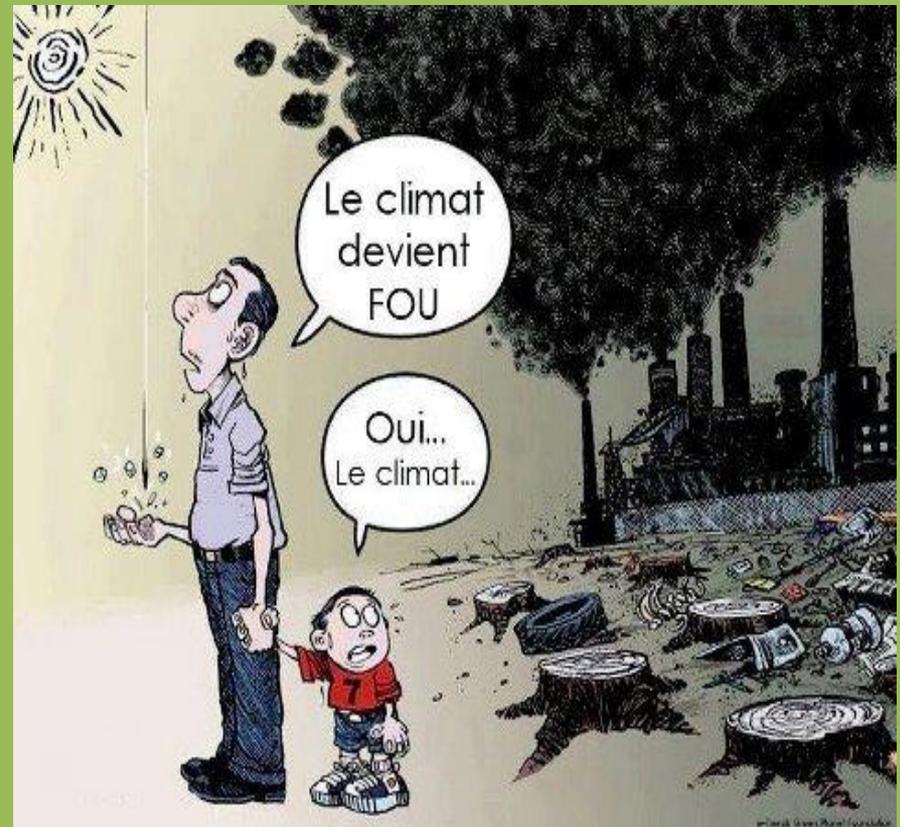


Consommation d'énergie et émissions de GES des exploitations et des parcelles

Sylvain Doublet
Association Solagro



Pourquoi GES et énergie ?

« L'agriculture n'est rien pour l'énergie, mais l'énergie est fondamentale pour l'agriculture »:

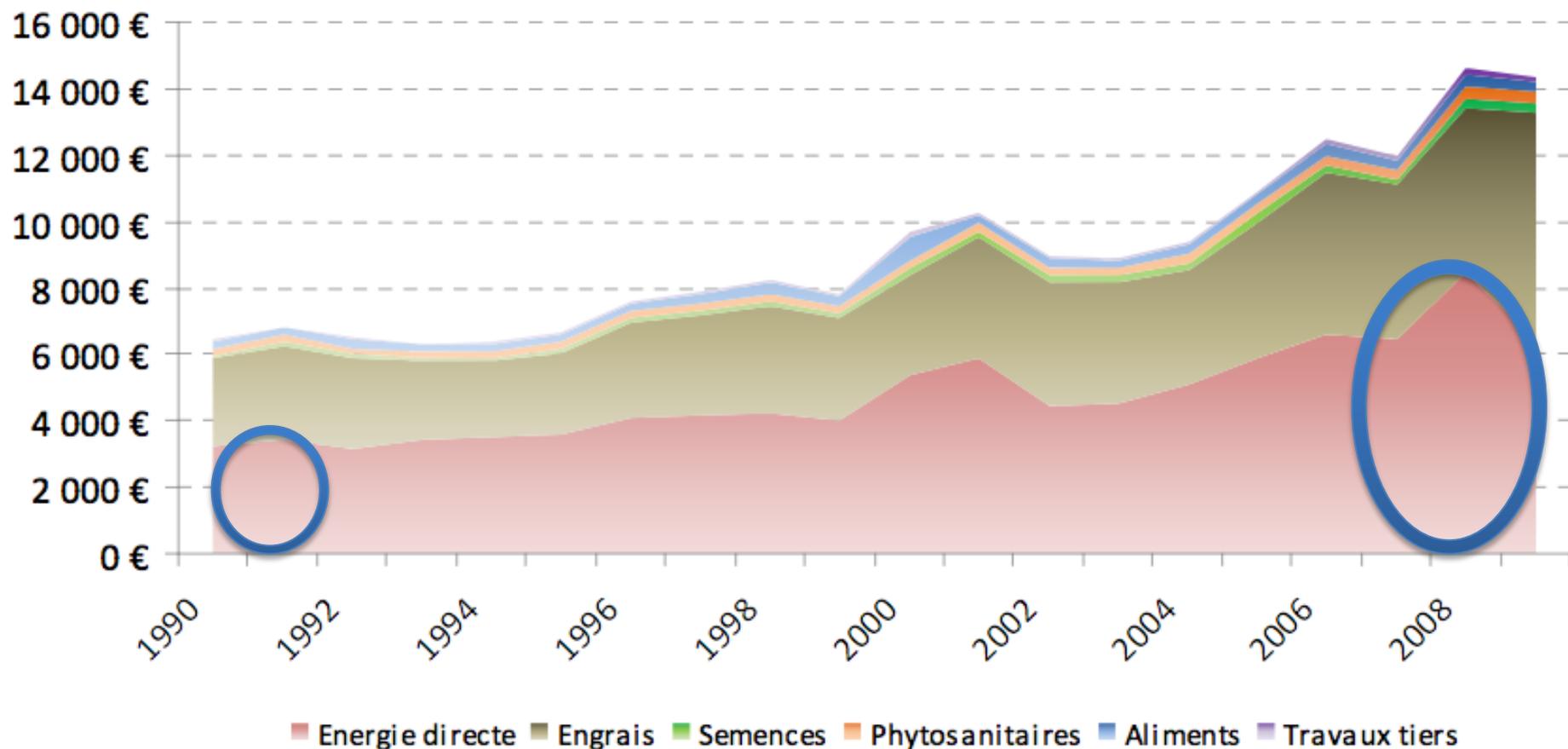
- Agriculture: **2,5%** de la consommation finale d'énergie en France
- **Dépendance au pétrole: 75%** des dépenses énergétiques de l'agriculture
- Prix du baril: 100\$ (150\$ en 2013? 200\$ en 2020)

GES:

- Agriculture: 21% des émissions (**51% sous forme de N2O** & 8% sous forme de CO2)
- Objectifs de **réductions** des émissions
- **Stockage** de carbone dans les sols

La dépendance énergétique des fermes GC

Grandes cultures COP (OTEX 13) - Charges annuelles liées à l'énergie, par exploitation



