



# Quelle est l'empreinte carbone et quels sont les leviers pour atténuer les émissions de GES en grandes cultures ?

---



Marie Delaune

Chambre régionale d'agriculture  
Grand Est



# Les actions des agriculteurs face au changement climatique

---



Deux notions complémentaires :

**ADAPTATION**



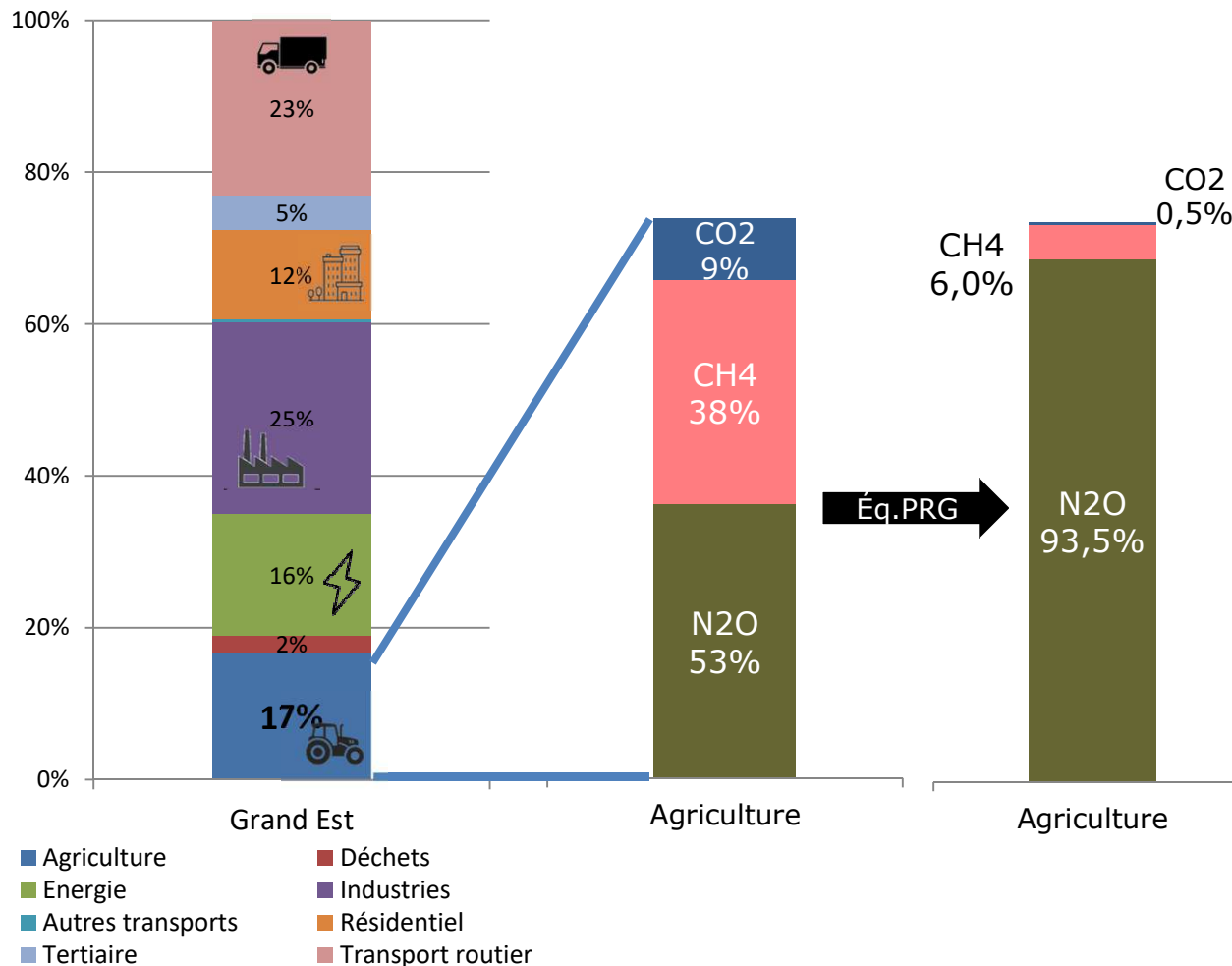
Mettre en place des actions afin de **limiter les conséquences** préjudiciables du changement climatique actuel et à venir sur une activité ainsi que **anticiper** pour saisir les opportunités

**ATTENUATION**

Mettre en œuvre des actions afin de **limiter ou réduire l'impact d'une activité** sur le changement climatique



