



Changements climatiques : les causes et les moyens d'atténuation

Yves Beckers

Elevage de Précision et Nutrition

Gembloux Agro-Bio Tech

Université de Liège

Belgique



Questions posées

- Quelles sont les causes des changements climatiques ?
- Quels sont les GES rejetés par le secteur agricole ?
- Pourquoi les ruminants émettent-ils des GES ?
- Peut-on diminuer en pratique l'émission de GES par les ruminants ?



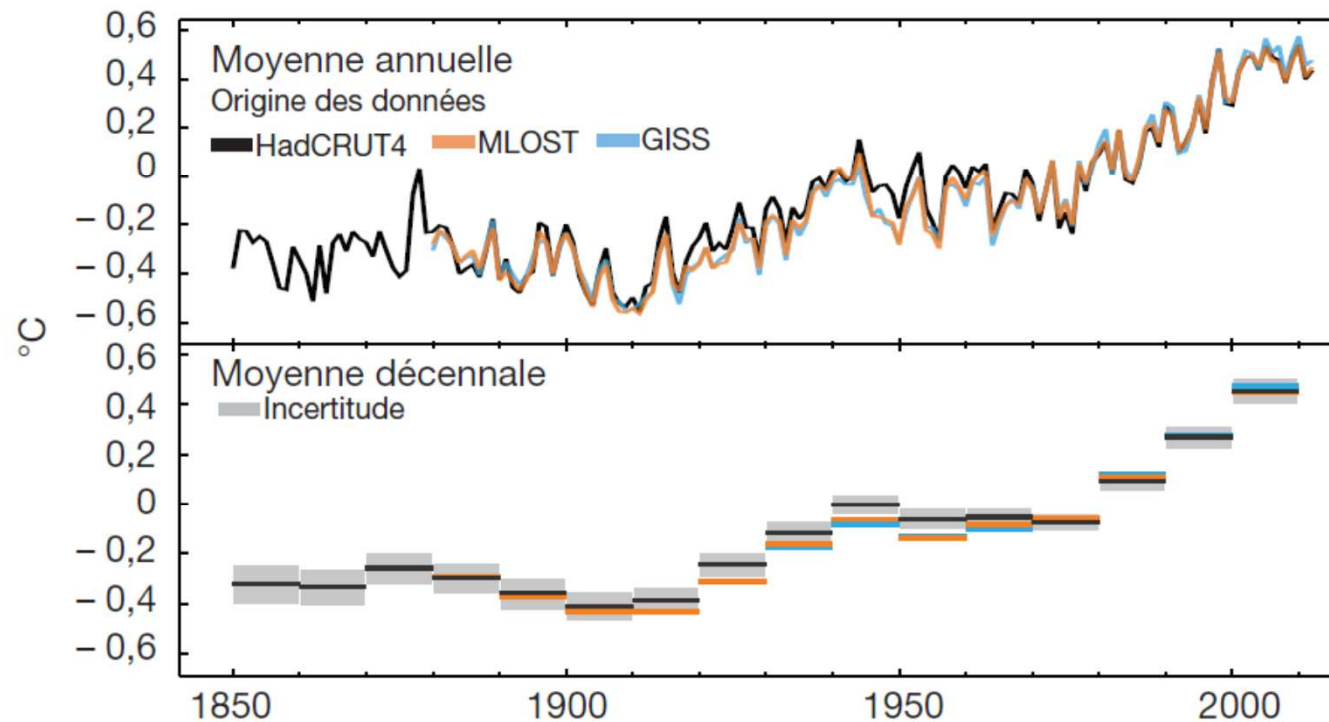
Introduction

Les changements climatiques sont les
conséquences du réchauffement climatique

Cause humaine : les gaz à effet de serre

Réchauffement climatique

Évolution des températures globales moyennes de 1850 à 2012
par rapport à la période de référence 1961-1990

