ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT





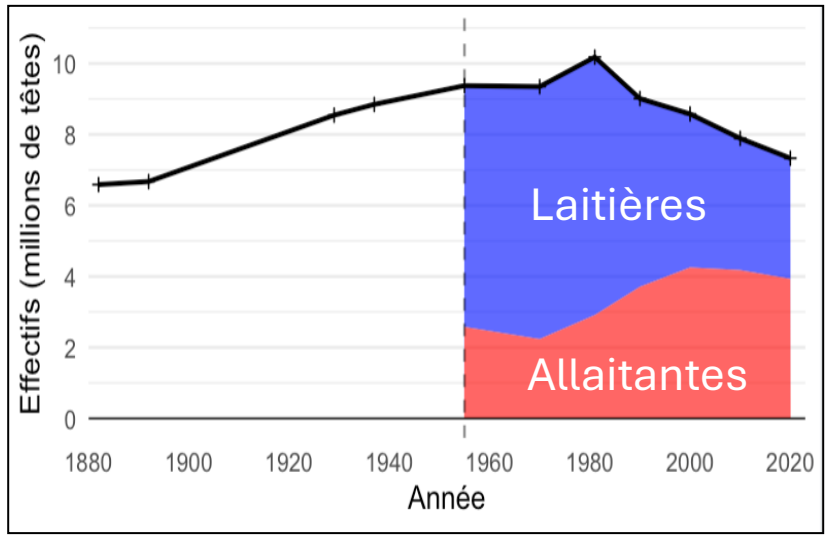
Les leviers d'atténuation au niveau des troupeaux : quantification des effets, interactions avec d'autres performances de l'élevage et prise en compte dans la comptabilité nationale

René Baumont (INRAE – UMR Herbivores, membre de l'AAF Section3)
Jonathan Hercule (CITEPA)
Jean-Louis Peyraud (INRAE, membre de l'AAF Section 3)