Les engagements en terme de réduction des GES

Intitulé	Valeur	Source
Emissions de GES de l'agriculture dans le monde	13,5%	GIEC 4 ^{ème} rapport 2007
Emissions de GES de l'agriculture dans l' UE	9,6 %	format SECTEN - AEE 2010
Répartition des GES agricole dans UE	50 % N ₂ O, 37 % CH ₄ et 13 % CO ₂	EUROSTAT 2007
Evolution des émissions de GES de l'agriculture de l' UE de 1990 à 2005	- 20%	
Objectifs de réduction des GES de l'agriculture de l' UE en 2050	- 42% à -49%	UE - « feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité carbone à l'horizon 2050 ».
Emissions GES de la France	562 Mt éq.CO ₂	CITEPA 1990
Objectif Facteur 4 pour la France	140 Mt éq.CO ₂	loi dite Grenelle 1 du 3 août 2009
Emissions GES de la France	527 Mt éq.CO ₂	CITEPA 2009
Emissions GES en France Secteur Agriculture/Forêt	107 Mt éq.CO ₂	CITEPA 2009
Emissions GES en France Secteur Agriculture/Forêt	21 % des émissions nationales	CITEPA 2009
Répartition des GES agricole en France	43 % sols agricoles (N ₂ O), 28 % fermentation entérique (CH ₄), 19 % déjections animales (CH ₄ +N ₂ O) et 10 % énergie (CO ₂)	EUROSTAT 2007
Puits nets de carbone en France	64 Mtéq.CO ₂	CITEPA 2009

Les questions clés?

Les TTSI permettent-elles de **réduire les émissions** de GES?

Les TTSI permettent-elles de **réduire les consommations** d'énergie?

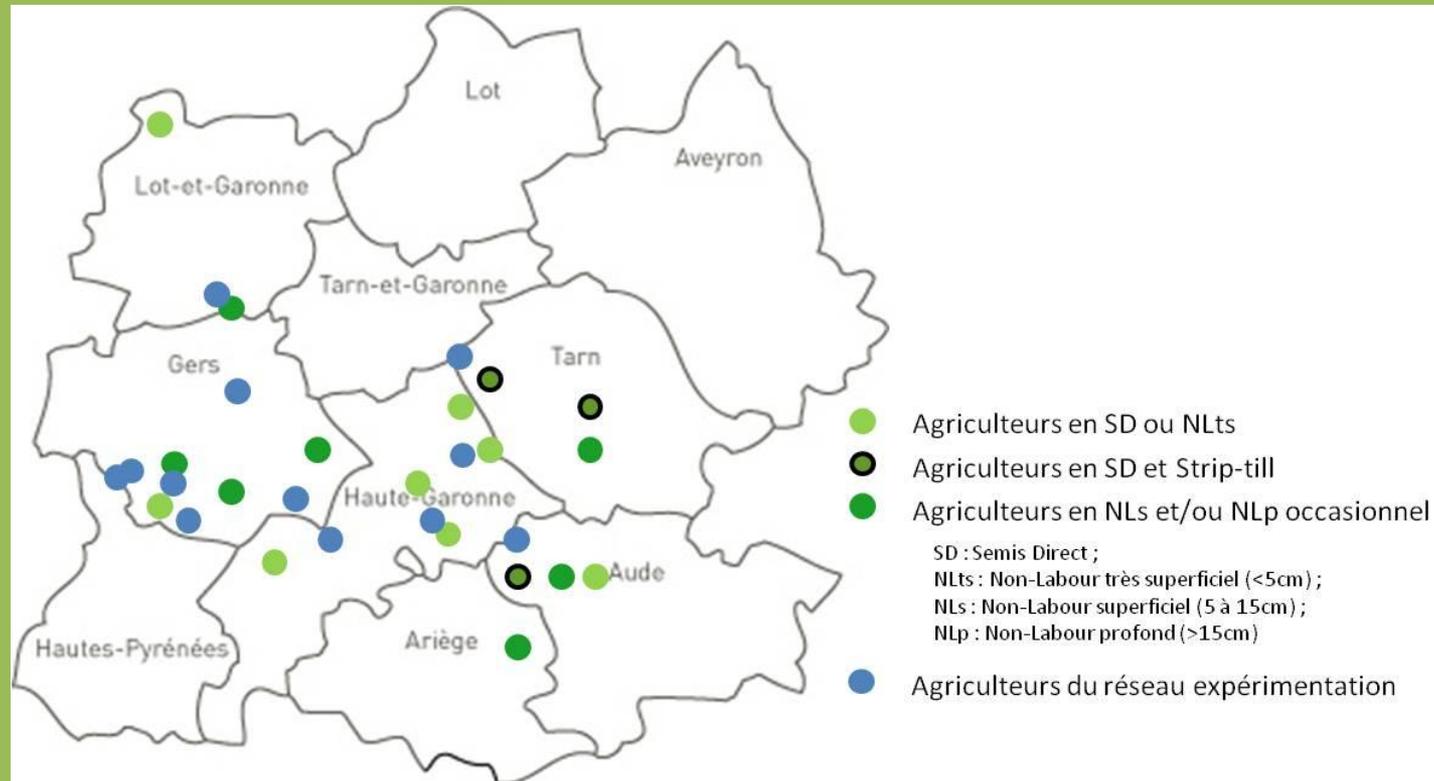
Les TTSI permettent-elles de **stocker du carbone** dans les sols?

Quels sont les **profils GES et « énergie »** des TTSI?

Les **incertitudes** GES en TTSI?

Projet CasDAR TTSI 2008-2012

- Mise au point de techniques très simplifiées d'implantation (TTSI) de grandes cultures
- Évaluation de leur impact sur les plans technique, agronomique, économique et **environnemental**
- Définition des conditions de leur diffusion auprès des agriculteurs et agents développement



Le réseau des agriculteurs

Caractéristiques du réseau d'exploitation								
Modes d'implantation des cultures d'été	Nombre d'expl	Remarques	Couverts	Rotation		Irrigation		Systèmes de cultures
				≥ 6 ans	2 ans	oui	non	
SD ou NLTS<5cm	7	dont 2 avec Nlp avant tournesol (très occasionnel)	5	4	1	2	5	GC sec : 5 GC irrig + arbo : 1 BL+GC irrig :1
NLS (5-15cm)	7	dont 4 avec Nlp occasionnel	4	1	3	3	4	GC irrig : 3 GC sec : 2 GC sec + semences : 1 GC sec + arbo : 1
Strip-till et SD	4	Une 5° exploitation équipée en 2011	4	0	2	3	1	BL+GC irrig :1 GC sec + semences : 1 GC irrig : 2
Total	18		13	5	6	8	10	GC sec : 7 GC sec + semences : 2 GC irrig : 5 BL+GC irrig : 2 GC + arbo : 2

Définitions :

- Non-labour profond (NLP) : passage d'outils à dents à plus de 15cm de profondeur
- Non-labour superficiel (NLS) : passage d'outils à dents ou à disques entre 5 et 15 cm de profondeur
- Strip-till (ST) : travail localisé sur le rang de semis
- Non-labour très superficiel (NLTS) : passage d'outils à moins de 5 cm de profondeur.
- Semis direct (SD) : aucun passage d'outils de travail du sol avant le passage du semoir

