Exemple de l'action 3:

Développer le non-labour pour stocker du carbone dans les sols

Objet et principes de l'action

Le non labour :

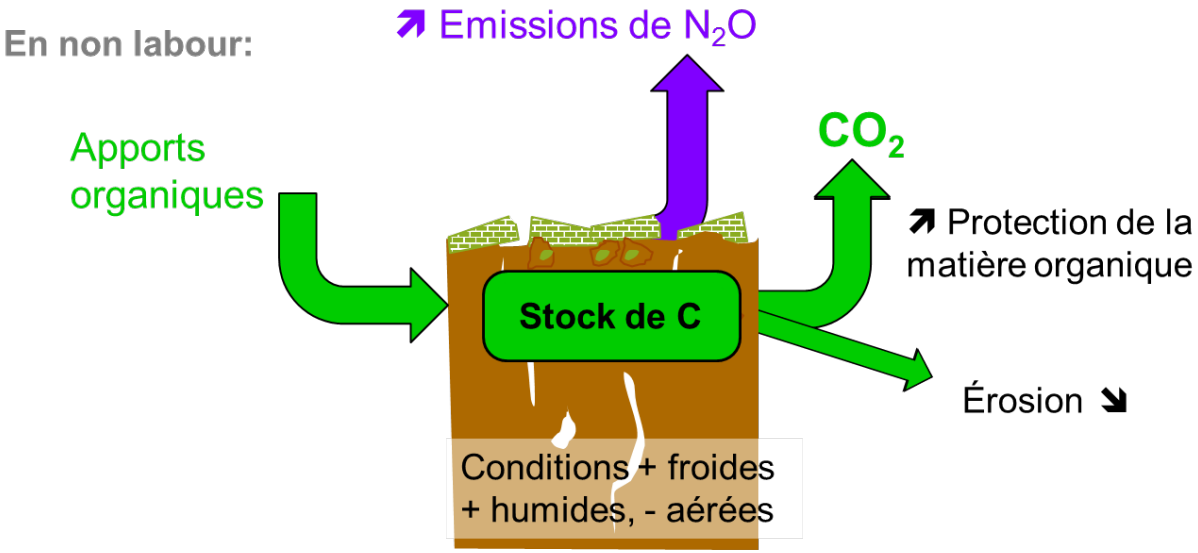
- recouvre une diversité de pratiques
- se développe rapidement

Options techniques considérées:

- Semis direct continu (SD)
- Labour occasionnel (LO1/5)= semis direct 4 ans – labour 1 an
- Travail superficiel (TS)

Le non labour atténue les émissions de GES en stockant du C dans le sol

Bases scientifiques:



⊕ **Un stockage additionnel de C, mais des émissions de N_2O accrues** ⊖

⊕ **Une économie de carburant**

Une consommation accrue d'herbicides ⊖

Potentiel d'atténuation unitaire:

- Stockage de C dans le sol
- Émissions de N_2O
- Économie de carburant
- Consommation d'herbicide

Situation de référence 2010

- Labour continu
- Alternance labour -travail superficiel
- Semis direct

Assiette maximale technique

10,1 à 13,8 millions d'ha

Surface des cultures assolées - { Cultures non adaptées (sarclées) / Sols hydromorphes

Estimation des coûts unitaires pour l'agriculteur

rendement | carburant | temps de travail | herbicide

Résultats: 1- Atténuation unitaire

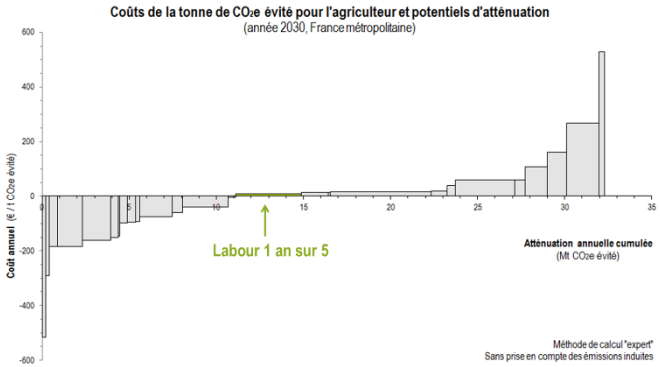
Stockage additionnel de C	**tC/ha/an**	**tCO_2 e/ha/an**
Semis direct	0,15 (0 à 0,3)	0,55 (0 à 1,1)
Labour occasionnel 1 an sur 5	0,10 (0 à 0,2)	0,36 (0 à 0,7)
Travail superficiel	0	0
Emisions additionnelles de N_2O	**kgN/ha/an**	**tCO_2 e/ha/an**
Semis direct, sol non hydromorphe	0,15 (0 à 0,3)	-0,07 (-0,14 à 0)
Labour occasionnel 1 an sur 5	0,12 (0 à 0,2)	-0,06 (-0,11 à 0)
Travail superficiel	0	0

Résultats: 2- Impacts à l'échelle nationale

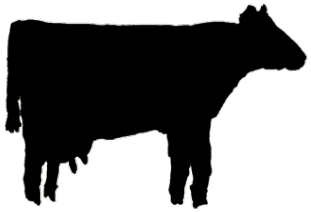
Option technique semis direct avec un labour tous les 5 ans (LO1/5)

Année 2030:

Potentiel d'atténuation annuel	**3,7** (-0,2 à 7,7)	Mt CO_2e
Coût annuel	**30**	M€
Coût de la tonne de CO_2e pour l'agriculteur	**8** (4 à 135)	€/tCO_2e