# Emissions de GES en Grand Est



## Agriculture :

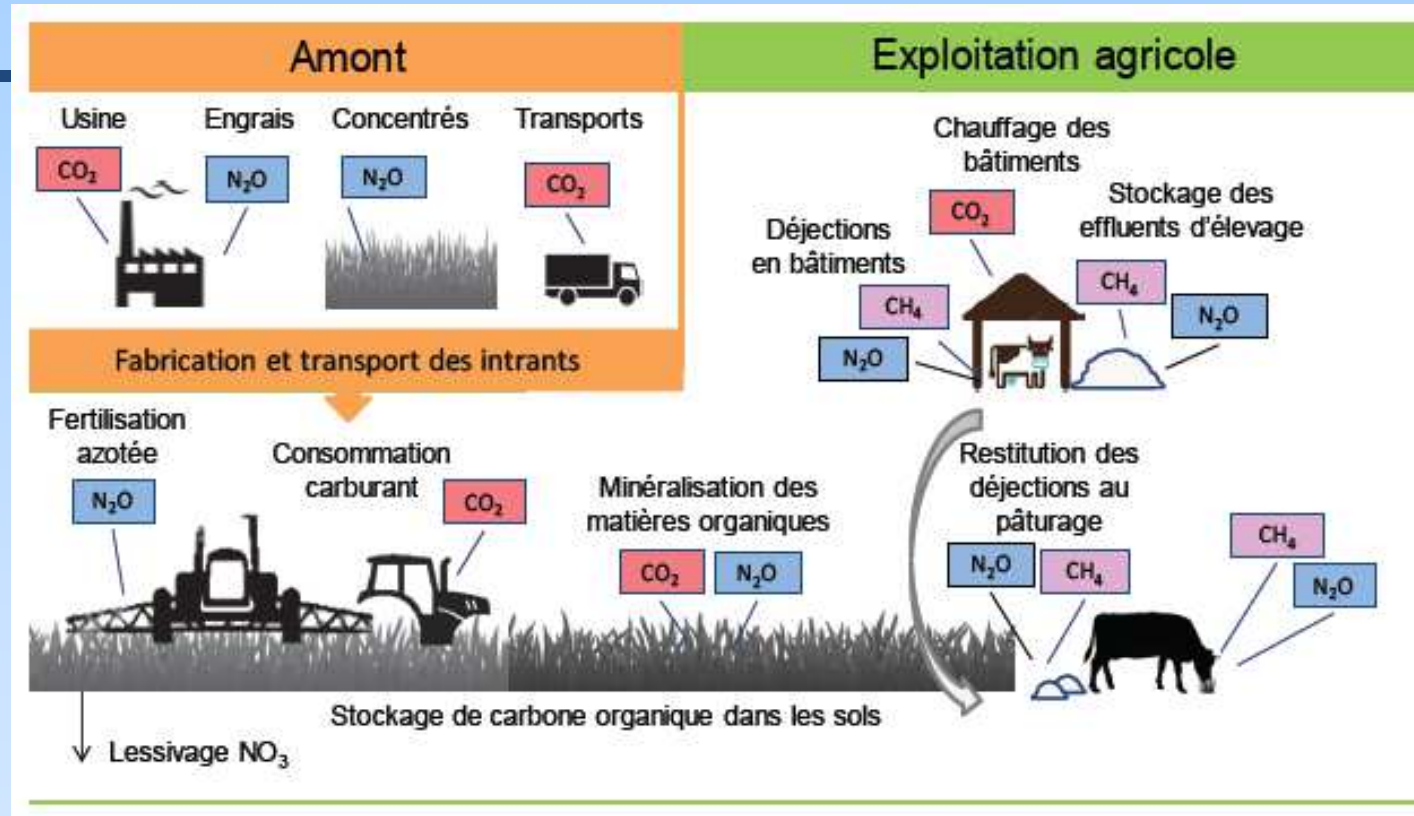
- 3<sup>ème</sup> secteur émetteur de GES en Grand-Est après les industries et les transports
- Principales émissions sous forme de N<sub>2</sub>O qui a un très fort pouvoir de réchauffement global



Répartition des émissions de GES par secteur en Grand Est et en France



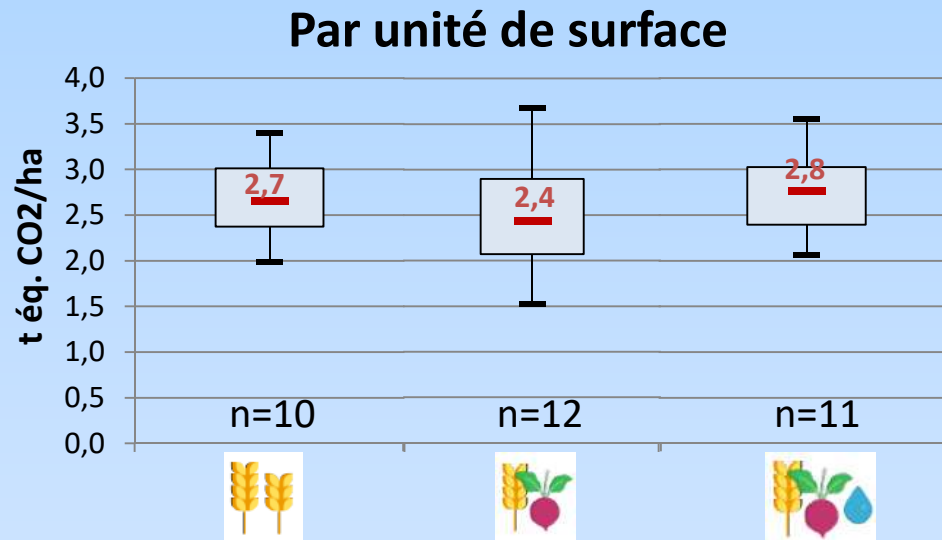
# GES : de quoi parle-t-on ?