Evaluation à la **parcelle** – éléments de méthode

L'échantillon suivi
sur trois ans

Nombre de parcelles suivies par culture et par année

Culture	Année de culture			Total sur 3 campagnes
	2009	2010	2011	
Tournesol	12	12	9	33
Blé dur	9	8	9	26
Blé tendre	5	9	8	22
Maïs	7	6	6	19
Sorgho	6	4	5	15
Soja	5	5	4	14
Colza	7	5	2	14
Pois	2	8	3	13
Féverole	2	2	0	4
Orge	1	1	1	3
Sorgho ensilage	0	0	1	1
Maïs ensilage	0	1	0	1
Total	56	61	48	165

Evaluation à la parcelle – évaluation des GES

Le périmètre :

- de l'**amont** (fabrication des intrants, MAD) à la production de grains aux normes
- De la récolte du précédent (couverts inclus) à la récolte de la culture

Les GES :

- 2 GES pris en compte : **CO2 et N2O** (on néglige le CH4)
- PRG à 100 ans
- Méthode de base et FE : **IPCC 2006** (modifiée pour le bilan N+amont) + Dia'Terre

Evaluation à la parcelle – évaluation des GES

Les GES (suite) :

Séquestration : non pris en compte (bilan – émissions)

Postes d'émissions de GES pour la conduite de la culture à la parcelle

POSTE GES		dont CO ₂	dont N ₂ O
ENERGIE DIRECTE	Fonctionnement des engins agricoles et l'irrigation	X	
FABRICATION D'INTRANTS*	Engrais N	X	x
	Autres intrants (engrais P, K, chaux, semences, pesticides, matériel)	X	
EMISSIONS AU CHAMP	Épandage engrais		x
	Émissions indirectes (lixiviation, volatilisation d'ammoniac, décomposition des résidus de culture)		x

Evaluation à la parcelle – évaluation de l'énergie

L'énergie :

- De la **récolte du précédent** (couverts inclus) à **la récolte de la culture**

Postes de consommation d'énergie pour la conduite de la culture à la parcelle

ENERGIE DIRECTE	Carburant
	Irrigation
MATERIEL	Fabrication des engins agricoles
FABRICATION D'INTRANTS	Engrais
	Autres intrants (semences, pesticides)

Les résultats :

- **Intensité** : GES/ha ou MJ/ha
- **Efficacité** : GES / t produite ou MJp/MJc ou MJp/t produite

Evaluation à la parcelle – les unités

L'énergie :

- **EQF**: équivalent litre de fioul (35 MJ)
 - 1 litre de fioul = 1,2 EQF
 - 1kg Nam.= 1,5 EQF

GES

- PRG:
 - Pourvoir de réchauffement globale
 - 100 ans
 - PRG mesuré en **Équivalent CO2**:
 - $PRG_{CO2} = 1$ (valeur de référence)
 - $PRG_{N2O} = 300 \times PRG_{CO2}$
- « le pourvoir de réchauffement du protoxyde d'azote (N₂O) est 300 fois celui du dioxyde de carbone »

Evaluation à la parcelle – Résultats « énergie »



JD 750 A



Bertini



Sola Prosem K

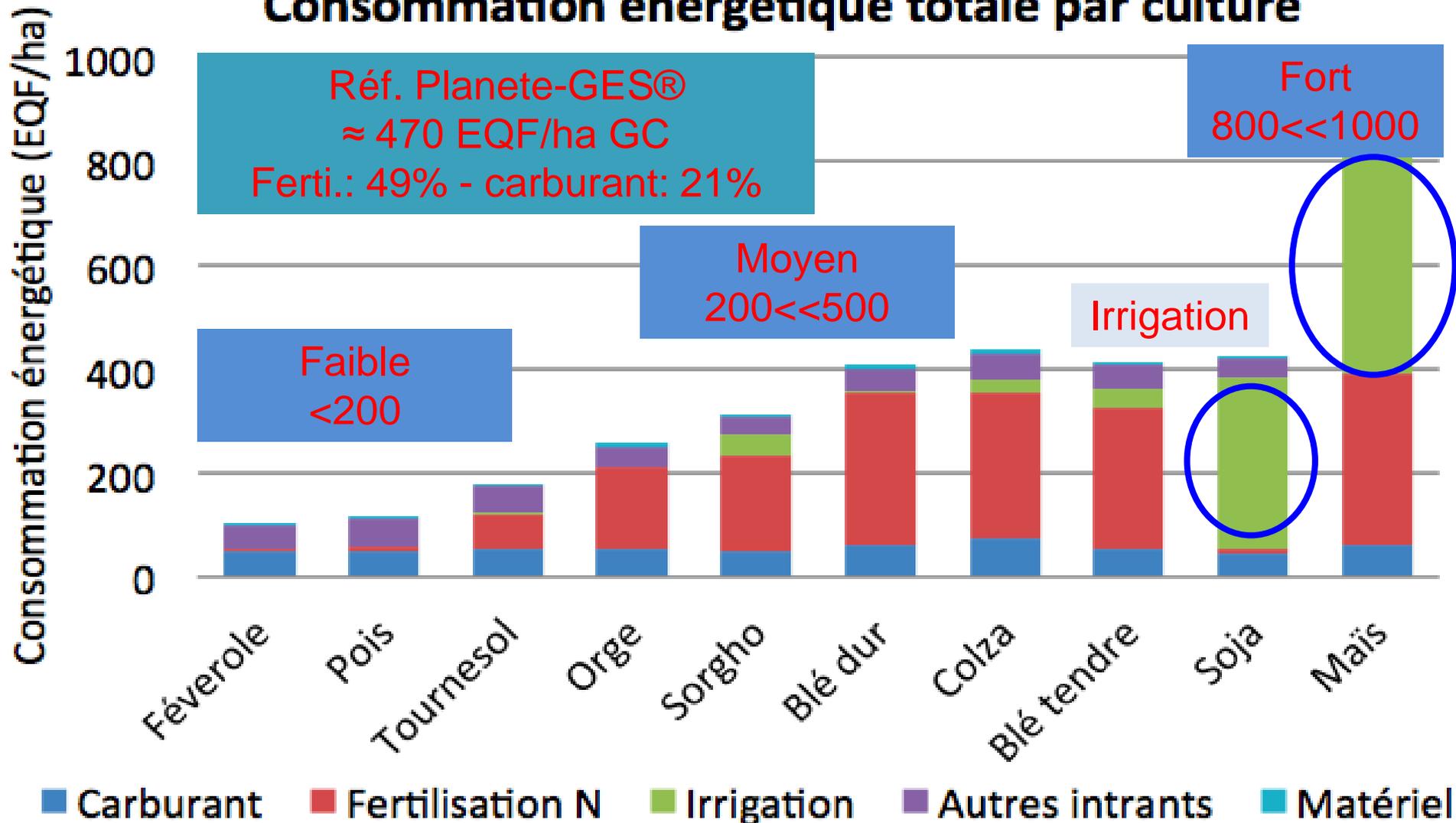


John Deere max emerge

Evaluation à la parcelle – Résultats Energie TTSI

Consommation d'énergie – 390 EQF/ha dont 46% ferti. 15% carburant

Consommation énergétique totale par culture



Evaluation à la parcelle – Résultats Energie TTSI

Impact de la fertilisation N la consommation d'énergie

Apport moyen d'azote par culture	
Type de culture	Apport d'azote moyen (kg N/ha)
Légumineuses	10
Tournesol	38
Sorgho-Orge	109
Blés	176
Colza	169
Maïs	202