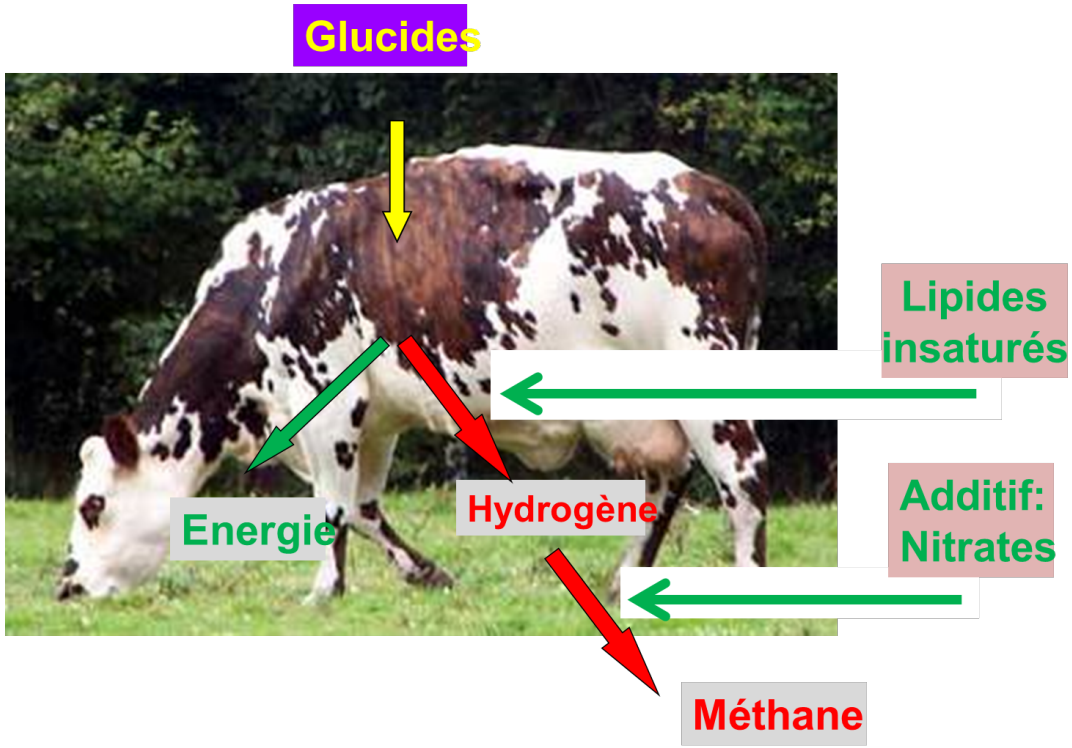
- **Un potentiel confirmé avec deux volants majeurs:**
  - ✓ Stockage de C
  - ✓ Économie de carburant
- **Des valeurs cohérentes** par rapport aux autres études internationales, mais **plus robustes**, et associées à une estimation de la variabilité
- **Une forte variabilité, estimée:** stockage de C et émissions de N_2O, variations de rendement
- **D'autres effets de l'action:**
  - ⊖ Utilisation accrue d'herbicides
  - ⊕ Amélioration des propriétés des sols (structure, biodiversité), réduction de l'érosion



Exemple de l'action 7:

Substituer des glucides par des lipides et utiliser un additif dans les rations des ruminants pour réduire la production de méthane

Objet et principes de l'action



Systèmes et règles de calcul retenus

Potentiel d'atténuation

- **Lipides** : -14% de CH_4 pour + 3,5 % de lipides dans la ration
- **Nitrates** : - 10% de CH_4 pour 1% de nitrates dans la ration

Assiette maximale technique

- **Lipides**
  - Tous bovins recevant > 1 kg d'aliment concentré par jour (= 6,6 millions de bovins au prorata des jours d'utilisation)
- **Nitrates**
  - Vaches laitières et taurillons recevant des fourrages déficitaires en azote fermentescible (= 3,5 millions de bovins)

Adoption

Nitrates Début en 2015 - 80% du maximum technique en 2030

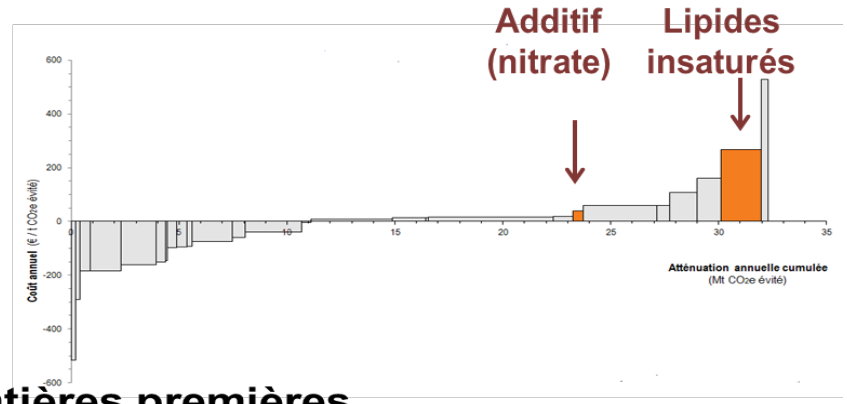
Résultats - Atténuation et coût unitaires

ex. vache laitière

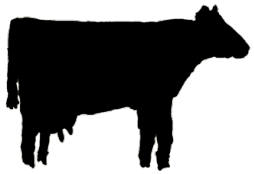
	Lipides	Nitrates
kg CO_2e / vache / an		
Atténuation directe	401	289
Emissions induites (oléagineux à la place de céréales et tourteaux)	- 191	-
Atténuation totale	210	289
€/ vache / an	109	12

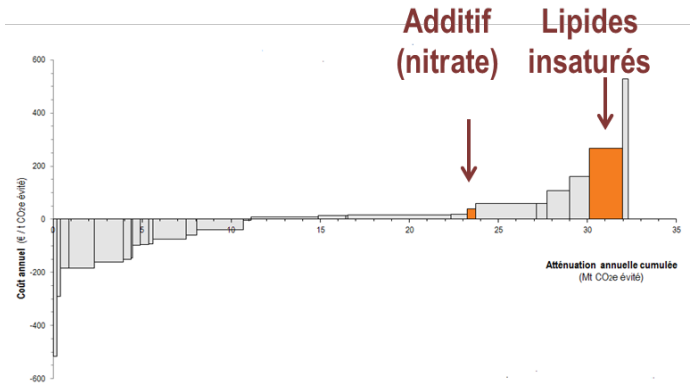
Résultats - Potentiel total

	2030	
	Lipides	Nitrates
Potentiel d'atténuation sans émissions induites (Mt CO_2e)	1,9	0,5
Potentiel d'atténuation avec émissions induites (Mt CO_2e)	1,0	0,5
Coût de la T de CO_2e économisée (€/T CO_2)	267	38