- 5 types de postes d'émission
  - Combustion d'énergie directe (fioul, gaz, électricité...),
  - Fabrication + transport intrants, matériel et bâtiments,
  - Fermentation entérique
  - Gestion des déjections
  - Sols agricoles (épandage engrais, minéralisation résidus de culture, pâturage...)



# Emissions totales de GES en Grandes Cultures



- Pas de différences significatives d'émissions de GES selon les trois typologies Grandes Cultures

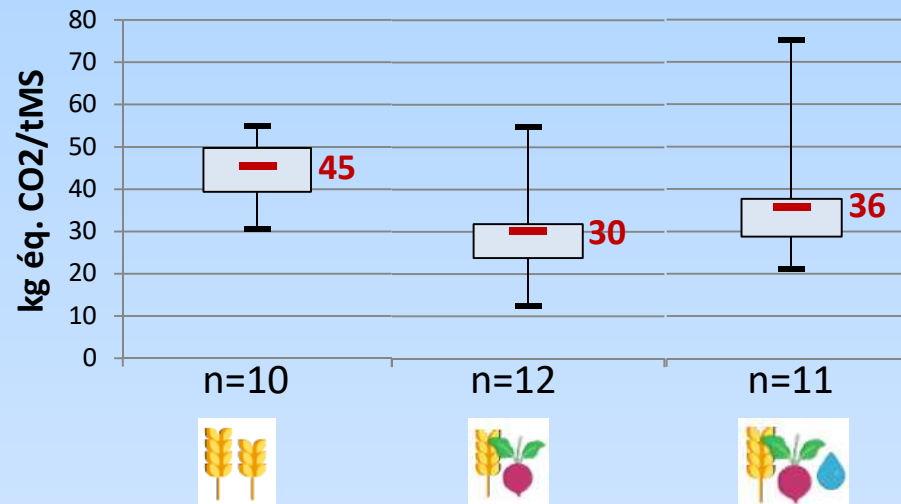
• Une variabilité importante au sein de chaque typologie



# Emissions totales de GES en Grandes Cultures



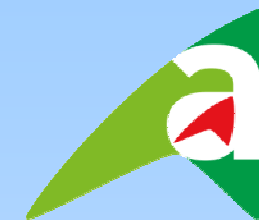
## Par unité de production



- Des émissions par tMS produite souvent plus faibles dans les systèmes avec cultures industrielles (avec ou sans irrigation) que dans les systèmes COP
- Une variabilité importante au sein des systèmes, surtout avec cultures industrielles



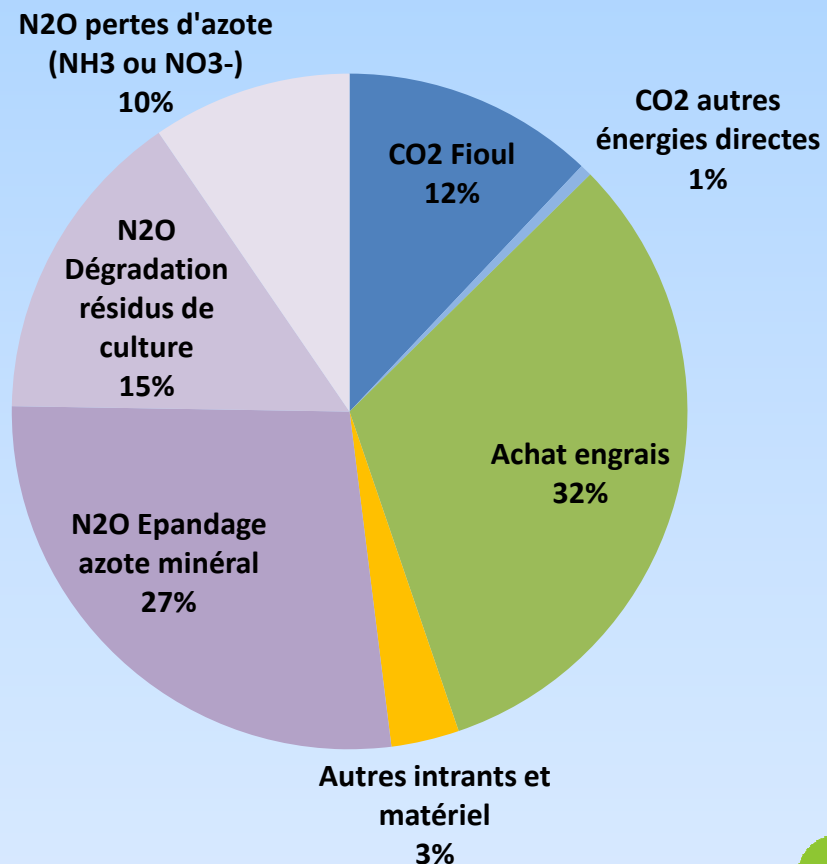
# Emissions de GES en système céréalier



## Profil Céréales et oléoprotéagineux

- Cult. Indust./spéciales <10% de la SAU
  - Pas d'irrigation
- Engrais : presque 70% du total (production, épandage, pertes d'azote)