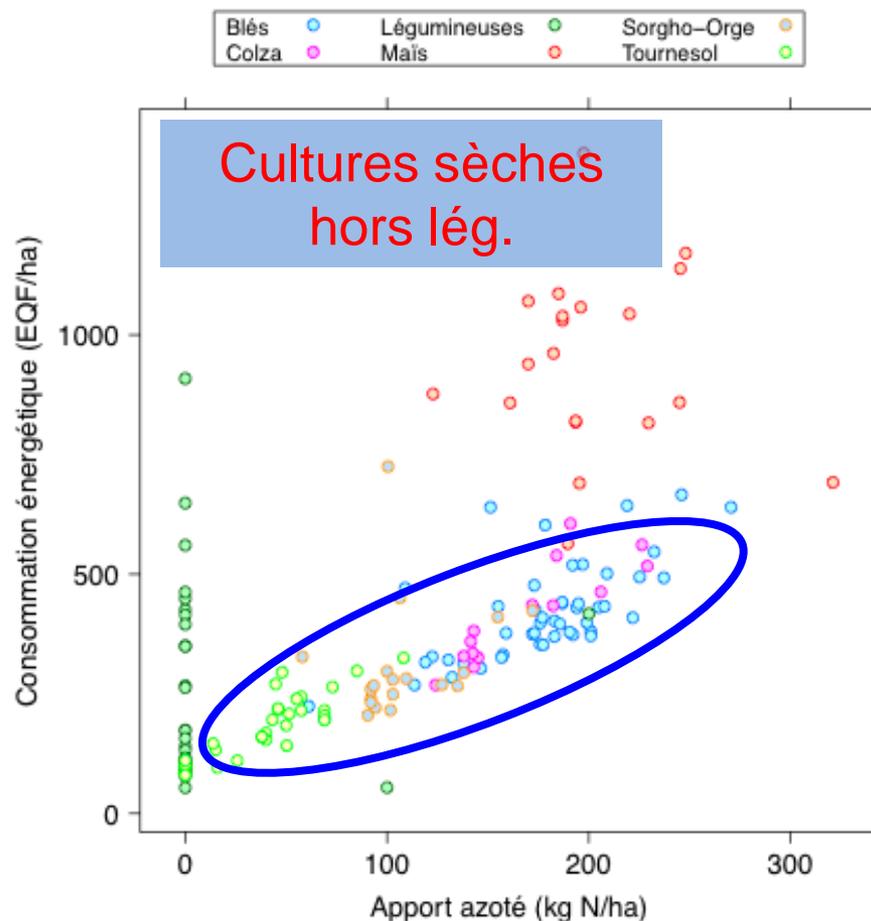


Figure : Relation entre la consommation énergétique à l'hectare et la fertilisation azotée

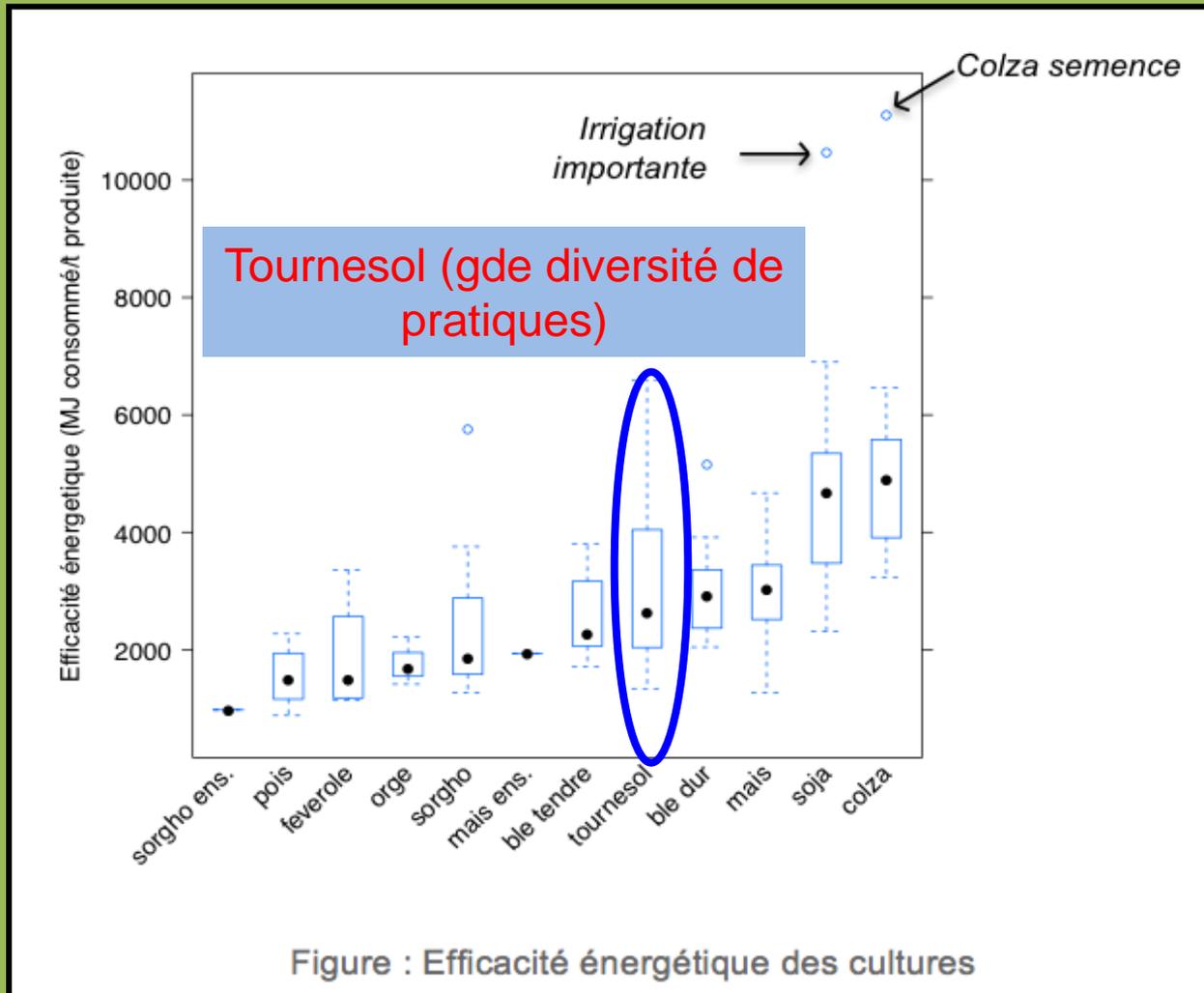
Evaluation à la parcelle – Résultats Energie TTSI

Efficacité énergétique (énergie/t produite): 85 EQF/tonne (3 000 MJ/t)

Réf. Planete-GES®
≈ 98 EQF/tonne GC
≈ 87 EQF/tonne sec
≈ 112 EQF/tonne irri.