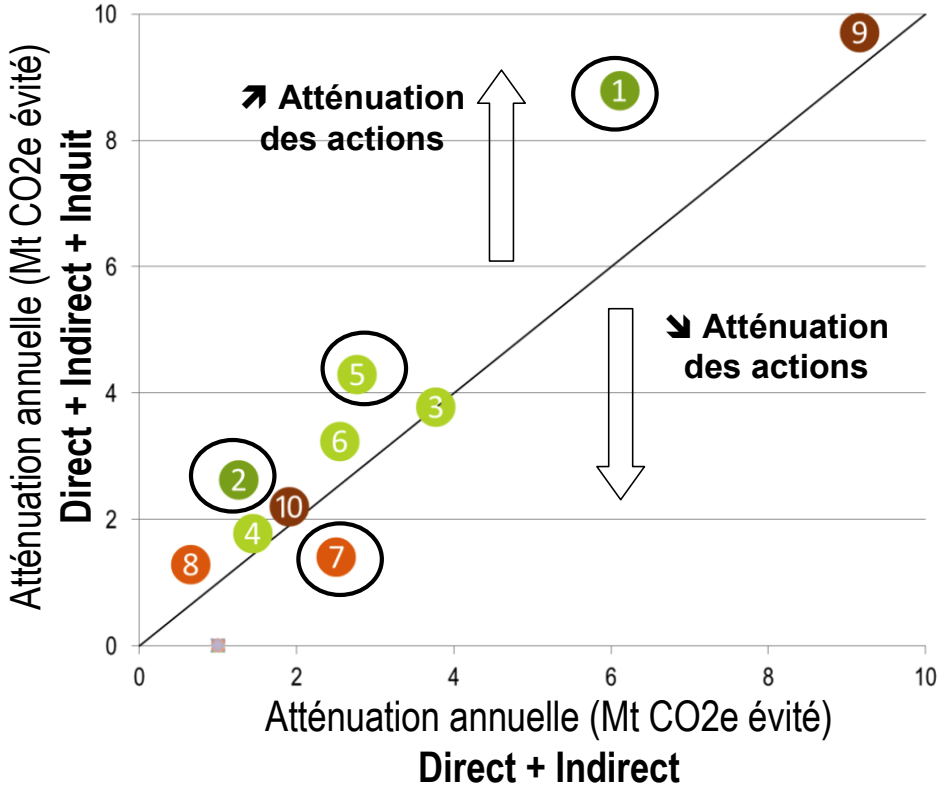
- Les deux sous-actions sont compatibles
- Forte incertitude sur les émissions induites
- Sensibilité aux coûts des matières premières





- **Lipides**
  - **Solution la plus efficace, sans frein à sa mise en oeuvre**
  - **Nécessite une modification des surfaces cultivées**
  - **Coût non négligeable**
- **Nitrates**
  - **Prometteur mais utilisation incertaine**
  - **Potentiel d'atténuation global limité car toutes les précautions sont prises pour éviter un risque pour l'animal**
  - **D'autres additifs pourront se révéler efficaces dans l'avenir**

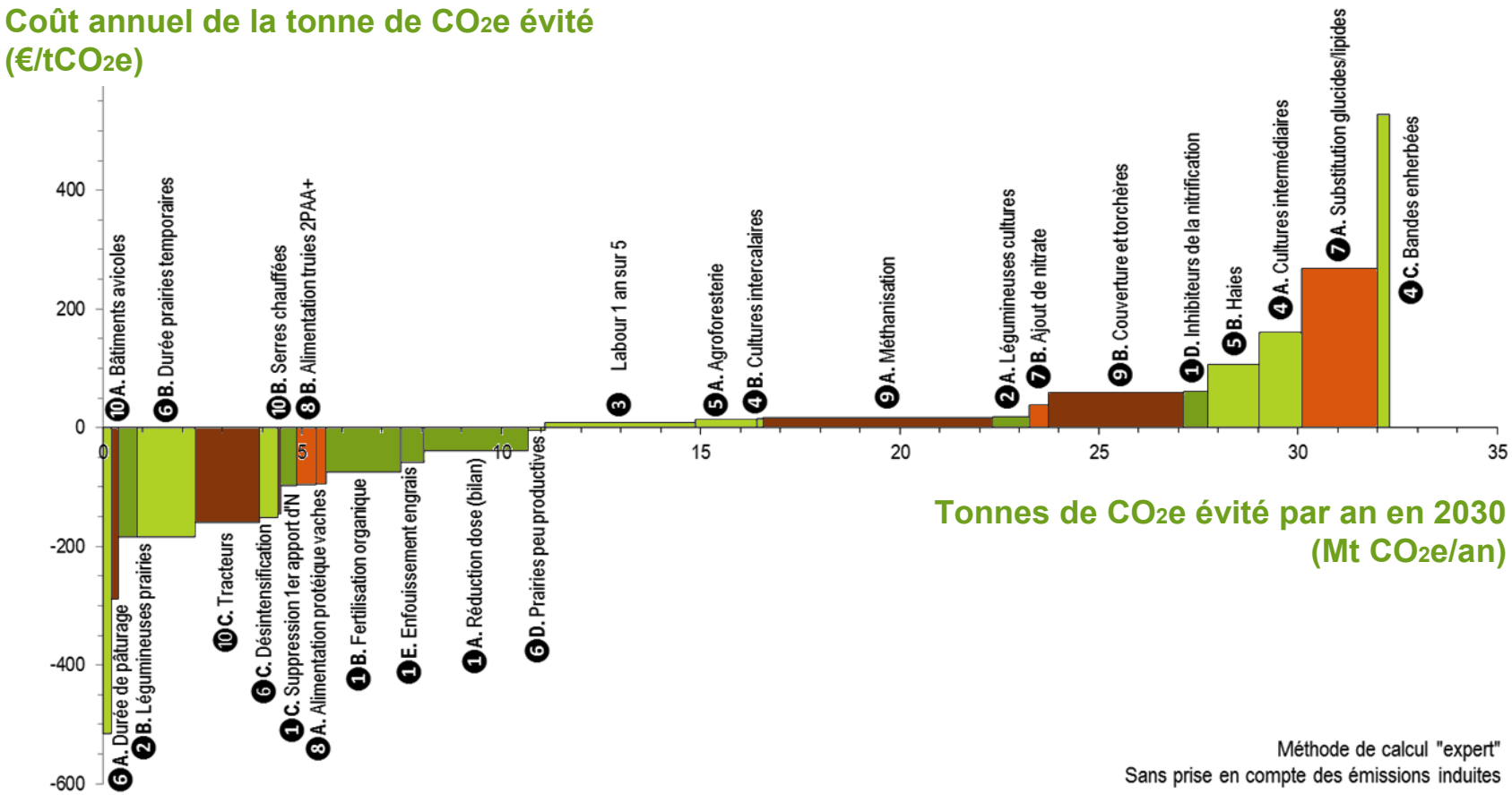
Effet des modes de calcul sur les atténuations estimées



