétés	Campésino	Extase

Exemple de conduite de la méthode APPI-N sur 2 parcelles en 2022

15 février

- Jalonage :
 - Bande agriculteur
 - Bande APPI-N
 - Carré sur-fertilisé
- Apport 50 uN carré sur-fertilisé ($0,17 \text{ kg}$ ammo27/9 m^2)



Exemple de conduite de la méthode APPI-N sur 2 parcelles en 2022

1er mars

Précédent pois

N-tester			Ratio N-tester/carré surfertilisé		INN mesuré	
<i>Carré sur-fertilisé</i>	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri
537	561	537	1,04	1,00	1,45	1,22

Précédent maïs

N-tester			Ratio N-tester/carré surfertilisé		INN mesuré	
<i>Carré sur-fertilisé</i>	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri
567	570	574	1,01	1,01	1,25	1,29

→ Apport agri : 0

Apport APPI'N (selon abaque) : 0

Exemple de conduite de la méthode APPI-N sur 2 parcelles en 2022

8 mars

Précédent pois

Précédent maïs

N-tester			Ratio N-tester/carré surfertilisé		INN mesuré	
<i>Carré surfertilisé</i>	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri
537	561	537	1,04	1,00	1,45	1,22
566	530	530	0,94	0,94	0,95	0,95

N-tester			Ratio N-tester/carré surfertilisé		INN mesuré	
<i>Carré surfertilisé</i>	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri
567	570	574	1,01	1,01	1,25	1,29
546	512	512	0,94	0,94	0,95	0,95

→ Apport agri : 80 uN
Apport APPI'N : 0

→ Apport agri : 80 uN
Apport APPI'N : 40 uN

Exemple de conduite de la méthode APPI-N sur 2 parcelles en 2022

15 mars

Précédent pois

N-tester			Ratio N-tester/carré surfertilisé		INN mesuré	
Carré surfertilisé	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri	APPI-N	Agri
537	561	537	1,04	1,00	1,45	1,22
566	530	530	0,94	0,94	0,95	0,95
633	571	590	0,90	0,93	0,82	0,93

→ Apport agri : 0
Apport APPI'N : 40 uN

35

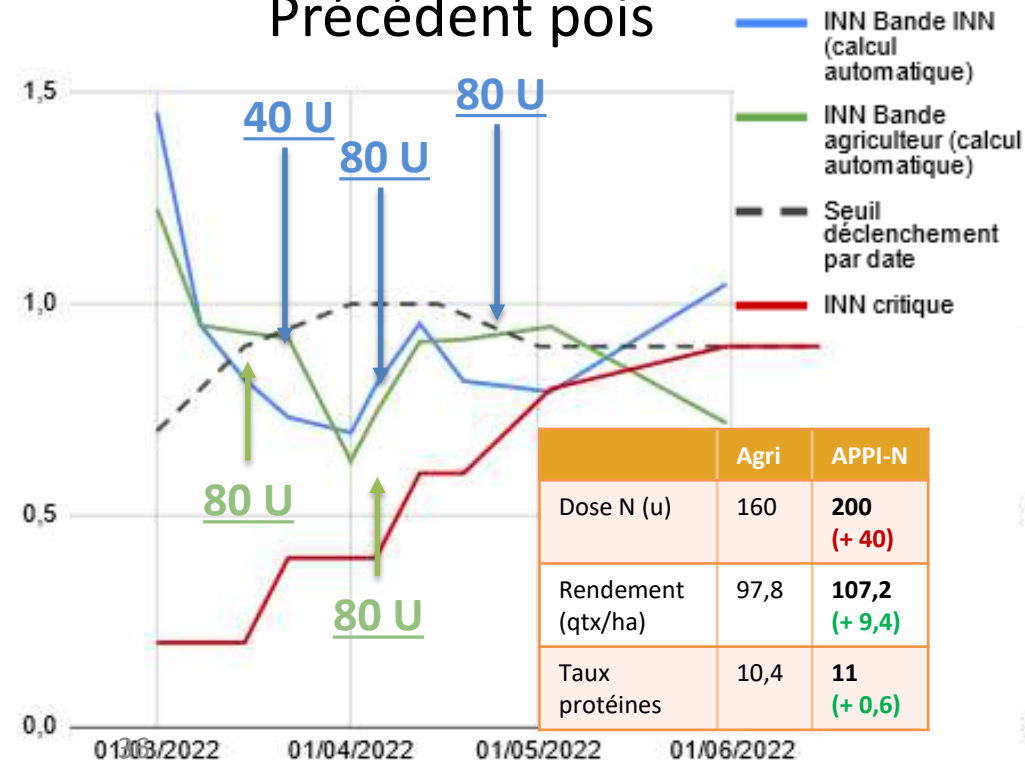
Précédent maïs

			1 - 15 mars	15 - 30 mars	1 - 31 mars
			INNseuil	0.60	0.60
	Ratio HNT	INN mesuré			
Cal	0,74 à 0,81	< 0.6	60	60	agri
sur	0,82 à 0,86	0.6 - 0.7	40	60	
fer	0,87 à 0,91	0.7 - 0.8	0	40	
56	0,92 à 0,93	0.8 - 0.9	0	40	29
	0,94 à 0,96	0.9 - 1.0		0	
54	0,96 à 0,97	1.0 - 1.1		0	95
61	0,97 à 0,98	1.1 - 1.2		0	99

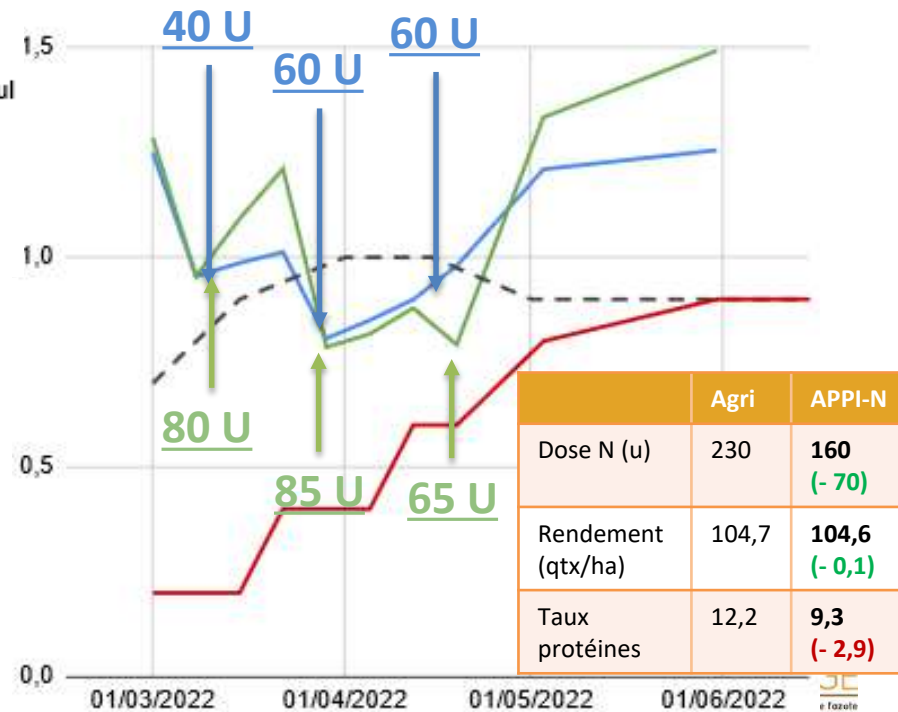
→ Apport agri : 0
Apport APPI'N : 0

Exemple de conduite de la méthode APPI-N sur 2 parcelles en 2022

Précédent pois



Précédent maïs



Résultats sur 4 ans d'expé en Grand Est

*75 essais en bande
agriculteur menés
entre 2019 et 2022*

2019

- Abaques par stade

2020

- Abaques par date, BFC
- Etalon sur-fertilisé

2021

- 2 abaques par date Grand Est

2022

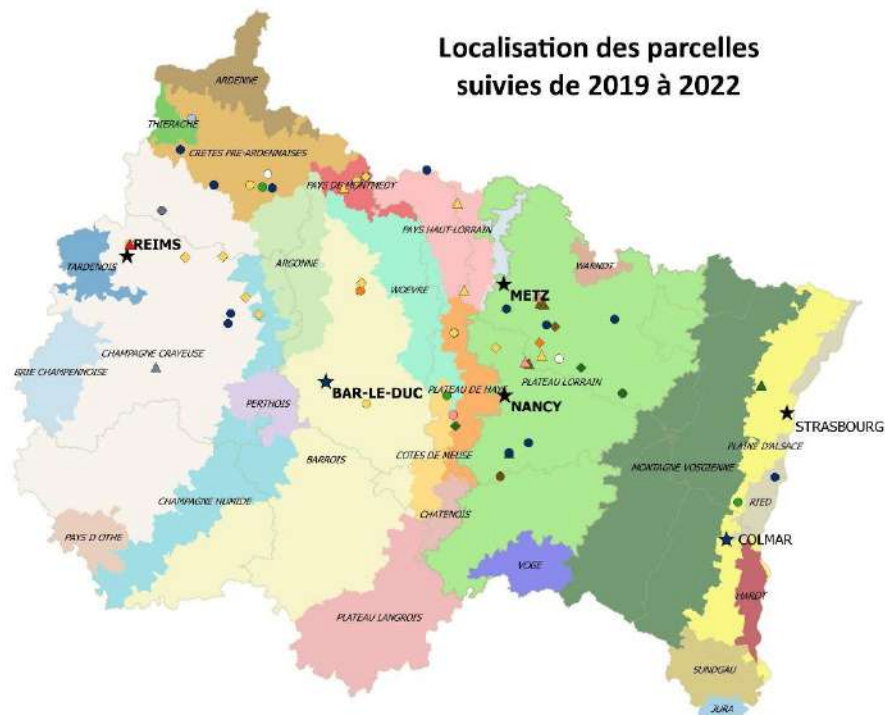
- Amélioration gestion carré sur-fertilisé

Légende

Précédent

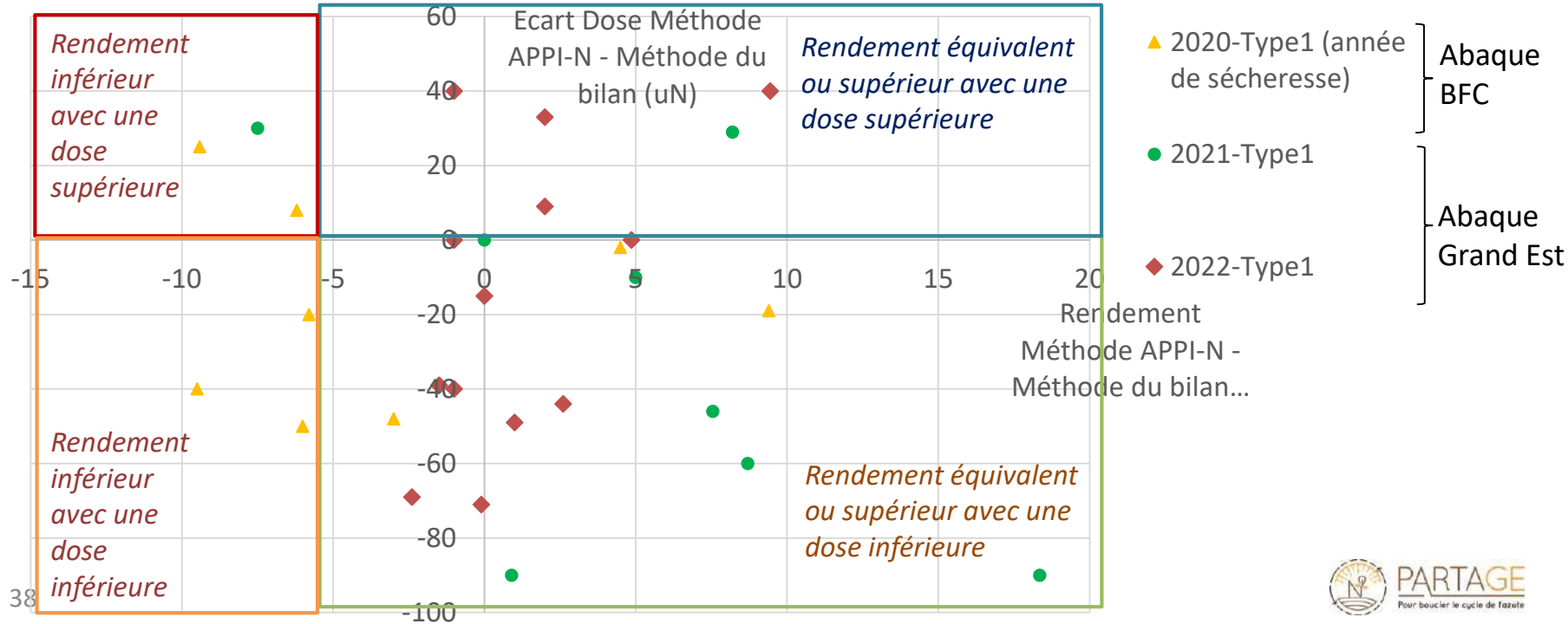
- Avoine de
- Betterave
- Blé
- Colza
- Maïs
- Soja
- Tournesol
- Chanvre
- Pois

Localisation des parcelles
suivies de 2019 à 2022



Résultats sur 4 ans d'expé en Grand Est

Analyse comparative rendement-dose



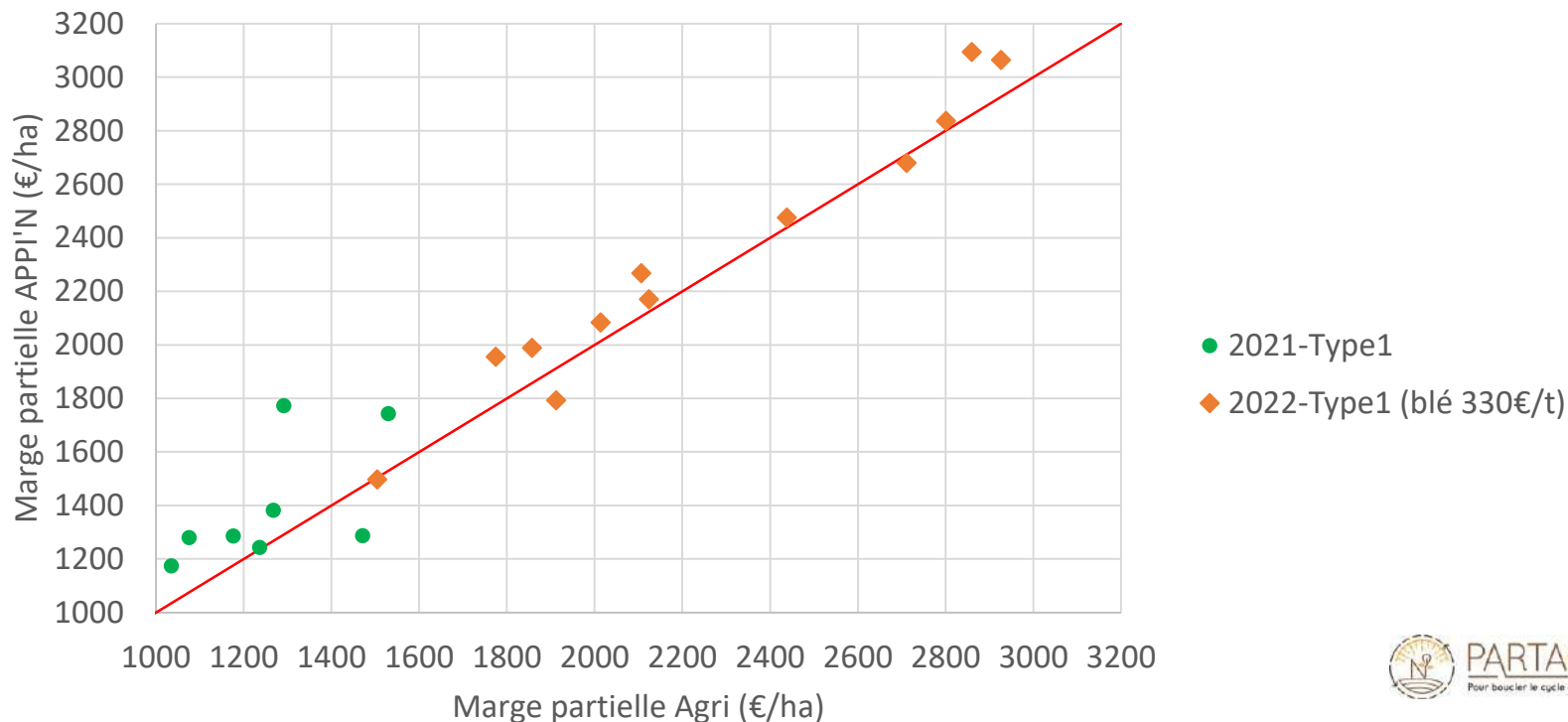
Résultats sur 4 ans d'expé en Grand Est

Evaluation économique

- Marge partielle : Prise en compte :
 - Du prix de l'azote (ammonitrate/solution azotée) → Moyenne sur l'année
 - Du prix du blé → moyenne sur l'année
 - De la teneur en protéine (réfaction/Bonification) → selon l'année
 - Du coût du passage de tracteur pour faire les apports

Résultats sur 4 ans d'expé en Grand Est

Marge partielle agri-APPI N



Résultats sur 4 ans d'expé en Grand Est

Evaluation environnementale

- Pertes d'azote
- Emissions de GES, Prise en compte :
 - Des émissions liées à la fabrication et au transport des engrais minéraux azotés
 - Des émissions liées aux passages de tracteur lors des apports (à raison de 6,4 kg de CO₂eq/ha/passage)

Résultats sur 4 ans d'expé en Grand Est

Synthèse globale des résultats

Type de résultats	Paramètre d'évaluation	Résultats en bandes agriculteur 2019-2022 (n=29)
Stratégie de fertilisation	Date du 1 ^{er} apport	15 à 25 jours plus tard
	Nombre total d'apports	Bilan : 13% 2 apports 80% 3 apports APPI-N : 38% 2 apports 55% 3 apports
	Dose totale	Réduite de 25 kg N/ha (S)
Performance économique	Rendement à 15%	Equivalent : Ecart de + 0,7 q/ha
	Taux de protéine	Equivalent : Ecart de - 0,2 point
	Marge partielle	Ecart de + 41 €/ha
Performance environnementale	Pertes	Réduites de 23 kg N/ha (n=16)
	Emission de GES par hectare	Réduites de 284 kg CO2eq/ha

ZOOM sur
l'expérience
du living lab !



Témoignage agriculteur



Alexandre BACQUENOIS
agriculteur à Saint-Martin-l'Heureux (51)

Témoignage agriculteur

- Stress lié au positionnement apport par rapport à la pluie
 - Méthode permet d'optimiser le 1^{er} apport
 - Règle de décision apport 40 uN vers épi 1 cm même si ça ne déclenche pas, à condition qu'il n'y ait pas encore eu d'apport
- Méthode chronophage
 - 10 mesures/parcelle dans le suivi expérimental
 - 6 mesures auraient été suffisantes en allant mesurer avant les pluies, si apport depuis plus de 15 jours

Perspectives pour la méthode APPI-N

- Application smartphone créée par l'INRAE qui sera testée la campagne prochaine
 - Permet d'aider à la décision et d'éviter les biais dans l'application du protocole
- Groupe de travail constitué à l'échelle nationale
 - Partage des retours d'expériences sur la mise en œuvre de la méthode et les résultats des essais entre Chambres d'agriculture et l'INRAE, et travailler sur pistes d'amélioration de la méthode
 - Tester de nouveaux outils d'estimation de l'INN, notamment par voies satellitaires



PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022
9h00 - 16h30
Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle





PARTAGE

Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022

9h00 - 16h30

Centre Prouvé de Nancy (54)



PAUSE

Retour en salle à 11h10



La volatilisation de l'azote dans différents contextes pédoclimatiques du Grand Est : Qu'en est-il et comment la limite-t-on ?

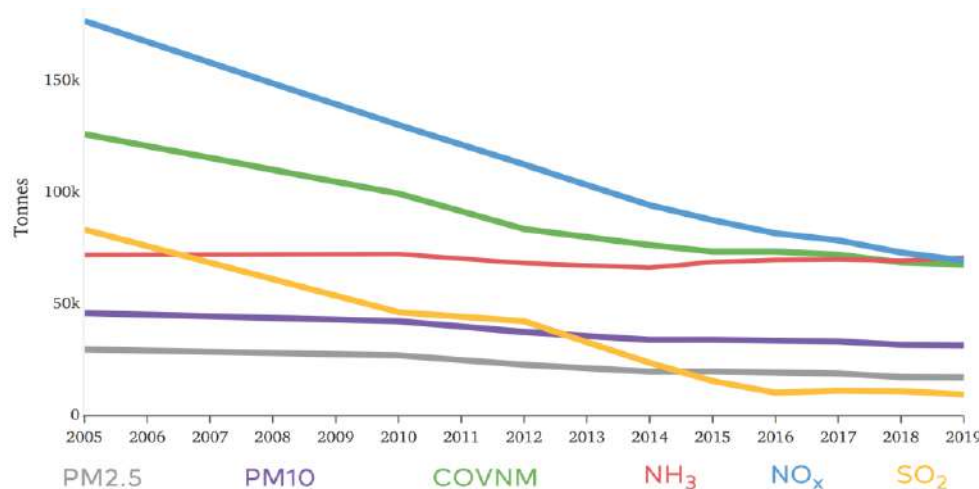
Laetitia Prévost, *Chambre régionale d'agriculture Grand Est*
Xavier Piquard, *Chambre d'agriculture Moselle*
Philippe de Donato, *CNRS/UL - Georessources*

Des pratiques évaluées dans différents contextes pédoclimatiques en Grand Est

Laetitia Prévost, *Chambre régionale d'agriculture Grand Est*

De l'ammoniac dans l'air...

- 92 % des émissions de NH_3 d'origine agricole en Grand Est
- Objectifs de réduction nationaux - 13 % NH_3 en 2030/ 2005 → jusqu'à aujourd'hui : stagnation des émissions
- PREPA 2022-2025
 - Réglementation sur les buses-palettes et sur l'utilisation de matériel d'épandage moins émissif
 - Redevance sur les engrais minéraux azotés en fonction de leur émissivité



Evolution des concentrations moyennes annuelles en Grand Est de différents polluants réglementés

Source données : ATMO Grand Est Invent'air V2021

Des mesures en Grand Est

- Evaluer des pratiques dans différentes conditions pédoclimatiques de notre région
- Tester et croiser différentes méthodes de mesures afin de les adapter au secteur agricole



Télédétection



Méthode simplifiée



Capteurs passifs



Micro-capteurs



Préleveur automatique



Des pratiques évaluées

Période	Site	Type de sol	Fertilisation	Modalités testées
Juin 2021	Obernai	argilo-limono-calcaire	organique	3 digestats apportés par pendillard sur maïs
Juin 2021	Haroué	argilo-calcaire	minérale	Apport d' urée vs urée avec inhibiteur (nexen) sur maïs
Oct. 2021	Haroué	argilo-calcaire	organique	Apport de digestat par pendillard sur couvert vs sol nu
Nov. 2021	Terralab	terres de craie	organique	Apport de vinasse sur couvert avec rampe
Fin fév. 2022	Terralab	terres de craie	organique	Apport de vinasse sur sol nu avec rampe
Mi-mars 2022	Obernai	argilo-limono-calcaire	organique	3 digestats apportés par pendillard sur blé
Avril 2022	Terralab	terres de craie	minérale	Apport de solution azotée vs ammonitrate sur blé
Fin avril 2022	Racrange (57)	argilo-limoneux	organique	Apport de digestat par pendillard vs par enfouisseur avant maïs
Juin 2022	Haroué	argilo-calcaire	minérale	Apport d' urée vs urée binée sur maïs
Oct. 2022	Haroué	argilo-calcaire	organique	Apport de digestat par pendillard sur couvert vs sol nu
Fév. 2022	Haroué	Conditions hivernales	En bâtiment bovin lait : Effet de l' augmentation de la fréquence de raclage des effluents	
Juil. 2022		Conditions estivales		

L'ensemble des résultats seront disponibles ici



ZOOM sur
l'expérience
du living lab !



Visualiser la volatilisation de l'ammoniac grâce à la télédétection

Philippe de Donato, *CNRS/UL – Georessources*

Télédéttection : une méthode de mesure inédite

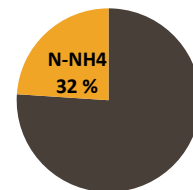
- Technique d'analyse des gaz à distance appliquée pour la 1^{ère} fois au milieu agricole
 - Information chimique qui s'exprime en probabilité de présence du gaz dans l'espace
 - Tous les gaz présentant un signal dans l'IF sont analysés en même temps (NH_3 , CH_4 , ozone, H_2S , SO_2 ...) → Testé ici pour le NH_3
 - Présence quantifiable exprimée en mg/m^3

Exemple mis en œuvre à Haroué :

- *Hypothèse* : La présence d'un **couvert** permettrait de limiter la volatilisation lors de l'épandage de digestat par rapport à un **sol nu**
- Apport de $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ de digestat avec pendillard en octobre



Part d'azote ammoniacal de l'azote total du digestat épandu



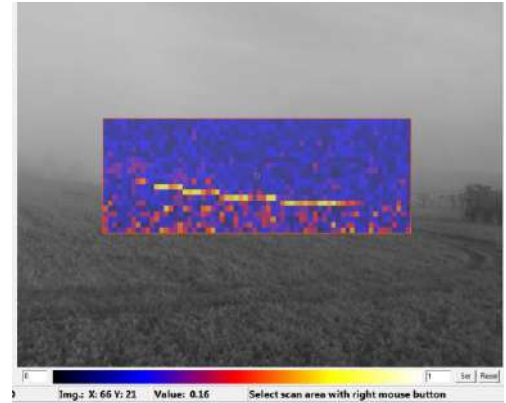
Evolution de la présence de NH_3 et localisation spatiale



Probabilité de présence

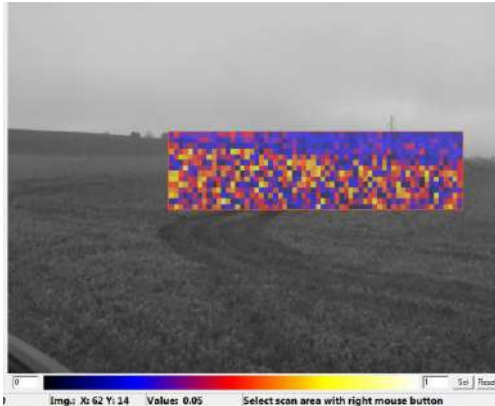


Epandage couvert t=0
9h12

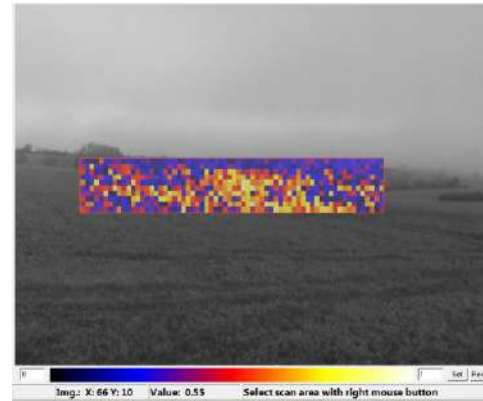


Epandage sol nu t=0
9h17

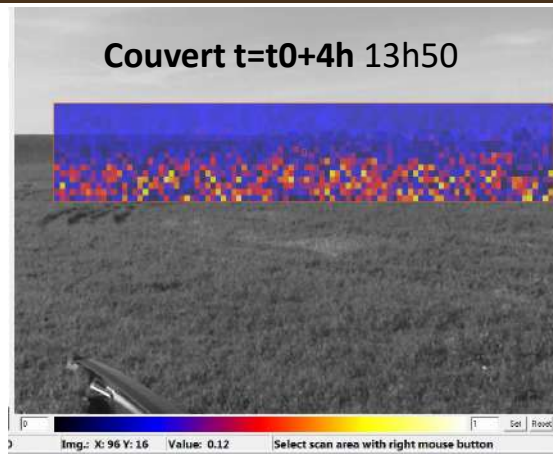
Couvert t=t0+30 min
9H42



Sol nu t=t0+30 min
9h46



Evolution de la présence de NH_3 et quantification

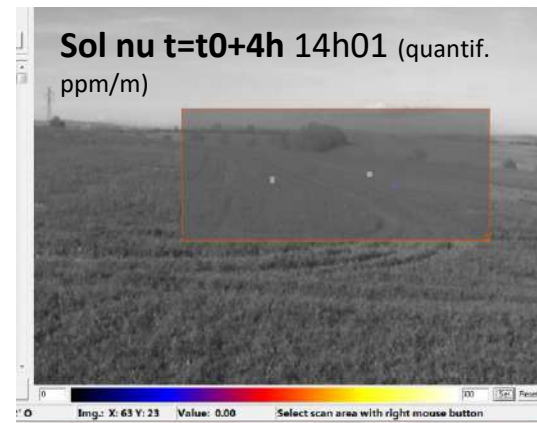
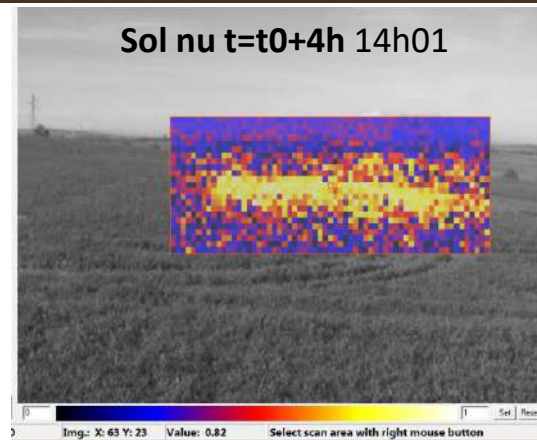


Pas de quantification possible
quantité $< 0,03 \text{ mg/m}^3$

4h après l'épandage

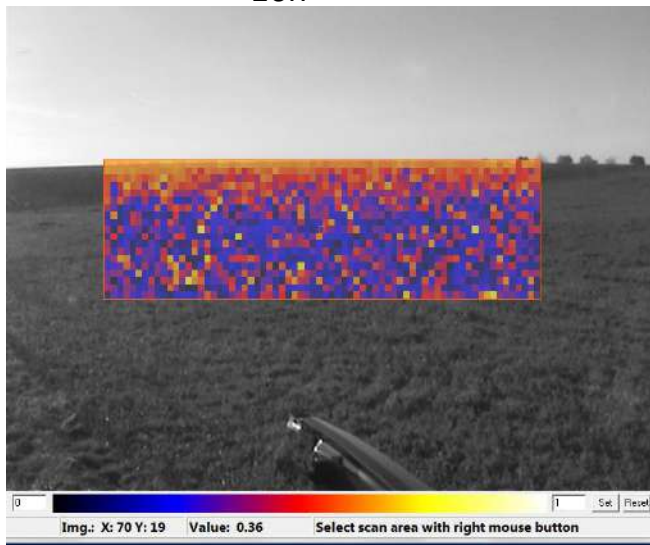
→ Probabilité de **présence** plus importante **sur sol nu que sur couvert**

Quantification : entre $0,03 \text{ mg/m}^3$ et $1,3 \text{ mg/m}^3$ de NH_3 volatilisé

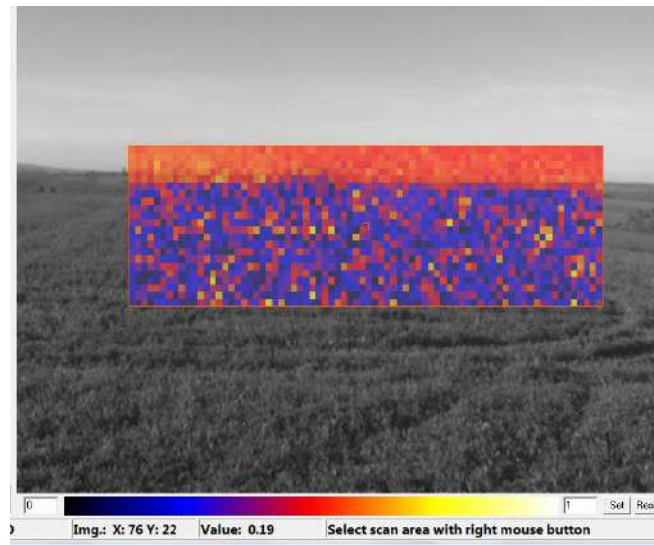


Evolution de la présence de NH_3 et localisation spatiale

Couvert t=t0+7h
16h



Sol nu t=t0+7h
16h



→ **Absence de volatilisation**

Une méthode innovante validée pour le suivi du NH_3 et l'évaluation de pratiques agricoles

- Une méthode de mesure des émissions visuelle et spatialisée ; un suivi en direct avant, pendant et après l'épandage
- Des observations qui confirment l'hypothèse posée :
 - le couvert a un effet sur la volatilisation
 - La volatilisation a lieu dans les 1^{ères} heures après l'épandage



La fertilisation organique des prairies : Quels leviers testés et évalués en Wallonie pour limiter les pertes d'azote par volatilisation ?