Qualité de l'air:  
pertes moyennes de  
**22 kg NH<sub>3</sub>/ha**



→ Pour en moyenne **165 kg N/ha** et **80 L fioul/ha**



# Emissions de GES en système avec cultures industrielles et irrigation

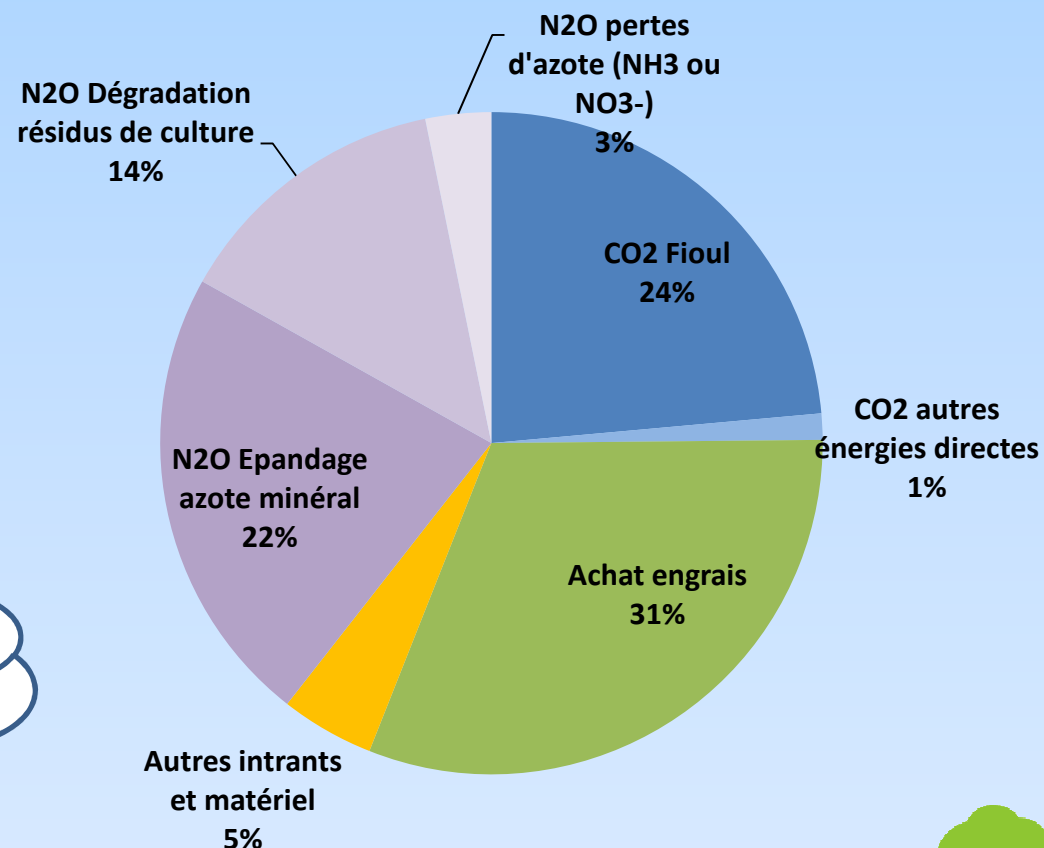


## Profil Cult. Indust. avec irrigation

- Cult. Indust./spéciales >10% de la SAU
- Présence d'irrigation

➤ Engrais = 56% du total (production, épandage, pertes d'azote)

Qualité de l'air:  
pertes moyennes de  
**20 kg NH<sub>3</sub>/ha**



→ Pour en moyenne **143 kg N/ha** et **132 L fioul/ha**



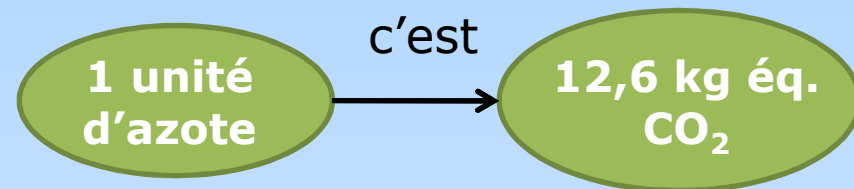


# Comment économiser l'azote minéral ?



- **Optimiser la fertilisation azotée**

- La bonne dose
- La bonne forme
- Le bon positionnement



Par rapport aux conditions météo...

Ex : volatilisation potentielle de la solution azotée : 10% de la dose

→ Sur une moyenne de 160 kg N/ha : **16 uN** soit 0,2 téq. CO<sub>2</sub>/ha

Profil Céréales et  
Oléoprotéagineux

- **7,5%** des GES totaux
- **9%** des émissions de NH<sub>3</sub>



... et aux besoins de la plante



# Comment économiser l'azote minéral ?



- **Valoriser au mieux l'azote organique**

-> Enfourir rapidement son fumier

Ex : 30 t/ha enfouies **sous 12h** au lieu de plus de 24h après l'épandage

-> **10 UN** valorisées en plus soit **130 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha** évités

-> Limiter la volatilisation des effluents liquide

Ex : **Pendillard** pour épandage 30 m<sup>3</sup> de lisier par rapport à la buse-palette

-> **25 UN** valorisées en plus soit **315 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha** évités

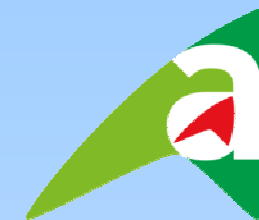


Si épandage sur 1/3 de la SAU en système COP

- 2 à 6% des émissions GES totales



# Comment économiser l'azote minéral ?



## Pilotage dynamique de la fertilisation selon l'INN du blé



-> du 15 février jusqu'à floraison du blé, suivi de l'état de nutrition azotée du blé avec pince N-Tester