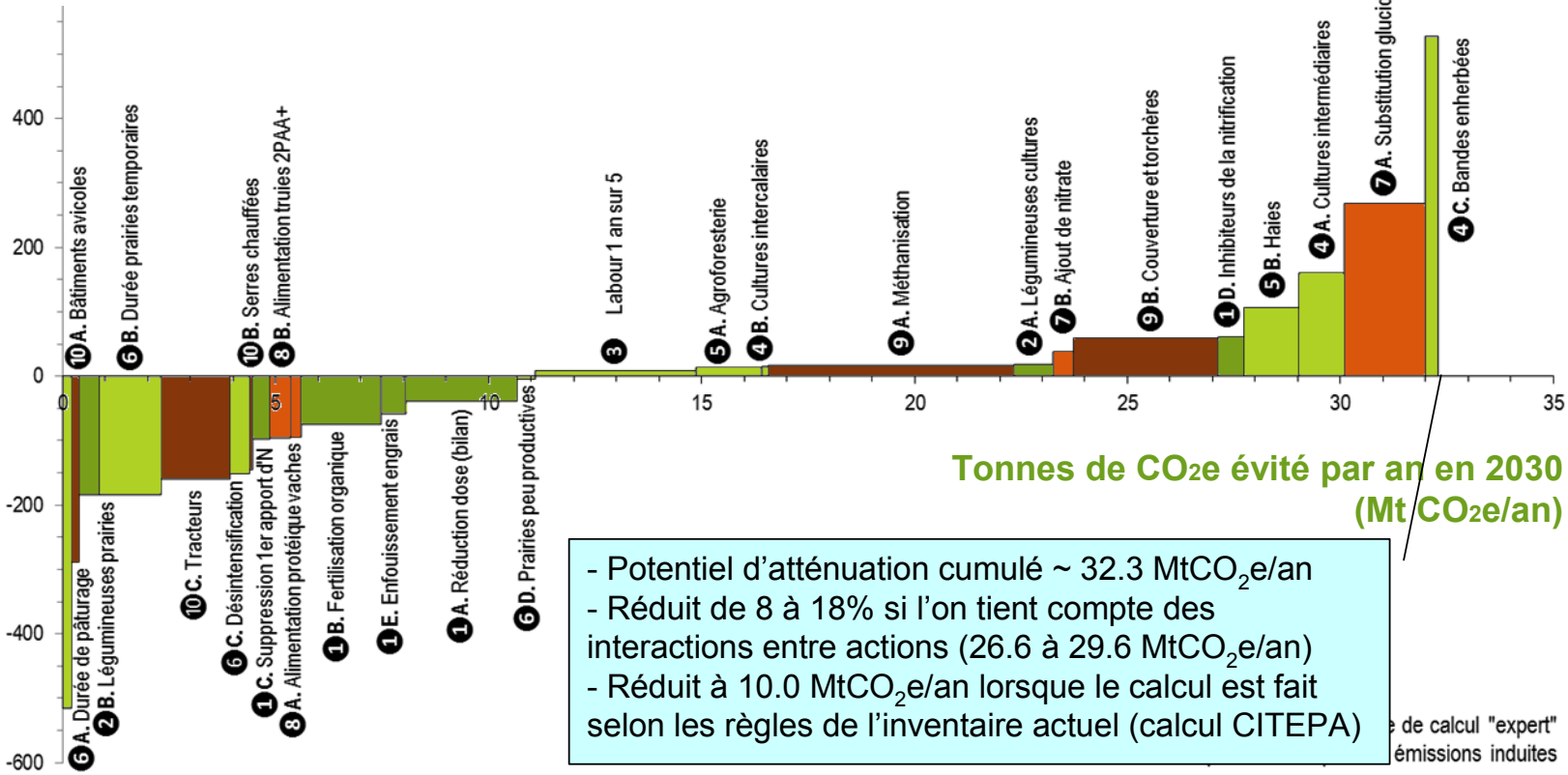
1. Fertilisation
2. Légumineuses
3. Labour 1 an sur 5
4. Implantation de couverts
5. Agroforesterie et haies
6. Gestion des prairies
7. Lipides et additifs
8. Alimentation protéique
9. Méthanisation et torchères
10. Economies d'énergie

Effet des modes de calcul sur les coûts estimés

	Coût d'atténuation (€/t CO_2e évité)	
	Avec subvention publique	Sans subvention publique
Méthanisation	17	55
Non labour (Labour 1 an/ 5)	8	-13
Economie d'énergie des engins agricoles	-164	-317