Jérôme Gennen, *Agra-Ost*



Grande Région et Conférence du Rhin Supérieur: Entités administratives 2016

Großregion und Oberheinkonferenz: Verwaltungseinheiten 2016



„Grand Région“

ITADA



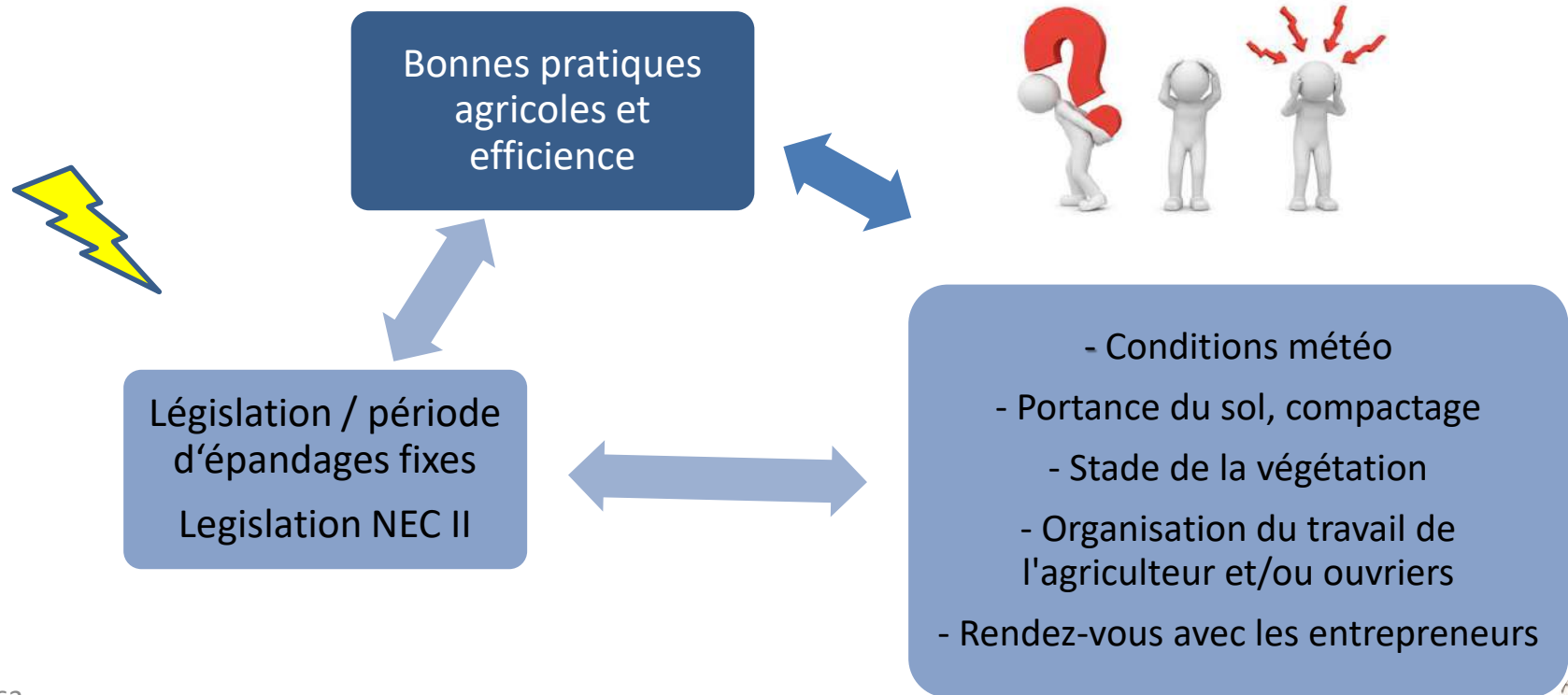
Région
„Rhin
Supérieur“

Sources / Grundlagen: © EuroGeographics
EuroRegionaMap v9.1 - 2016; GeoRhena 2016;
© OpenStreetMap-Contributors 2016

Auteurs / Autoren: SIG-GR / GIS-GR - GeoRhena 2016



De nombreux éléments à prendre en compte



Conditions météorologiques

- La température
- L'humidité de l'air
- Les précipitations ont un effet important sur la volatilisation de l'ammoniac

En outre, elles influencent :

- La portance du sol
- Le stade de développement de la végétation

Ces facteurs ont la fâcheuse habitude de ne pas respecter les dates fixes du calendrier que la loi impose aux agriculteurs

La minéralisation de la matière organique dans le sol (vitesse d'action) :

Fortement dépendante:

- De la composition de la matière organique
 - C/N
 - Nature des molécules (vitesse de décomposition)
- Des conditions météorologiques : activité des microbes du sol
 - Température
 - Humidité
- Du type de sol (structure, populations microbiennes)

„Au bon moment, au profit de la culture“

Engrais de ferme à action rapide en prairie

Définition= $\text{N-NH}_4/\text{N-tot} \geq 20 \%$ (**lisier, purin, fientes de volaille, digestat liquide**)

- Engrais qui augmentent le rendement, peu de formation d'humus
 - Fractionner les apports
 - En prairie: Premier apport le plus tôt possible (janvier)
 - 6 semaines entre le dernier apport et l'utilisation
 - Risque de volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage
 - Épandage par temps froid (5°C) et humide (pendant qu'il pleut)
 - Dilution avec de l'eau (de pluie)
 - 4 à 6 % MS (=200 l/m³ de lisier)
 - Épandage proche du sol
- En cas de fertilisation organique régulière (=microbes du sol adaptés),
70 à 75 % d'efficacité de la fertilisation par rapport au nitrate d'ammonium.

„Au bon moment, au profit de la culture“

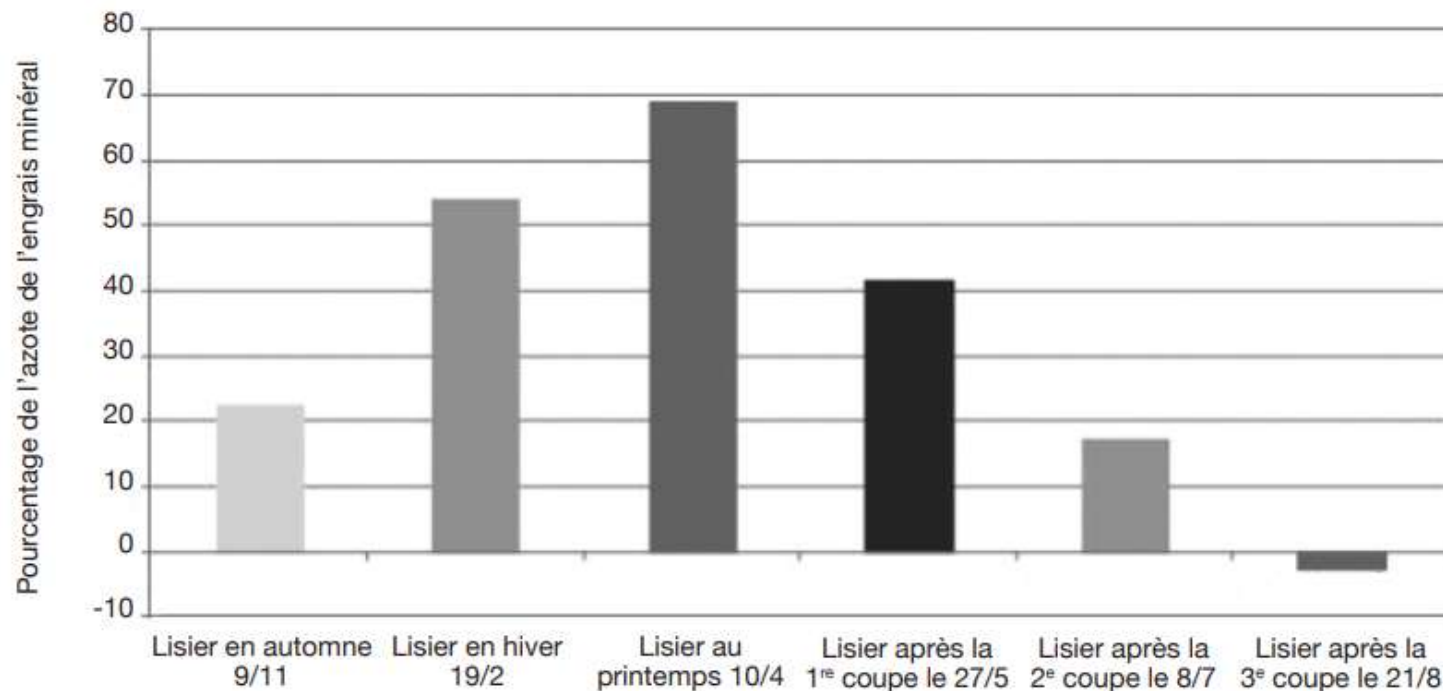
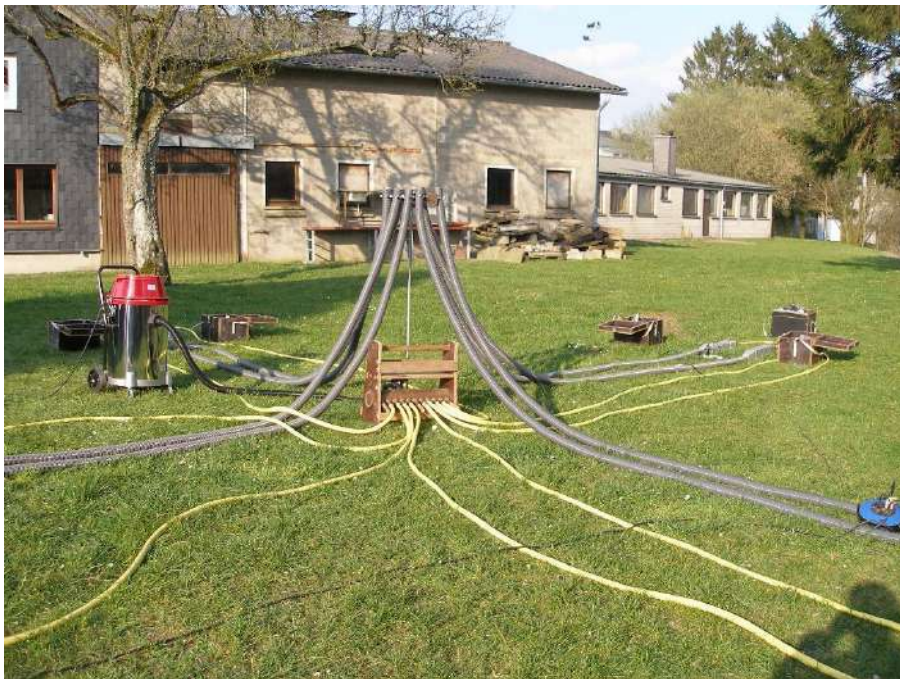


Figure 1. Efficacité relative de l'azote du lisier épandu à différentes dates (% de l'azote de l'engrais minéral) (Essai ERGU) —
Relative efficiency of the N slurry applied on different dates (% of N applied as mineral fertilizer) (ERGU experiment).

Mesure des pertes par volatilisation en prairie



Nos tunnels à vent - des années 80

Avantages :

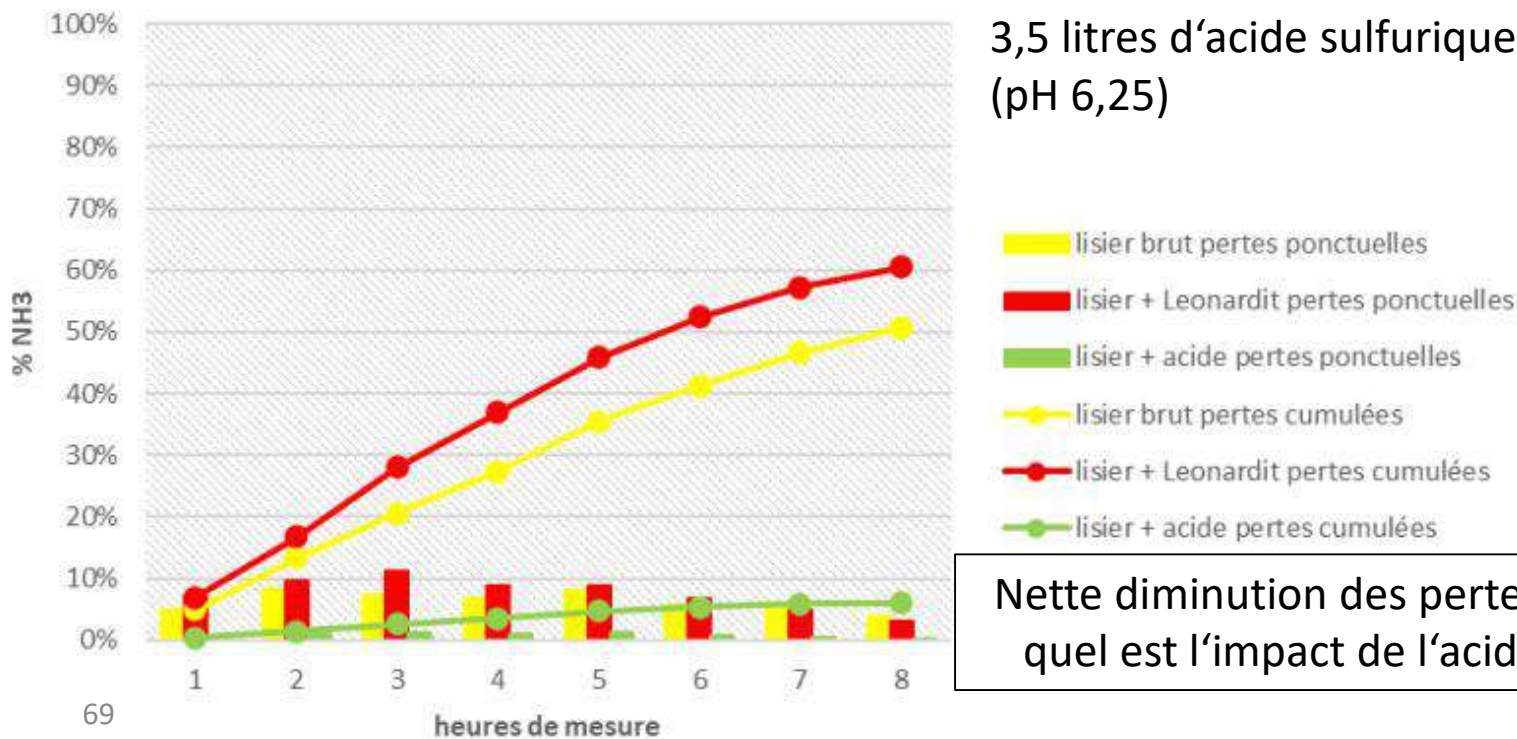
- Mesures très précises, pour comparer des variantes entre eux (dans la même série)
- Mesures en conditions contrôlées
 - Flux d'air constant (aspirateur)
 - Volume d'air (mesuré) passe par un flacon laveur = titrage de l'ammoniac dans la solution (renouvelé chaque heure)

Désavantages :

- Conditions « artificielles » (forcées)
- Mesures inappropriées pour la simulation des pertes à grande échelle
- Chronophage – uniquement sur des courtes durées (6 à 8 heures)

Acidification du lisier ou additif

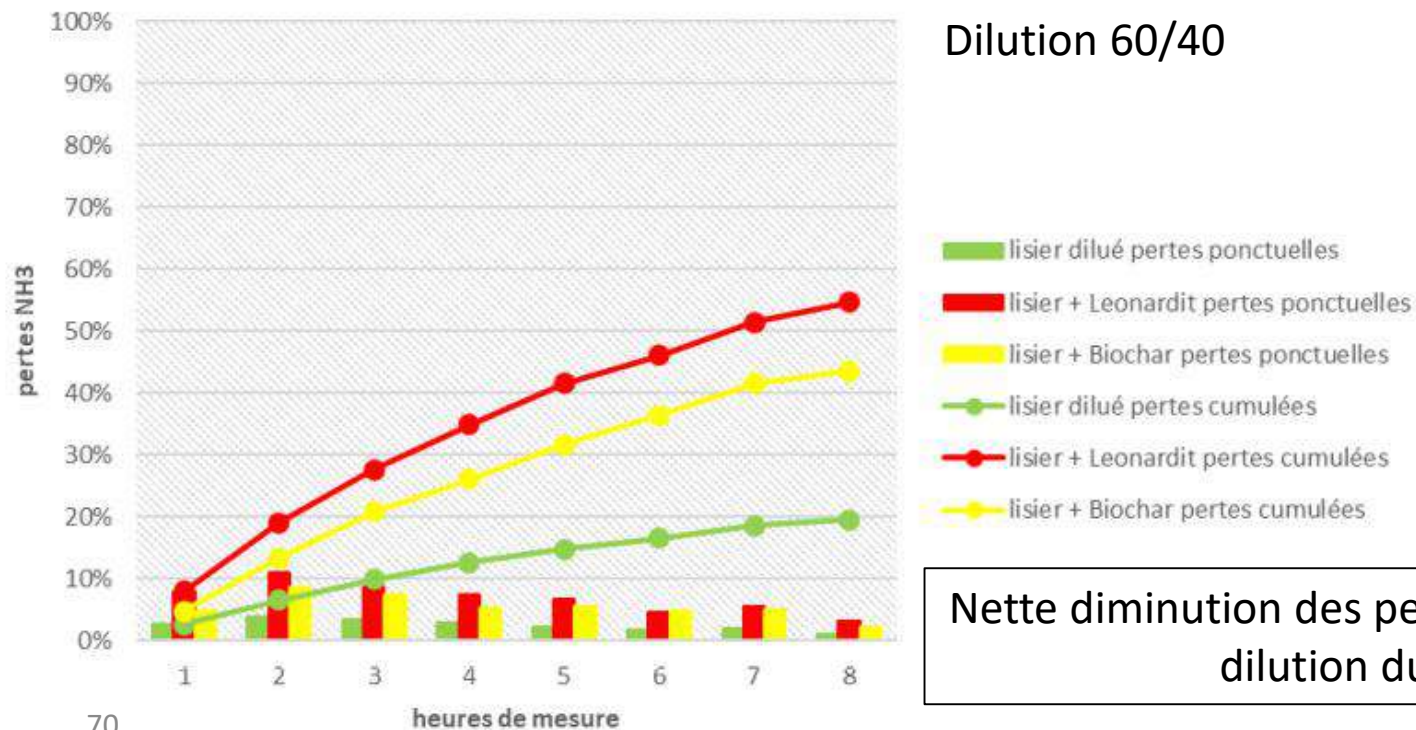
lisier, Leonardit et acide



Nette diminution des pertes N-NH_3 mais quel est l'impact de l'acide sur le sol?

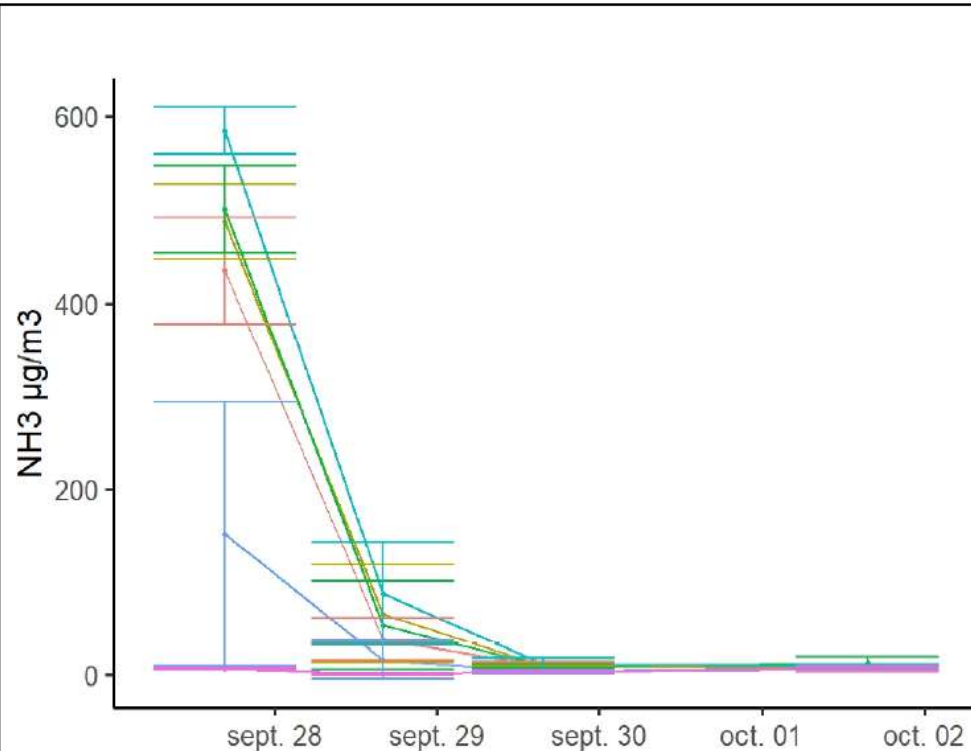
Dilution du lisier ou additifs

lisier dilué, Leonardit et Biochar



Nette diminution des pertes N-NH₃ grâce à la dilution du lisier?

Capteurs passifs



variante

- lisier + acide (3,5 L/m³)
- lisier + biochar
- lisier + Leonardit
- lisier brut
- lisier dilué (60/40)
- témoin

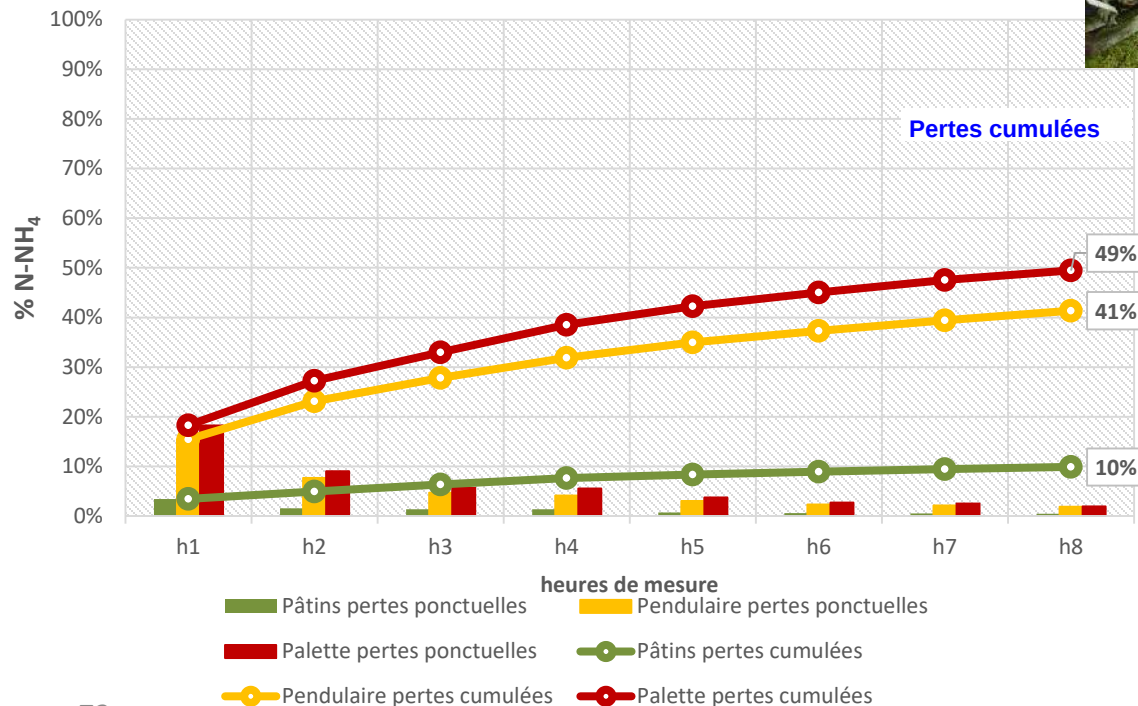


Même tendance:

- Dilution du lisier et acidification montrent un effet de réduction

Technique d'épandage

Lisier de bovins en prairie – technique d'épandage



Un épandage réalisé pendant une météo **défavorable** et une technique d'épandage en surface peut provoquer une volatilisation de 49 % de l'ammonium dans les 8 heures

- Pendillards (non conforme NECII): réduction des pertes NH_3 de 17 % (par rapport à la palette)
- Patins: réduction des pertes NH_3 de 80 % (par rapport à la palette)

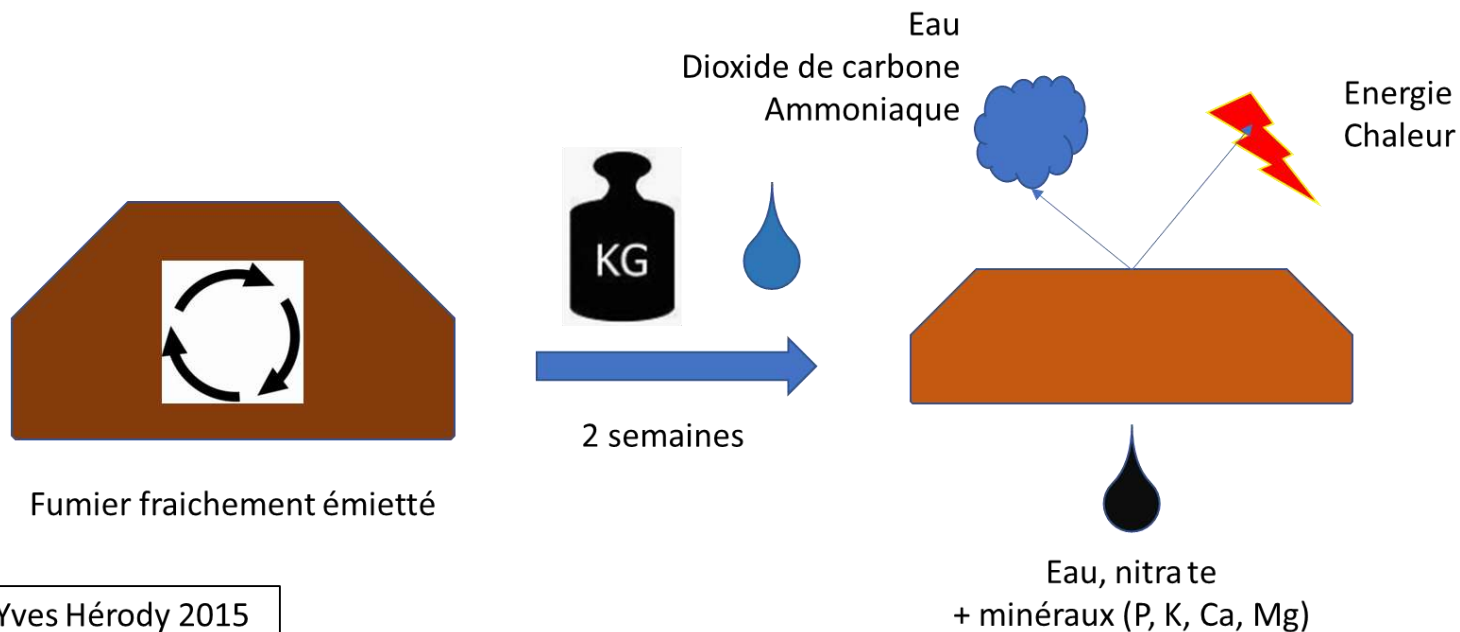
Engrais de ferme à action lente en prairie

Définition= $N-NH_4/N-tot \leq 10 \%$ (**fumier, compost de fumier**)

- Peu être épandu durant toute l'année
- Prend plus de temps pour agir, mais agit ensuite plus longtemps
- Nécessite beaucoup de précipitations pour être pleinement efficace
- Risque de volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage plus faible
- Risque de pertes par lessivage lors du stockage
 - Stockage sur dalle bétonnée + citerne pour récupérer les jus d'écoulement
 - Accumulation de matière organique stabilisée dans un compost vieilli
 - Risque de carences induites pour les plantes lorsque ces MO stables se dégradent

➤ En cas de fertilisation organique régulière (=microbes du sol adaptés),
60 à 75 % d'efficacité de la fertilisation par rapport au nitrate d'ammonium.