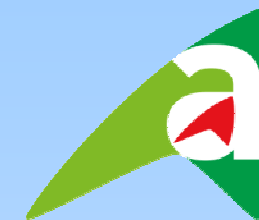


-> Décisions d'apport selon la **pluie prévue**, la valeur mesurée et à l'aide **d'abaques locales** basées sur les historiques de pluviométrie par période (INRA)





		Abaque pour la Marne (51)					
		15 - 28 février	1 - 15 mars	15 - 30 mars	1 - 15 avril	15 - 30 avril	1 - 15 mai
Ratio HNT	INN mesuré						
0,74 à 0,81	< 0.6	0	0	0	0	0	0
0,82 à 0,86	0.6 - 0.7	0	0	0	80	0	0
0,87 à 0,91	0.7 - 0.8	0	0	0	100	80	100
0,92 à 0,93	0.8 - 0.9	0	0	60	80	60	60
0,94 à 0,96	0.9 - 1.0	0	0	40	60	40	40
0,96 à 0,97	1.0 - 1.1	0	0	0	40	40	0
0,97 à 0,98	1.1 - 1.2	0	0	0	0	0	0



# Comment économiser l'azote minéral ?



- Intégrer des couverts d'interculture avec légumineuses

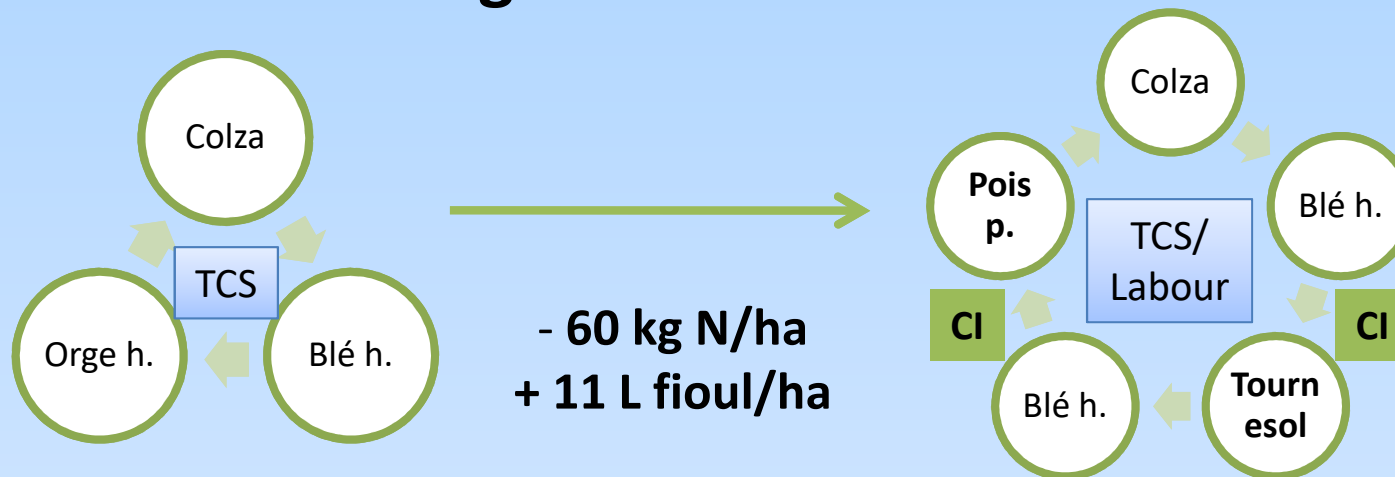
	Consommation d'intrants 	Gains ou pertes économiques 	Investissement 	Emission de GES* 
Ex 1 : avoine + pois + tournesol à 2,6 tMS/ha avant orge p. ou maïs grain comparé à une situation sans couvert (référence Lorraine)	- 35 kg N/ha + 8 L GNR/ha <sup>66</sup> (semis)	+ 25 €/ha	17 €/ha (si semences autoproduites)	Avant orge p. : - 300 kg éq. CO <sub>2</sub> /ha Avant maïs grain : - 370 kg éq. CO <sub>2</sub> /ha
Ex 2 : Radis + vesce à 4,3 tMS/ha avant betterave comparé à une situation sans couvert (exemple en terre de craie)	- 65 kg N/ha** + 8 L GNR/ha (semis)	+ 50 €/ha	67 €/ha	- 230 kg éq. CO <sub>2</sub> /ha soit 1 % des émissions totales de GES en système avec cult. indust./spéciales non irrigué
Ex 3 : CIPAN avant maïs grain (tournesol + vesce + phacélie à 2,9 tMS/ha) comparé à une situation sans couvert (essai Rouffach 2009-2015)	- 35 kg N/ha + 8 L GNR/ha (semis)	+ 25 €/ha	46 €/ha	- 200 kg éq. CO <sub>2</sub> /ha soit 1,3 % des émissions totales de GES en système avec cult. indust./spéciales irrigué