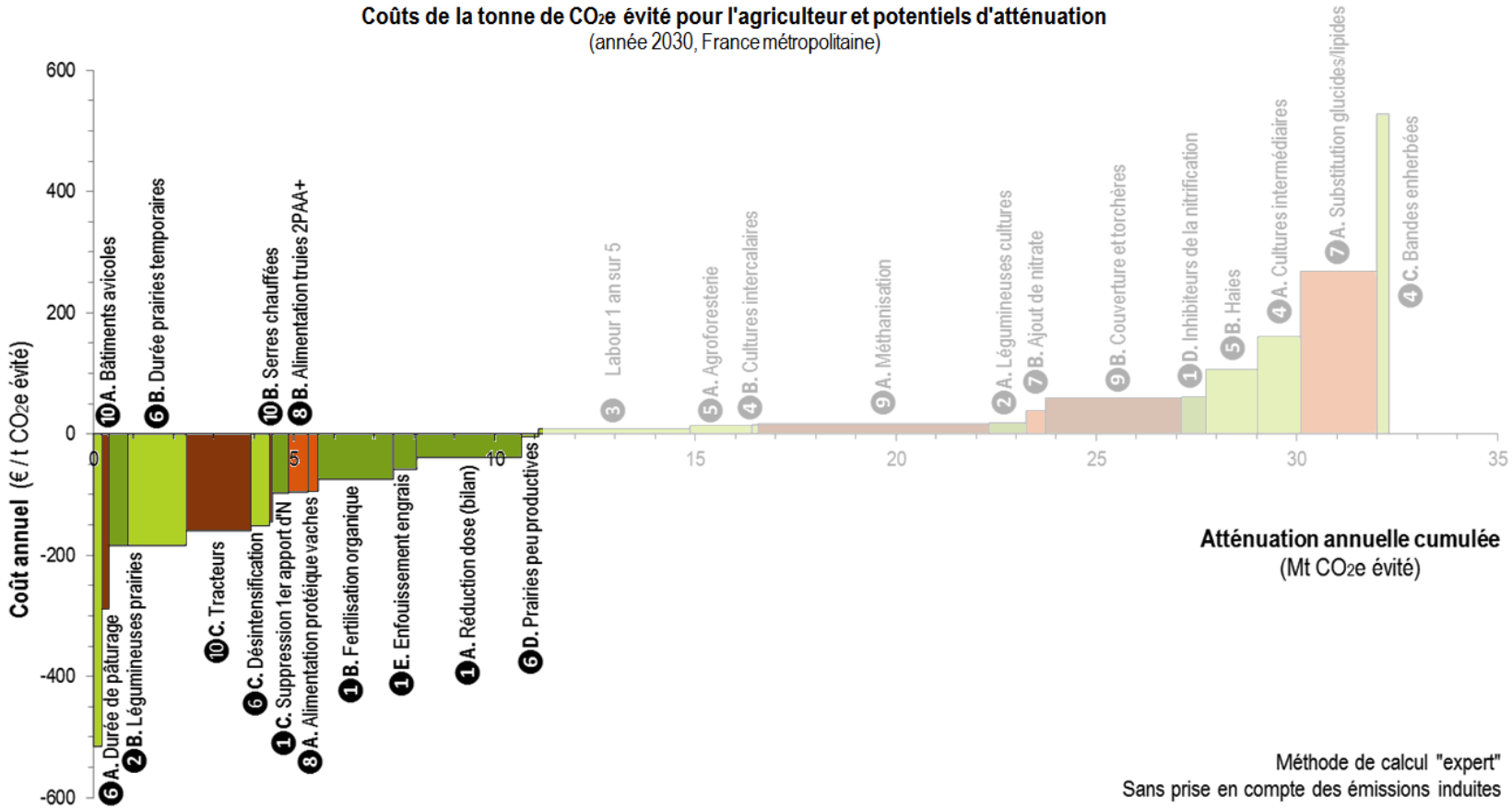

Coût annuel de la tonne de CO2e évité (€/tCO2e)
400
200
0
-200
-400
-600
0
5
10
15
20
25
30
35
10 A. Bâtiments avicoles
6 B. Durée prairies temporaires
10 B. Serres chauffées
8 B. Alimentation truies 2PAA+
3 Labour 1 an sur 5
5 A. Agroforesterie
4 B. Cultures intercalaires
9 A. Méthanisation
2 A. Légumineuses cultures
7 B. Ajout de nitrate
9 B. Couverture et torchères
1 D. Inhibiteurs de la nitrification
5 B. Haies
4 A. Cultures intermédiaires
7 A. Substitution glucides/lipides
4 C. Bandes enherbées
6 A. Durée de pâturage
2 B. Légumineuses prairies
10 C. Tracteurs
6 C. Désintensification
1 C. Suppression 1er apport d'N
8 A. Alimentation protéique vaches
1 B. Fertilisation organique
1 E. Enfouissement engrais
1 A. Réduction dose (bilan)
6 D. Prairies peu productives
Tonnes de CO2e évité par an en 2030 (Mt CO2e/an)
Méthode de calcul "expert"
Sans prise en compte des émissions induites

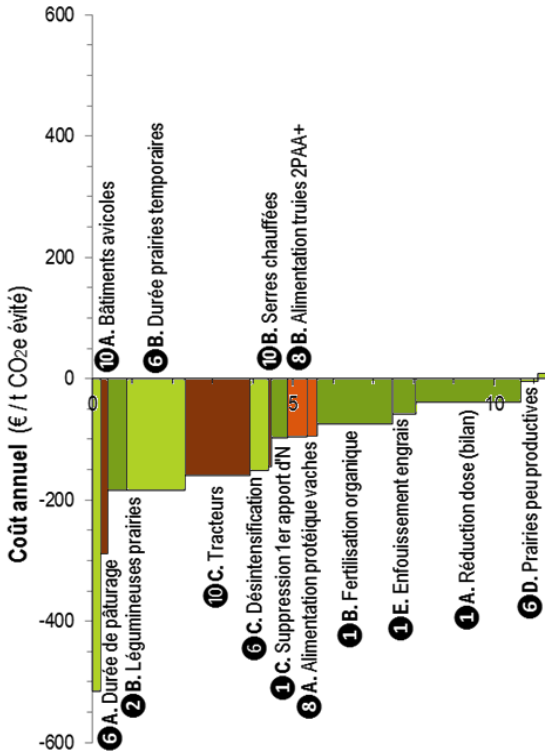
Coût annuel de la tonne de CO_2e évité (€/tCO_2e)



Tonnes de CO_2e évité par an en 2030 (Mt CO_2e/an)

- Potentiel d'atténuation cumulé ~ 32.3 MtCO_2e/an
- Réduit de 8 à 18% si l'on tient compte des interactions entre actions (26.6 à 29.6 MtCO_2e/an)
- Réduit à 10.0 MtCO_2e/an lorsque le calcul est fait selon les règles de l'inventaire actuel (calcul CITEPA)