Fumier frais vs compost : Combien est perdu durant le compostage?



Source: Yves Hérody 2015

Pertes en % de la teneur totale	azote	phosphore	potassium	calcium + magnesium	"sucres" (énergie)
1 ^{er} pluie	2 à 30	10 à 15	30 à 35	20 à 25	20 à 40
⁷⁴ saison de 1000 mm à 1500 mm/an	55 à 65	25 à 35	75 à 80	30 à 50	60 à 80

Les avantages du compostage/retournement

- Homogénéisation des fractions
 - Réduction de la taille des morceaux à décomposer
 - Hydrolyse de la matière organique (première étape de la minéralisation)
 - Assainissement du fumier : montée en température (70°C pendant 8 à 10 jours= suffisant)
- Attention: tout compostage/stockage prolongé entraîne des pertes **inutiles**

valeur/unité (2022)	2,41	2,08	1,03	
	N (55%)	P (25 %)	K (75%)	Total (€/100 vaches laitiers)
Pertes de nutriments / 365 jours de stockage				
stabulation (1460 t fumier pailleux/100 VL)	10.294,00	2.278,00	8.420,00	20.992,00 €
entravé (950 t de fumier mou/100 VL)	6.473,00	1.435,00	4.545,00	12.453,00 €

Recommandations qui en découlent

- Epandage de lisier près du sol en prairie pas obligatoire en Wallonie
 - Coûts d'investissements élevés, poids à vide plus élevé, plus d'usure
 - Ne résout pas le problème de fond, car après l'épandage, la technique peut tout au plus freiner les pertes ammoniacales
- Acidification: Une technique qui crée plus de problèmes qu'elle n'en résout
- **Travailler « avec la nature »:** par temps de pluie et avec lisier dilué
- Compostage de fumier: OUI ... mais il faut l'épandre le plus vite possible

Merci de votre
attention

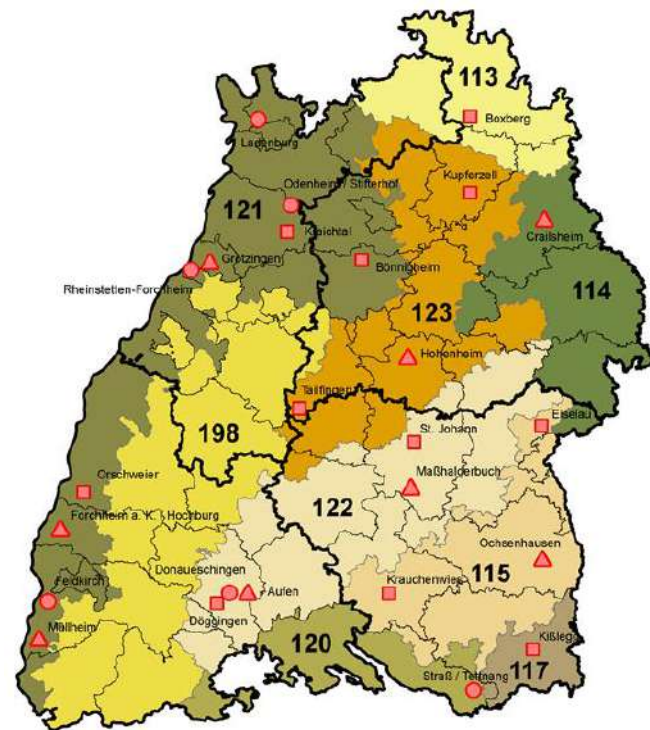


Mise en place de nouvelles méthodes de fertilisation du blé en Allemagne : CULTAN et inhibiteurs

Martine Schraml, *LTZ Augustenberg*

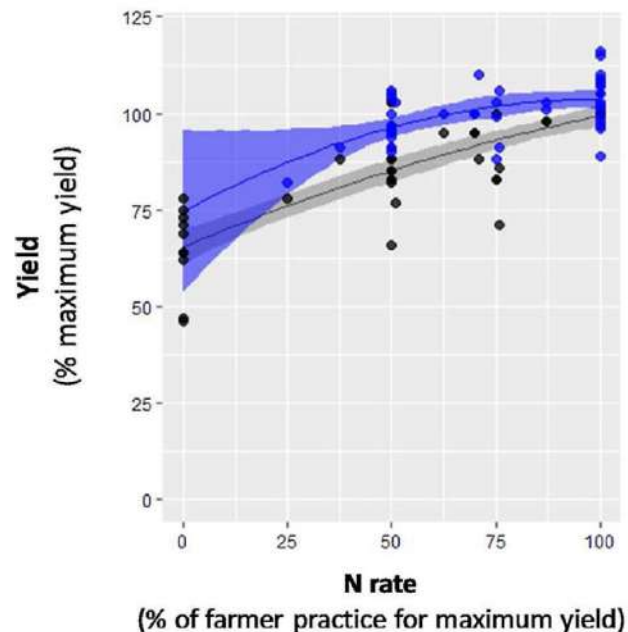
Diffusion des stratégies de fertilisation

- expériences dans toutes les régions climatiques ⇒ journées au champ
- DüngungsNetzwerk BW
réseau fertilisation depuis 2018
- Flash fertilisation (hebdomadaire, février - mai)
⇒ rappel des techniques alternatives
- ...



Stratégie de fertilisation – CULTAN

- augmentation de l'efficacité de l'azote $\Rightarrow$ réduction de l'application d'azote
- technique d'application contre le ruissellement de l'engrais
- réduction de la nitrification et des pertes de nitrate (NO_3) $\Rightarrow$ protection de l'eau
- réduction des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) $\Rightarrow$ mitigation des émissions de gaz à effet de serre
- réduction des coûts $\Rightarrow$ application d'engrais (à meilleur prix) lors d'un seul passage



Rose et al., 2018

Pratique de fertilisation – CULTAN

- injection avec la roue en étoile (blé)
- engrais
 - Sulfate d'ammonium (21% N)
 - Sulfate d'ammonium (8% N)
+ UNA (urée-nitrate ammonium): 28-32% N ou
+ urée 46% N
- stratégie de fertilisation :
 - classique :
30% début période végétative – 50% début élongation – 20% ajustement
juste avant épiaison
 - CULTAN : 1 dose à l'éclaircissement du blé ⇒ pas avant fin tallage / début
redressement (29-32)!



© Tobias Mann, LTZ

Pourquoi cette technique s'est-elle répandue chez les agriculteurs ?

- subventions pour le système CULTAN dans des zones de protection de l'eau
- surtout dans des régions touchées de sécheresse $\Rightarrow$ disponibilité de l'azote
- application de l'azote lors d'un seul passage $\Rightarrow$ temps de travail
- 2023: réduction d'azote sans perte de rendement (?)



© Markus Mokry, LTZ

Stratégie de fertilisation – Inhibiteurs

- augmentation de l'efficacité de l'azote
⇒ réduction de l'application d'azote
- inhibiteurs d'uréase :
 - réduction des émissions ammoniacales (NH_3) : 75%
- inhibiteurs de nitrification :
 - ralentissement de la nitrification ⇒ réduction des pertes de NO_3 et des émissions de N_2O (40%)
 - réduction des coûts ⇒ application d'engrais en 2 (au lieu de 3) passages



© Andreas Weber, TUM

Pratique de fertilisation – Inhibiteurs

- fertilisation azotée en Allemagne:
14% urée, 38% ammonitrate (27% N), ...
- inhibiteurs d'uréase (IU) :
fertilisation classique avec de l'urée + IU
à la place de l'ammonitrate
- inhibiteurs de nitrification (IN) :
 - 1^{ère} dose – début période végétative : 20% ammonitrate
 - 2^{ème} dose – début élongation : 80% ENTEC® + IN ou urée + IN + IU



© Martine Schraml, LTZ

Pourquoi cette technique s'est-elle répandue chez les agriculteurs ?

inhibiteurs d'uréase :

- réglementation nationale pour atteindre les buts de la directive NEC :
DüV §6 Abs. 2 : À partir du 1er février 2020, l'urée en tant qu'engrais ne peut être appliquée que si un inhibiteur d'uréase lui est ajouté ou si elle est incorporée immédiatement, au plus tard dans les quatre heures suivant son application.

inhibiteurs de nitrification :

- surtout dans des régions touchées de sécheresse ⇒ disponibilité de l'azote
- application de l'azote dans 2 au lieu de 3 passages ⇒ temps de travail

Résumé

- La stratégie exprime son plus fort potentiel lorsque la dose d'azote est réduite $\Rightarrow$ pas toujours le cas dans la pratique
- L'adoption de la stratégie est favorisée par des subventions, des interdictions ou des limitations
- Le changement climatique et la réduction du temps de travail favorisent le changement





PARTAGE

Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022

9h00 - 16h30

Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
L'Europe investit dans les zones rurales



De l'azote renouvelable avec les légumineuses : quels leviers pour valoriser leurs bénéfices dans les rotations ?

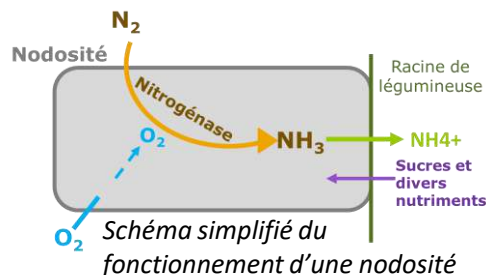


Bastien Remurier, Anne Schneider, *Terres Inovia*



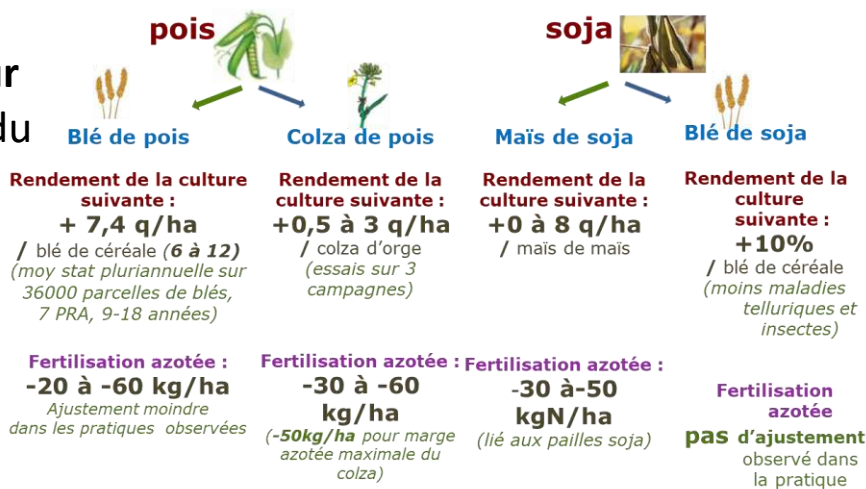
Les légumineuses à graines, un levier reconnu pour réduire les apports azotés exogènes

1. Un cycle cultural sans apport d'azote exogène (ou peu) : la culture fixe l'azote de l'air (N_2) grâce à la symbiose avec certaines bactéries du sol



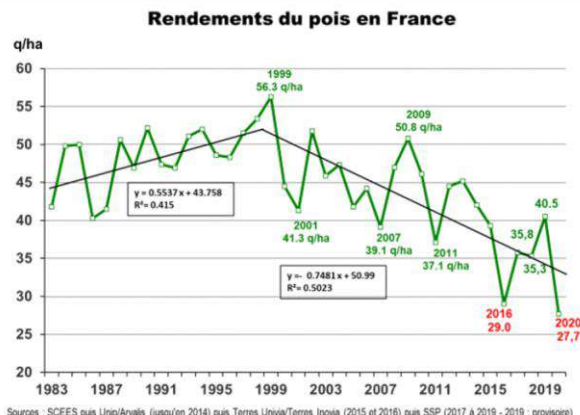
2. Des réductions d'apports azotés sur les cultures suivantes, grâce à l'effet du précédent légumineuses (reconnu et cependant trop peu utilisé à son maximum)

Source : Jeuffroy et al., In: Schneider et Huyghe 2015



Une rentabilité à la culture moins régulière avec une face cachée de la valeur du pois !

Des rendements **sensibles au contexte de culture** : rupture dans les années 2000 avec évolution des pressions, déplacements de zone de culture, renforcement des aléas climatiques



Climat :

1999, 2009 : Climat très favorable, pluies régulières et températures douces tout au long du cycle
2001 : Semis tardifs (avril). Sécheresse pendant la floraison et la fin du cycle
2007, 2020 : Sécheresse après les semis, retour des pluies pendant la floraison en 2007 uniquement
2011 : Sécheresse prolongée depuis le semis jusqu'à la fin du cycle.
2003 et 2012 : gel pois d'hiver.
2016, 2017, 2018 : gel tardifs pendant floraison

Maladies :

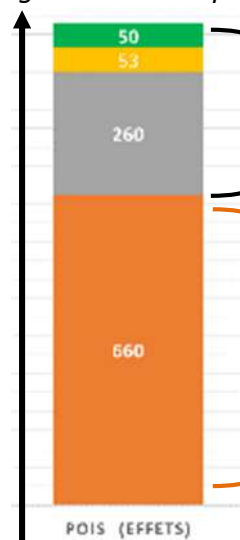
1995 et jusqu'à fin années 2000 : *Aphanomyces euteiches* (=> abandon de parcelles fortement infestées).
2016 : bactériose en pois d'hiver

Ravageurs :

2007 et 2020 : arrivée précoce de pucerons

Un intérêt qui se révèle à **l'échelle systémique** : avec la prise en compte des services rendus au système de production (bénéfices agronomiques) et à la société (santé et climat)

Marge revisitée du pois (€/ha) en intégrant les SES



Au moins 35% à 45% de plus que la marge à la culture

- Effets agronomiques sur les cultures suivantes (↑ rendement, ↓ IFT, diversification, etc.)
- Aménités (qualité air, atténuation cc, biodiversité)

**Rendement * Prix de la récolte
+ aides spécifiques
= Marge connue de la culture**

Comment favoriser l'adoption des légumineuses dans les fermes du Grand Est ?

- ✓ **Mieux évaluer les effets de l'insertion des LAG dans les systèmes du Grand Est**, avec une approche multicritère (partie 1)
- ✓ **Mieux maîtriser la réussite de ces cultures** : fournir des indicateurs agronomiques pour mieux piloter ces cultures et sécuriser leur potentiel (partie 2)

1. Les bénéfices de l'insertion des légumineuses à graines dans les systèmes du Grand Est

Travaux de Laurine Brillault, Marisol Campoverde, Vincent Lecomte, Anne-Sophie Perrin, Bastien Remurier et Anne Schneider

Des cas-types représentatifs du Grand Est

Etude Printemps 2021 – Complétée en 2022

- Conception et validation des cas-types avec l'expertise agricole locale (conseillers agricoles et économiques, agriculteurs, stat et enquêtes)
- Simuler différents scénarios d'insertion des légumineuses

Source : Terres Inovia, Laurine Brillault, MFE – 2021

« Evaluer et quantifier les intérêts agronomiques et économiques des légumineuses à graines dans les systèmes de culture du Nord-Est »

FT Champagne crayeuse :
pois d'hiver

Ferme-Type Brie :
*féverole de printemps
& pois d'hiver*

Ferme-Type
Champagne Humide
+ plaines et dépressions
argileuses :
pois de printemps

Ferme-Type vallée d'Alsace :
soja

Ferme-Type Plateaux lorrains :
pois de printemps

Ferme-Type Barrois + plateaux calcaires :
pois de printemps

Carte des sylvoécorégions du territoire (projection RGF93 Lambert 93)

→ Définition de cas types représentatifs des différentes situations de la région

→ Evaluation multicritère avec l'outil **Systerre®** : indicateurs agronomiques, économiques et environnementaux obtenus avant et après évolution du système de culture

→ Evaluation de l'évolution du bilan carbone avec la méthode **Grandes cultures**

SYSTERRE

**LABEL BAS
CARBONE**
Grandes Cultures

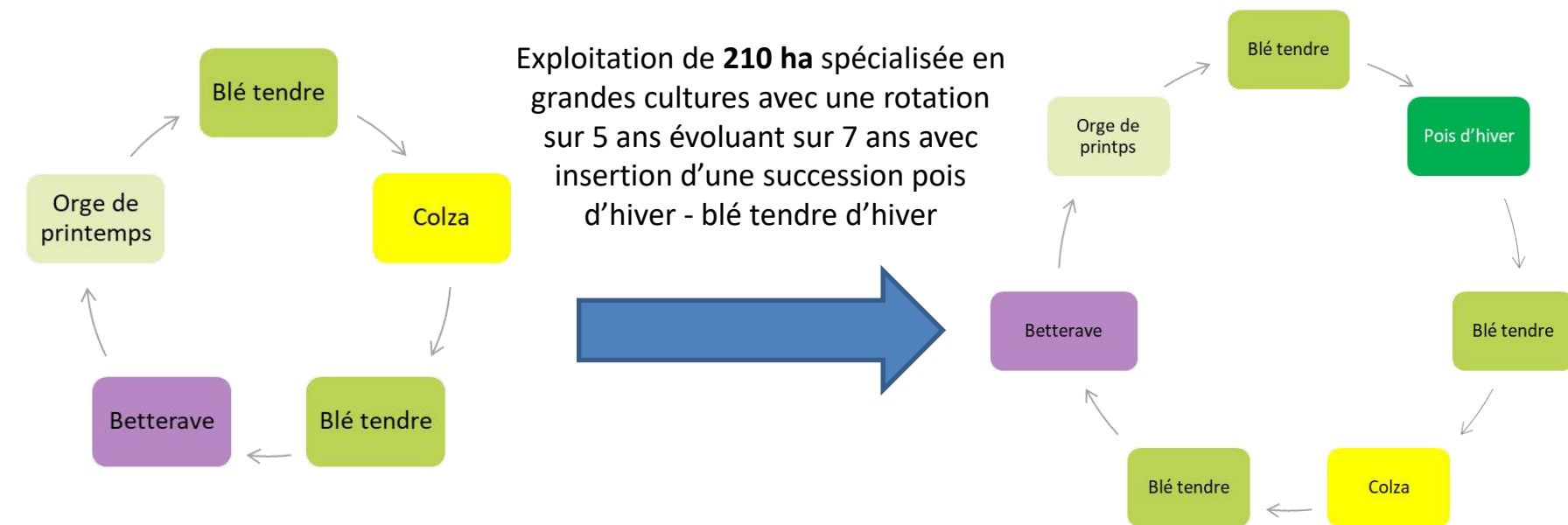
PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote

Six cas-types étudiés en 2021

Cas-type	SAU (ha)	Nombre d'îlots	Rotations sans légumineuse à graines (LAG)	Rotations avec LAG
Champagne crayeuse	210	1	Colza-Blé tendre-Betterave-Orge de printemps-Blé tendre (5 ans)	Colza-Blé tendre-Betterave-Orge de printemps-Blé tendre- Pois d'hiver -Blé tendre (7 ans)
Barrois	180	2	Colza-Blé-Orge d'hiver (3 ans)	Colza-Blé- Pois de printemps -blé-Orge d'hiver (5 ans)
			Tournesol-Blé-Orge de printemps (3 ans)	Tournesol-Blé- Pois de printemps -Blé-Orge de printemps (5 ans)
Champagne humide	315	2	Colza-Blé tendre-Orge d'hiver-Maïs grain-Blé tendre (5 ans)	Colza-Blé tendre-Orge d'hiver-Maïs grain-Blé tendre- Pois de printemps -Blé tendre (7ans)
			Tournesol-Blé tendre-Orge d'hiver-Maïs grain-Blé tendre (5 ans)	Tournesol-Blé tendre-Orge d'hiver-Maïs grain-Blé tendre- Pois de printemps -Blé tendre (7 ans)
Brie	210	1	Colza-Blé tendre-Maïs grain-Blé tendre-Orge d'hiver (5 ans)	Colza-Blé tendre-Maïs grain-Blé tendre- Féverole de printemps ou Pois d'hiver -Blé tendre-Orge d'hiver (7 ans)

Insertion d'un pois en sol profond

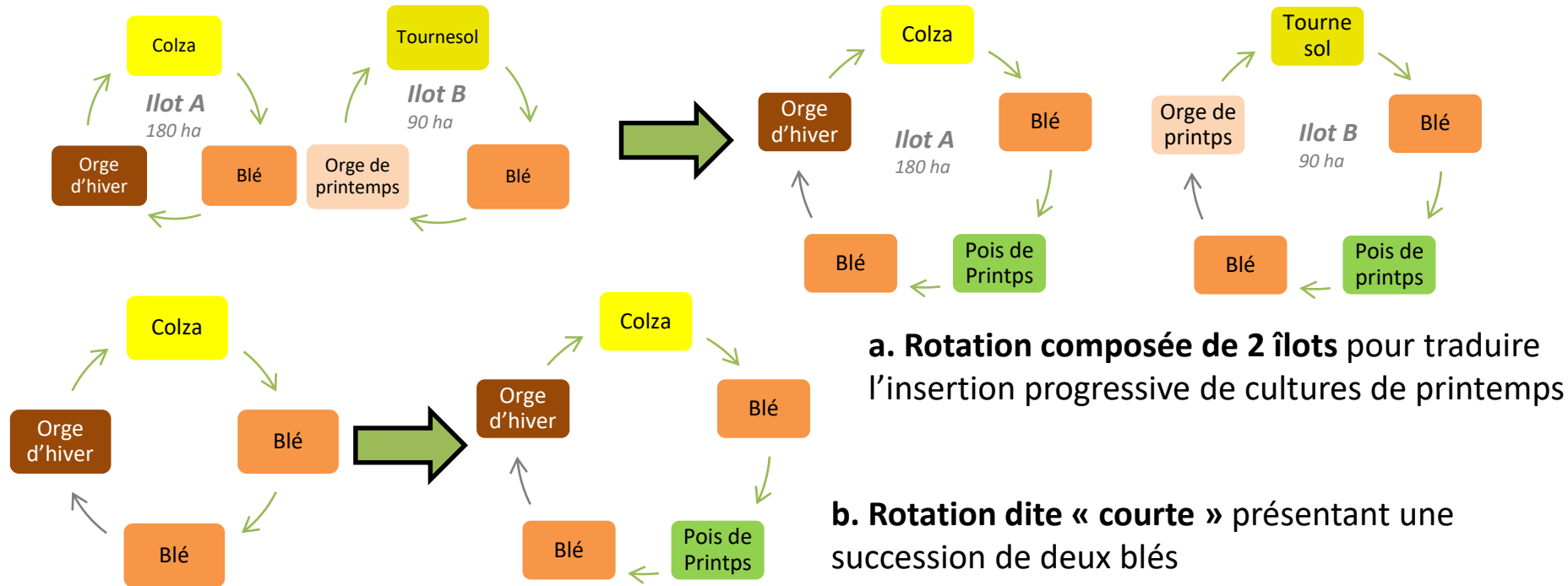
Exemple du cas-type champenois



Pois d'hiver	Blé de colza	Orge de Printemps	Blé d'orge	Orge d'hiver	Colza	Betterave
46 q/ha	93 q/ha	70 q/ha	92 q/ha	79 q/ha	32 q/ha	860 q/ha

Insertion d'un pois en sol superficiel

Exemple du cas-type Barrois



Pois de printemps	Blé de colza	Blé de blé	Blé de pois	Orge de Printemps	Orge d'hiver	Colza	Tournesol
33 q/ha	67 q/ha	61 q/ha	69 q/ha	48 q/ha	61 q/ha	28 q/ha	23 q/ha

Les prix et bénéfices économiques considérés pour l'étude de 2021

Hypothèses Economiques (moy 2016-2020)

Aide couplée des protéagineux : 149 €/ha (moy. 2016-2020)

Prix de l'azote : 0.9 €/kg

	Pois protéagineux			Féverole		Colza	Tournesol	Blé tendre	Orge		Maïs grain	Betterave
	AA	AH	Pois vert	AA	pisciculture		oléique		brassicole	fourragère		
Prix moyens ^a (€/t)	193	233	280	182	225	360	340	155	175	155	135	24

AA : Alimentation Animale / AH : Alimentation Humaine

Source : Moyenne des prix indicatif sans extremum (2016-2020), Terres Inovia ; adaptés à dire d'experts

Hypothèses Agronomiques

Rendement du blé de pois :

+ 1,7 q/ha / blé de colza

Stat pluriannuelle sur 36000 parcelles de blés, données CerFrance, Ballot 2009

Rendement du maïs de soja :

+ 4 q/ha / maïs assolé

Travail du sol réduit suite aux retours d'expertises

Fertilisation azotée du blé de pois

Et du maïs de soja :

- 25 N kg/ha / blé de colza

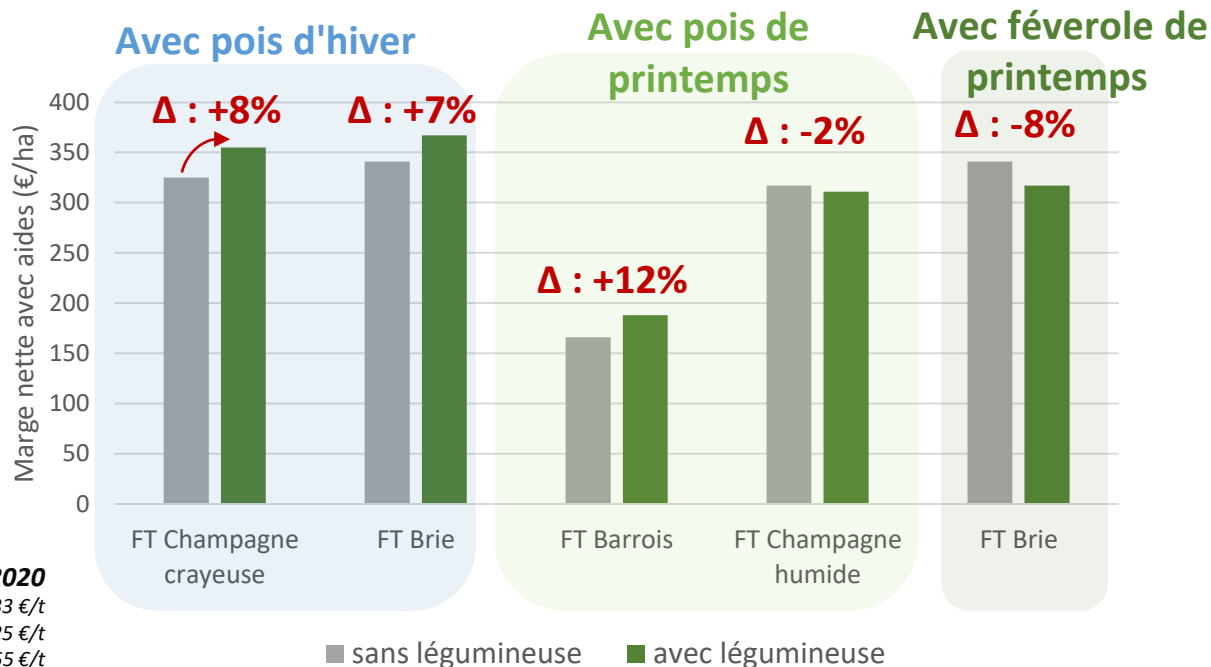
À dire d'experts

Intérêt économique qui dépend de la situation

Calcul de marges nettes à l'échelle de la rotation sur 5 cas types via **SYSTERRE**