# Comment économiser l'azote minéral ?



- Introduire des légumineuses dans sa rotation



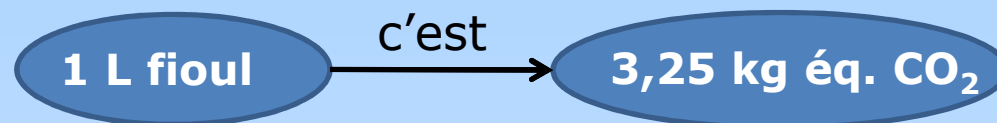
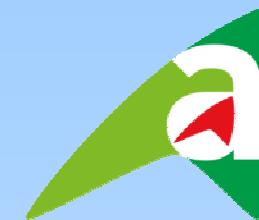
→ Réduction de 77 EQF/ha et 0,66 t éq. CO<sub>2</sub>/ha



- **25%** des GES totaux  
- **32%** des émissions de NH<sub>3</sub>



# Comment faire des économies de carburant ?



- **Bon entretien et contrôle des tracteurs**

- Passage au banc d'essai moteur : surconsommation évitée → **- 1% GES**

- **Eco-conduite et mécanisation adaptée aux besoins**

- Jusqu'à 20% de carburant → **- 2% GES**

- **Optimisation des parcours**

- Rapprochement de parcelle de l'exploitation (échange parcellaire), agencement des chemins...



- **Diminution du travail du sol (profondeur, fréquence...)**

Ex : 100% Labour -> 100% SD → **- 3% GES**



# Atténuation et stockage de carbone dans les sols



- **Principe de l'initiative 4‰**

Émissions mondiales d'origine anthropique = 10 Gt de Carbone/an

Stock de C organique des sols de la planète (0-1m) = 2400 Gt de Carbone

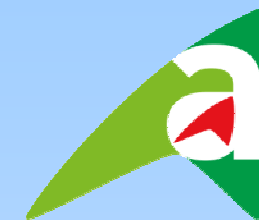
⇒ Emissions = 4‰ des stocks du sol (pour la planète)

⇒ Objectif initiative = augmenter de 4‰ les stocks de C dans les 0-30cm des sols/an pour atténuer le réchauffement climatique



# Stocker du C dans les sols : oui mais comment?

---



- Leviers d'action
  - Diminuer les sorties de C
    - Restitution des pailles
    - Réduction de l'érosion
    - Maximiser la couverture du sol
  - Augmenter les entrées de C
    - Couverts d'intercultures (CIPAN, CIVE,...)
    - Apports organiques (fumier, lisier, digestats, composts, ...)
    - Maximiser la biomasse

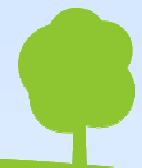
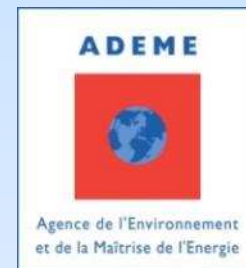




# Plateforme expérimentale d'Haroué (54)



**Trois systèmes de culture innovants suivis  
et évalués sur six ans (2019-2024)**



# Des systèmes pour répondre aux enjeux du territoire



- **Contexte** : plateau sud lorrain
  - Sol argilo-calcaire moy. profond
  - 25 à 30% de cailloux
  - 4,6% de MO
- **Enjeux techniques**
  - Contexte pédoclimatique contraint
  - Gestion difficile des adventices graminées
  - Culture du colza