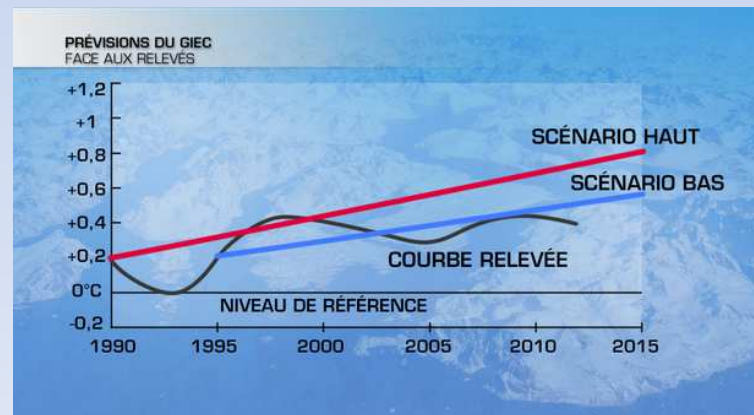
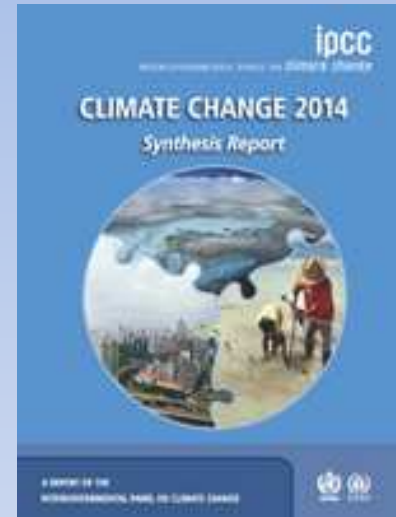