Contexte de prix 2016-2020

Prix du pois : 233 €/t
Prix de la féverole : 225 €/t
Prix du blé : 155 €/t
Prix du colza : 360 €/t



Mise à jour en 2022

Hypothèses économiques remises à jour en 2022 : **moyenne 2021-2023** (prix élevés: N, blé, colza)

Aides spécifiques protéagineux : 110 €/ha

Prix de l'azote : 2.2 €/kg

Aides spécifiques soja : 30 €/ha

AA : Alimentation Animale / AH : Alimentation Humaine

Culture et débouchés	Colza	Tournesol	Pois AA	Pois AH	Soja	Blé	Orge mouture	Orge brassicole	Betterave	Maïs
Prix de vente (€/t) 2021-2023	610	650	310	340	480	265	230	293	32	215

Source : Moyenne des prix indicatif sans extremum (2021-2023), Terres Inovia ; adaptés à dires d'experts

Définition de deux autres cas types Lorrain et Alsacien

Cas-type	Rotations sans légumineuse à graines (LAG)	Rotations avec LAG
Plateaux lorrains	Colza-Blé tendre-Orge de printemps-Maïs grain-Blé tendre (5 ans)	Colza-Blé tendre-Orge de printemps-Maïs grain-Blé tendre- Pois de printemps -Blé tendre (7 ans)
Vallée d'Alsace	Blé tendre-Maïs grain-Maïs grain-Maïs grain (4 ans, parcelle irriguée)	Blé tendre-Maïs grain- Soja Maïs grain-Maïs grain (5 ans, parcelle irriguée)

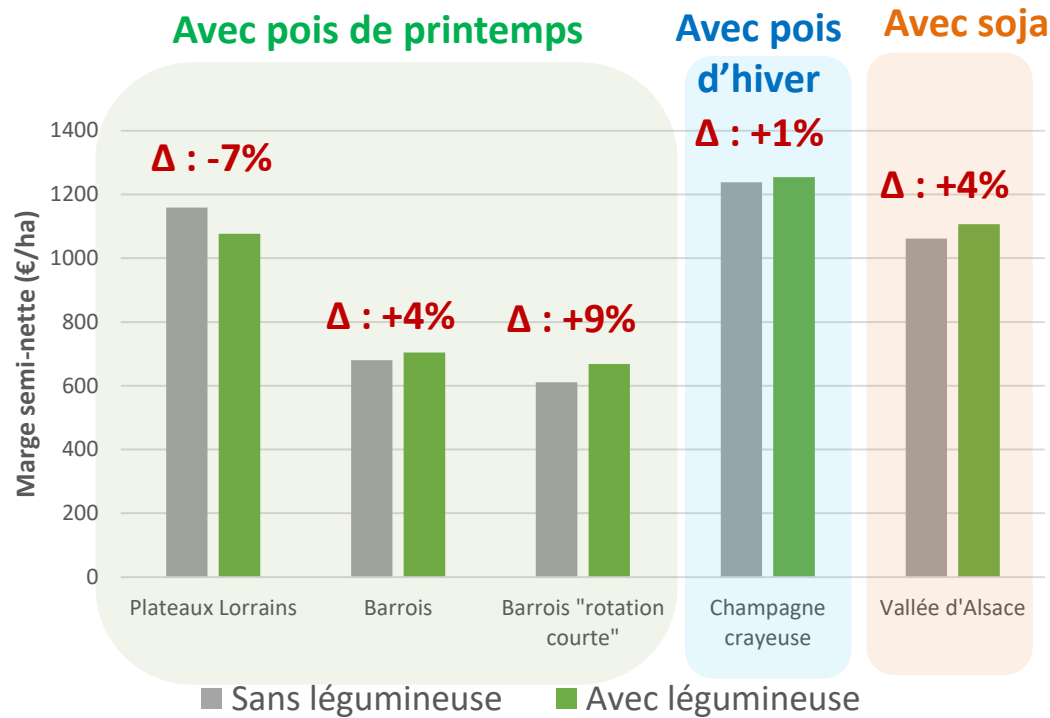
La conjoncture exceptionnelle actuelle atténue les gains

Calcul de marges semi-nettes à l'échelle de la rotation sur 5 des cas types

Sources mobilisées: données du CER France; enquêtes sur les pratiques culturales de Terres Inovia et du SSP (MAA) ; référentiel de Terres Inovia d'ITK conseillers et chiffrés

Contexte de prix 2021-2023

Prix du pois : 340 €/t
Prix du soja: 480 €/t
Prix du blé : 265 €/t
Prix du colza : 610 €/t



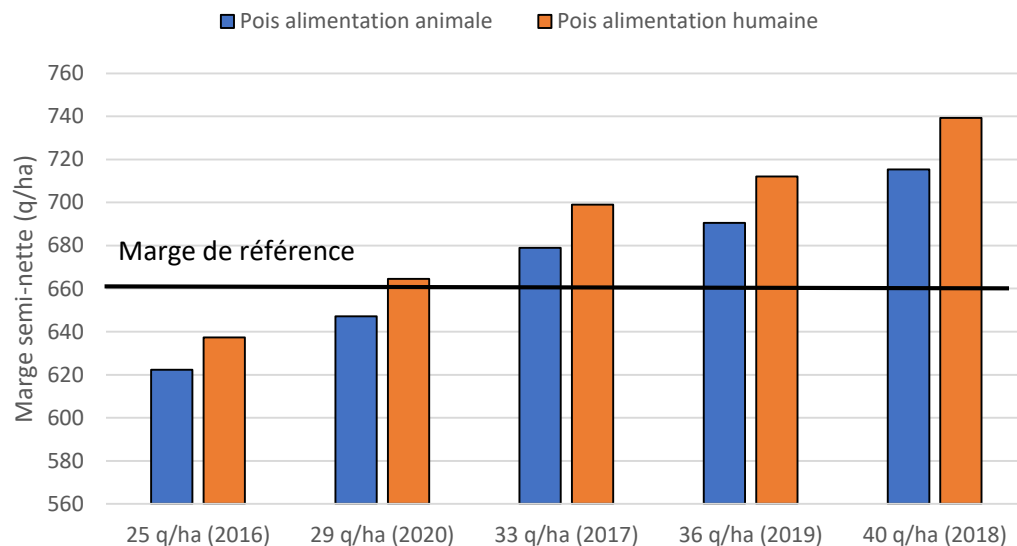
Un intérêt économique selon le rendement

Un intérêt économique dès :

- AH : 29q/ha
- AA : 31 q/ha

Attention ici seul le potentiel du pois varie, un mauvais potentiel pouvant généralement traduire une année également plus difficile pour le potentiel des autres cultures de la rotation

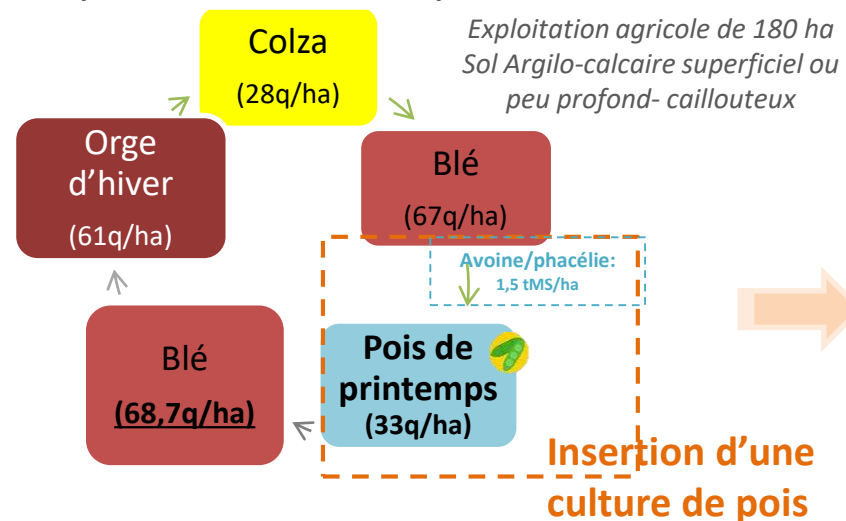
Marges semi-nettes de la ferme-type Barrois selon le rendement du pois de printemps



Contribution pour atténuer le changement climatique : quelle force de ce levier ? (1/2)

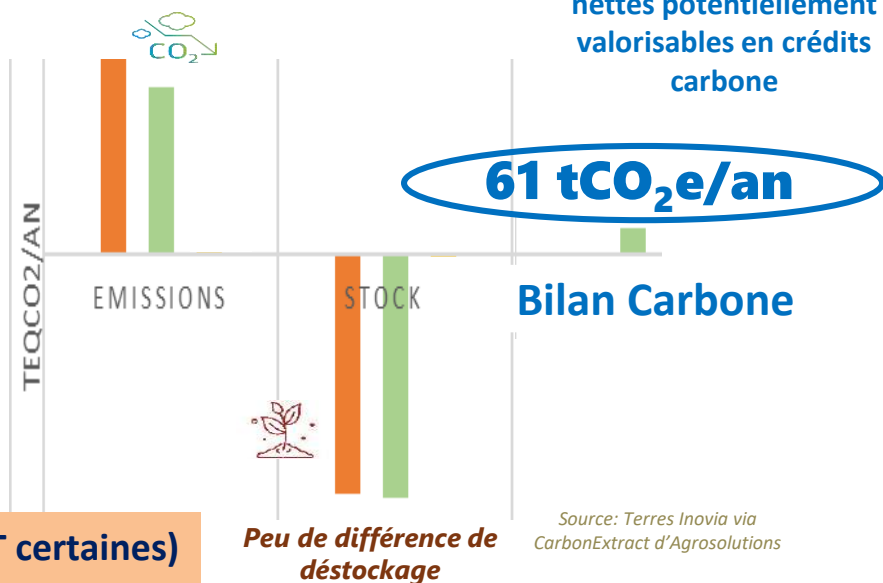
- Evaluation des réductions d'émissions de GES via la méthode Label bas Carbone Grandes cultures (approuvée 2021) **LABEL BAS CARBONE**

Exemple de la rotation courte représentative du Barrois



Ce levier permet déjà des **réductions nettes (ET certaines)** à faire valoir en crédits carbone (euros/ tCO₂e)

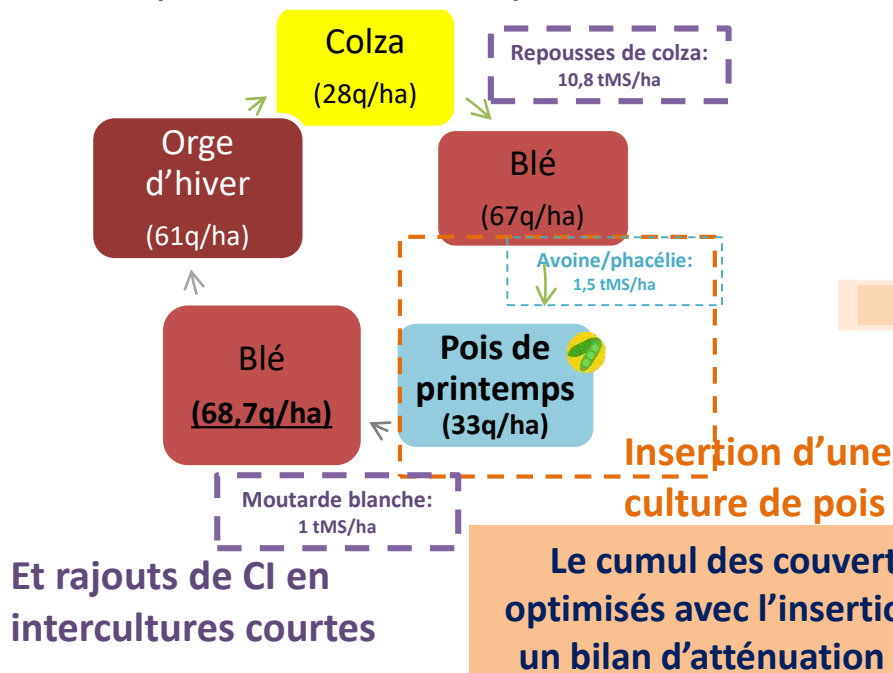
- 15% de GES



Contribution pour atténuer le changement climatique : quelle force de ce levier ? (2/2)

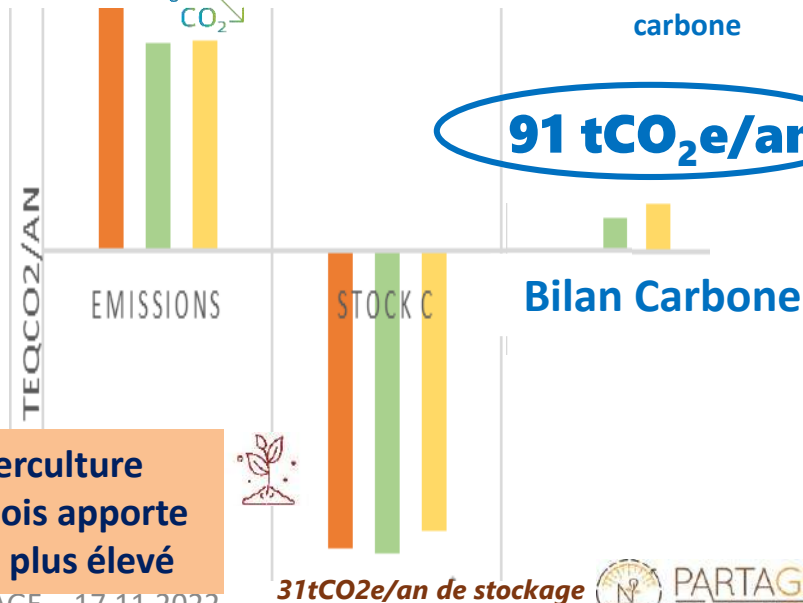
- Evaluation des réductions d'émissions de GES via la méthode Label bas Carbone Grandes cultures (approuvée 2021) **LABEL BAS CARBONE**

Exemple de la rotation courte représentative du Barrois



Le cumul des couverts d'interculture optimisés avec l'insertion du pois apporte un bilan d'atténuation encore plus élevé

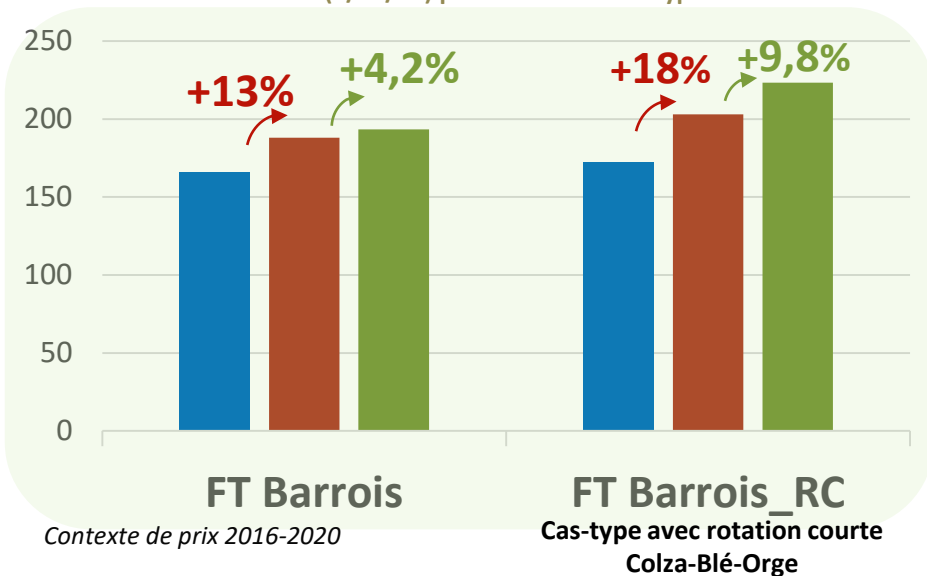
- 14% de GES



Atténuer le changement climatique : un service à valoriser économiquement

Moyenne annuelle de la marge nette avec aides

de la succession de cultures (€/ha/an) pour une situation-type du Barrois en Grand Est



- Système de culture SANS légumineuse à graines
- système AVEC pois vendu au prix moyen
- système AVEC pois et VENTE de Crédits Carbone, négocié à un prix de 60 euros

LABEL BAS CARBONE
Grandes Cultures

La valorisation du service d'atténuation sur le marché carbone augmente encore la marge rotationnelle lors de l'introduction du pois.

Des atouts assurés pour deux enjeux : Environnement ET Protéines végétales

	Fertilisation N (kg N /ha)	Emissions de GES (%)	Consommation d'énergie (%)	IFT (%)	Production de protéines végétales (kg/ha)	Part des MRP au sein des protéines végétales (%)
Ferme-type Champagne crayeuse <i>Avec pois d'hiver</i>	-22	-13	-10	-8	66	6
Ferme-type Barrois <i>Avec pois de printemps</i>	-24	-13	-11	-5	50	9
Ferme-type Champagne humide <i>Avec pois de printemps</i>	-20	-9	-7	-2	18	8
Ferme-type Lorraine <i>Avec pois de printemps</i>	-23	-10	-9	-5	17	8
Ferme-type Brie <i>Avec pois d'hiver</i>	-23	-11	-11	-13	48	10
Ferme Type Alsace <i>Avec soja</i>	-49					
Moyenne des fermes- types	-26 kgN/ha	-11%	-10%	-7%	+ 36 kg/ha	+ 8 %

Un gain de protéines
quelle que soit la situation

Des bénéfices environnementaux
quel que soit le cas-type

Evolutions des indicateurs étudiés entre le cas-type de référence et le cas-type avec légumineuse à graine.

Conclusions

L'intérêt économique se révèle en pluriannuel et dépend du contexte

Des bénéfices environnementaux et gains en protéines quelle que soit la situation

→ Valoriser les services environnementaux (valeur ajoutée de ces cultures)

Les légumineuses à graines

= produire de protéines végétales et produire de l'azote au champ

= un investissement pour la succession culturale .. et pour le climat !

Comment améliorer cette insertion ?

- Améliorer le potentiel de la légumineuse (génétique et innovations ITK)
- Insérer l'espèce et/ou le type hiver/printemps adéquat : → intérêt du pois d'hiver dans un contexte de climat moins gélif et plus sec au printemps ?
- Tester de nouvelles insertions (pois avant un colza) et de nouvelles espèces (luzerne)
- Conception du système adaptée (effets pluriannuels, Outils d'Aide à la Décision)

Perspectives

1. Faciliter la décision d'insérer des légumineuses dans le système avec un OAD agrégeant tous les éléments de connaissances chiffrés et contextualisés



Six modules pour apprendre à jouer les atouts des légumineuses à graines !

Prototype début 2023

Voir Poster

2. Accompagner la transition des systèmes agricoles avec une valorisation du service climatique pour l'agriculteur



ClieNFarms (2022-2025, 30 partenaires, coord INRAE)
Climate Neutral Farms

Accompagner la transition des exploitations agricoles pour contribuer à la neutralité carbone des territoires



*Avec un territoire d'étude en Grand-Est et Hauts-de-France
(un des 20 du projet) piloté par Terres Inovia (D De Fornel et A Schneider)*



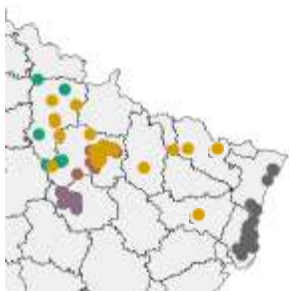
- ✓ Plateforme expérimentale SdC : **SYPPRE champagne** et **Terralab**
- ✓ **Réseaux de conseillers (CA et coop)** en partenariat pour : diagnostic carbone initial, projet d'évolution bas carbone à définir ou à suivre dans le temps
- ✓ **Etudes de mise à l'échelle pour le territoire et les filières**, dont Filières pour l'appro bas C de **NESTLE France**, partenaire du projet (blé, pois, betterave, etc.)

Les indicateurs agronomiques pertinents en lien avec la nutrition et le potentiel des légumineuses

Retour sur les observatoires protéagineux du Grand-Est

Travaux de Laurine Brillault, Véronique Biarnès et Bastien Remurier

Présentation des observatoires 2021 et 2022



Culture

- Féverole de printemps
- Lentille
- Pois d'hiver
- Pois de printemps
- Soja

Objectif des observatoires : identifier des facteurs limitants et des états clés de réussite des légumineuses.

3-4 visites ont été réalisées durant le cycle afin d'effectuer des mesures agronomiques et sanitaires :

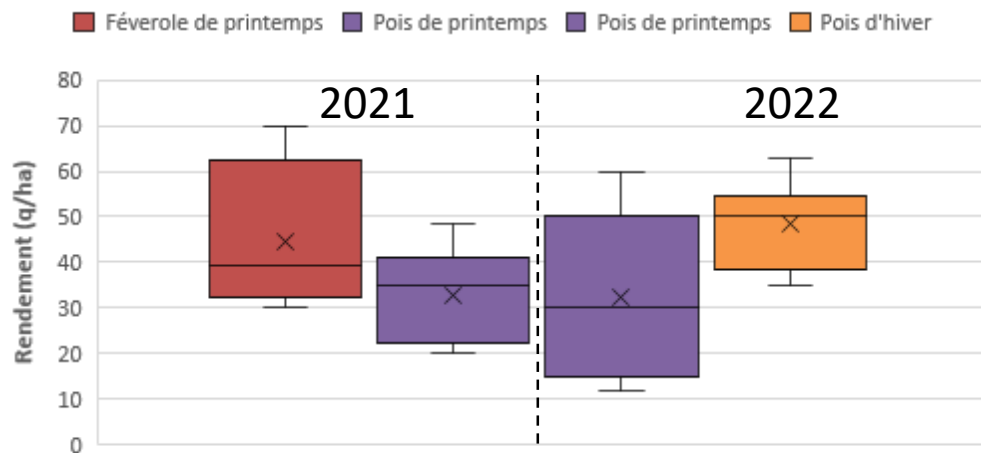
- **Implantation** : test bêche et reliquat d'azote
- **Phase végétative (4-6F)** : Peuplement, enracinement, nodulation
- **Début floraison** : Biomasse, INN, nodulation, enracinement, hauteur
- **Maturité** : Composantes de rendement

Le pois d'hiver et de printemps et la féverole de printemps ont été les principales légumineuses suivies car historique de la région

Ces suivis complètent les travaux de Cap Protéines sur le soja et la lentille suivis localement et sur les légumineuses à graines au national

Rendement moyen des cultures

Distribution des rendements des observatoires
du Grand Est



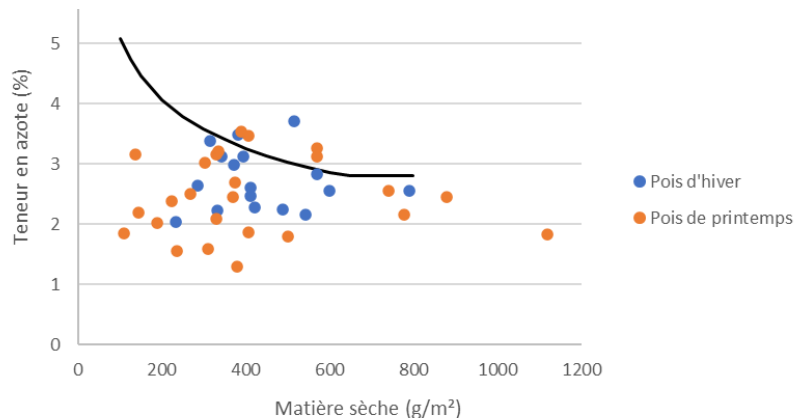
2 années de suivies contrastées :

- 2021 : année froide et humide en fin de cycle
- 2022 : année chaude et sèche dès le début du cycle

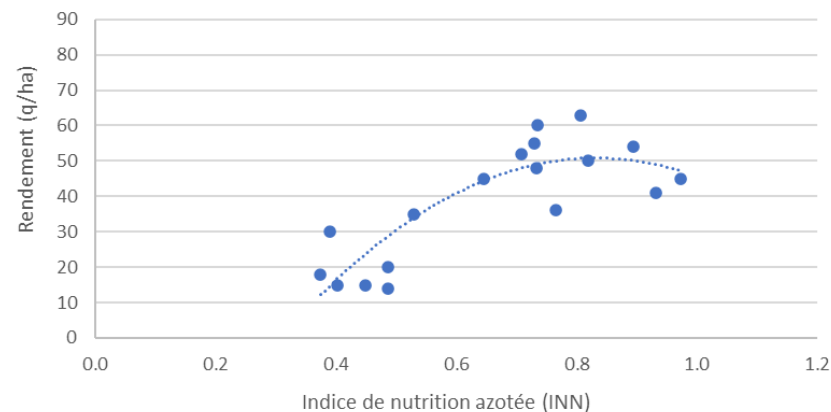
Des rendements contrastés entre les espèces et les types hiver/printemps

Des potentiels faibles mettant en lumière des défauts de nutrition azotée en pois

INN des pois de printemps et pois d'hiver
Observatoires pois PEI PARTAGE



Relation rendement et INN
Observatoires pois PEI PARTAGE

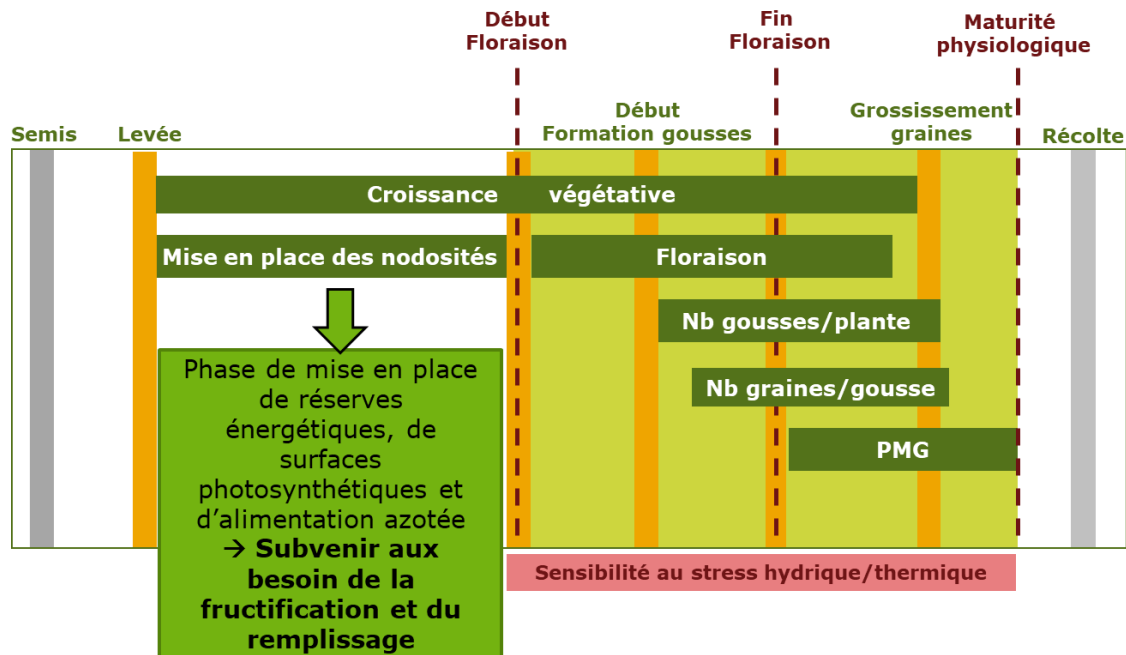


Un indice de nutrition de 0.7-0.8 pour assurer un potentiel correct
Mesure réalisée début floraison

Un constat mettant en avant l'importance de l'implantation et de la phase végétative

Floraison et remplissage → phase demandant de fortes ressources à la plante. Nécessité d'assurer :

- Une bonne alimentation
→ **développement des racines**
- Une bonne nutrition azotée
→ **développement des nodosités**
- La création d'une réserve et surface photosynthétique conséquente
→ **biomasse suffisante début floraison**

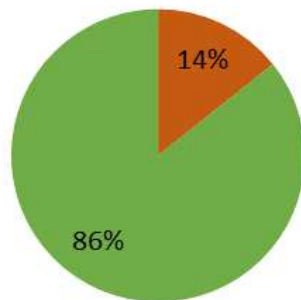
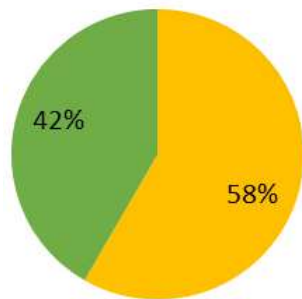


Des indicateurs de début de cycle à améliorer ?