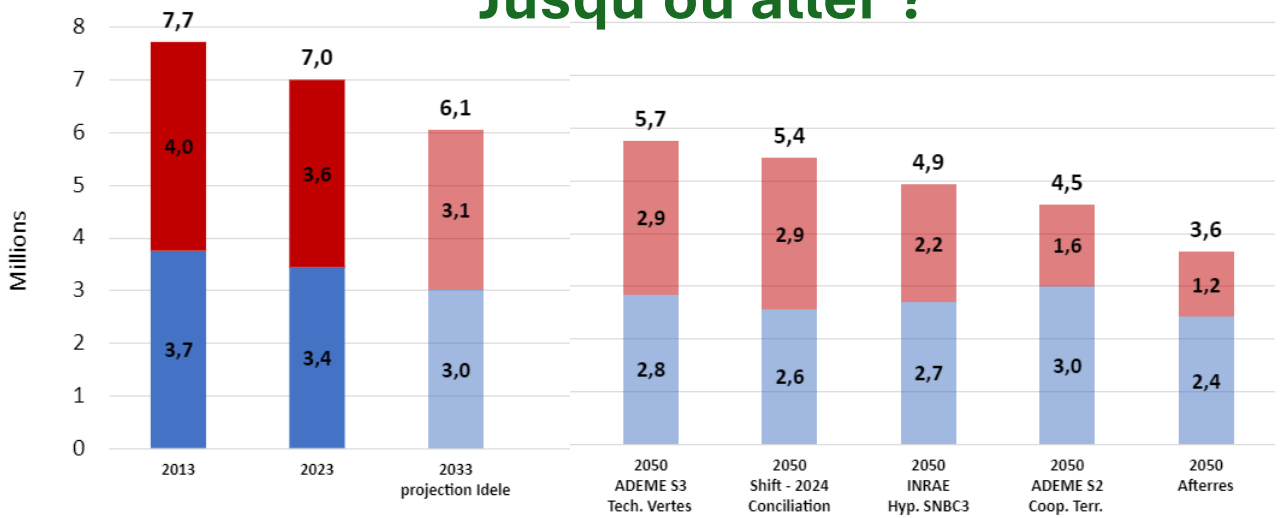
Séance du 4 Novembre 2026

1. Les leviers de réduction de l'intensité des émissions de méthane

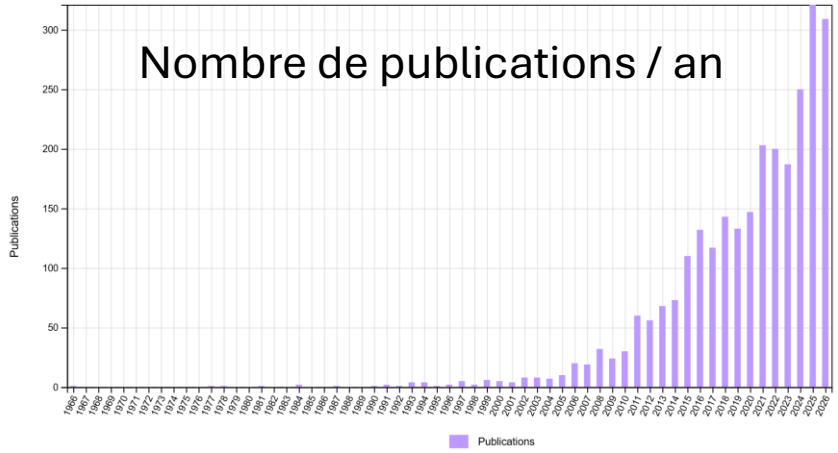
Moins de ruminants pour réduire les émissions de CH4



Jusqu'où aller ?



- **Quid des conséquences économiques et environnementales ?**
  - Importations « moins-disantes » à empreinte C plus élevées
  - Moins de ruminants = moins de prairies et pertes des services associés (stockage C, biodiversité…)
- **Il existe d'autres voies de réduction des émissions de CH4 entériques, peu ou pas prises en compte**, alors que la recherche est très active (300 publications / an dans le Web Of Science)