Vmin.: 30 EQF/tonne

Vmax.: 285 EQF/tonne



Evaluation à la parcelle – Résultats Energie

Rendement énergétique (MJ produit/MJ consommé)

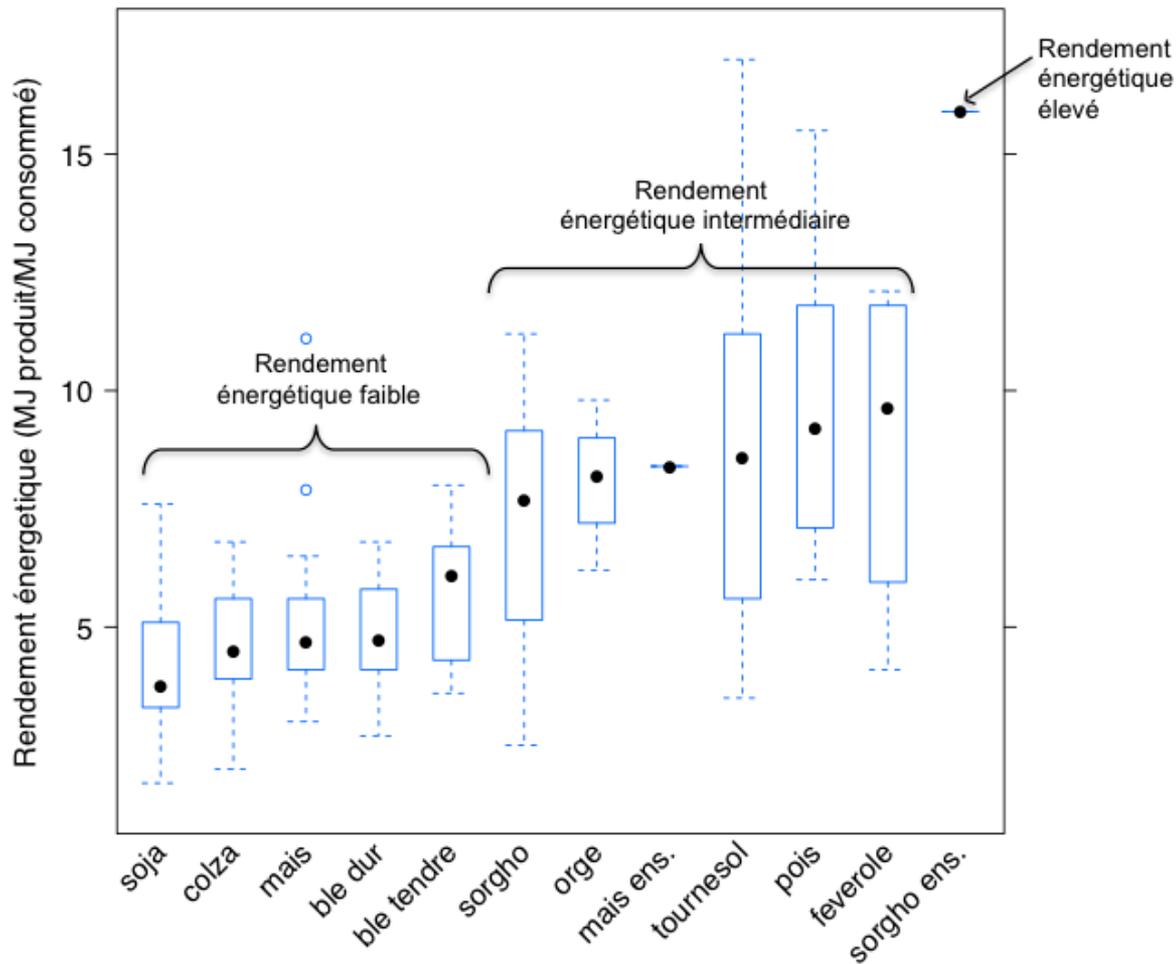


Figure : Distribution du rendement énergétique des cultures

Irrigation
et/ou N

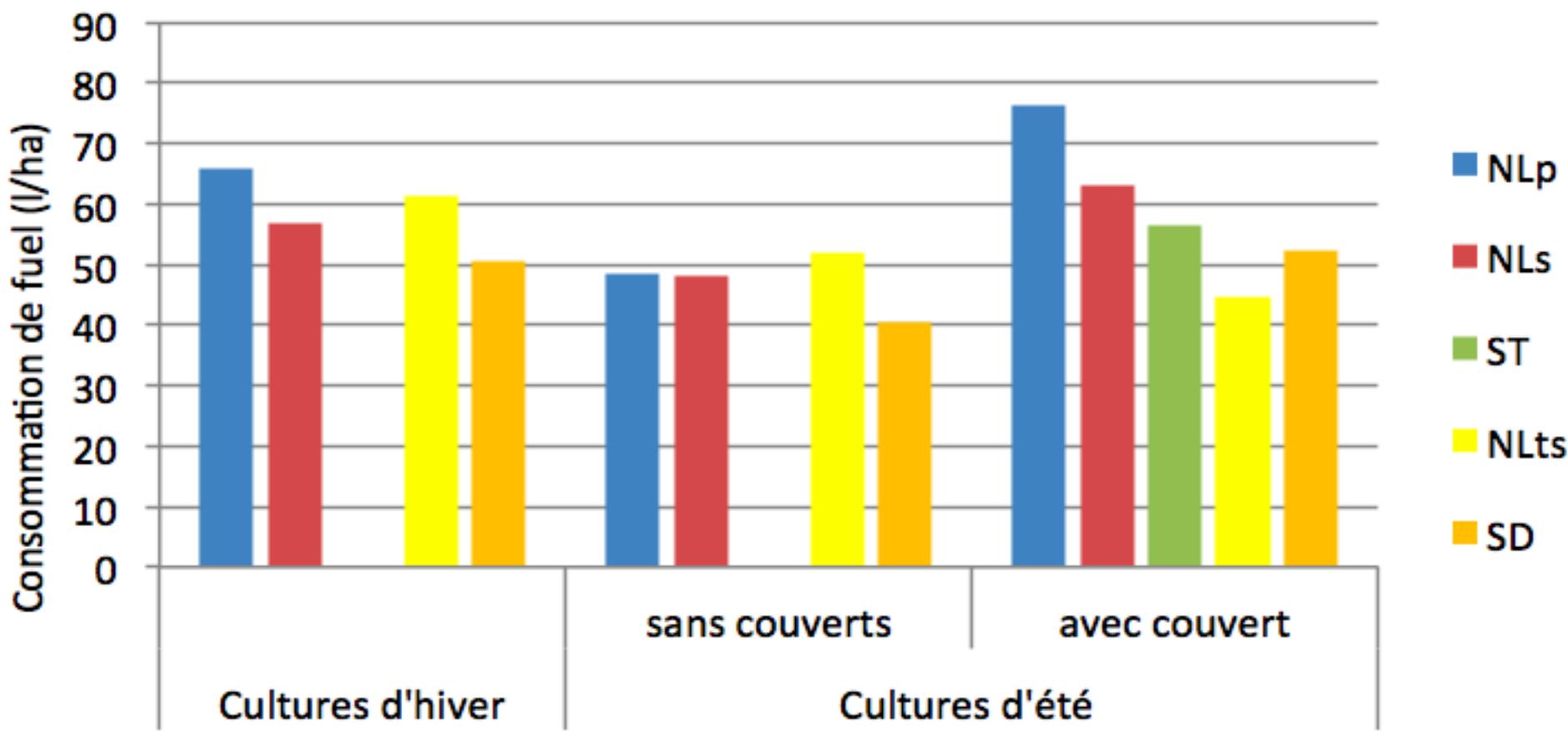
Faible N
Pas
d'irrigation

Evaluation à la parcelle – Résultats Energie TTSI

Zoom sur le **carburant**: de 40 à 75 l/ha du semis à la récolte

(réf. GC 80 – 120)