Exemple de la nodulation

Pois de printemps Féverole de printemps

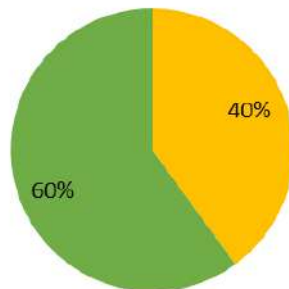
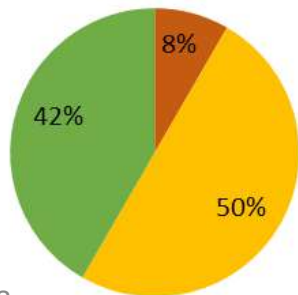
2021



Pois de printemps

Pois d'hiver

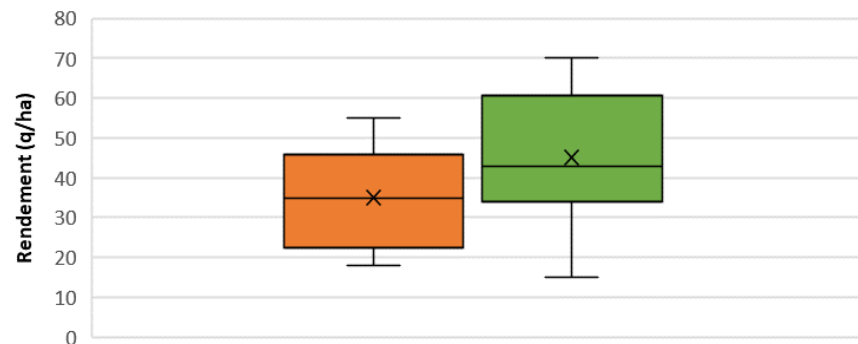
2022



Relation rendement et nodulation en phase végétative

Observatoires protéagineux PEI PARTAGE

Absence/nodosités peu nombreuses Nodosités nombreuses



Présence de nodosités en phase végétative

Absence Faible présence Présence

Faible nodulation $\approx$ <15-20 nodosités par plante

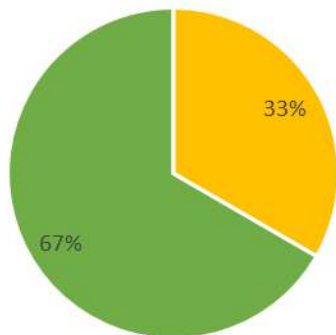
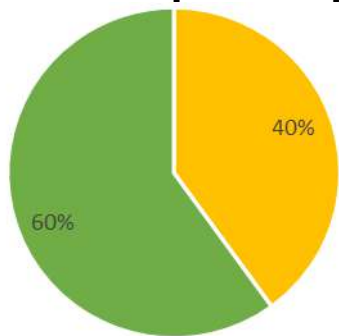
Des indicateurs de début de cycle à améliorer ?

Exemple de la biomasse fraîche aérienne

Pois de printemps

Féverole de printemps

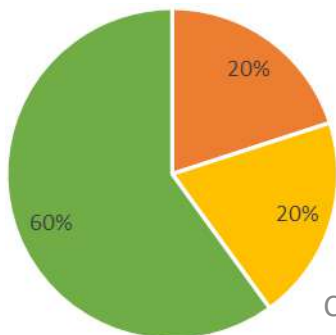
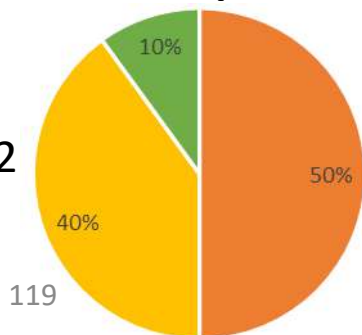
2021



Pois de printemps

Pois d'hiver

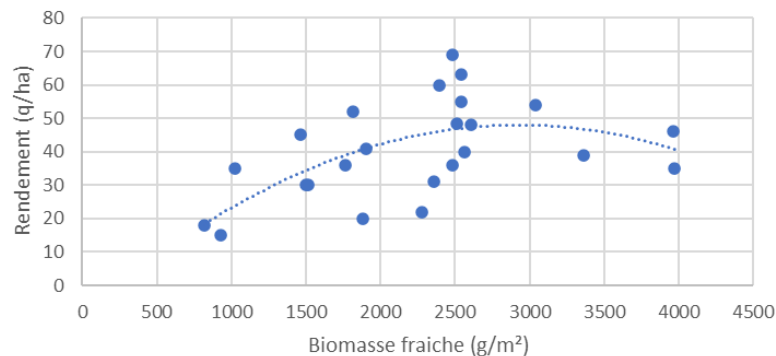
2022



119

Relation rendement et biomasse

Observatoires protéagineux PEI PARTAGE

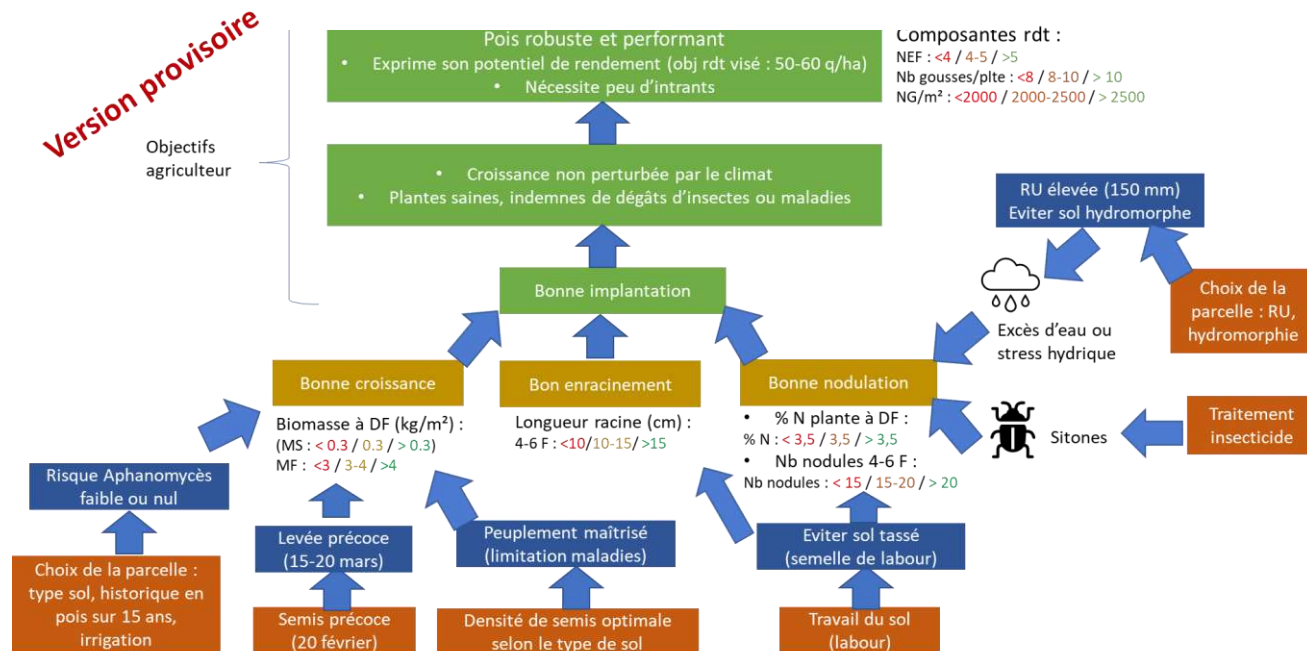


Biomasse fraîche aérienne début floraison

■ <1.5kg/m² ■ 1.5-2.5kg/m² ■ ≥2.5 kg/m²

Des indicateurs permettant de construire des tableaux de bord des légumineuses

Prototype de tableau de bord pois



Prototype à préciser
et à décliner avec
les observatoires de
Cap Protéines

Conclusion et suite des travaux

La phase d'implantation et la phase végétative semblent être pertinentes comme période de suivi et d'amélioration technique pour sécuriser le potentiel de rendement

Ces indicateurs sont encore à :

- Consolider dans d'autres contextes
- A décliner selon le type hiver/printemps et l'espèce

→ Travail de consolidation en cours avec les données de Cap Protéines

Les pratiques clés pour répondre à ces indicateurs sont à mieux identifier et à travailler

ZOOM sur l'expérience du living lab !

Pierre Alban Jacquet,
Ingénieur Agronome
chez Cérèsia



Transformation de protéines végétales à destination de l'alimentation humaine

Elise Bourcier, *C&DAC*

Présentation de la société



C&DAC
Conseil et Développement Agro-Culinaire

Activités

C&DAC est une société qui met au point, fabrique et commercialise des ingrédients alimentaires à base de protéines végétales locales afin de permettre aux entreprises agroalimentaires de mettre sur le marché des produits végétaux sains, durables et clean label

Offres

- Accompagnements R&D à la mise au point de nouveaux produits alimentaires
- Formulations « clés en main »
- Farines brutes de légumineuses
- Farines de légumineuses fermentées

Contexte sur les légumineuses

- Intérêts nutritionnels, technologiques et agronomiques





+24% CA
pour les produits
végétaux
en 2018

+40% CA
pour les protéines
végétales
depuis 2018

Marché des
substituts végétaux :
x5 d'ici 2030

SOLUTIONS EXISTANTES

CÉRÉALES



Blé



Avoine

LÉGUMINEUSES



Soja



Pois



Allergènes, perturbateurs endocriniens, goût
végétal, protéines, approvisionnement...

SOLUTION C&DAC



PROJET PULS'EAT : INGRÉDIENT À BASE DE FÉVEROLE FERMENTÉE

Sans notes vertes ni astringence

Teneurs en facteurs antinutritionnels réduites



Étapes du projet Puls'Eat

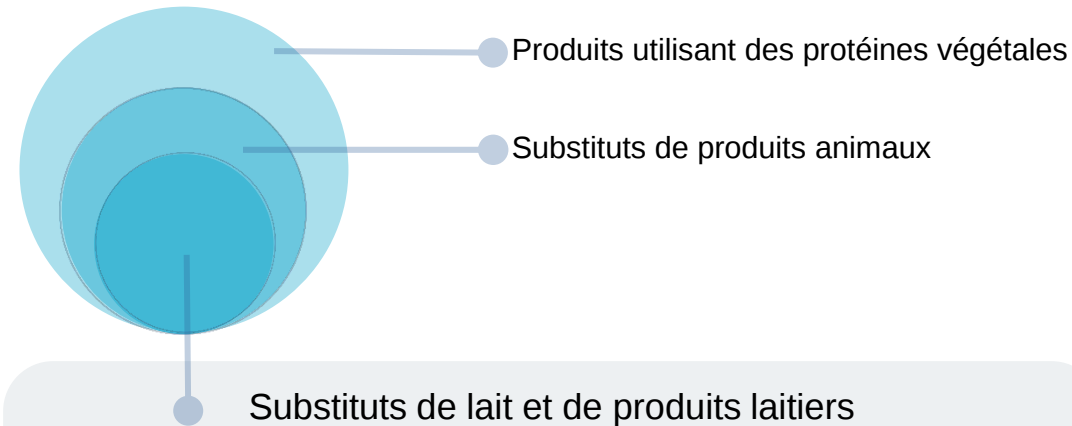
Transposer industriellement le procédé
Mettre sur le marché les ingrédients à base de féverole fermentée

Ambition de C&DAC

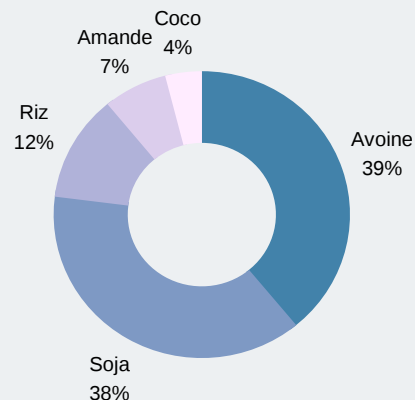
ÊTRE LE LEADER NATIONAL ET EUROPÉEN DES
INGRÉDIENTS À BASE DE LÉGUMINEUSES
FERMENTÉES À HORIZON 2030



Marchés et perspectives commerciales

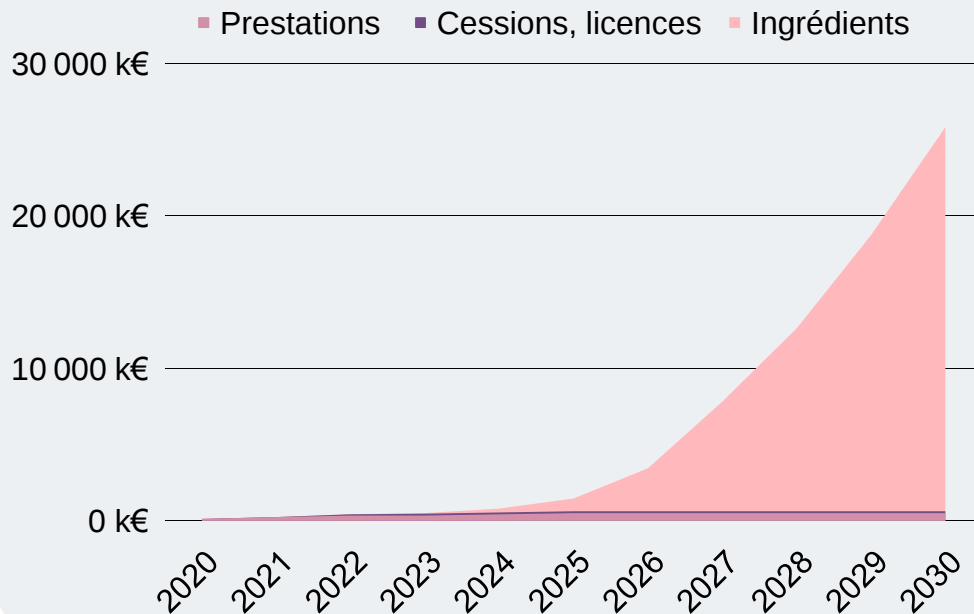


90% des substituts de produits animaux vendus en Europe en 2020



Prévisions à horizon 2030

Chiffre d'affaires prévisionnel



Perspectives d'embauches



2024 : +7



2026 : +30

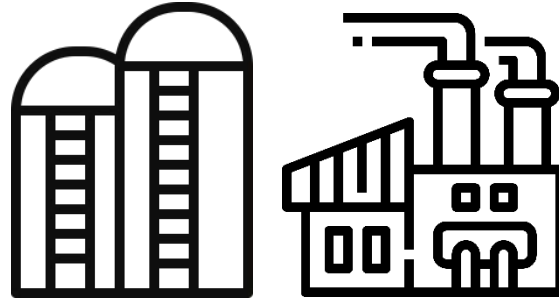


2030 : +50

Retombées environnementales et sociétales



- Réduction des engrais
- Réduction des GES
- Diversification des cultures
- Structuration des sols
- Biodiversité



- Process moins énergivore
- Réduction des GES
- Réduction de l'impact environnemental (vs. protéines animales)
- Autonomie protéique



- Attentes des consommateurs
- Bénéfice santé
- Équilibre nutritionnel



MERCI DE VOTRE ATTENTION

Contact :
Élise BOURCIER
elise.bourcier@cetdac.com
03.72.74.40.28





PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022
9h00 - 16h30
Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle





PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022
9h00 - 16h30
Centre Prouvé de Nancy (54)



Bon appétit !

13h30 - Séquence poster
14h00 - Retour en salle



Des protéines contre de l'azote organique : Développer des échanges céréaliers-éleveurs

Maëva Weens, *Chambre régionale d'agriculture Grand Est*

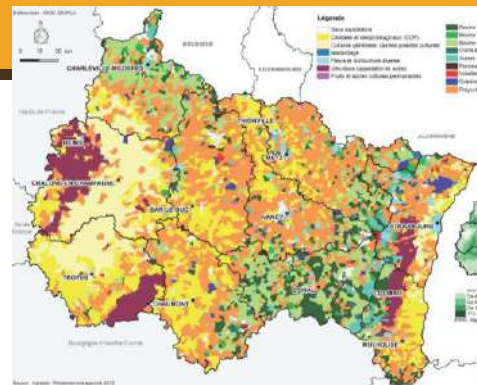
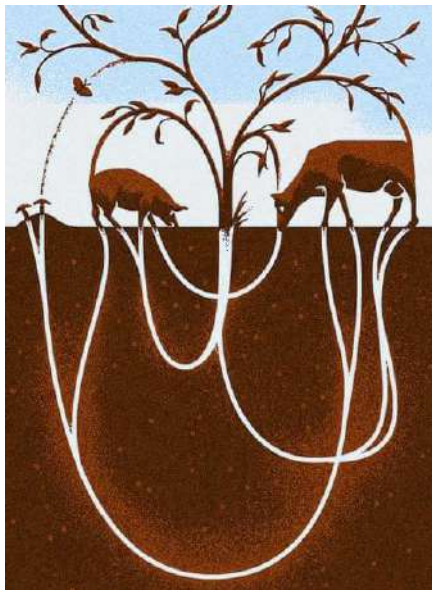
Le Grand Est : une région aux diverses productions

Quels constats sur le territoire ?

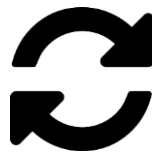
Dépendance aux intrants fertilisants minéraux et alimentation

Impasses
techniques et
évolutions
règlementaires

Demande sociétale en évolution



Multiples intérêts de la polyculture-élevage et des synergies à l'échelle territoriale :



Boucler le cycle des nutriments



Réduire l'utilisation des
intrants de synthèse,
Les risques d'érosion, ...

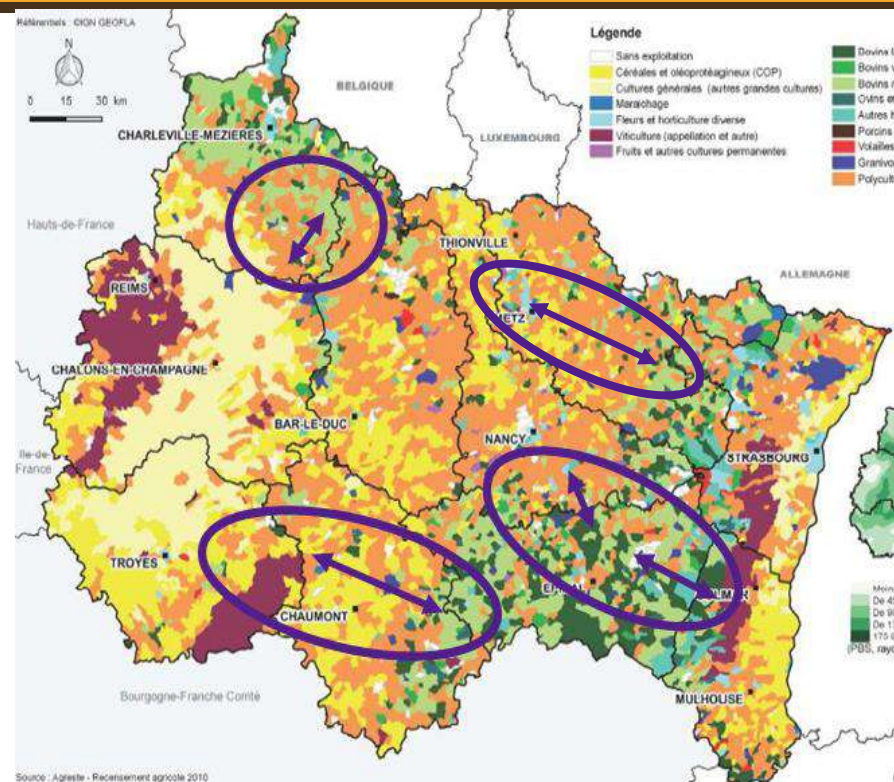


Etre plus résilient face aux aléas

Développer des coopérations durables entre agriculteurs

4 zones d'étude

- Première phase qu'enquête : 48 enquêtés
- Développement - Accompagnement d'actions sur les territoires pilotes
- Outils de mise en relation : recherche et analyse de plateformes numériques existantes
- Formalisation d'outils d'objectivation technico-économique
- Formalisation d'outils d'objectivation juridiques



Une multitude de partenariats possibles



Mise à disposition de surfaces à pâturer

- Pension d'animaux chez un cultivateur
- Pâturage de surfaces extérieures (dérobées, colza, ...)



Achat / Vente de concentrés ou fourrages



Echanges de Matières / Prestations :

Matériel / Travail / Accès aux aides / Matières organiques
contre Fourrages



Pour une relation « Gagnant-Gagnant »

« Céréaliers »

-  **Apport de matière organique , de fertilisants**
-  **Entretien ou nettoyage de parcelles**
-  **Diversification des assolements**
-  **Meilleure valorisation de surfaces ou des productions**

« Eleveurs »

-  **Equilibre du bilan fourrager** - maintien d'une certaine dimension, augmenter le troupeau.
-  **Aliments locaux ou de qualité spécifique** (AB, zone AOP ou fourrages riche en protéines ...)
-  **Réduction de la volatilité**



Accès à des aides (MAE, Légumineuses)



Economies de matériels



Intérêt relationnel, Dynamique agricole territoriale

Réunions collectives



Les étapes pour construire son partenariat

1.

Formaliser son besoin ou son offre

Se poser les bonnes questions :

La **nature** de mon besoin ou de mon offre

Mes **exigences/contraintes** :

Période , **Qualité** et **Quantité** ,
Forme, **Distance**

Qui fait quoi, **Quel équipement**

Le **type** de partenariat

Un **Contrat** écrit ou verbal

La **Durée** de la coopération

2.

Définir son prix ou sa valeur

Evaluer la valeur des produits
Que l'on soit ou pas dans une relation monétarisée

Des repères :

Coût de production

Prix de revient

Prix d'équivalence

Une calculatrice a été élaborée avec des références locales

4.

Trouver le bon partenaire

Différentes **plateformes numériques** existent et quelques exemples ont été recensés dans le cadre du projet



3.

Sécuriser le partenariat

Faire le point sur la réglementation

Se mettre d'accord, échanger

Etablir son prix : Quelle méthode de calcul retenir?

Le coût de production

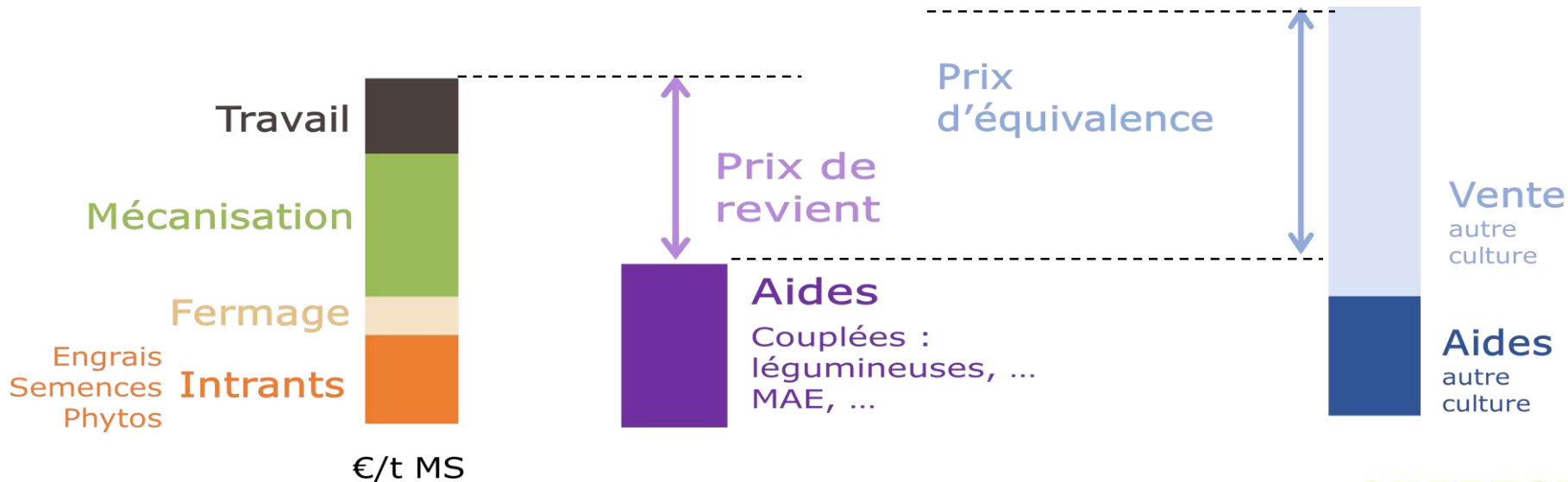
Ensemble des coûts réels pour un ha, ramené à la tMS récoltée

Le prix de revient

Coût de production, en déduisant les aides perçues par ailleurs

Le prix d'équivalence

Prix à atteindre pour dégager la même rentabilité qu'une autre production possible sur la surface concernée



Prix de la luzerne fourragère ?

Contexte 2021-2022

Prix d'une luzerne fourragère sur pied à 9 t MS

90 €/t MS

Prix d'équivalence vs maïs grain 9 t/ha x 200 €/t

85 €/t MS

Prix d'équivalence vs luzerne déshydratée

56 €/t MS

Coût de production

40 €/t MS

Prix de revient



Intégrer dans l'établissement de la valeur d'autres considérations : effet sur la structure du sol, réduction d'IFT, accès aux éco-régimes PAC, ...

Dans la calculette également : valeur de différentes matières organiques

Existant : Calculette Paille-Fumier d'Arvalis

Conclusion

- Mettre en relation les agriculteurs
- Exemple de démarches collectives à déployer ?
- Besoin d'animation
- Objectiver/Quantifier/Evaluer les bénéfices à l'échelle du territoire de telles initiatives



PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022
9h00 - 16h30
Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle



Gestion territoriale des produits organiques : Optimiser les flux pour valoriser nos ressources locales

Évaluation intégrée de projets de méthanisation agricole pour accompagner les démarches collectives



Quelques résultats de l'évaluation produite avec la plateforme MAELIA

Floriane Colas, *INRAE-Chambre
d'agriculture Meurthe-et-Moselle*

INRAE

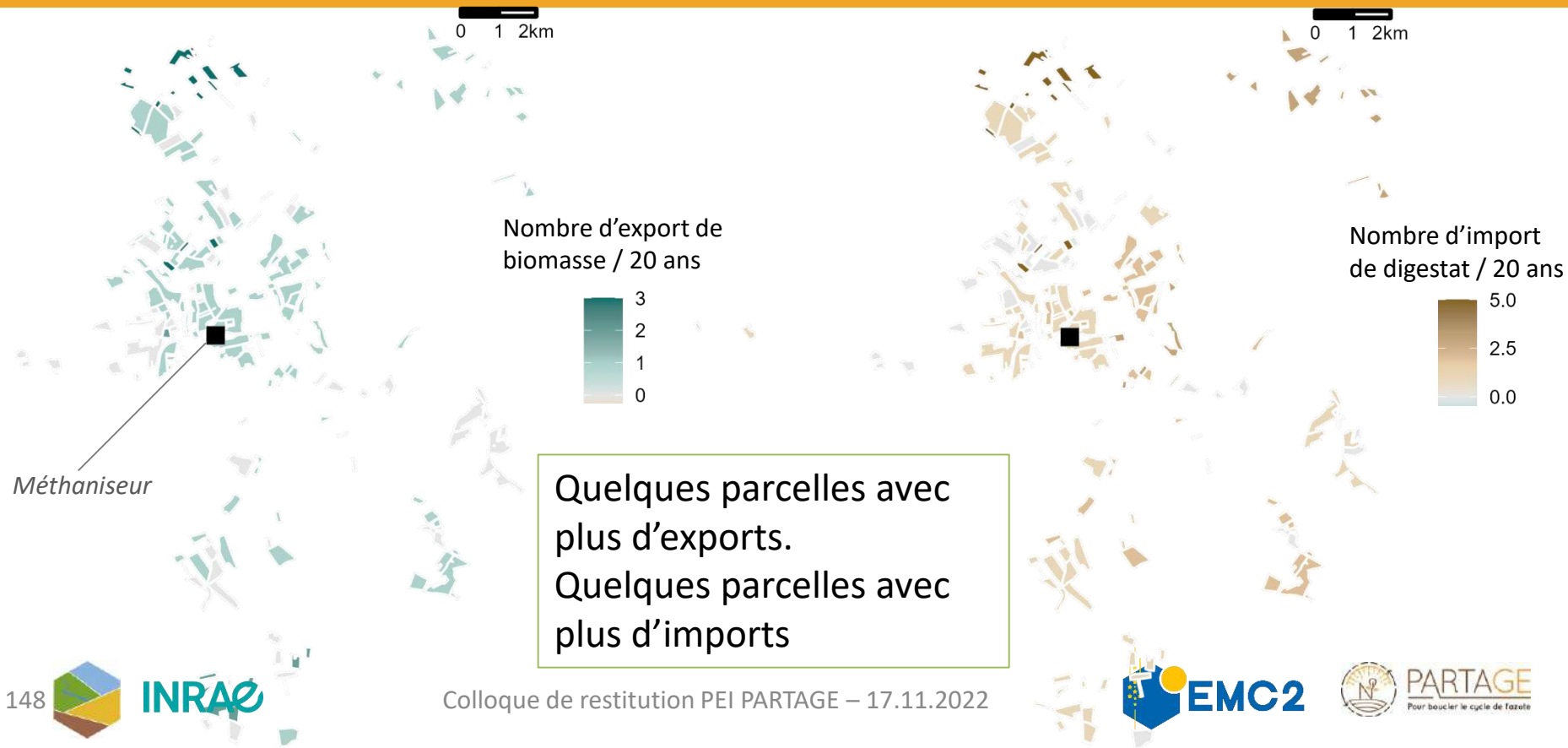


Simulation de la situation sur 20 ans

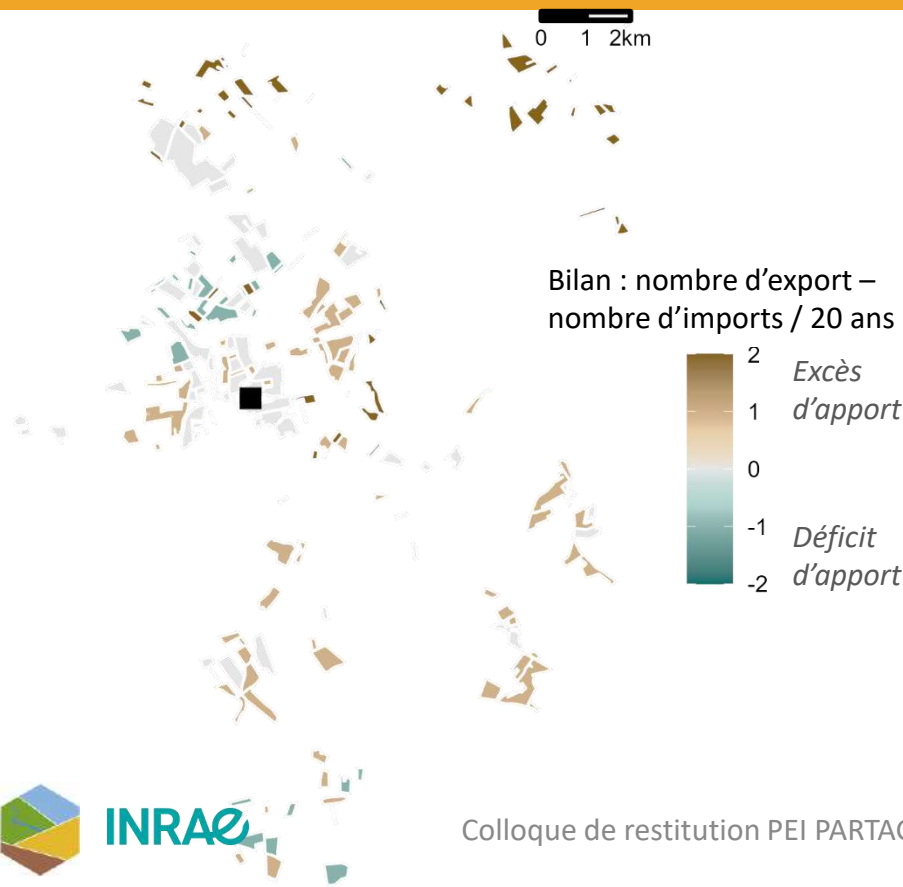
- Simulation de la situation de 14 agriculteurs du méthaniseur de Landres (EMC2) sur 20 ans
- Mélange d'exploitations
 - Polyculture-élevage
 - Grandes cultures
- Observations des transferts d'azote entre les parcelles qui produisent de la biomasse et le méthaniseur qui produit du digestat.