Réduire l'intensité des émissions de CH4

-5% à -15%

Troupeaux, systèmes d'élevage

Age au 1er vêlage
Carrière des animaux
Viande issue du lait

TRL : 7-9

-10% -20%

Alimentation

Concentré
Qualité des fourrages
Légumineuses, Pâturage
Suppléments lipidiques

TRL : 7-9



-10% à 10 ans

Génétique

Directe : animaux moins émetteurs
Indirecte : robustesse, précocité, format

TRL : 3-9

-15 à -30%

Additifs

3NOP, Tannins,
Extraits d'algues
Nitrates, Huiles essentielles

TRL : 3-9

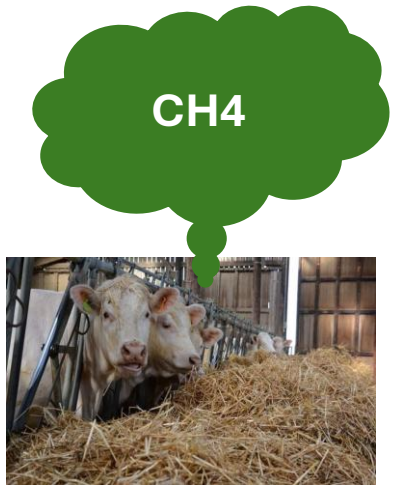
Méthane 2030

FRANCE RELANCE

Gondret et al., 2026, INRAE Prod. Anim. 39:9470

=> 30% en 2030 et 50% en 2050 (entérique et effluents) sont atteignables

Alimentation: plus de concentré par animal



Fourrage grossier



Fourrage vert

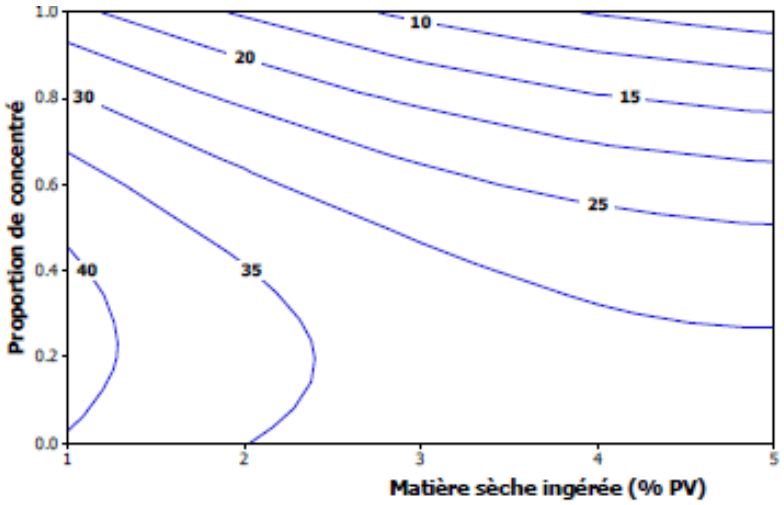


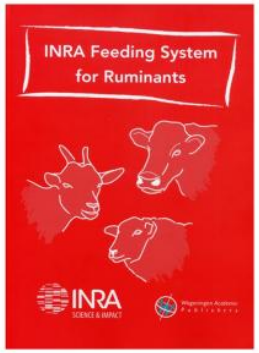
Fourrage + concentré

↓ CH4 g/j

↓ CH4 / kg produit

Potentiel d'atténuation jusqu'à - 20 %





$$CH4/MOD = 45{,}42 - 6{,}66 \times NI + 0{,}75 \times NI^2 + 19{,}65 \times PCO - 35{,}0 \times PCO^2 - 2{,}69 \times NI \times PCO$$

Alimentation: maximiser la qualité des fourrages

- **Intérêt des légumineuses**
  - **Un gain de 5 à 10% sur les émissions de CH_4**
  - Mais surtout : une réduction majeure des émissions de N_2O (engrais de synthèse = 29 kg eq-CO_2/kg N) *(Luscher et al., 2014)*

CH_4	Gram	Légum
g/kg MS ingérée	23,3	19,8

(Eugène et al., 2014)



- **Intérêt de l'herbe (pâturée)**
  - **Un gain de 10% ou plus par rapport à des rations conservées**

CH_4	Herbe verte (graminées)	Ration complète
g/kg MS ingérée	18,1	20,3

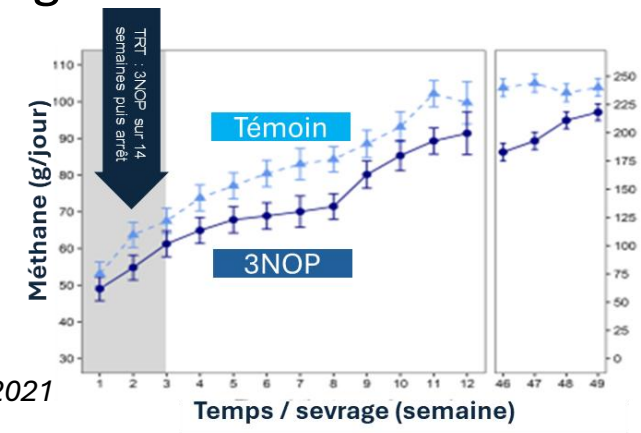
(O'Neill et al., 2011)

Additifs et suppléments alimentaires

		Ampleur de l'effet
Lipides	Graines de lin, AGPI omega-3	**10 à 20%**
Inhibiteurs de la méthanogénèse	3NOP (Bovaer-DSM)	**25 à 30%**
	Bromoformes (extraits d'algues rouges)	**10 à 30% (ou plus)**
Puits d'hydrogène	Nitrates	**10 à 20%**
Composés secondaires des plantes	Tannins, saponines, huiles essentielles	**0 à 20 % (sainfoin)**

(Doreau et al, 2011; Patra et al, 2017 ; Hoan et al., 2020 ; Roque et al 2021)

- Graines de lin : mesure des effets possibles à partir des AG du lait (brevet Valorex)
- Acceptabilité par le public ? Mise en œuvre en système herbager ?
- **Utiliser des additifs au sevrage pour moduler le microbiote ruminal ?**
  - Effet persistant après 1 an
  - Une piste de recherche qui reste à explorer