Consommations moyennes de fuel (l/ha/année culturale)

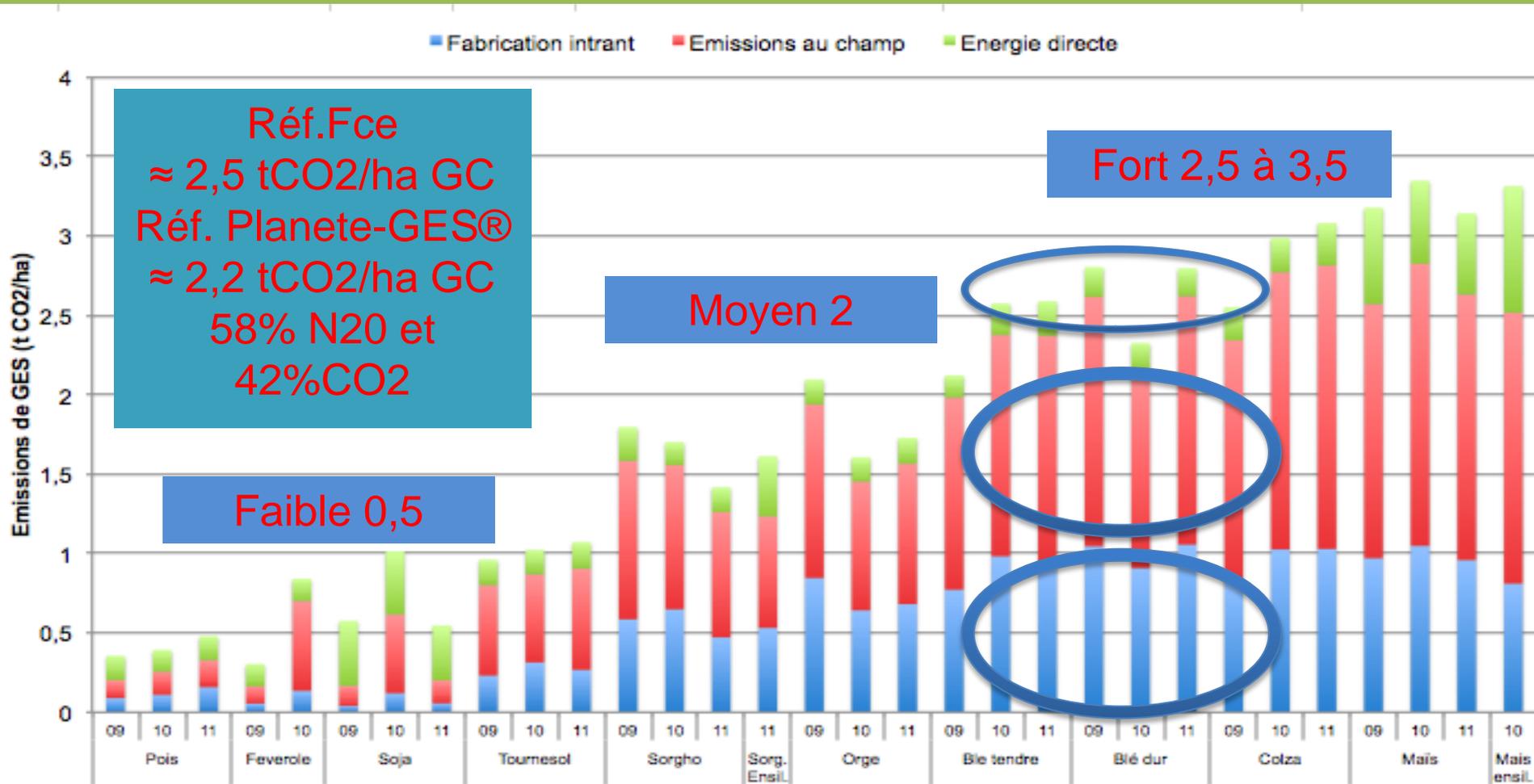


Evaluation à la parcelle – Résultats GES



Evaluation à la parcelle – Résultats GES - TTSI

1,9 t eq.CO2/ha (0,4 à 3,4) - 63% N2O et 37%CO2

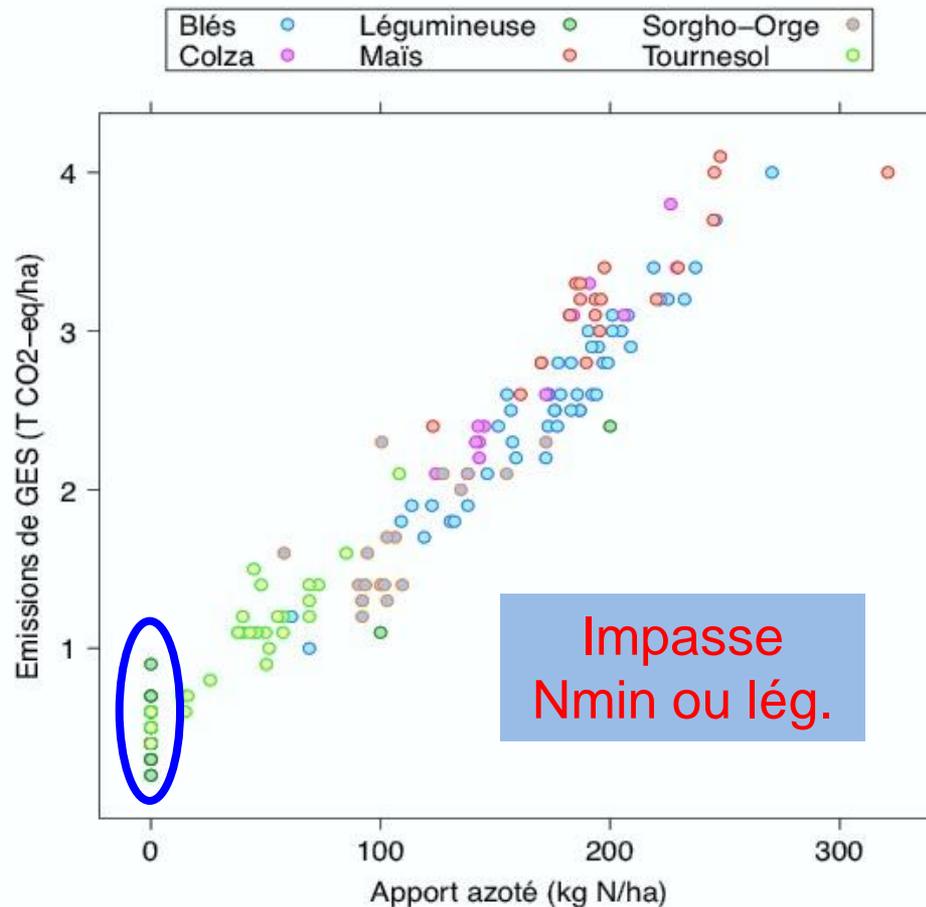


Evaluation à la parcelle – Résultats GES TTSI

Impact de la fertilisation N sur les émissions de GES/ha