Les exports des biomasse et les imports de digestat



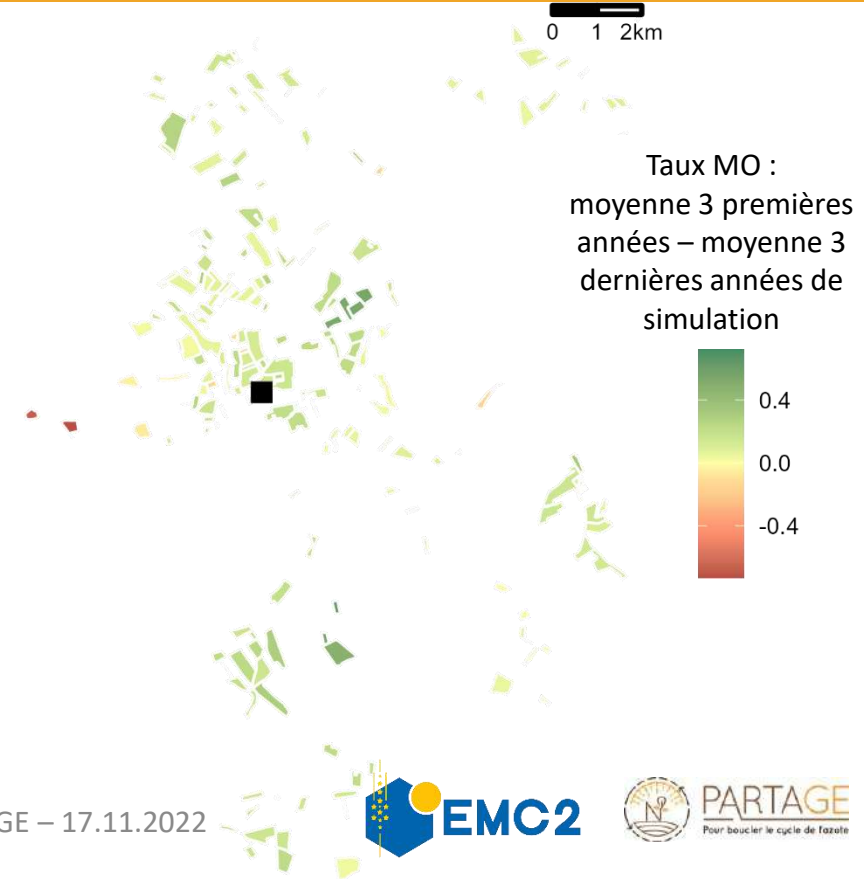
Bilan des exports et des imports de biomasse



- Les exports et les imports ne s'équilibrent pas
- Quelques déficits probables
 - À compenser avec de la fertilisation minérale
- Quelques excès probables
 - Attention si l'azote n'est pas suffisamment valorisé par les cultures

Impacts sur la Matière Organique (MO) du sol

- Sur 20 ans, gains faibles de matière organique avec quelques exceptions
- Quelques parcelles qui perdent de la matière organique

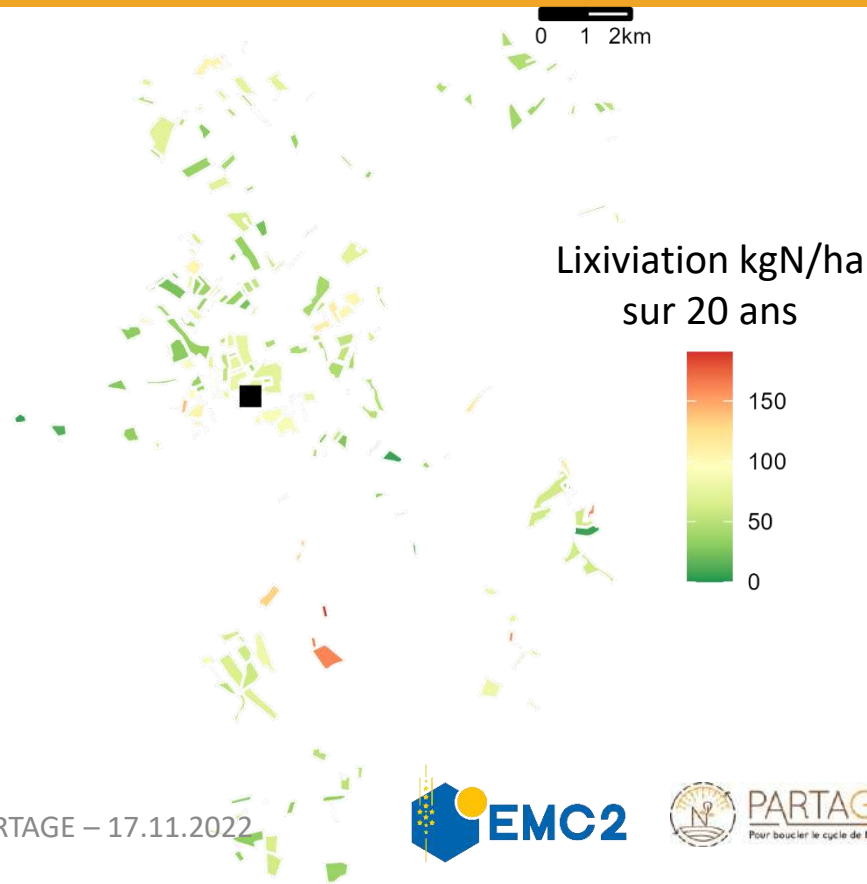


Quelles successions de culture responsables ?

- Exemples de successions de culture des 5% des parcelles qui perdent le plus de MO :
 - Mais_Blé_OH_CIVE
 - Colza_Blé_OH_CIVE_Sorgho_CIVE_OP
 - Colza_Blé_OH_CIVE_OP
 - Colza_Blé_OH_CIVE_Mais_Blé_OP
 - Mais_CIVE_Mais_CIVE
 - => Correspond à des successions ayant des CIVE et cultures de rente
- Exemples de successions de culture des 5 % de parcelles qui gagnent le plus de MO :
 - Colza_Blé_Pois_CIVE_OH
 - Colza_Blé_Mais_Blé_OH
 - Colza_Blé_CIVE_Pois_Blé
 - Colza_Blé_OH
 - Colza_Blé_OP_Pois
 - => Correspond à des successions intégrant du colza fertilisé avec le digestat
- ⇒ Aller plus en profondeur avec les agriculteurs et leurs conseillers pour analyser les ITK de ces parcelles à problème

Lixiviation sur 20 ans

- Lixiviation kgN/ha sur 20 ans
 - Non lié à l'apport de digestat
 - Successions de culture variées
 - Différent des parcelles qui perdent le plus de matière organique
 - Non lié aux taux d'argile ou de MO initiaux
 - Certaines parcelles ont un C/N > 9
- => Besoin de faire parler les experts agronomes sur ce terrain



Autres résultats pour les agriculteurs du projet

- Fiche de 4 pages d'autres évaluations des exploitations :
 - Les rendements
 - Émissions de gaz à effet de serre
 - Émissions ammoniac
 - La charge de travail...
- Identification avec les agriculteurs des points à améliorer dans leurs rotations et leurs stratégies de fertilisation

ZOOM sur l'expérience du living lab !

Christophe Clesse, EMC2
Solène Demange,
Chambre d'agriculture Vosges



METHANISATION

Les objectifs de la coopérative (C. CLESSE CHEF DE PROJET)

Diversifier l'activité de nos adhérents avec en perspective :

- obtention d'un complément de revenu (principe coopératif)
- renforcement du débouché de leurs produits
- palliatif à la volatilité des prix et aux aléas climatiques
- renforcement de l'image de l'agriculture
- meilleure valorisation des effluents d'élevage (éleveur)
- réponse possible aux contraintes directive nitrate (éleveur)
- allongement des rotations (céréaliier)

*** Ne pas occulter l'équilibre des activités existantes du groupe**

METHANISATION

LES INTÉRÊTS AGRO (C. CLESSE CHEF DE PROJET)

Un levier agronomique accessible à tous

Allonger la rotation de façon sécurisée et rentable

Pour régler les problèmes de pression vulpins,

Pour intégrer de nouvelles cultures,

Pour baisser les phytos, 1^{er} levier reconnu par les groupes DEPHY et AgilEMC2

Une solution de rattrapage des accidents de cultures

La Méthanisation EMC2 de LANDRES

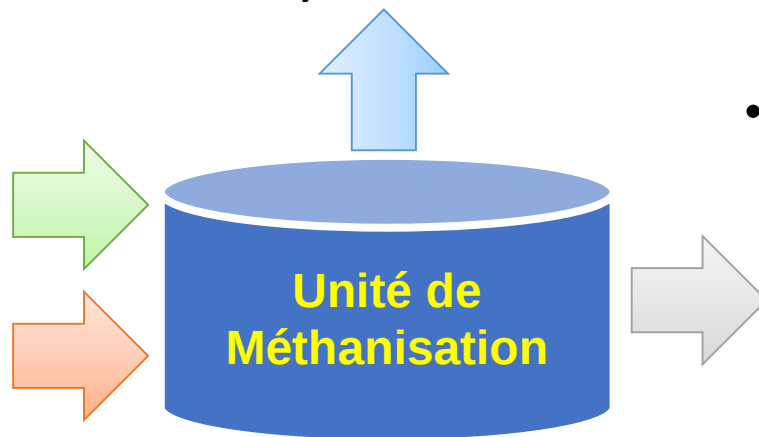
- **18 exploitations engagées**
- **27 000 t de matières premières**
 - 50 % d'effluents d'élevage
- **6,9 millions d'investissement**
 - **76 % réalisés avec entreprises locales et régionales**
- **10 mois de construction**
- **3 ETP pour l'exploitation**
- **82 jours de temps de rétention matière**
- **Les capacités de stockage sur site :**
 - Ensilage : 110 % des besoins d'une année
 - Effluents d'élevage : environ 3 semaines
 - Digestat liquide : 7 mois
 - Digestat solide : 4 mois

La Méthanisation EMC2 de LANDRES

- **Production Gaz**
 - 175 Nm³ / heure
 - Capacité à passer à 200 Nm³/h
 - 1400 foyers chauffés

- **Ration**

- 10000 T de CIVE
- 400 T d'herbe
- 2200 T de sorgho
- 200 T de Maïs
- 8000 T de fumier
- 6000 T de lisier



- **Production Digestat**

- 20 000 Tonnes de Liquide
- 4 500 Tonnes de Solide
- Compatible agriculture Biologique
- Inodore



Préconisations d'utilisation des digestats



* Keq azote arrêté Grand Est



Cultures	Période d'apport	Dose DL m3/ha	Intérêt agro	Dose DS t/ha	Intérêt agro	Commentaires
Colza	Été	15 à 30	50%*	10 à 20		Colza gros consommateur d'azote à l'automne, réduit le risque de pertes
Céréales d'hiver	Été-automne	10 à 20	20%*	10 à 20		Digestat liquide trop pourvoyeur d'azote pour une céréale à l'automne avec des besoins limités
Maïs	Été-automne sur CIPAN	15 à 25	10%*	10 à 20		Keq azote faible, gros intérêt sur la production de biomasse CIPAN qui met l'azote absorbé par le couvert à l'abri et permet de produire de la MO labile
Céréales printemps	Été-automne sur CIPAN	15 à 25	10%*	10 à 20		
Prairie	Été-automne	10 à 20	35%*	10 à 20		Équilibre digestat liquide + adapté prairie
Céréales d'hiver	Fin hiver-printemps	15 à 25	40%*	10 à 20		Risque volatilisation NH3 si digestat non enfoui, bonne valorisation azote (minéralisation printemps)
Maïs	printemps	20 à 30	60%*	10 à 20		Si digestat enfoui, la minéralisation fin printemps et été permet de fournir de grandes quantités d'azote. Portance des sols facteur limitant avant céréales de printemps
Céréales printemps	Fin hiver-printemps	15 à 25	40%*	10 à 20		
Prairie	Fin hiver-printemps	15 à 25	50%*	10 à 20		

Exemple d'épandage de digestat avant CIPAN

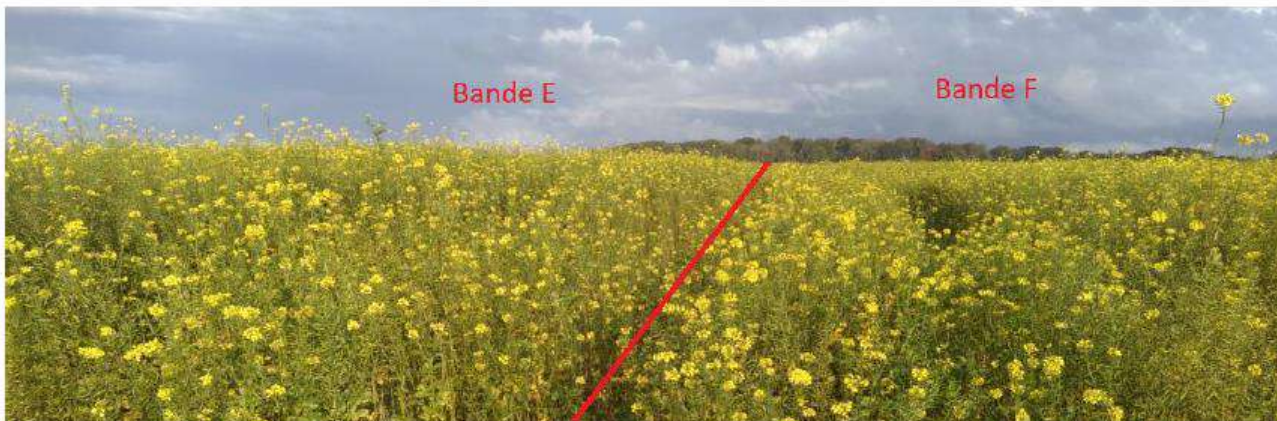


Figure 22 : Photographie de la bande E (digestat) et la bande F (sans apport) avec la moutarde (SATEGE, 2017)

- Azote minéral et azote organique minéralisé captés par l'interculture.
- La moutarde a joué son rôle de « piège à azote » (éviter les fuites hivernales)
- L'azote ainsi capté, sous forme organique sera minéralisé pour les prochaines cultures
- Mais aussi, + de biomasse, + de carbone, etc...

L'utilisation de MAELIA dans un accompagnement auprès d'agriculteurs dans les Vosges



L'utilisation de MAELIA dans un accompagnement auprès d'agriculteurs

Contexte de la méthanisation dans les Vosges :

- 41 unités de méthanisation
- Ancienneté jusqu'à 9 ans, en moyenne 3 – 4 ans
- Peu de cultures énergétiques mais mise en place de CIVE d'hiver sur une majorité des exploitations

Demande des agriculteurs :

Quel est l'impact de mon méthaniseur sur mon exploitation ?
Qu'est-ce que je peux améliorer ?

L'utilisation de MAELIA en tant que conseiller

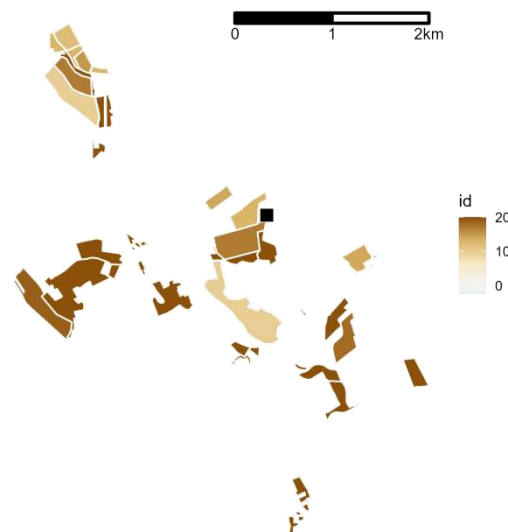
Etat des lieux / diagnostic

Rotation Culturelle



Met en évidence la rotation « réelle » et les problèmes qui peuvent être liés

Nombre d'apports de digestat sur 20 ans

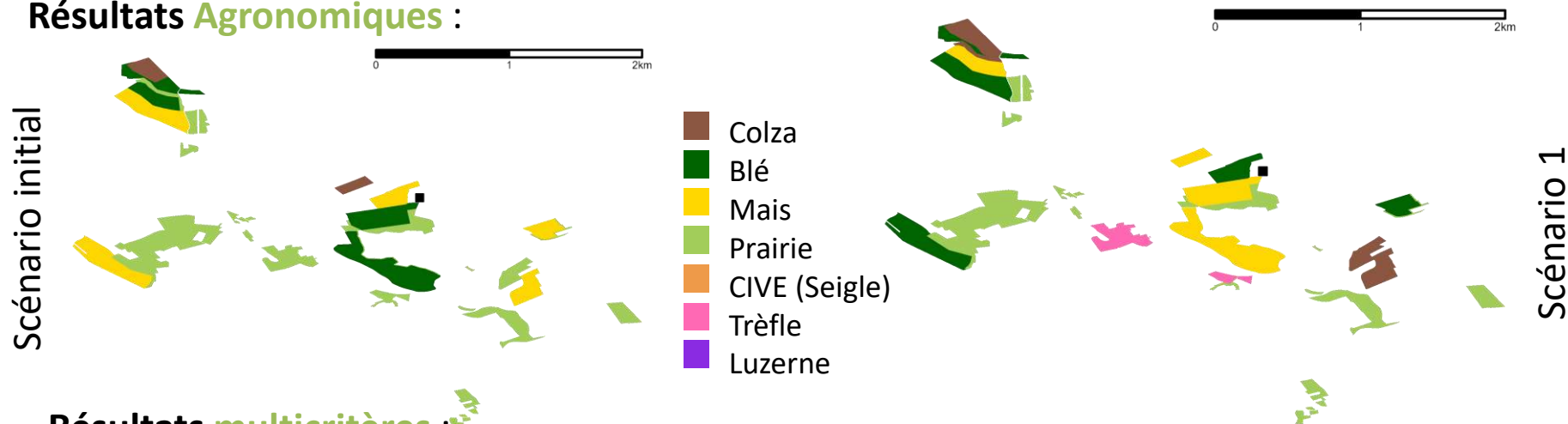


Met en évidence les parcelles qui peuvent risquer une diminution de MO

L'utilisation de MAELIA en tant que conseiller

Comparaison de systèmes

Résultats Agronomiques :



Résultats multicritères :

- Ration du digesteur,
- Production potentielle de gaz,
- Composition du digestat,
- Stockage de Carbone dans le sol,
- Charge de travail,
- ...

L'utilisation de MAELIA dans un accompagnement auprès d'agriculteurs

Forces :

- Vision **multicritère de l'exploitation**
- Permet de scénariser (ex : passage en bio, changement dans la rotation, ...)

Faiblesses :

- Nécessite **beaucoup de données** pour assurer la fiabilité des résultats
- Prise en mains de la plateforme
- Nombreuses étapes avant d'arriver aux résultats

Utilisation concrète de MAELIA :

Conseil agronomique : Etude des rotations, des retours aux sols,..

Conseil global : Amélioration du système en prenant en compte plusieurs facteurs

Intérêt pour les territoires des matières fertilisantes d'origine résiduaire

S. Houot¹, F. Levavasseur¹, V. Moinard¹, R. Misslin², O. Thérond³

1. INRAE-AgroParisTech-U Paris Saclay, UMR ECOSYS, Palaiseau

2. MAELAB SAS, Colmar

3. INRAE-U de Lorraine, UMR LAE, Colmar

Place des matières fertilisantes résiduaires (PRO) dans les pratiques de fertilisation

- Sources alternatives aux engrais de synthèse

Engrais minéraux



PRO

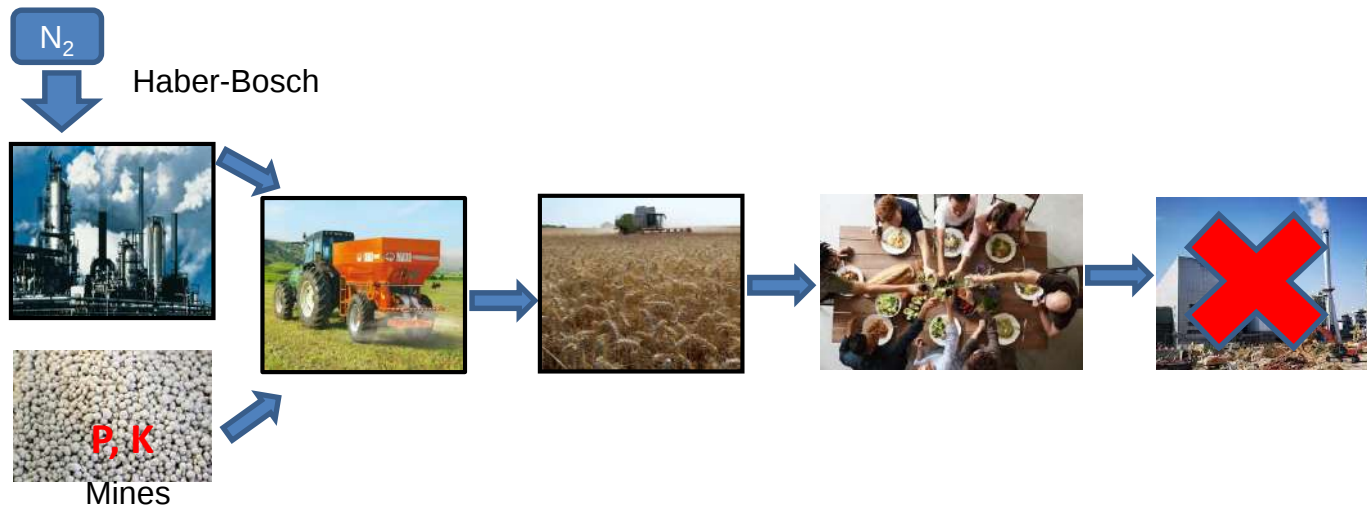


Association avec légumineuses

- Dichotomie fertilisant ou amendement
 - Apport des nutriments aux cultures
 - Contribution à l'entretien/augmentation des stocks de MO des sols

Des systèmes alimentaires encore très linéaires

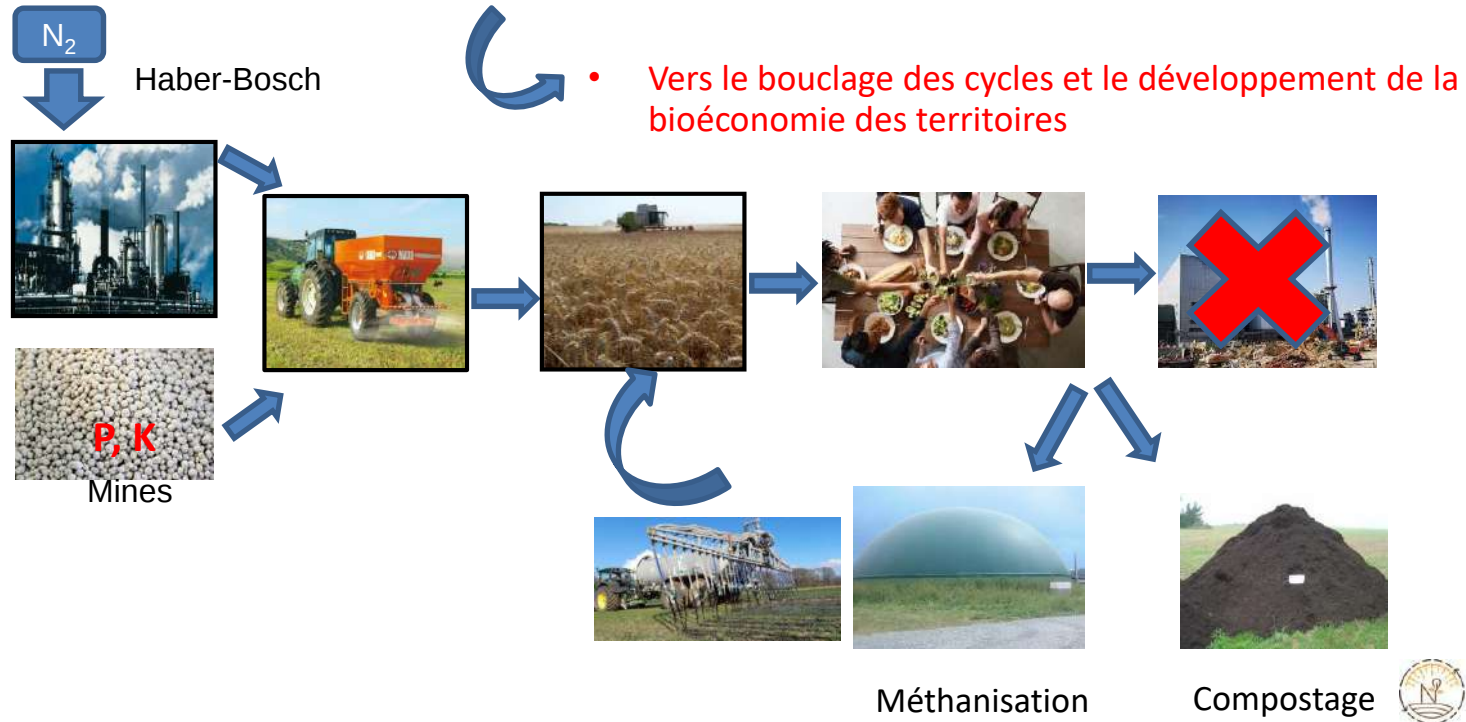
- Des systèmes alimentaires souvent linéaires et non durables



- Obligation du tri/collecte sélective des biodéchets alimentaires (cantines, marchés, particuliers) → traitement biologique par compostage ou méthanisation

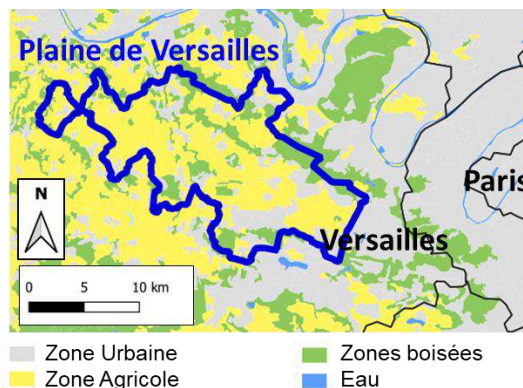
Vers le bouclage des cycles

- Des systèmes alimentaires souvent linéaires et non durables



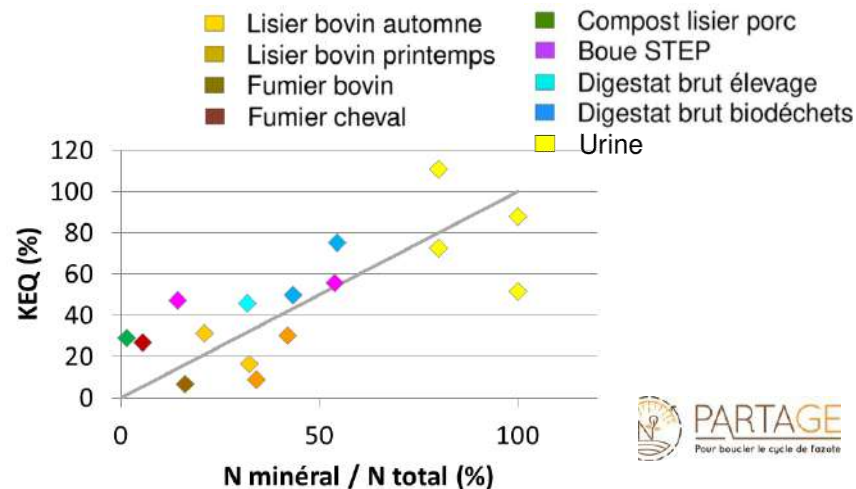
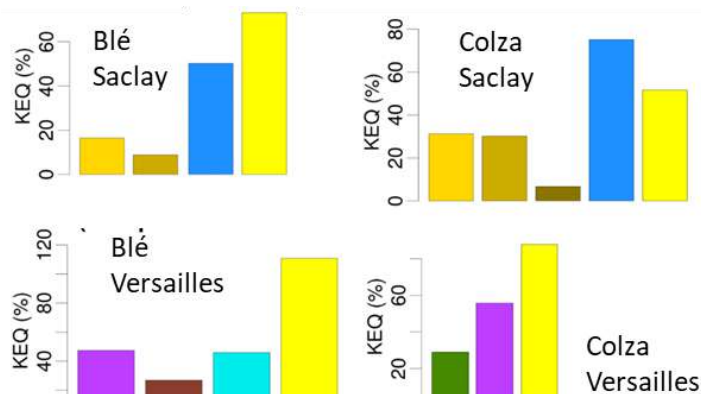
Intérêt pour le territoire....