Source : Giec, 1^{er} groupe de travail, 2013



Changements climatiques – Sujet d’actualité et de polémique

- COP 21 – Paris 2015



<https://www.ipcc.ch/>

Changements climatiques

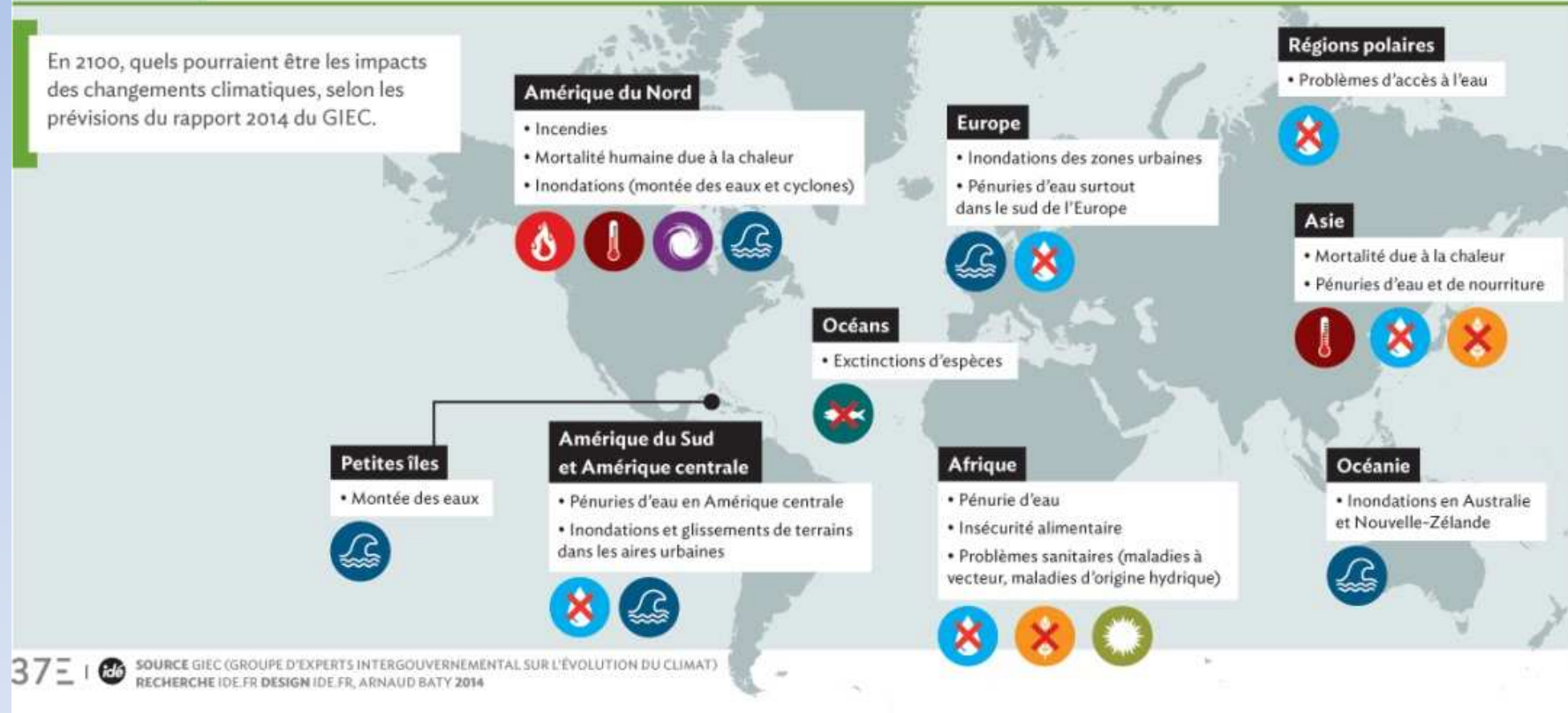


<http://verts-saint-orens.blogspot.be/>

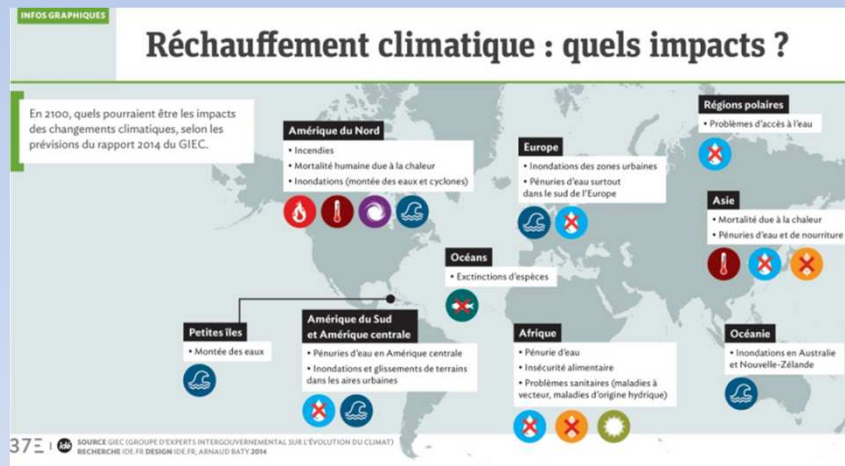
INFOS GRAPHIQUES

Réchauffement climatique : quels impacts ?

En 2100, quels pourraient être les impacts des changements climatiques, selon les prévisions du rapport 2014 du GIEC.