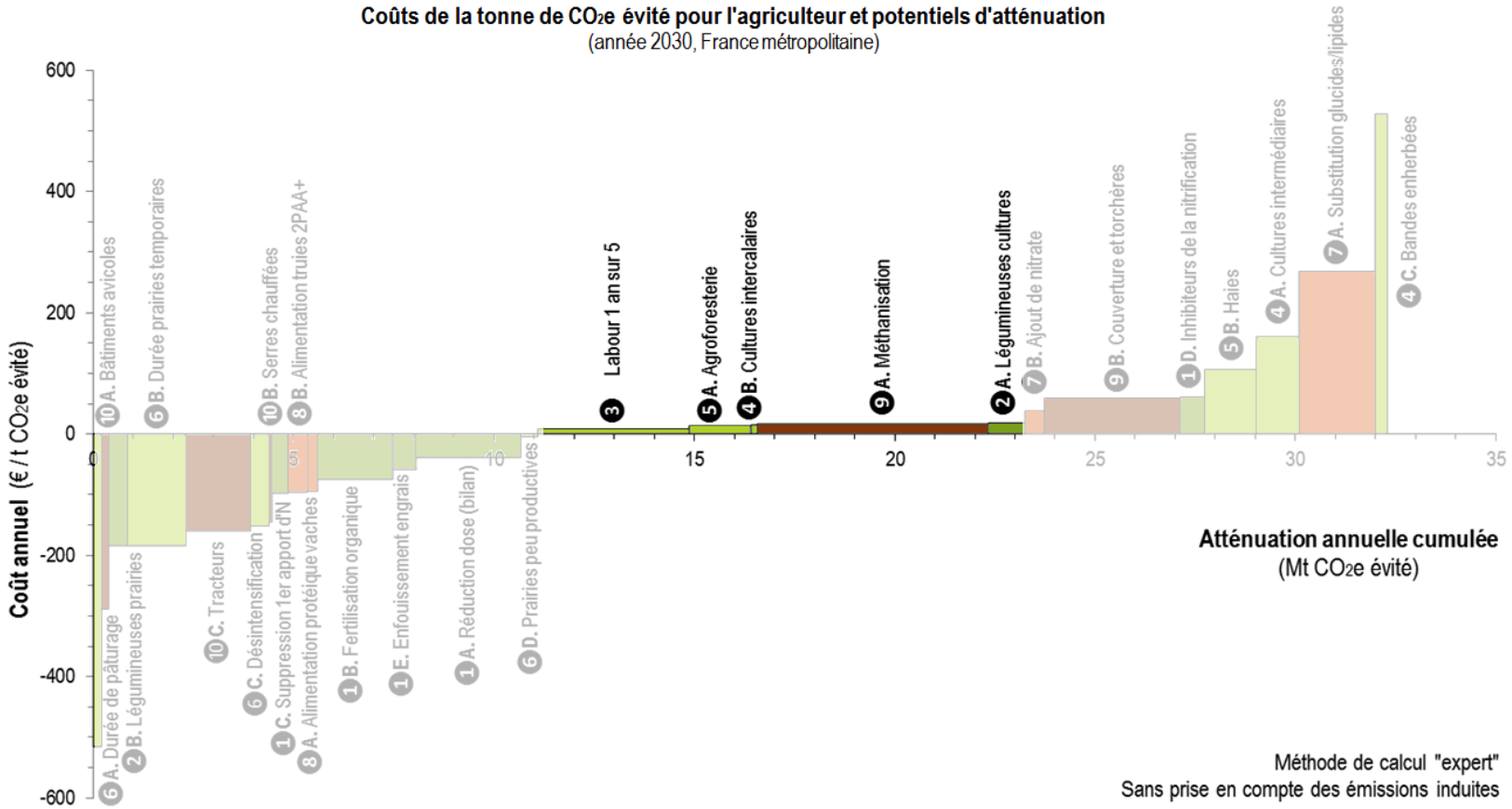

Coûts de la tonne de CO2e évité pour l'agriculteur et potentiels d'atténuation
(année 2030, France métropolitaine)
Coût annuel (€ / t CO2e évité)
600
400
200
0
-200
-400
-600
0
5
10
15
20
25
30
35
6 A. Durée de pâturage
2 B. Légumineuses prairies
6 B. Durée prairies temporaires
10 C. Tracteurs
6 C. Désintensification
1 C. Suppression 1er apport d'N
8 A. Alimentation protéique vaches
1 B. Fertilisation organique
1 E. Enfouissement engrais
1 A. Réduction dose (bilan)
6 D. Prairies peu productives
10 A. Bâtiments avicoles
10 B. Serres chauffées
8 B. Alimentation truies 2PAA+
3 Labour 1 an sur 5
5 A. Agroforesterie
4 B. Cultures intercalaires
9 A. Méthanisation
2 A. Légumineuses cultures
7 B. Ajout de nitrate
9 B. Couverture et torchères
1 D. Inhibiteurs de la nitrification
5 B. Haies
4 A. Cultures intermédiaires
7 A. Substitution glucides/lipides
4 C. Bandes enherbées
Atténuation annuelle cumulée
(Mt CO2e évité)
Méthode de calcul "expert"
Sans prise en compte des émissions induites