- Acquérir des références sur ces nouvelles matières fertilisantes
- Quantifier ces matières fertilisantes
- Co-concevoir des itinéraires techniques pour valoriser ces matières fertilisantes
- Bilan à l'échelle d'un territoire: **exemple de la Plaine de Versailles**



Acquisition de références au champ : coefficients équivalent engrais (KEQ)

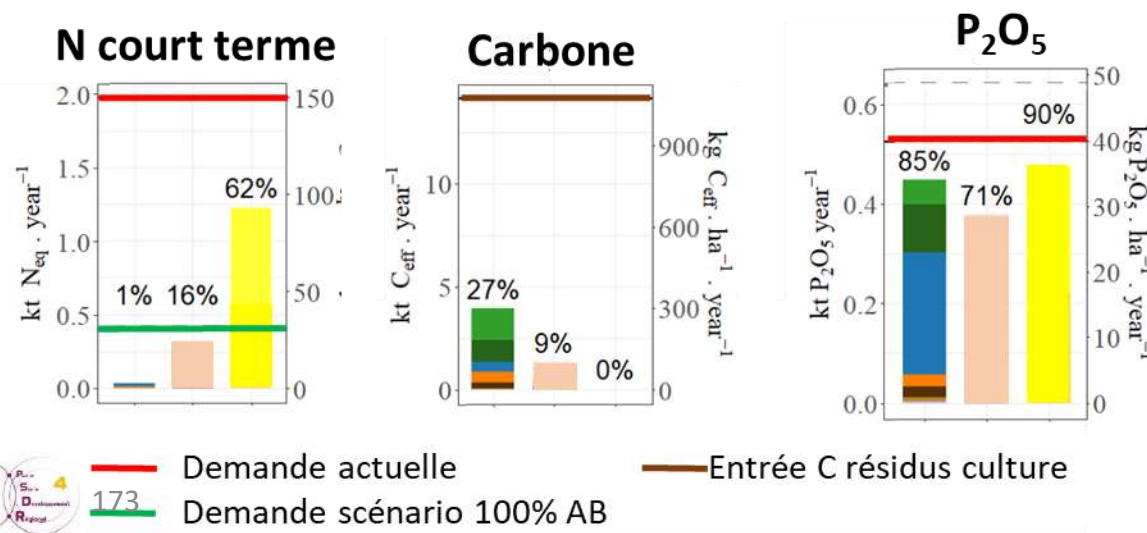
- Comparer les fertilisants organiques aux engrais minéraux: KEQ
- Variabilité des KEQ :
 - KEQ étroitement lié à la teneur en N minéral des PRO
 - Minéralisation rapide du N organique qui devrait $\nearrow$ KEQ pour boue STEP et lisier (résultats labo) , lente pour les autres PRO (ne contribue pas au KEQ)
 - Volatilisation NH_3 $\searrow$ KEQ (lisier, certains essais urine) ?
- KEQ des nouveaux PRO (digestats bruts, urines) élevés par rapport aux PRO « historiques »



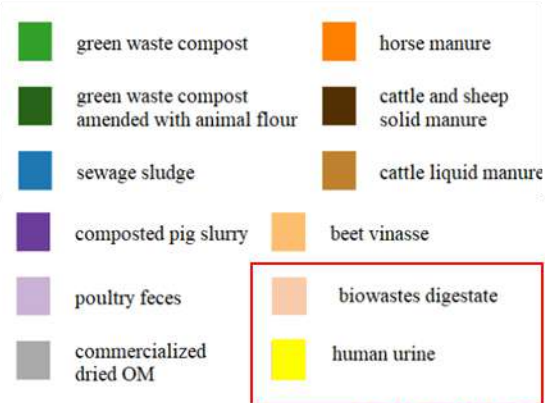
(Levavasseur et al., 2021)

Les PRO peuvent ils répondre aux besoins des cultures?

- Disponibilité actuelle et potentielle de matières fertilisantes organiques
- Disponibilité potentielle suffisante pour le P
- Apports intéressants en matières organiques
- Potentiel intéressant avec les digestats et urines pour le N



PRO produits dans la plaine

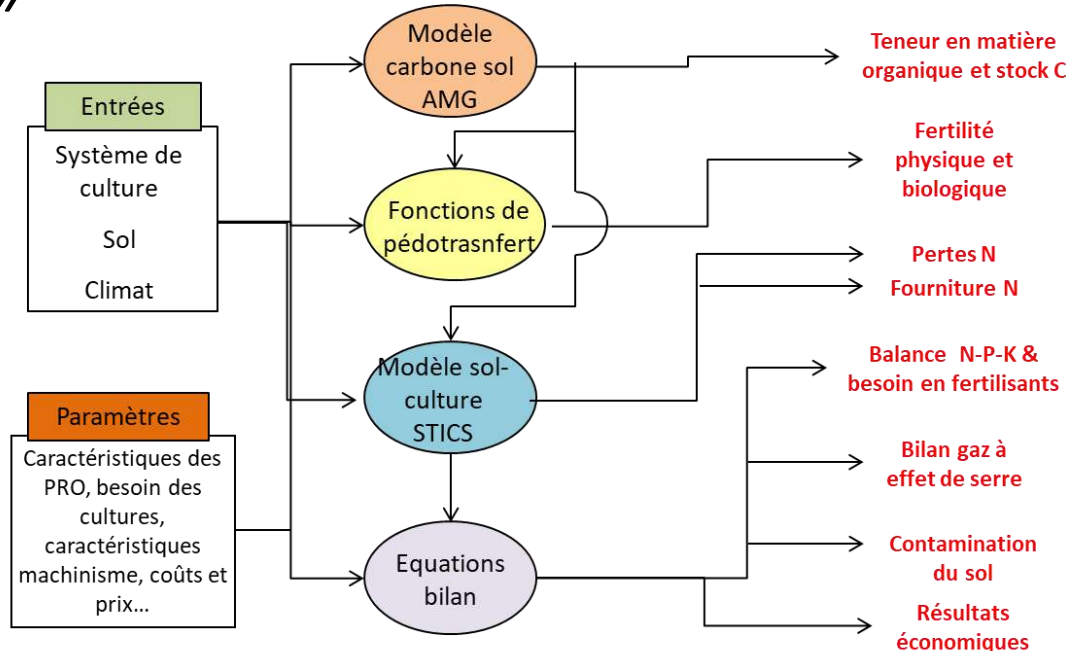


(Moinard et al., 2021)

potentiel

Evaluation multicritère pour la co-conception de système de culture avec des agriculteurs

- Développement d'un outil d'évaluation multicritère « à la parcelle »



(Levavasseur et al., 2022)

Evaluation multicritère pour la co-conception de système de culture avec des agriculteurs

- Atelier de co-conception réunissant un groupe d'agriculteurs ayant des objectifs en termes de fertilité de leurs sols et des « experts »



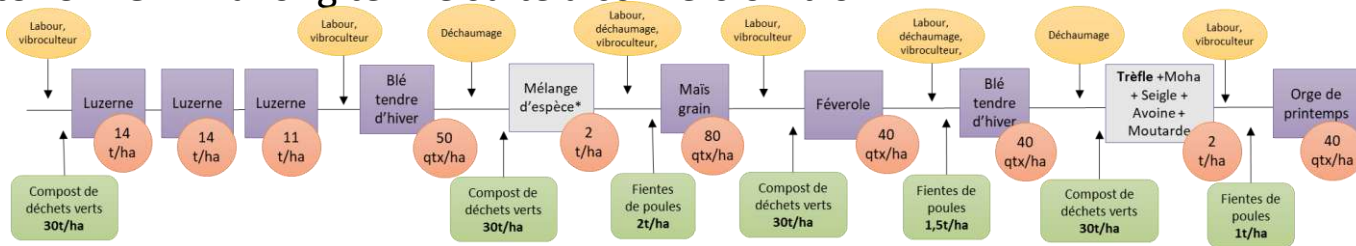
Rotation construite avec le jeu Ecophyt'eau



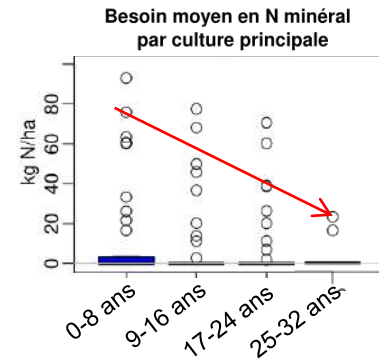
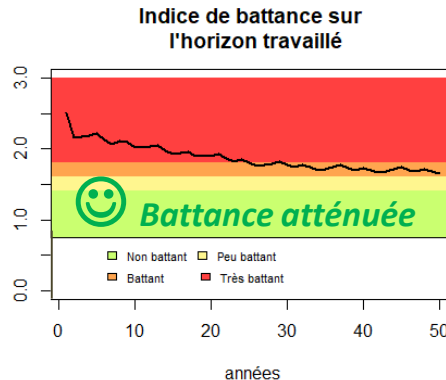
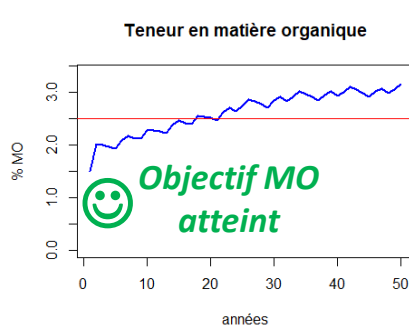
Groupe au travail

Exemple d'utilisation en ateliers de co-conception

- Objectif : **2,5 % de matière organique dans le sol** (notamment pour limiter la battance) et « **autonomie N** » à long terme suite à conversion bio



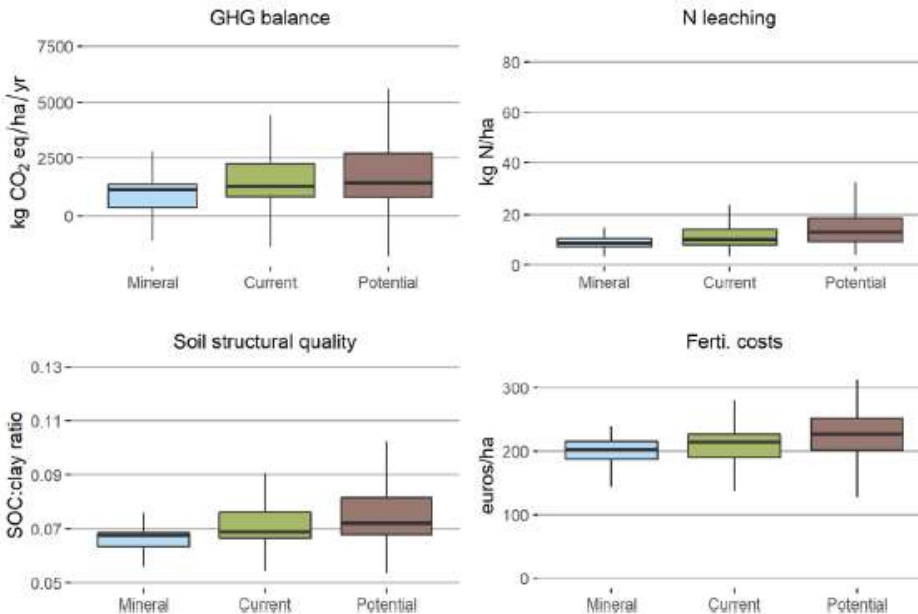
Système proposé (1^{ère} rotation : 1-8 ans), puis suppression progressive des apports de fientes sur les rotations suivantes (9-16 ans, 17-24 ans)



😊
Autonomie N ≈ atteinte en 25 ans

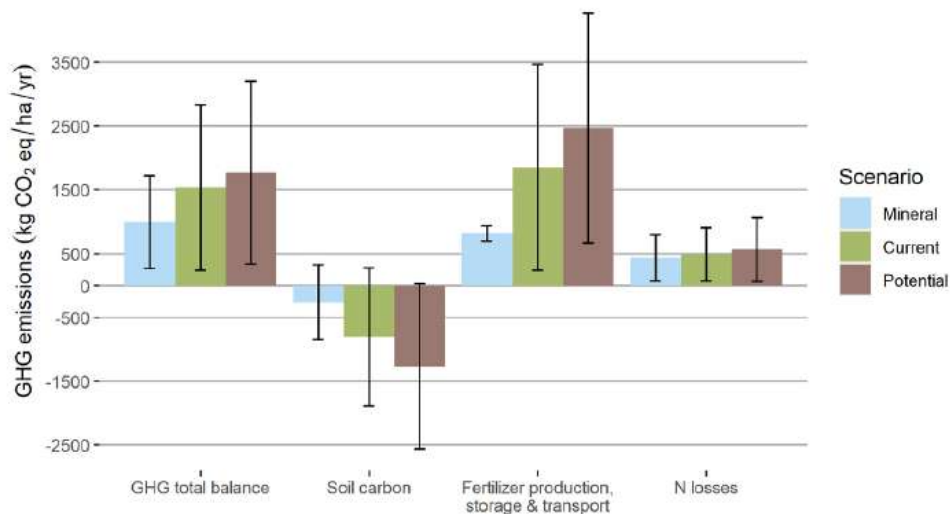
Bilan à l'échelle du territoire

- Plateforme Maelia: intégration à l'échelle du territoire
- 3 scénarios
- Amélioration des ppts physiques
- Dégradation du bilan GES, risque lessivage, augmentation des couts



Bilan à l'échelle du territoire

- Analyse détaillée du bilan GES



- Impact important des émissions lors de la production des composts
- Importance de l'allocation des impacts: amélioration du bilan GES si les impacts sont alloués au traitement des déchets

Conclusion

- Nécessité d'envisager la valorisation de matières fertilisantes d'origine résiduaire
- Intérêts de cette valorisation
- Bien connaître ces matières (acquisition de références)
- Appréhender l'ensemble des effets
- Travailler avec les acteurs concernés (agriculteurs, producteurs des PRO)
- Maîtriser les impacts, question de leur allocation
- Bilan à l'échelle des territoires



PARTAGE

Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022

9h00 - 16h30

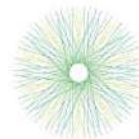
Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
L'Europe investit dans les zones rurales



180° agri
RURALITÉ & INNOVATION

Accompagner les changements de pratiques : Quelle démarche et outils ? Retour d'expérience du Living Lab du PEI PARTAGE

Honorine Gabriel, *Chambre régionale d'agriculture Grand Est*

Anne Schaub, *Chambre régionale d'agriculture Grand Est*

Etienne Mignot, *Vivescia*

Frédéric Arnaud, *Chambre d'agriculture Meurthe-et-Moselle*

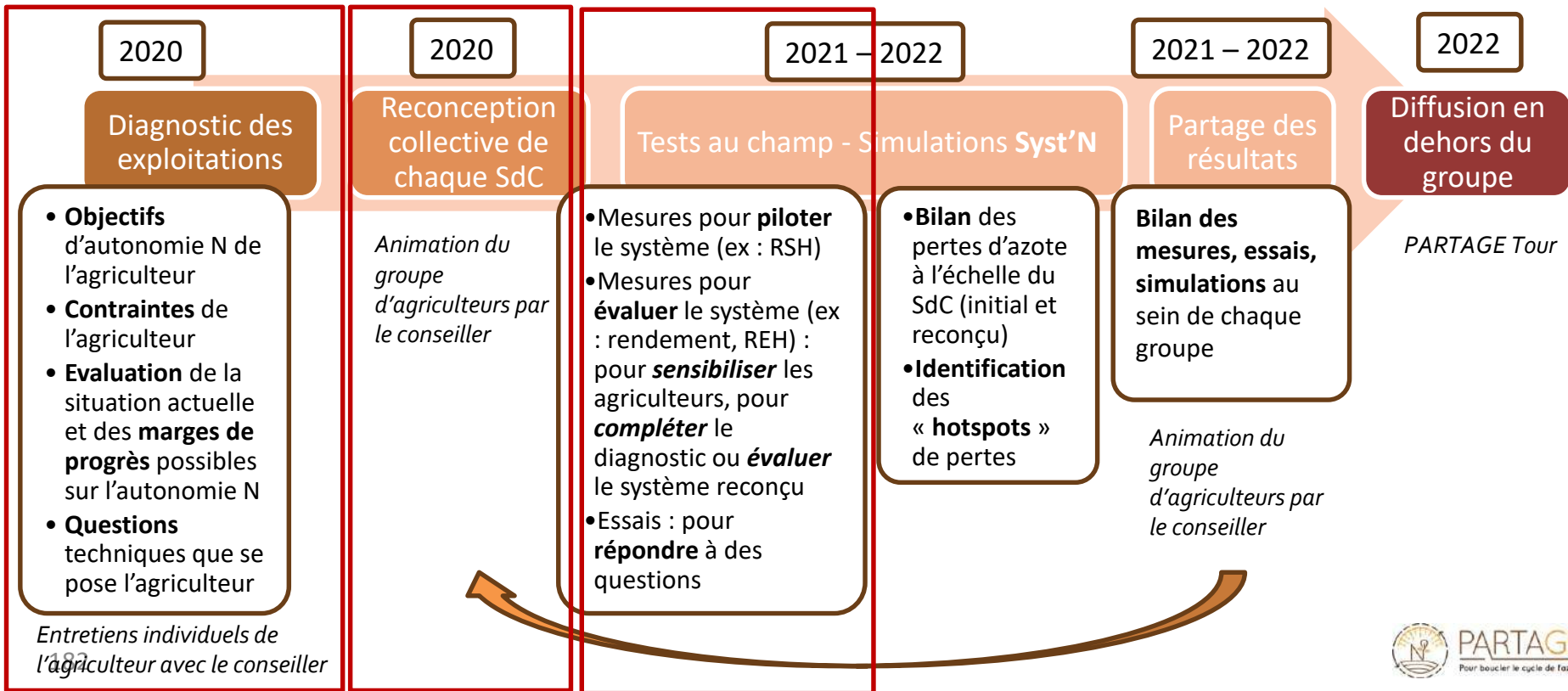
Aliénor Deleplanque, *Chambre d'agriculture Marne*

Florian Bazin, *Chambre d'agriculture Meurthe-et-Moselle*

Antoine Letinois, *Chambre d'agriculture Ardennes*

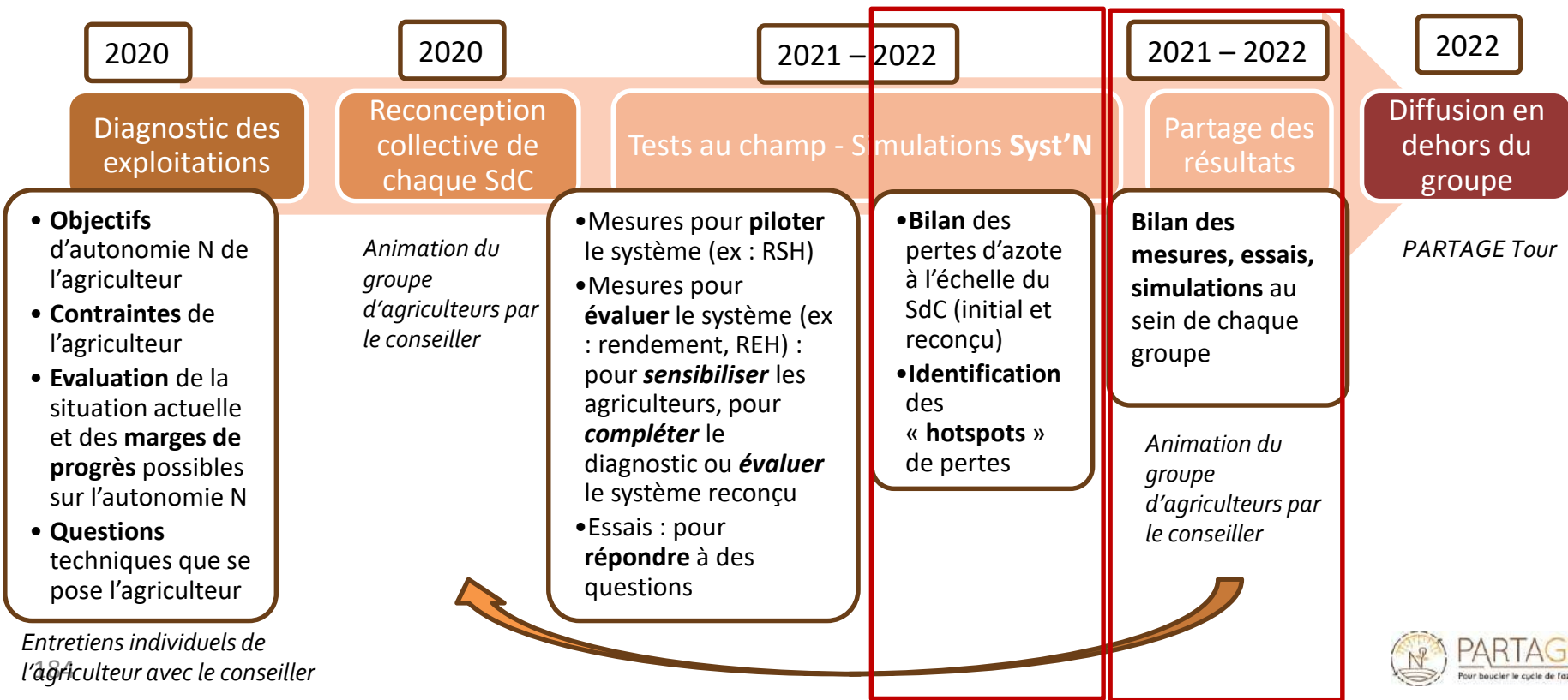
Dominique Hirtzberger, *Agriculteur à Val de Briey*

Démarche de co-conception de systèmes de culture : accompagner sans prescrire et en s'appuyant sur le groupe





Démarche de co-conception de systèmes de culture : accompagner sans prescrire et en s'appuyant sur le groupe





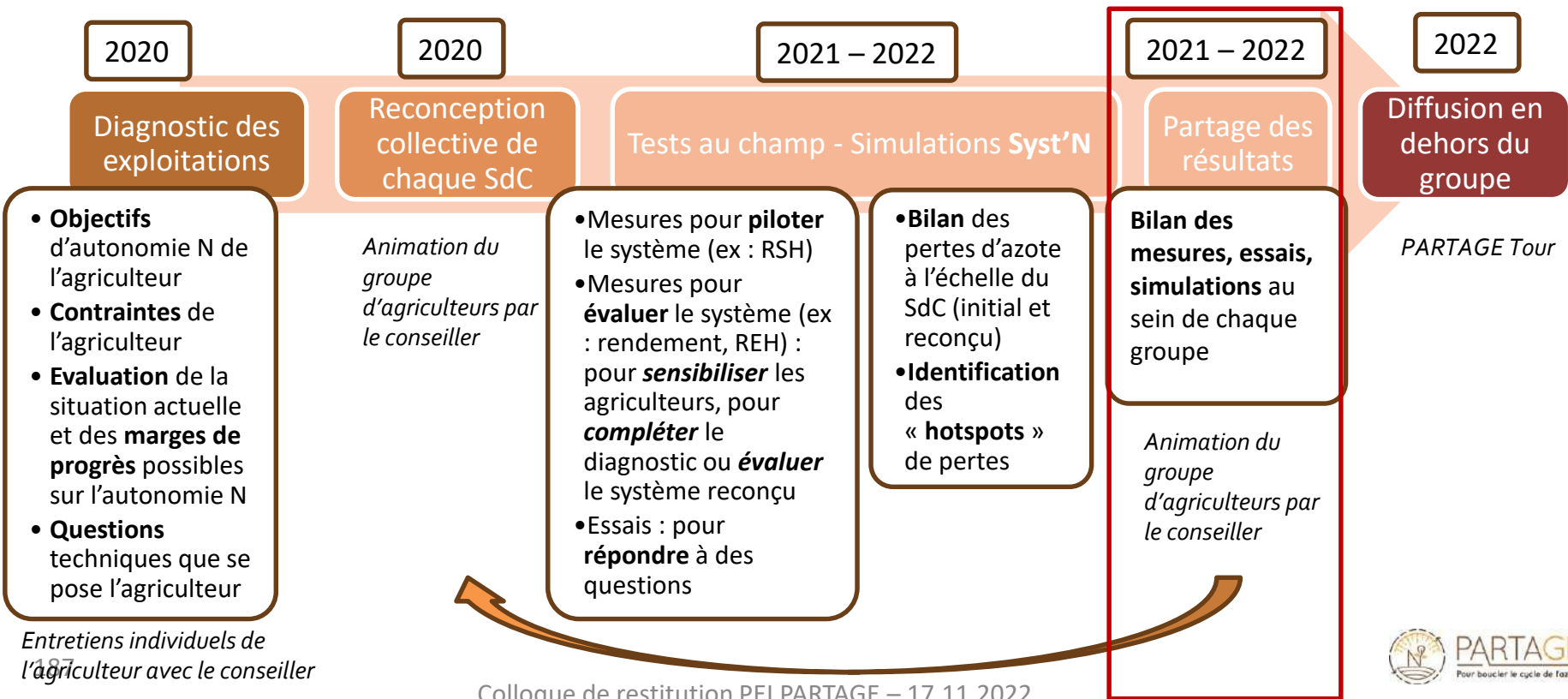
EARL Saint Martin de Lorraine

Dominique HIRTZBERGER

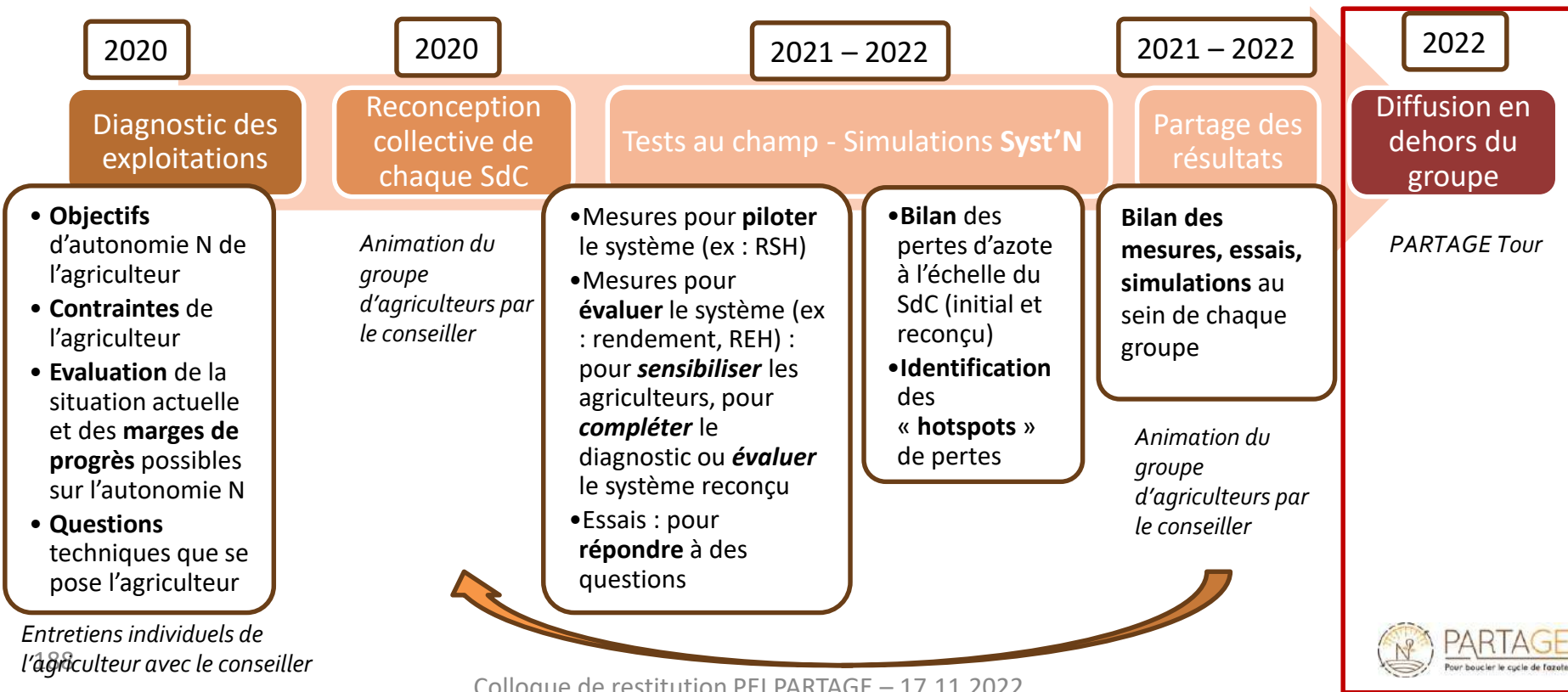


	2018	2022	Evolution
SCOP	215,3	214,2	=
autres	2,4	1,6	=
Prairie Permanente	117,8	118,2	=
SAU	335,6	334,0	=
IFT herbi / HVE	1,88	1,35	↘
IFT autres / HVE	0,46	0,13	↘
Achats N synthèse (kg N)	35772,3	22348,6	↘
Soit kg N / Ha SAU	106,6	66,9	↘
digestat t		8886	
soit t/ha SAU		27	
effectifs animaux	184,1	215,8	↗

Démarche de co-conception de systèmes de culture : accompagner sans prescrire et en s'appuyant sur le groupe



Démarche de co-conception de systèmes de culture : accompagner sans prescrire et en s'appuyant sur le groupe





PARTAGE TOUR



CARTE DES RDV EN GRAND EST

Printemps et automne 2022

Présentation du projet
en vidéo :



RDV cet automne (08)

Prosnès (51) : juin 2022
00h00 - 00h00
Insérer des légumineuses
dans mon assolement et
adopter des bonnes
pratiques de fertilisation

LIEU (51) : 04 mai 2022
00h00 - 00h00
Et si on fertilisait
autrement demain ?