**Assurer une performance économique**  
avec une moindre dépendance aux énergies fossiles et aux intrants

**Prendre en compte les valeurs de durabilité attendues par la société**  
dans un concept d'agro-écologie

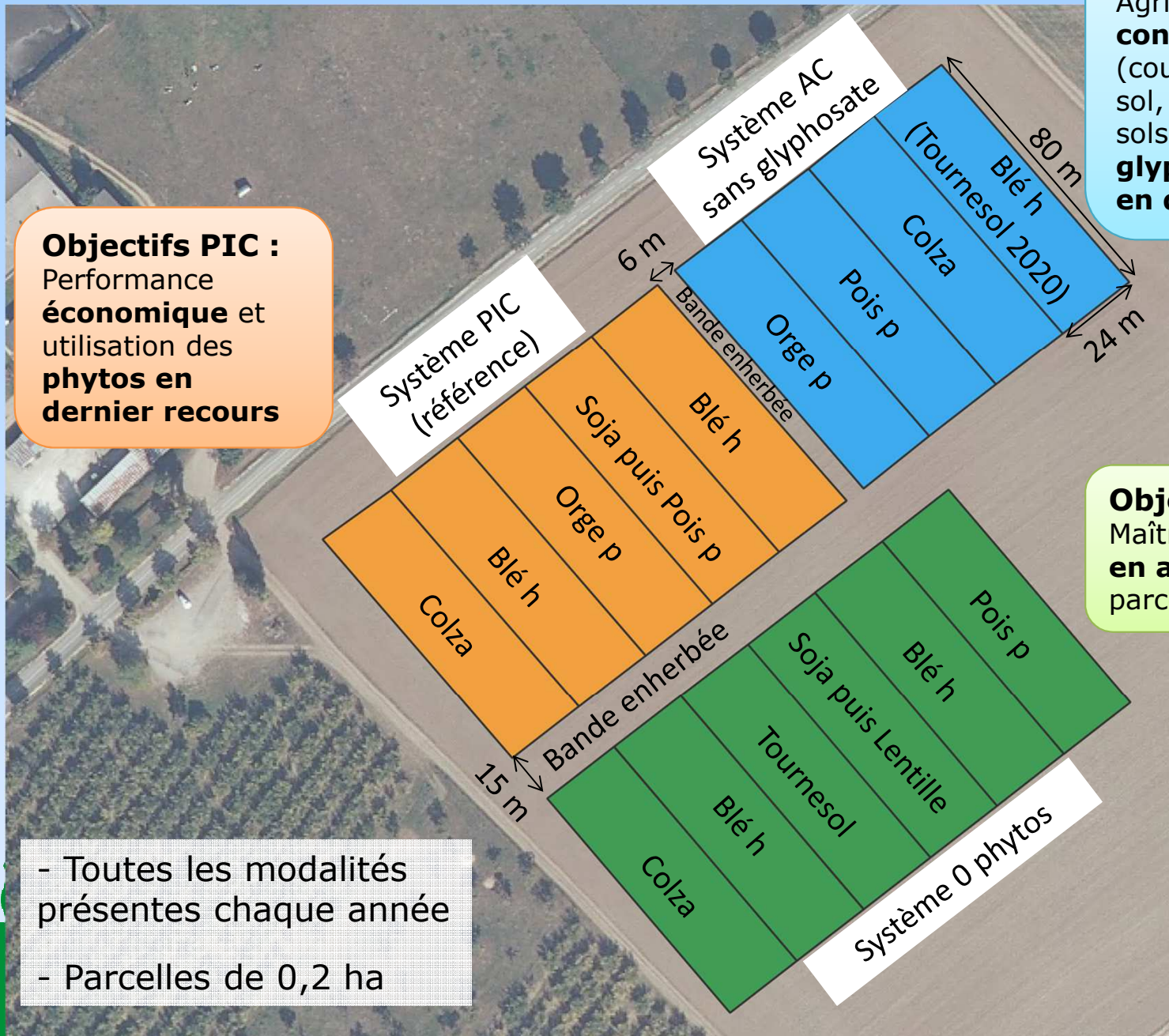


**Améliorer la fertilité des sols et leur capacité d'atténuation du changement climatique**

**Augmenter la résilience des systèmes agricoles face aux aléas climatiques en zone intermédiaire**



# Le dispositif expérimental

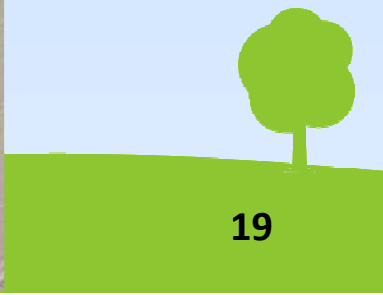


**Objectifs PIC :**  
Performance  
**économique** et  
utilisation des  
**phytos en**  
**dernier recours**

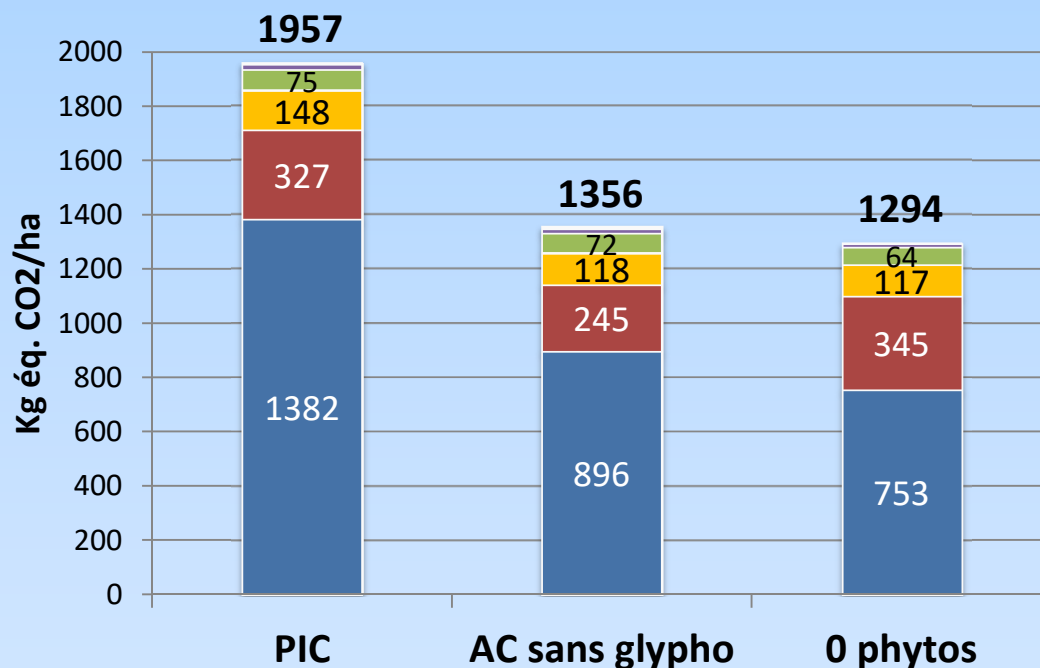
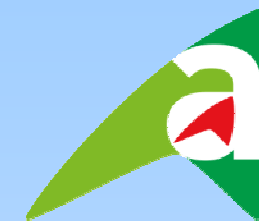
**Objectifs AC :**  
Agriculture de  
**conservation des sols**  
(couverture maxi du  
sol, énergie, fertilité des  
sols, stockage C) **sans**  
**glyphosate et phytos**  
**en dernier recours**