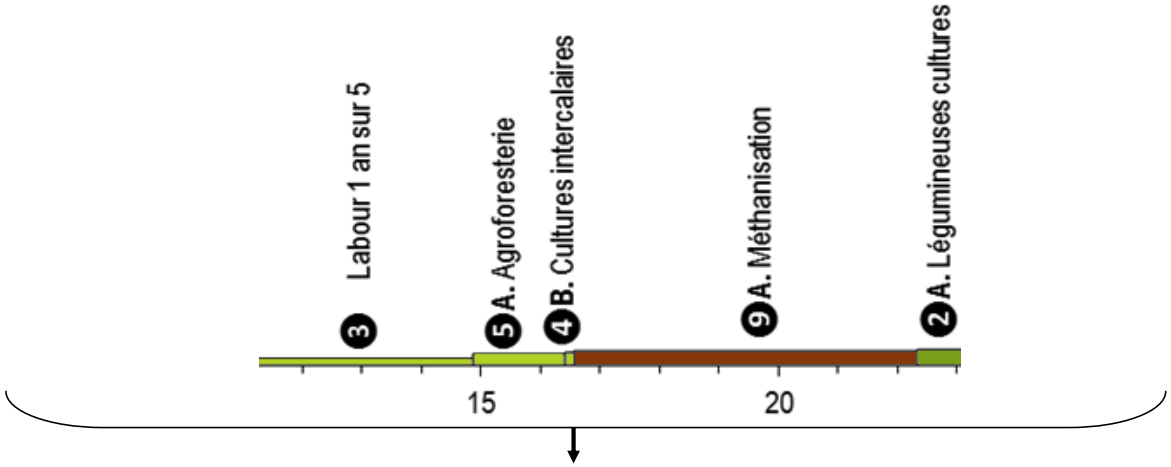


1/3 du potentiel à coût négatif

⇒ sous-actions relevant <u>d'ajustements techniques</u> (e.g. ajustement fertilisation ou rations animales, isolation bâtiments, etc…) avec économies d'intrant (N, énergie), sans perte de production

⇒ leviers « gagnant-gagnant »

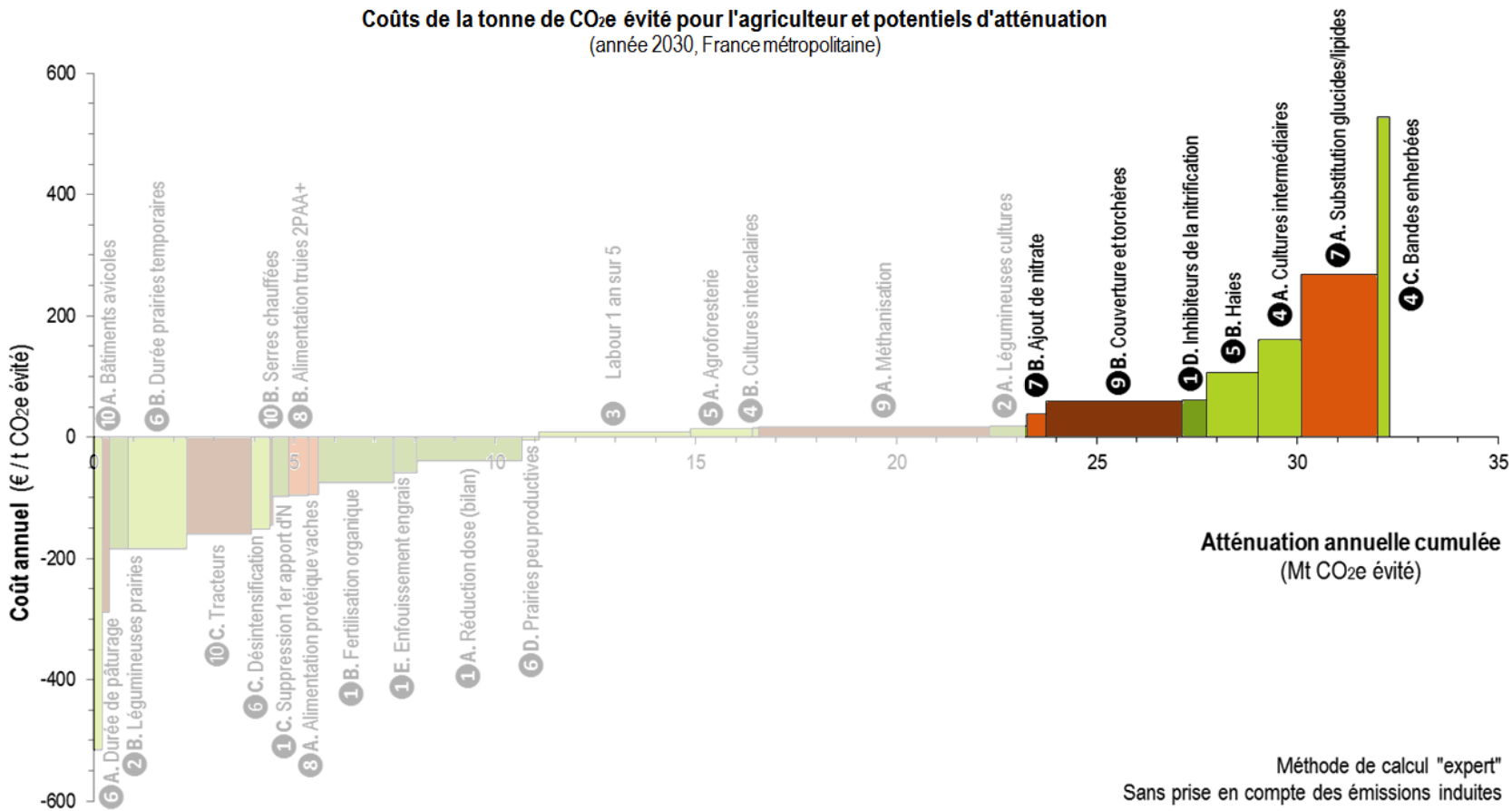

Coûts de la tonne de CO2e évité pour l'agriculteur et potentiels d'atténuation
(année 2030, France métropolitaine)
Coût annuel (€ / t CO2e évité)
600
400
200
0
-200
-400
-600
0
5
10
15
20
25
30
35
10 A. Bâtiments avicoles
6 B. Durée prairies temporaires
10 B. Serres chauffées
8 B. Alimentation truies 2PAA+
3 Labour 1 an sur 5
5 A. Agroforesterie
4 B. Cultures intercalaires
9 A. Méthanisation
2 A. Légumineuses cultures
7 B. Ajout de nitrate
9 B. Couverture et torchères
1 D. Inhibiteurs de la nitrification
5 B. Haies
4 A. Cultures intermédiaires
7 A. Substitution glucides/lipides
4 C. Bandes enherbées
6 A. Durée de pâturage
2 B. Légumineuses prairies
10 C. Tracteurs
6 C. Désintensification
1 C. Suppression 1er apport d'N
8 A. Alimentation protéique vaches
1 B. Fertilisation organique
1 E. Enfouissement engrais
1 A. Réduction dose (bilan)
6 D. Prairies peu productives
Atténuation annuelle cumulée
(Mt CO2e évité)
Méthode de calcul "expert"
Sans prise en compte des émissions induites