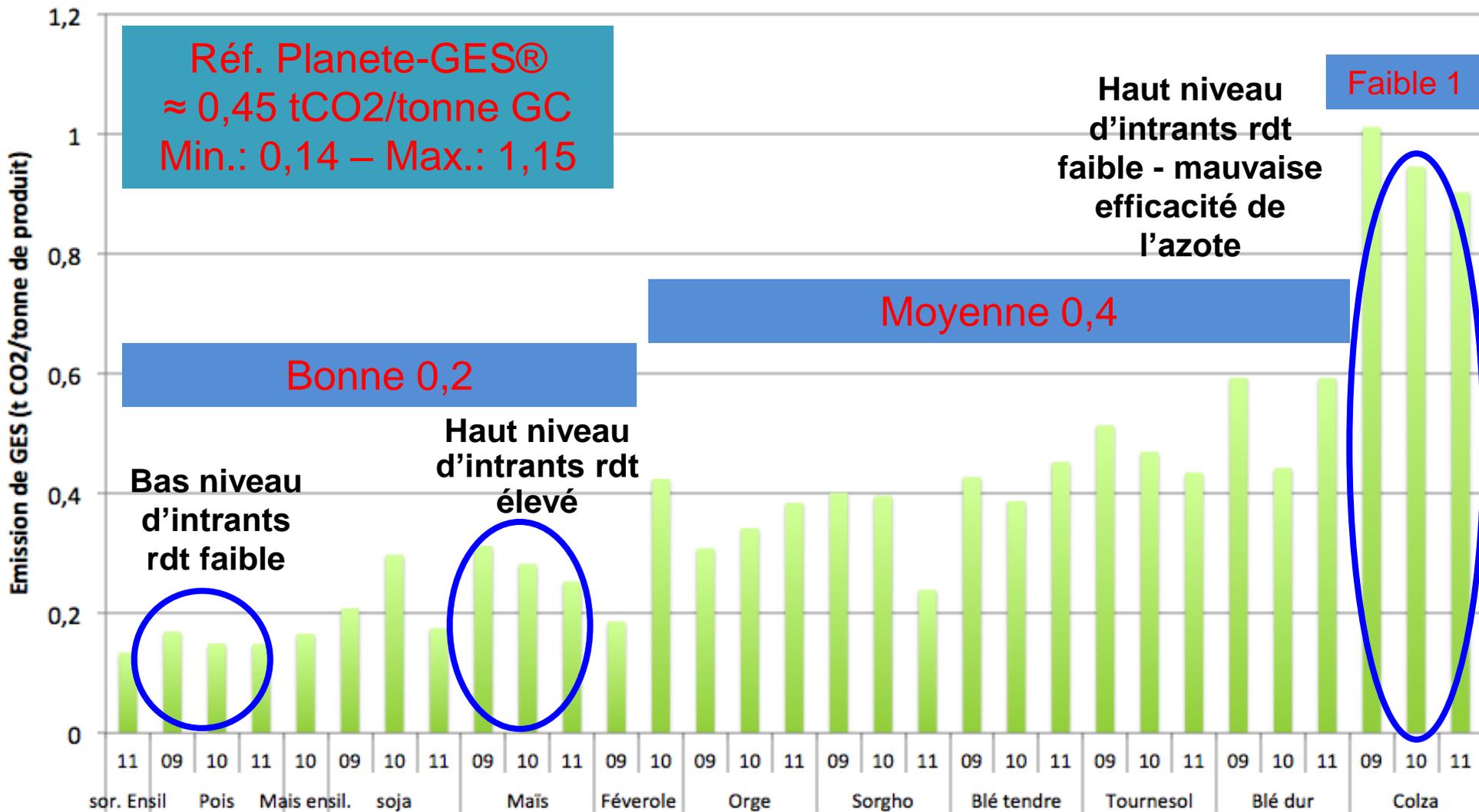
Apport moyen d'azote par culture

Type de culture	Apport d'azote moyen (kg N/ha)
Légumineuses	10
Tournesol	38
Sorgho-Orge	109
Blés	176
Colza	169
Maïs	202



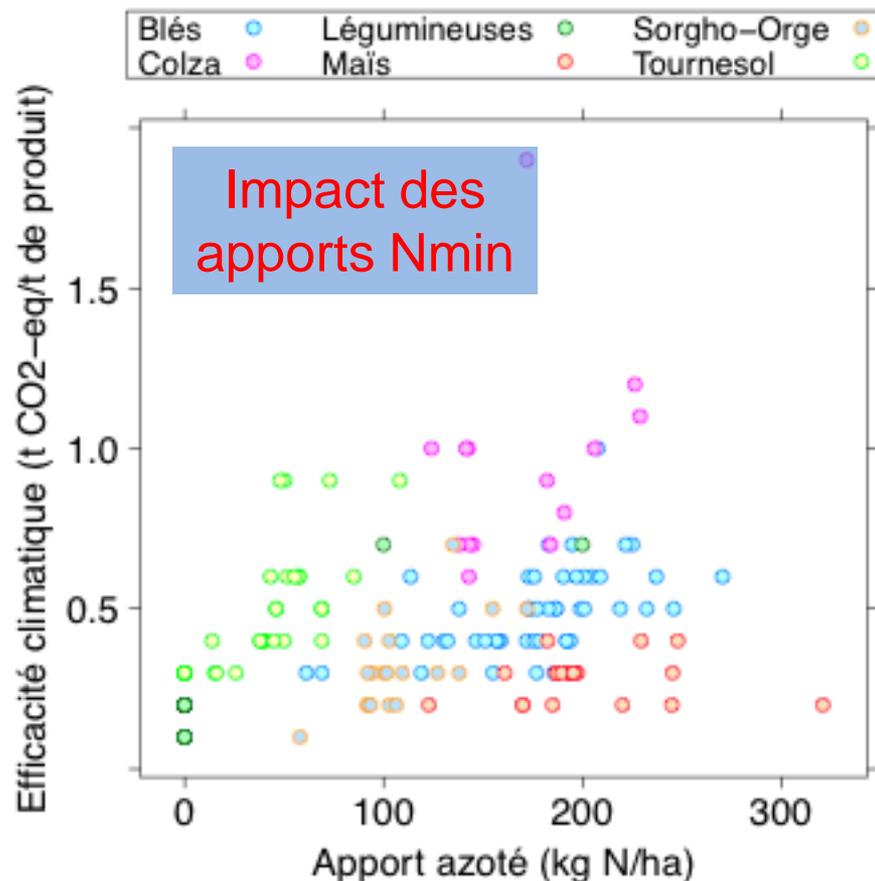
Evaluation à la parcelle – Résultats GES TTSI

Efficacité climatique: 0,43 t eq.CO2/tonne (de 0,12 à 1,0)