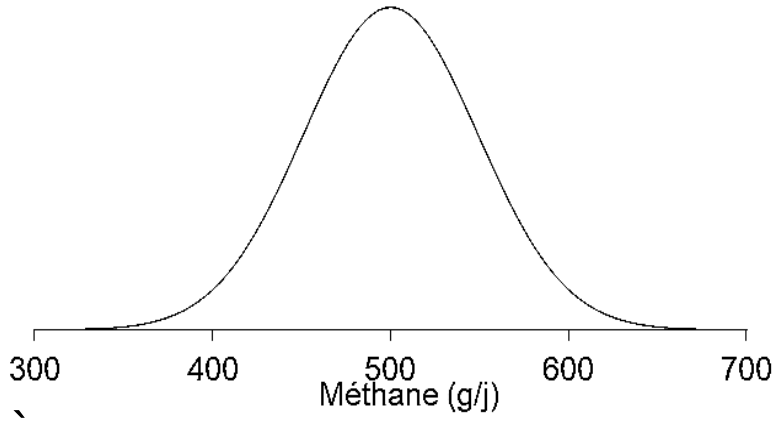


Meale et al., 2021

Levier génétique : sélectionner des animaux moins émetteurs

- **Une sélection orientée méthane**
  - Ecart type génétique de 45-50 g/j
  - Un potentiel de sélection important : 10% à partir des spectres MIR du lait
  - Un index de sélection disponible en 2026
    - une baisse de 1%/an est possible
    - Une baisse de 0,4%/an en gardant 90% du progrès actuel sur le potentiel laitier

Variabilité génétique disponible



Thèse de Solène Fresco (primée par AAF en 2026)

- **Pas d'information dans le cas des vaches allaitantes**
  - Travailler à partir du spectre SPIR des fèces => en cours dans Méthane2030

Génétique et conduite du troupeau : réduire le nombre d'animaux improductifs en lait et en viande

- **Avancer l'âge au 1er vêlage**
  - De 28-30 à 24 mois en lait = - 5 % CH4/kg lait
  - De 35 à 30 mois en viande est un objectif réaliste
  - Génétique de la précocité x alimentation x gestion de la santé

Adapté de Dall-Orsoletta et al., 2019

Génisses > 24 mois (% UGB)	
Secteur allaitant	17
Secteur laitier	9

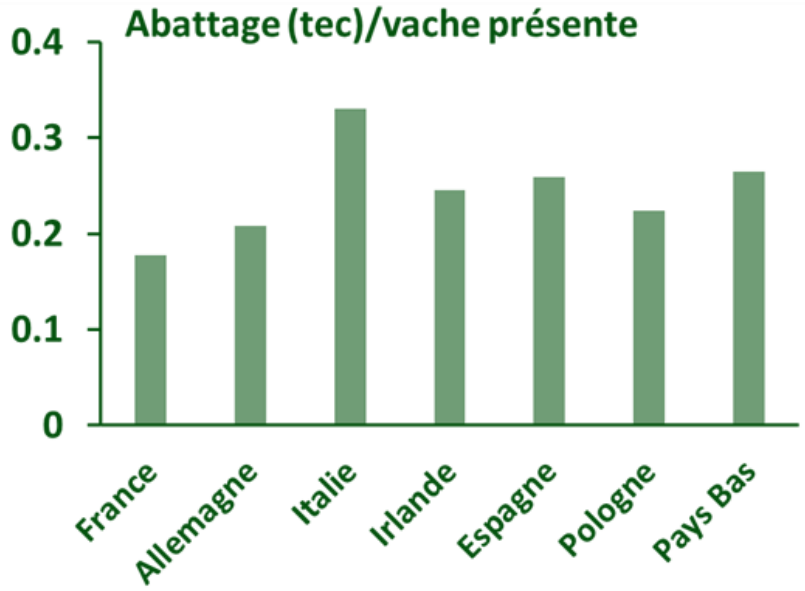
- **Réduire le taux de renouvellement en lait**
  - De 35-40 à 25 % = - 6 à 10 % CH4/kg lait
  - Génétique (variabilité génétique = 0,5 lactation) x gestion de la santé
- **Réduire le poids/format des vaches** pour réduire les besoins d'entretien

Au final un gain de 20% d'émission est possible et qui s'ajoute aux 10% liés à la sélection directe

Repenser les systèmes pour produire plus de viande par vache présente

- **Produire de la viande issue du lait (croisés, semences sexées) :**
  - Viande à faible impact C (5-7 vs 12-14 kg eqCO2/kg EC)
  - Engraissement possible à l'herbe
  - Marché des Commodités : viande hachée, plats préparés et RHD (en remplacement des importations)

(Dollé et al, 2015)



- **Repenser l'équilibre export de broutard / engraissement**
  - Plus de 35% des veaux sont exportés
  - Engraisser avec de l'herbe (des ha de prairie se libèrent)
  - Mais enjeux de la précocité des races

- **Carrière des animaux**
  - Abattage ni trop précoce (veau) ni trop tardif (bœuf) : JB de 18-25 mois