1/3 du potentiel à coût modéré (< 25 €/tCO_2e)

⇒ sous-actions

- nécessitant des investissements dédiés (méthanisation)
- et/ou modifiant davantage le système de culture (réduction labour, agroforesterie, légumineuses),
- pouvant occasionner des baisses modérées du niveau de production,
- partiellement compensées par des baisses de charges (carburants) ou la valorisation de produits additionnels (électricité, bois)

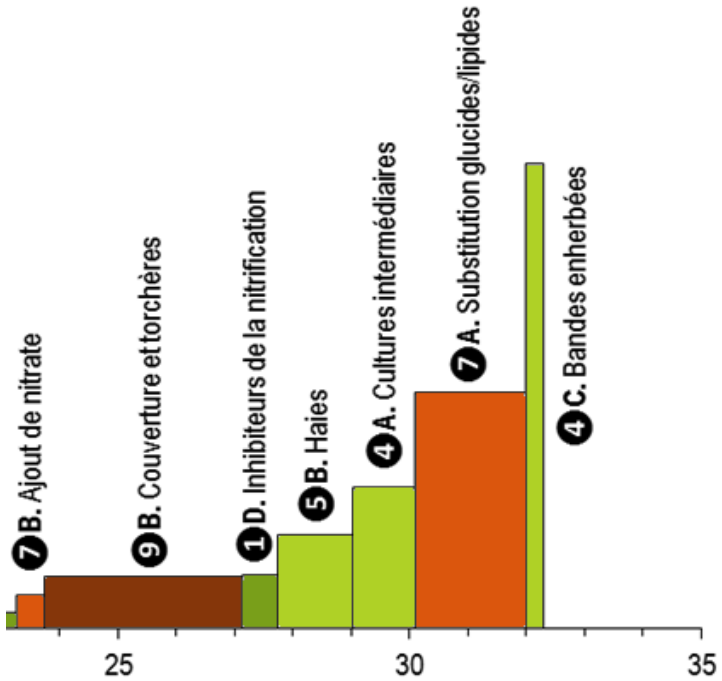

Coûts de la tonne de CO2e évité pour l'agriculteur et potentiels d'atténuation
(année 2030, France métropolitaine)
Coût annuel (€ / t CO2e évité)
600
400
200
0
-200
-400
-600
0
5
10
15
20
25
30
35
Atténuation annuelle cumulée
(Mt CO2e évité)
6 A. Durée de pâturage
2 B. Légumineuses prairies
10 A. Bâtiments avicoles
6 B. Durée prairies temporaires
10 C. Tracteurs
6 C. Désintensification
1 C. Suppression 1er apport d'N
8 A. Alimentation protéique vaches
10 B. Serres chauffées
8 B. Alimentation truies 2PAA+
1 B. Fertilisation organique
1 E. Enfouissement engrais
1 A. Réduction dose (bilan)
6 D. Prairies peu productives
3 Labour 1 an sur 5
5 A. Agroforesterie
4 B. Cultures intercalaires
9 A. Méthanisation
2 A. Légumineuses cultures
7 B. Ajout de nitrate
9 B. Couverture et torchères
1 D. Inhibiteurs de la nitrification
5 B. Haies
4 A. Cultures intermédiaires
7 A. Substitution glucides/lipides
4 C. Bandes enherbées
Méthode de calcul "expert"
Sans prise en compte des émissions induites

1/3 du potentiel à coût plus élevé (>25 €/tCO_2e)

⇒ sous-actions nécessitant

- un **investissement sans retour financier** (ex torchères),
- ou des **achats d'intrants spécifiques** (ex inhibiteurs nitrification),
- ou un **temps de travail dédié** (ex haies)
- ou entrainant une **perte de production plus importante** (ex bandes enherbées),

avec peu ou pas de baisses de charges ni valorisation de produits supplémentaires



Eléments de conclusion

- Un potentiel d'atténuation significatif, largement réparti sur différentes filières, sans remise en cause des systèmes et niveaux de production
- Dont la comptabilisation complète par l'inventaire national suppose une amélioration des méthodes d'inventaire
- Dont le chiffrage est dans certain cas assorti d'incertitudes élevées
- Volontairement limité à 10 actions, concernant les filières présentant a priori le plus fort potentiel d'atténuation, ce qui ne doit pas disqualifier les efforts faits dans d'autres filières,
- Incluant plusieurs actions présentant un intérêt vis-à-vis d'autres objectifs agri-environnementaux

Experts scientifiques

Laure Bamière (INRA-SAE2), Sylvain Pellerin (INRA-EA), Denis Angers (AAC Canada), Fabrice Béline (IRSTEA), Marc Benoît (INRA-SAE2), Jean-Pierre Butault (INRA-SAE2), Claire Chenu (AgroParisTech), Caroline Colnenne-David (INRA-EA), Stéphane de Cara (INRA-SAE2), Nathalie Delame (INRA-SAE2), Michel Doreau (INRA-PHASE), Pierre Dupraz (INRA-SAE2), Philippe Faverdin (INRA-PHASE), Florence Garcia-Launay (INRA-PHASE), Melynda Hassouna (INRA-EA), Catherine Hénault (INRA-EA), Marie-Hélène Jeuffroy (INRA-EA), Katja Klumpp (INRA-EFPA), Aurélie Metay (Supagro Montpellier), Dominic Moran (Scottish Agric. College), Sylvie Recous (INRA-EA), Elisabeth Samson (INRA-SAE2)

Equipe projet

Philippe Chemineau, Isabelle Savini, Claire Sabbagh, Sophie Le Perchec, Lénaïc Pardon, Marion Barbier

Résumé 8p (français et anglais), synthèse 96p (français et anglais) et rapport complet 450 p (français) téléchargeables sur le site INRA:

http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Etude-Reduction-des-GES-en-agriculture