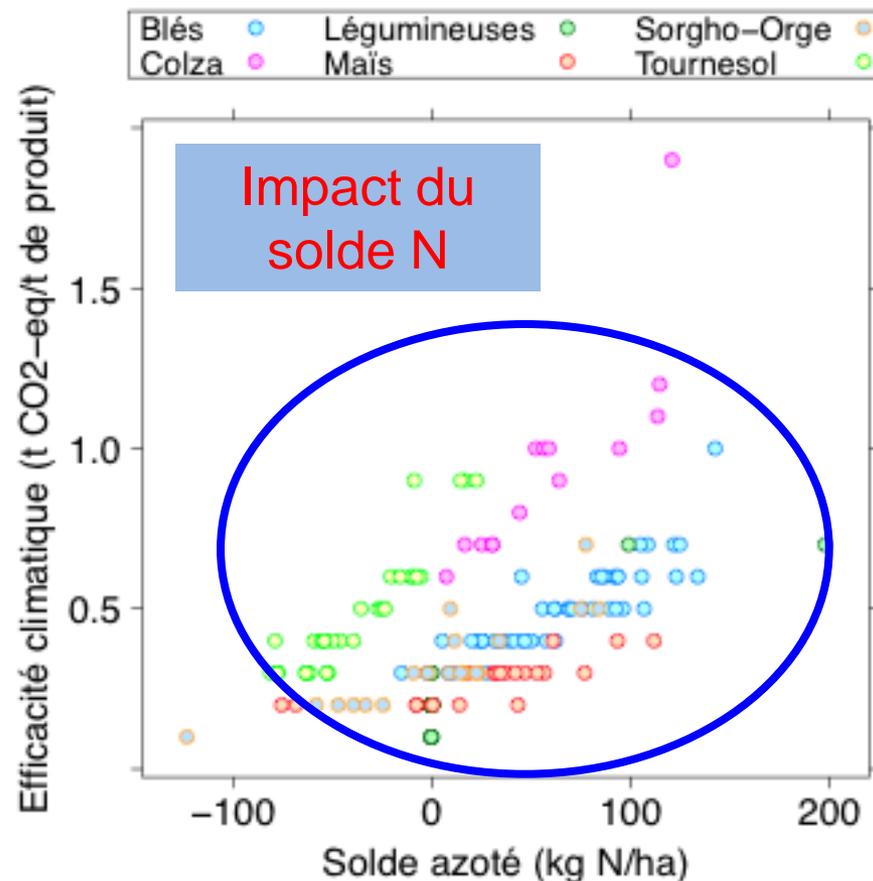


Evaluation à la parcelle – Résultats GES TTSI

Impact de la gestion N sur l'efficacité climatique GES/tonne



a. Efficacité climatique et apport azoté



b. Efficacité climatique et solde azoté

Figure : Relation de l'efficacité climatique et la gestion azotée à la parcelle

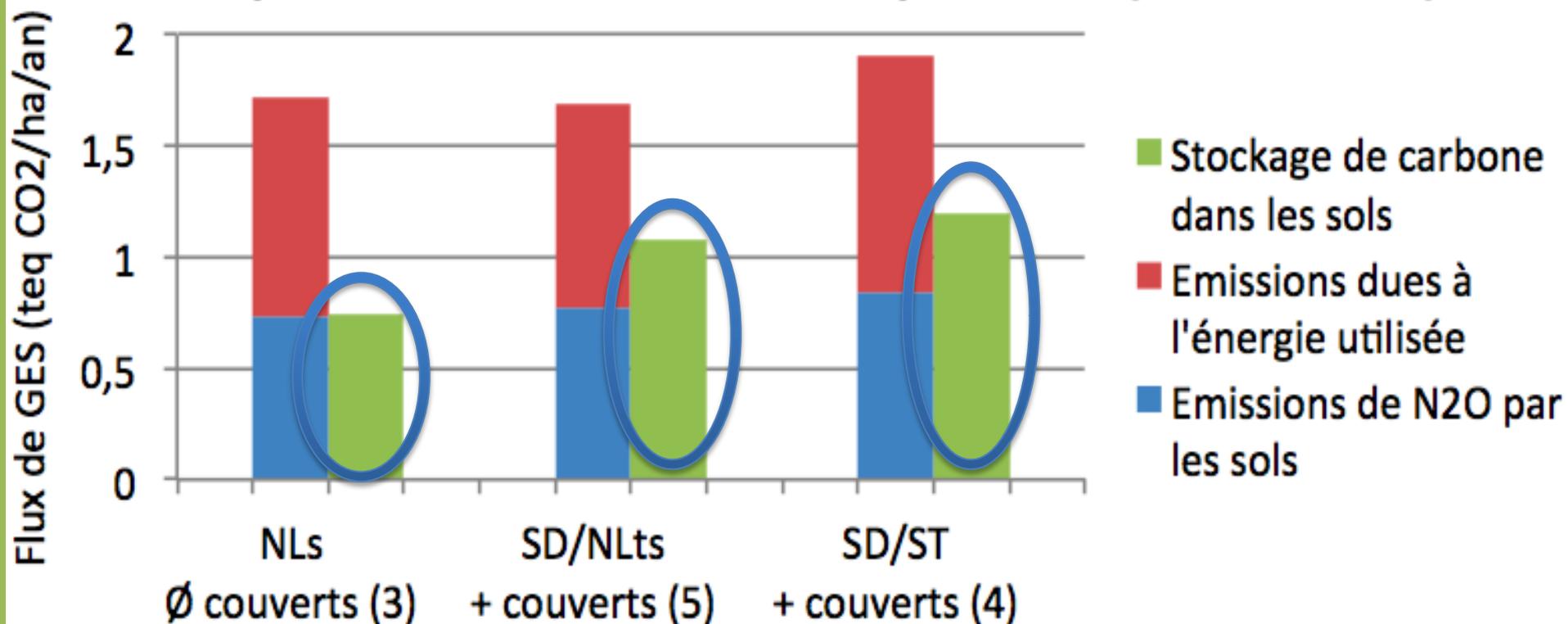
Evaluation à l'exploitation (GES et stock C.)



Evaluation à l'exploitation TTSI (GES et stock C.)

Stockage additionnel entre 0,7 et 1,2 tCO₂/ha/an

Emissions et stockage de GES selon les modes d'implantation dominants sur l'exploitation (chiffres 2009)



Stockage (tCO₂/ha/an - INRA 2002): non-labour (0,733), retour des pailles (0,55), CI (0,587) - entre 0,73 et 1,9 tCO₂/ha/an; N₂O (phase transitoire)!

Conclusions

La consommation d'énergie fossile (tracteur) est réduite à son minimum – **50 l/ha (du semis à la récolte)**

GES ou énergie, la **consommation d'azote et l'efficacité de l'azote** jouent le rôle centrale dans ces techniques très simplifiées d'implantation

Le **stockage additionnel** de carbone peut compenser une partie des émissions

Pour aller plus loin:

- Réduction des consommations d'azote: objectifs de rendements, **légumineuses** dans les rotations, ...
- Réduction de l'énergie directe: **irrigation**
- Des références GES & énergie à **l'échelle de la rotation**
- Des **mesures in-situ** de stockage de **carbone** et émissions de **N₂O**



Merci de votre attention

Pour plus d'informations :

sylvain.doublet@solagro.asso.fr