Effets potentiels des leviers sur d'autres performances

		Environnement					Economie			
		Air N20-NH3	Eau NO3-phyto	Conso Eau	Biodi-versité	Adapta-tion CC	Auto-nomie	Souve-raineté	Marge	Territoire
	Moins de ruminants	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Alimentation	Plus de concentrés par animal	-	-	-	-	+	-	-	-	=
Alimentation	Qualité des fourrages et légumineuses	+	+/-	=/+	+	+	+	+	+/-	=
Alimentation	Maximisation du pâturage	=/+	+	=/+	+	+/-	+	-	+/-	+
Additifs	Supplémentation lipidique (lin…)	=	=/-	=	=/+	=	-	=	=/-	=
Additifs	Utilisation d'additifs anti-méthane	=	=	=	=	=	-	=/-	-	=
Génétique et Conduite	Sélection animaux à faible émission	=	=	=	=	=	=	=/-	=/-	=
Génétique et Conduite	Vaches moins lourdes	+	+	+	=	=/+	+	-	-	=
Génétique et Conduite	Moins d'animaux 'improductifs'	+	+	+	+/-	+	+	=	+	=/-
Génétique et Conduite	Diminution durée d'engraissement	+	+	+	=/-	=/+	+	+	+	+
Génétique et Conduite	Viande du lait (vs Anim improductifs)	=	=	=	+/-	=	=	+	+	+

2. Prise en compte des leviers de réduction des émissions de méthane dans l'inventaire national d'émission

Objectifs SNBC-3 pour l'agriculture formulés par gaz

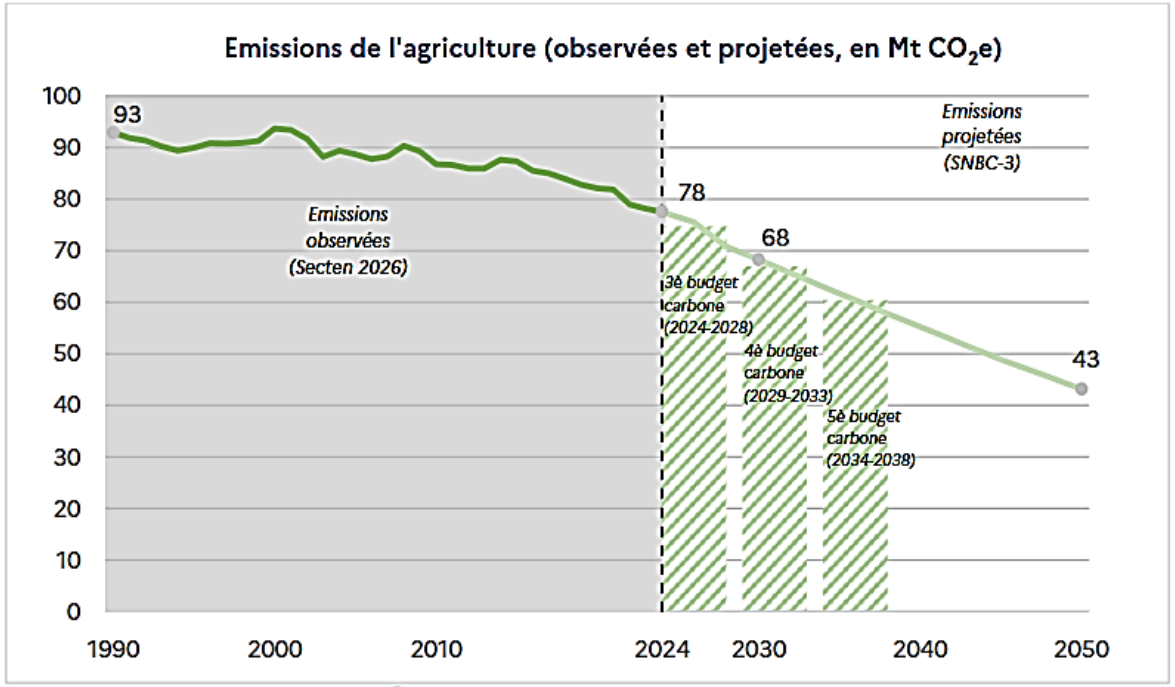


***Figure 34** : Evolution des émissions (historique et projections) du secteur de l'agriculture en Mt CO_2e entre 1990 et 2050 (Sources : inventaire national des émissions de gaz à effet de serre, Citepa, Secten 2026 ; modélisations DGEC)*