RDV cet automne (10)

Bar-le-Duc (55) : mai 2022
00h00 - 00h00
Rendre sa fertilisation
azotée plus efficace

Landres (54) : 12 avril 2022

14h00 - 16h30

Accompagnement agronomique de méthaneur par la modélisation

Anoux (54) : 17 mai 2022

00h00 - 00h00

Méthaneur : optimiser son système de culture
et le rendre plus performant vis-à-vis de l'azote

LIEU (57) : 12 mai 2022

00h00 - 00h00

Des OAD pour optimiser les
apports d'azote

Haroué (54) : 02 juin 2022

00h00 - 00h00

TITRE JOURNÉE

Obernai (67) : 31 mai 2022

00h00 - 00h00

Méthaneur & essai Dige'O

RDV cet automne (88)

**13 journées
techniques**

390 participants
*agriculteurs
conseillers
apprenants*

...



avec le soutien financier de







PARTAGE

Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022

9h00 - 16h30

Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle



Transition bas-carbone : les leviers « azote » ont leur carte à jouer

Diagnostics et impact de la fertilisation : enseignements du PEI CarbonThink

Etienne Lapierre, *Terrasolis*

ÉVALUER ET FINANCER LA PERFORMANCE C DE NOS FERMES

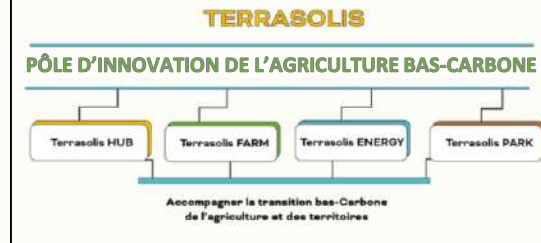
- Faire la démonstration (POC) du financement de 100 à 200 fermes en Grand Est pour leur performance Carbone au travers le déploiement d'un nouveau modèle économique

- 5 partenaires
- 36 mois de travail (2020-2022)
- En mode POC « open-source »



Périmètre

- Principales productions = Grandes cultures
+ ~~Elevage~~ + ~~Viticulture~~
- Bilan Carbone complet = Emissions brutes + Stockage sol
+ Substitution biomasse
- Valorisation des pratiques à venir (progrès) et en cours (performance)



« UNE AVENTURE COLLECTIVE »

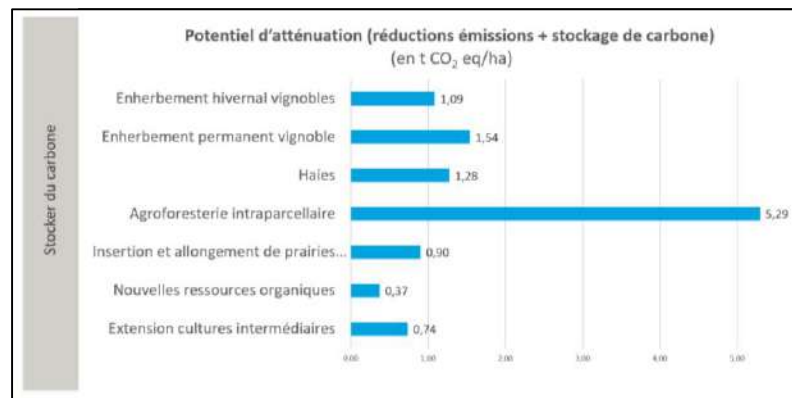
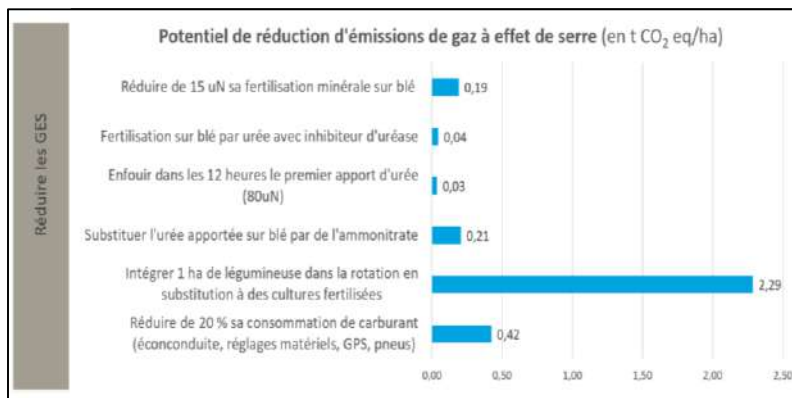


Une ferme bas-Carbone c'est quoi en grandes cultures ?

- Une ferme qui améliore son **autonomie en azote** (exogène : minéral et organique)
 - Une ferme qui stocke du **carbone dans le sol**
 - Une ferme qui substitue du carbone fossile avec du **carbone biosourcé** (biomatériaux, bioénergies...)
- Une équation complexe
 - Emissions brutes GES = f [Fertilisation azotée & Fioul] « réduire la dose et/ou réduire les pertes »
 - Stockage C Sol = f [Résidus de (inter)cultures & Amendements organiques] – Minéralisation Sol [Météo & Sol]



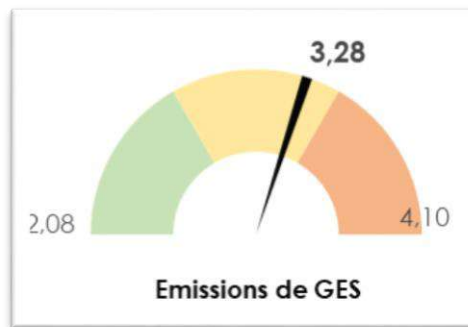
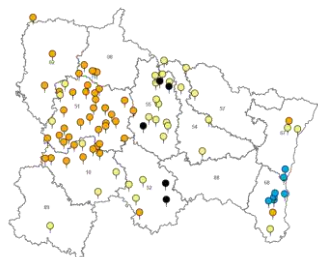
Scénario
de référence



Diagnostic Carbone initial



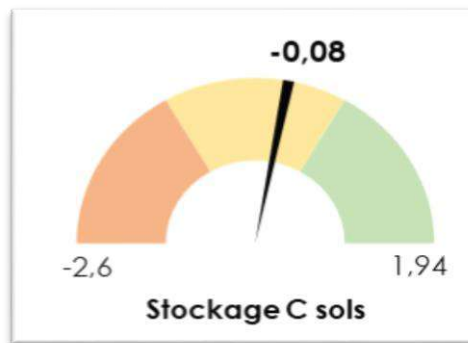
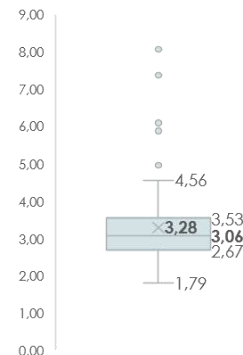
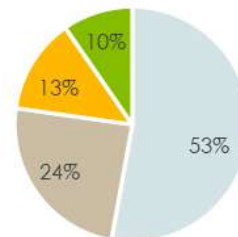
88 exploitations



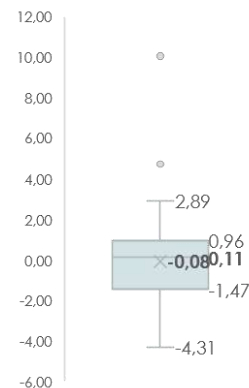
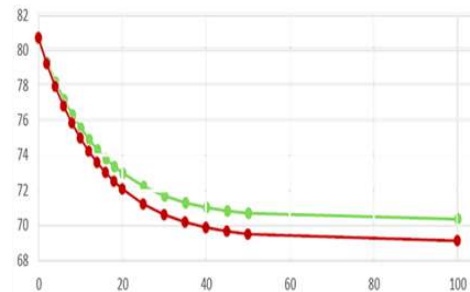
Profil des émissions de GES

- N₂O directes et indirectes
- Fabrication/transport engrais minéraux
- Fabrication/transport engrais organiques
- Emissions liées aux carburants

90% = N



Evolution du stock de C organique sur 0-30 cm sur Terrasolis Farm entre le **SDC Réf** et le **SDC bas-C**



Simulation bas-Carbone



31 exploitations
avec projet



Projets de transition bas-carbone envisagés

Leviers
mobilisés par



Réduction dose
d'azote **N**

22% des exploitations



Inhibiteurs de
nitrification **N**

16% des exploitations



Réduction de la
volatilisation **N**

56% des exploitations



Intégration dans la
rotation de cultures
à bas niveau
d'azote **N**

50% des exploitations



Augmenter l'azote
produit par les
intercultures **N**

22% des exploitations



Augmenter la
biomasse des
intercultures

63% des exploitations



Augmenter la
surface des
intercultures

44% des exploitations



Augmenter les
apports **N & C**
organiques

16% des exploitations



Augmenter la
restitution des
résidus de culture

25% des exploitations

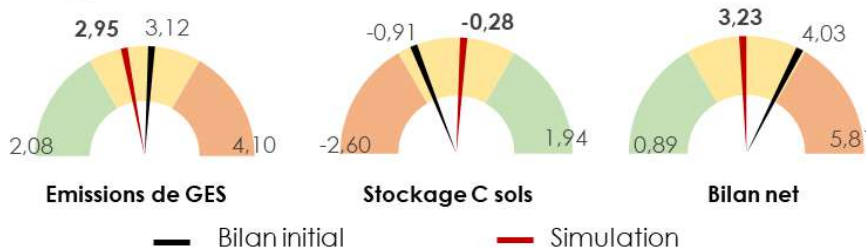


Réduire la
consommation de
carburant

13% des exploitations



Impact des projets sur le bilan carbone (en $\text{teqCO}_2/\text{ha/an}$)



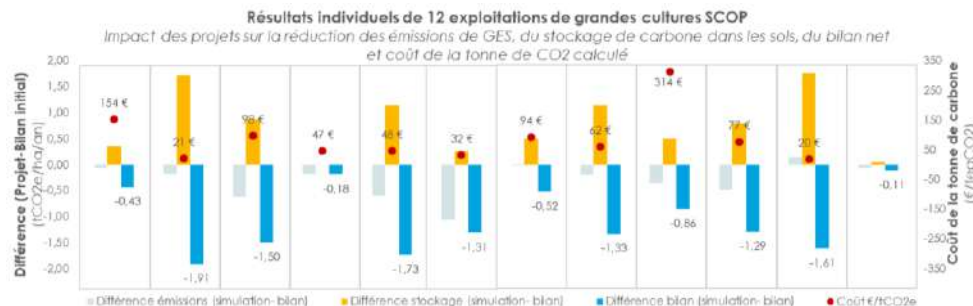
Coût des projets et crédits carbone

Coût moyen estimé des projets*	50,3 €/ha/an [3,4 ; 236,4]
24 exploitations	
Crédits carbone potentiels (spécifique)	0,66 crédits/ha/an
Crédits carbone potentiels (générique)	0,21 crédits/ha/an
8 exploitations (sur 16 avec un calcul générique)	
Coût moyen du crédit carbone**	87,1 €/teq CO2 [7,4 ; 314]
18 exploitations	

* Seule une partie des exploitations ayant réalisé un projet ont fait un calcul détaillé du coût de leur projet.

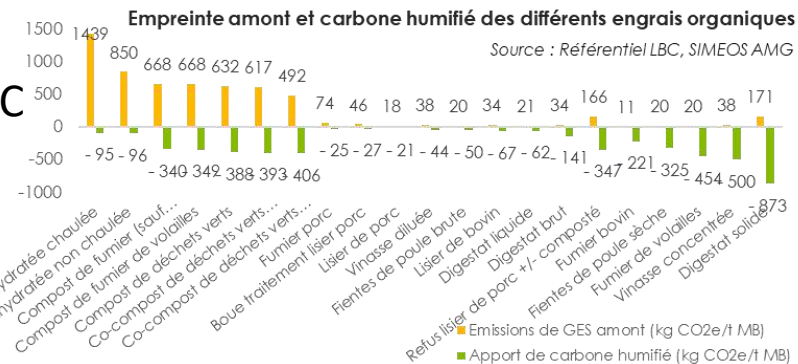
** Les exploitations qui génèrent moins de 0,11 CC/ha ont été exclues

Quelques réflexions techniques



1 - Le diagnostic Carbone comme prérequis pour mesurer la rentabilité C d'une ferme

2 - Le poids considérable de l'azote dans le bilan C d'une ferme de grandes cultures



3 - Emissions et stockage parfois antagonistes. Ex : Pois vs Colza OU Soja vs Maïs ...

Quelques réflexions stratégiques

4 - Une rentabilité perfectible, le crédit Carbone comme une fin ou comme un moyen ...



« le CC / une fin »
= Transition
rentabilisée

« le CC / un moyen »
= Transition dé-risée

5 - Articuler Crédit Carbone & Prime Filière

... notamment pour mieux valoriser l'existant ...

3 ÉTAPES DU CARBONE TOUR



Carbone Tour les 21/11 en Lorraine, 28/11 en Champagne-Ardenne et 01/12 en Alsace

COLLOQUE CARBONTHINK

GRANDES CONCLUSIONS
Évaluation et financement de la performance
Carbone en grandes cultures



Colloque final CarbonThink le 12/12 après-midi à Reims

contact : etienne.lapierre@terrasolis.fr

CarbonThink – nov 2022

Accompagner les agriculteurs dans leur démarche Bas-Carbone

Anne Barth, *Chambre d'agriculture Moselle*

Quelques références en polyculture élevage

Quelques références

- Elaboration de références Grand Est : Programme Air Climat Sol Energie des Chambres d'Agriculture



- **Quelques chiffres à retenir**
 - **30 plans d'action** analysés
 - **31 leviers identifiés**
 - **4 leviers d'atténuation**
mobilisés / exploitation
en moyenne

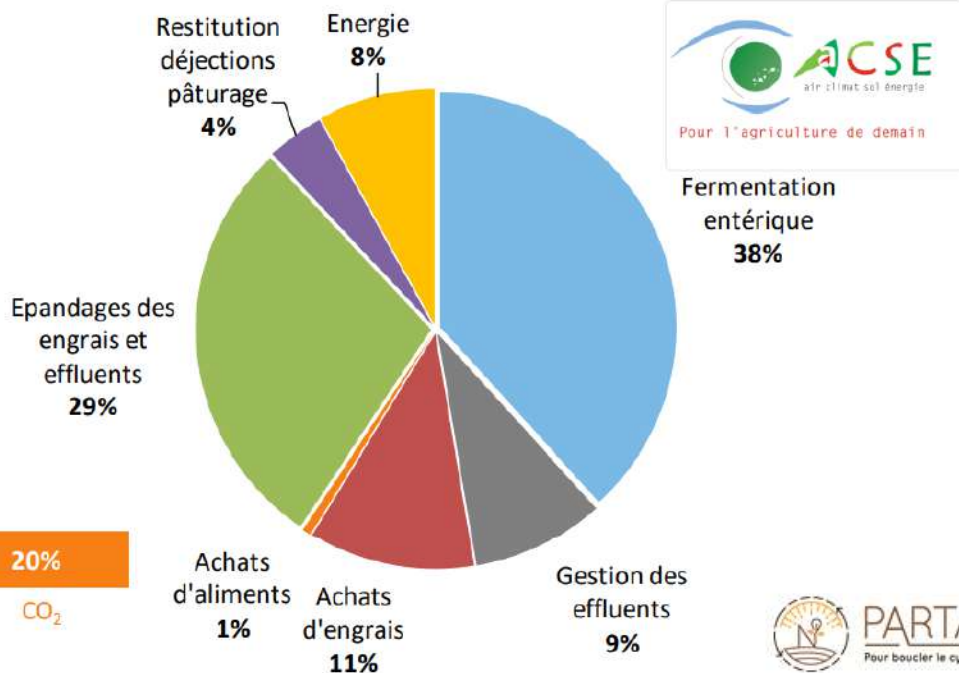
Quelques références

SAU = 249 ha
SFP = 75 ha
118 UGB
57 Vaches allaitantes
1,6 UGB/ha

Environ 14,3 Kg éq. CO₂/ kg PBVV
Ou 3,6 t éq CO₂ émis/ha

La fermentation entérique représente
38 % des émissions

Quelques repères sur les émissions de GES en système
Naisseur engraisseur de jeunes bovins. Cultures et
viande sur 250 ha, en zone polyculture

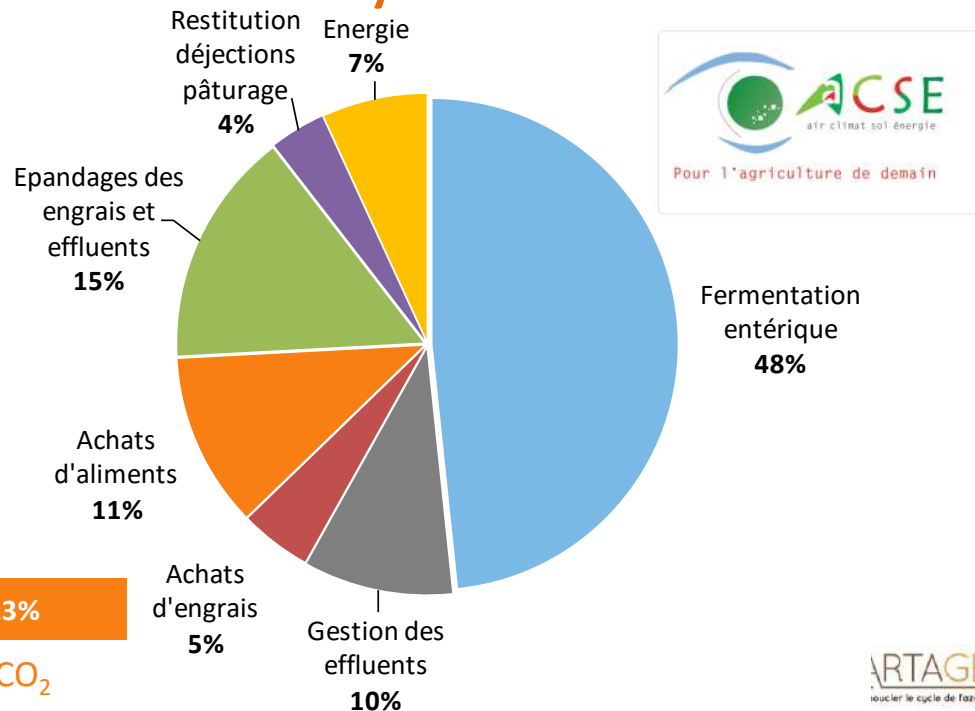


Quelques références

SAU : 121 ha
SFP : 89 ha
70 vaches laitières
1,3 UGB / ha

Environ 0,90 Kg éq. CO₂/ L lait
Ou 6,61 t éq CO₂ émis/ha

Quelques repères sur les émissions de GES en système Lait Mais



205 CH₄ = 28*CO₂

N₂O = 265*CO₂

CO₂

Accompagnement des agriculteurs

Accompagnement Bas Carbone des éleveurs

Construction du plan carbone

Identification des leviers d'action que l'éleveur souhaite mettre en place pour réduire l'empreinte carbone



Année 1

Visite de suivi

Etat des lieux des leviers mis en place et des difficultés rencontrées



Année 2 ou 3



Ferme laitière
Bas Carbone



Bons diagnostic
carbone

Dispositifs d'aides



Diagnostic CAP'2ER niveau 2

Evaluation des impacts environnementaux et des contributions positives de l'élevage



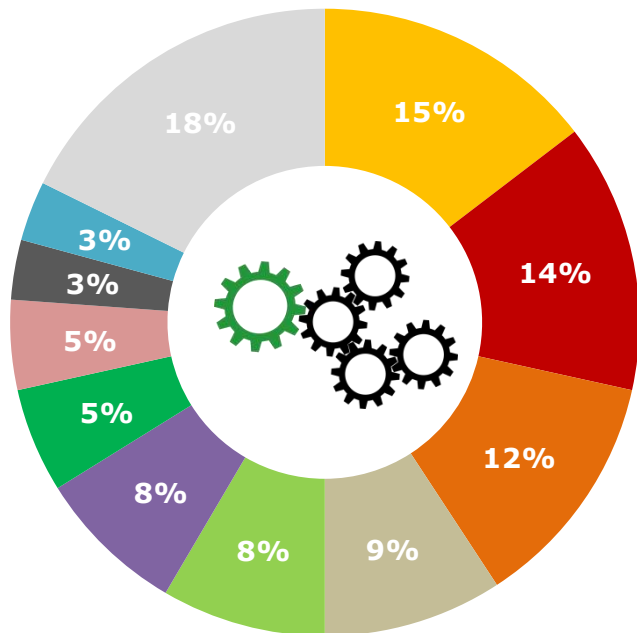
Visite technico-économique

Intervention d'un expert pour approfondir un levier technique



2nd diagnostic CAP'2ER niveau 2
Seconde évaluation pour chiffrer l'évolution de l'empreinte carbone

Leviers mobilisés



- Optimiser la fertilisation pour réduire l'usage des engrais minéraux (N,P,K)
- Evolution de la rotation (cultures, PP, PT)
- Optimiser l'âge au 1er vêlage et la longévité des vaches
- Optimiser gestion du troupeau (8 leviers)
- Optimiser la consommation de concentrés
- Améliorer l'autonomie protéique
- Planter des légumineuses en mélanges ou pures
- Augmenter la durée de pâturage
- Réduire la consommation de carburant
- Planter des haies
- Autres (21 leviers)

Impact des leviers



1 kg d'azote = 12,6 kg éq. CO₂



1 L de fioul = 3,25 kg éq. CO₂



100 kg de tourteau de soja du Brésil

= 115 kg éq. CO₂



100 m linéaires de haies

= 459 kg éq. CO₂ stocké/an



1 ha de prairie permanente

= 2 092 kg éq. CO₂ stocké/an

Gains carbone obtenus

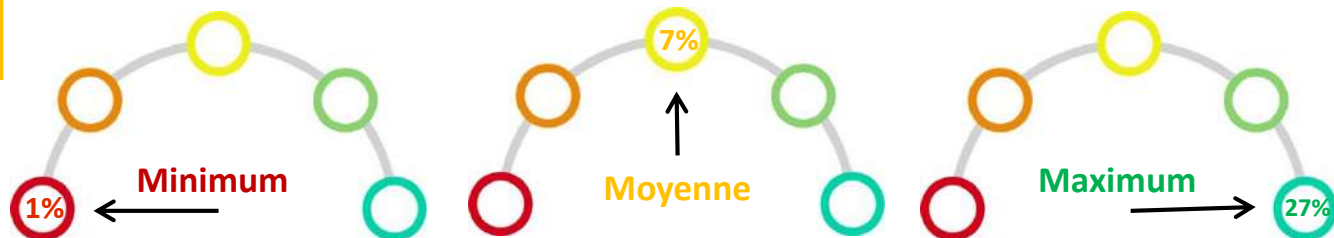
De 10 à 910 T de CO₂ économisées / 5 années / exploitation

- En moyenne, l'économie est de 320 T CO₂ / 5 ans
- Sur les 30 exploitations : 9 600 T CO₂ / 5 ans



9600 T de CO₂ =
L'empreinte carbone
annuelle de 160
français pendant 5 ans

Abattement / exploitation

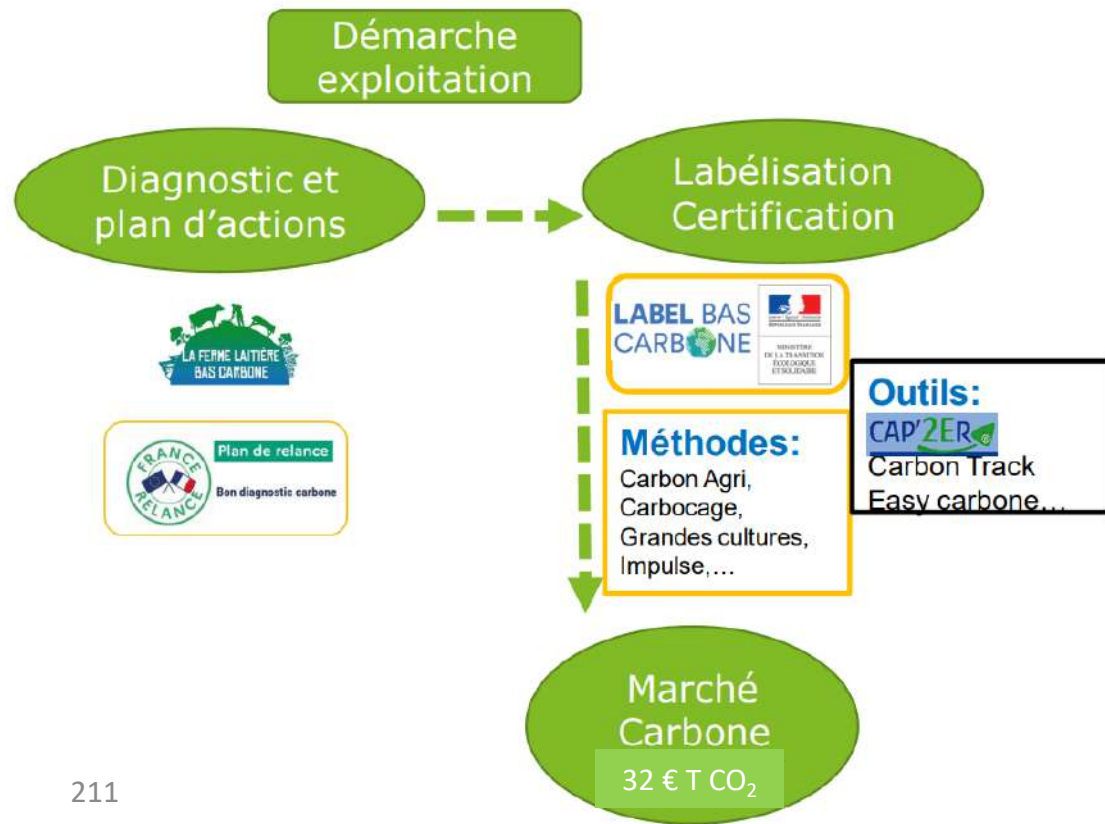


Constat

Les niveaux de **réduction les plus faibles** se rencontrent sur des **fermes ayant déjà optimisées** leurs systèmes de production

Quelles valorisations du bénéfice carbone engendré ?

Label Bas carbone



**LABEL BAS
CARBONE**

- Certifie l'impact carbone
- Non additionnel
- Traçabilité
- Suivi des émissions et stockage
- Permanence des réductions
- Co-bénéfice

Valorisation filière





PARTAGE
Pour boucler le cycle de l'azote



Jeudi 17 novembre 2022
9h00 - 16h30
Centre Prouvé de Nancy (54)



Questions et échanges avec la salle



Conclusion

Christian Schott, *Commission coopération internationale* –
Chambre régionale d'agriculture Grand Est

Conclusion

Béatrice Moreau, *Région Grand Est*

Conclusion

Pascal Collard, *Président du Comité de pilotage PARTAGE*



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural
L'Europe investit dans les zones rurales