**Objectifs OPPP:**  
Maîtriser le **salissement**  
**en adventices** des  
parcelles en **0 phytos**

- Toutes les modalités présentes chaque année
- Parcelles de 0,2 ha



# Résultats 2019-2020 : Emissions de GES



Rappel médiane système  
COP : 2653 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha

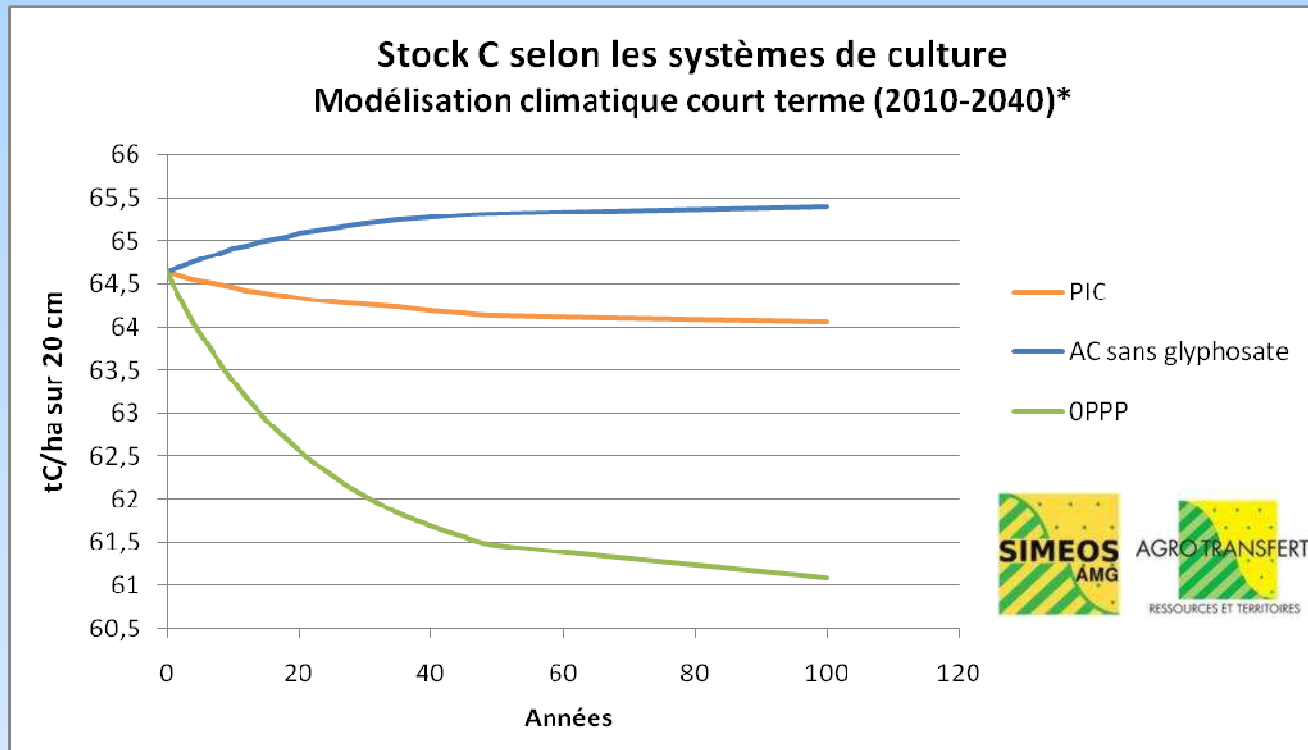
- Phytos
- Matériels
- Semences
- Résidus de culture
- Carburants
- Fertilisants

	PIC	AC sans glypho	OPPP
Apports d'azote moyens (kg N/ha)	123	80	67

Des émissions **équivalentes** entre le système **0 phytos** et **AC** sans glyphosate, et **inférieures** à celles du système **PIC**, surtout expliquées par la diminution du poste **azote**.



# Stockage de carbone : simulations initiales



\* DRIAS-Modèle Aladin-Exercice CNRM 2014-Scénario RCP 4,5 (2006-2100) à Haroué



→ Simulations initiales à confronter avec les mesures réelles de carbone dans le sol à la fin des essais systèmes (2024)





# Valoriser les efforts des agriculteurs



**LABEL BAS  
CARBONE**

→ Labellisation de **projets de réductions d'émissions** sur **5 ans**

→ Méthodes existantes :

 Niveau 2 Méthode pour Exploitations bovin lait, bovin viande ou culture de vente	 Méthode Haies Gestion durable des haies bocagères	Méthode Arboriculture Plantation d'une culture fruitière pérenne sur parcelle cultivée
--	--	---

→ Méthode grandes cultures en cours de validation :

- quantification à l'échelle du système de culture
- émissions **amont** (engrais, carburant/fuel)
- émissions **sur l'exploitation et stockage de carbone**
- en option : émissions **aval** (séchage/stockage des productions, valorisation en biomasse énergie ou protéines)





**Merci pour votre attention**  
**Des questions ?**

---