Répartition des 3e, 4e et 5e budgets C de la SNBC3 par domaine d'activité

Emissions annuelles (Mt eq CO2)	Années reference (secten 2026)			3e budget	4e budget	5e budget
	1990	2005	2024	SNBC3	SNBC3	SNBC3
Agriculture CH4	54	50	43	42	39	36
Agriculture N2O	27	26	22	22	19	18
Transports	125	146	125	116	86	54
Bâtiment	93	107	56	51	34	21
Industrie	140	119	62	56	40	28
Energie	79	74	31	30	24	19
Déchets	17	21	15	14	12	10

Source : Rapport SNBC-3, juillet 2026, partie 1: https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone/feuille-route-climatique-francaise

Cadre d'élaboration des inventaires d'émission (Citepa)

• Cadre méthodologique

- **Guide méthodologique :** Lignes directrices du GIEC (2006, 2019) *https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html*
- **Principe de calcul :** Emissions = Activité x Facteur d'émission
- **Niveaux de complexité méthodologique** : Tier 1, 2, 3
- **Rapportage standardisé** (tables CRT) et à l'international
- **Périmètre :** Approche territoriale (≠ ACV)
- **Transparence :** Publication annuelle de la méthode et des chiffres
- **Amélioration continue :** Revues internationales, GCIIE, principes TACCC (Transparency, Accuracy, Completeness, Consistency, Comparability)

• Cadre réglementaire

Nations Unies	CCNUCC Traités : Protocole de Kyoto, Accord de Paris Modalités : Décision 18/CMA.1 Art 13. Accord de paris Tables CRT : https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2026 Audit : Revue CCNUCC
UE	Règlement « Gouvernance » (2018/1999) Audit : Revue ESD-ESR
FR	SNIEBA * (instaure le GCIIE**)
	SNBC Loi climat et résilience Code de l'environnement Inventaire Secten : https://www.citepa.org/donnees-air-climat/donnees-gaz-a-effet-de-serre/secten/

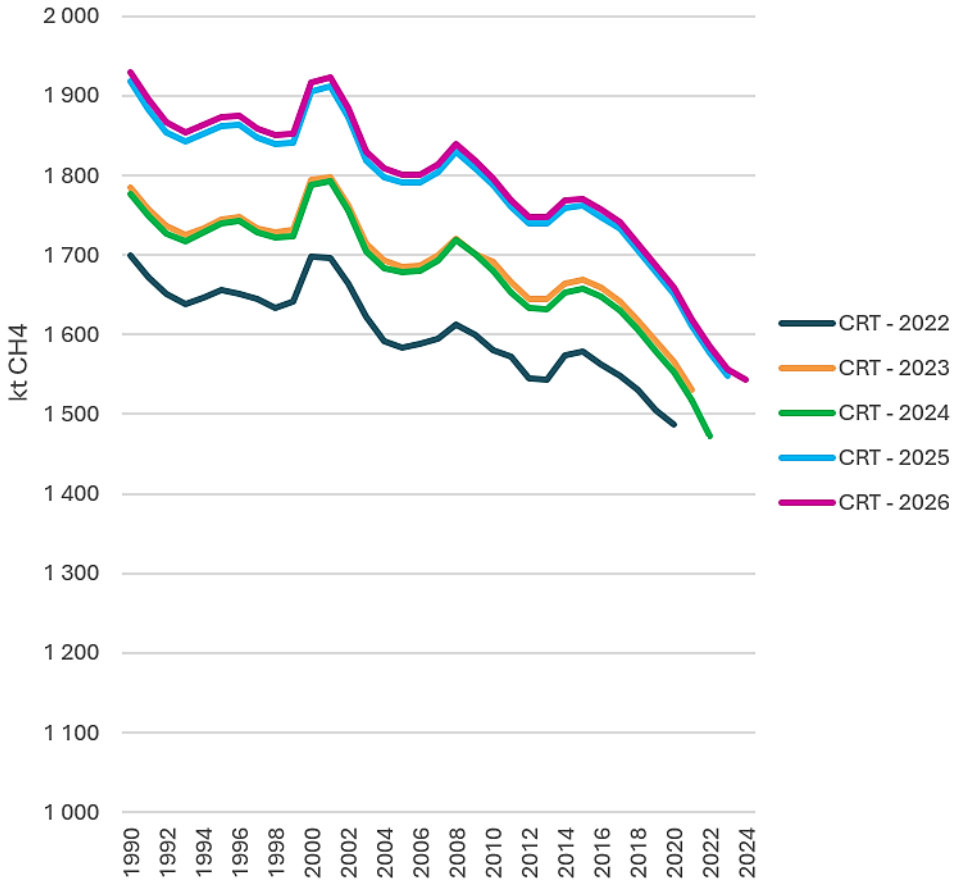
*Système National d'Inventaires d'Emissions et de Bilans dans l'Atmosphère : https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000024556265/

** GCIIE : Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émissions.

Un processus en constante évolution

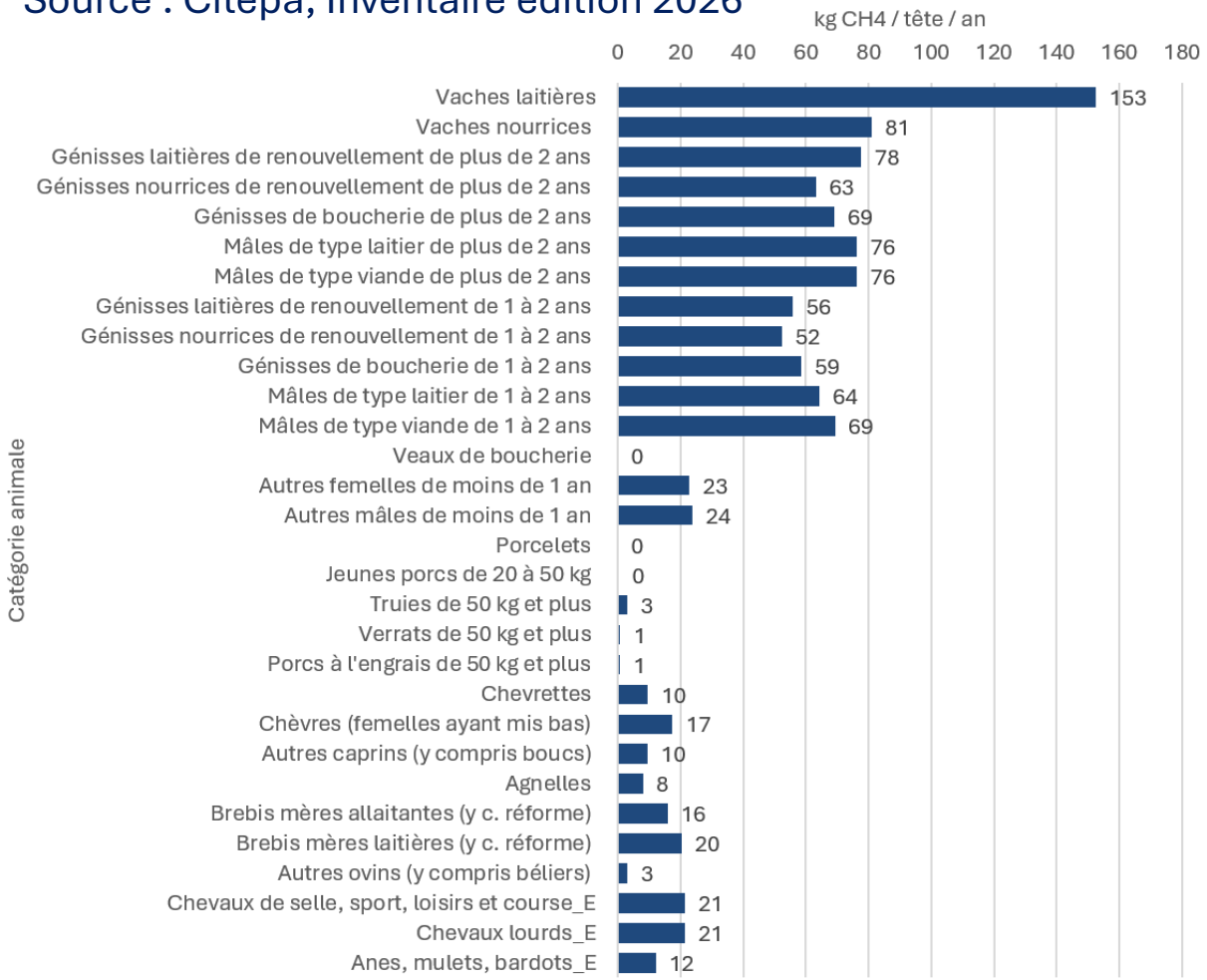
- Chaque nouvelle édition **annule et remplace** la précédente
- La **série temporelle** (1990-année en cours) est systématiquement **recalculée,** pour assurer l'application d'une **méthode cohérente** sur la période
- Les mises à jour peuvent concerner :
  - la disponibilité de **nouvelles données**
  - la mise en place d'une **nouvelle méthode**
  - L'intégration de **nouveaux facteurs d'émission**
- **Contraintes et critères** d'intégration d'une nouvelle technique de réduction des émissions :Transparence, publication scientifique et technique, données d'activité adéquates, applicabilité à l'échelon national

Emissions de méthane de l'agriculture selon différentes éditions de l'inventaire national



Facteur d'émission CH4 entérique

Facteurs d'émission induit de CH4 entérique pour l'année 2024
Source : Citepa, Inventaire édition 2026



- **Méthode vaches laitières :**
  - Eugène et al., 2019 (**Tier 3**)
  - FE dynamique en fonction du rendement laitier

$$FCMe = 45.42 - 6.66 \times NI + 0.75 \times NI^2 + 19.65 \times PC - 35.0 \times PC^2 - 2.69 \times NI \times PC$$

- **Méthode autres bovins :**
  - Projet Mondferent I (**Tier 3**)
  - FE fixe

$$CH_4 \text{ (g/kg PV/jour)} = 0{,}083 + 0{,}025 \times MODI \text{ (g/kg PV/jour)}$$

- **Méthode ovins et caprins :**
  - Sauvant *et al.* (2011) ; **Tier 3**
  - FE fixe

$$CH_4 \text{ (g)} / MODI \text{ (kg)} = 45{,}42 - 6{,}66\ NI + 0{,}75\ NI^2 + 19{,}65\ PCO - 35{,}0\ PCO^2 - 2{,}69\ NI \times PCO$$

- **Autres animaux :**
  - Méthodes Mondferent II (**Tier 3**) Vermorel (**Tier 2**)
  - FE fixe

Facteur d'émission CH4 entérique

		Levier suivi dans l'inventaire	Enjeu sur 'integration
Alimentation	Moins de ruminants	Oui	
	Plus de concentrés par animal	Non	BDD alimentation animale x Rations Mondferent
	Qualité des fourrages et légumineuses	Non	BDD alimentation animale x Rations Mondferent
	Maximisation du pâturage	Partiellement	Usage des terres oui, effet sur la fermentation non
Additifs	Supplémentation lipidique (lin...)	Non	Distinguer la part du cheptel concerné
	Utilisation d'additifs anti-méthane	Non	Distinguer la part du cheptel concerné
Génétique et Conduite	Sélection animaux à faible émission	Non	Distinguer la part du cheptel concerné
	Vaches moins lourdes	Oui	Indirectement pris en compte via cheptel / rendement
	Moins d'animaux improductifs	Oui	
	Diminution durée d'engraissement	Oui	
	Viande du lait (vs. animaux improductifs)	Oui	

La réflexion pourrait être étendue à d'autres effets : cohérence multi-gaz, produits importés (soja), effet du climat sur les émissions, usage des terres etc. L'approche inventaire consiste à privilégier la faisabilité et la réduction d'incertitudes

Et pour conclure

- **Des leviers disponibles** dont il faut encore étudier les effets combinés, les effets sur les autres performances de l'élevage et sur la rentabilité
- **Des leviers à mobiliser selon la disponibilité** des ressources, les **spécificités** des territoires et des systèmes de production et la **vulnérabilité** au changement climatique
- **Des leviers dont les effets peuvent être pris en compte dans la comptabilité nationale**
- **Des leviers dont certains sont mentionnés dans les objectifs de la SNBC3**
  - **Baisse des cheptels : -12%** en 2030 pour les bovins (par rapport à 2020) – on y est presque !
  - **Sélection génétique : - 5%** d'émissions entériques en 2050
  - **Introduction de lipides dans les rations** en substitution de 3,5% des glucides : 25 % des bovins concernés en 2030 et 82 % en 2050 pour **– 14%** des émissions
  - **(Re)développement du pâturage en systèmes laitiers** : 28 % en 2020, 45 % en 2030, 64 % en 2050