Augmentation de plus de 2°C



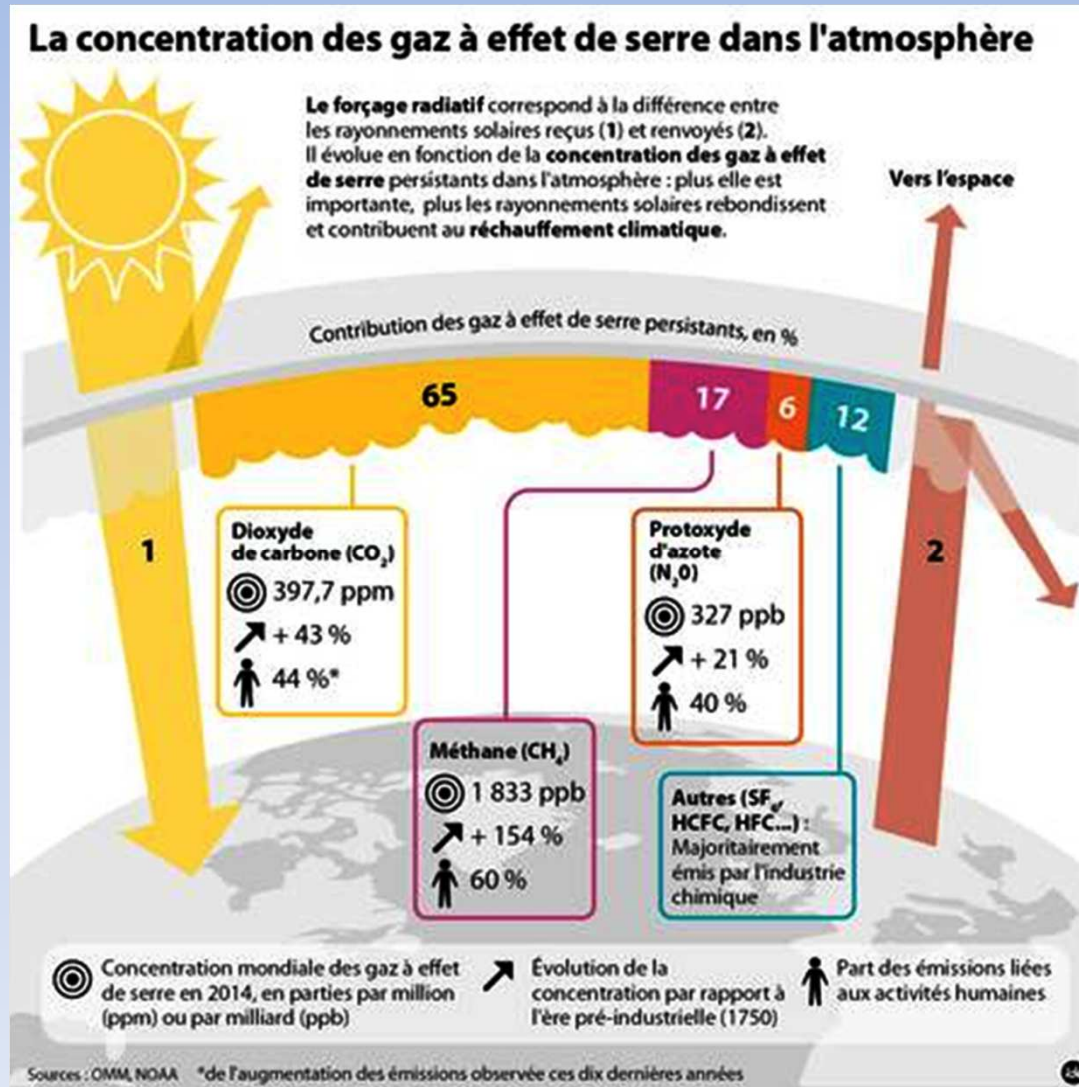
- Les conséquences
 - Des phénomènes climatiques extrêmes
 - Des saisons très instables
 - La montée du niveau des mers
 - La fonte massive des glaciers
- Les conséquences seront particulièrement néfastes dans les pays du sud.



Emissions de GES

Secteur de l'élevage émet de 8 à 18 %
des GES totaux selon les sources

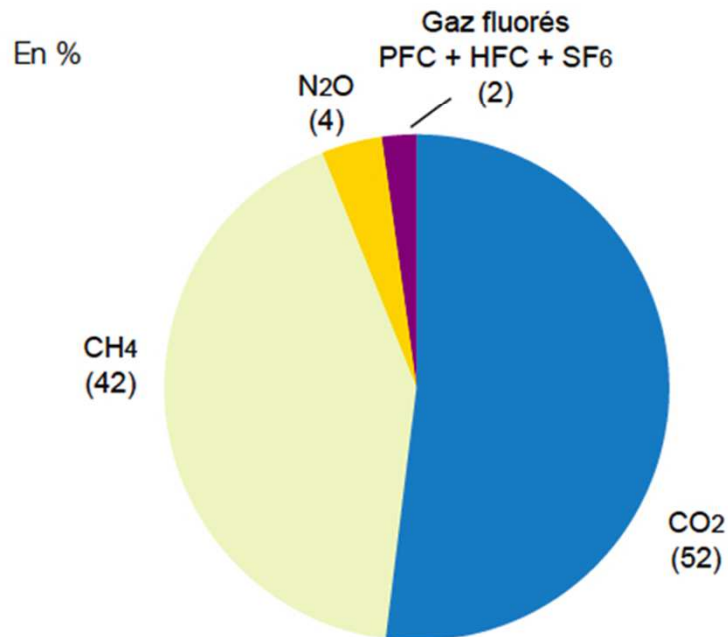
Emissions de GES



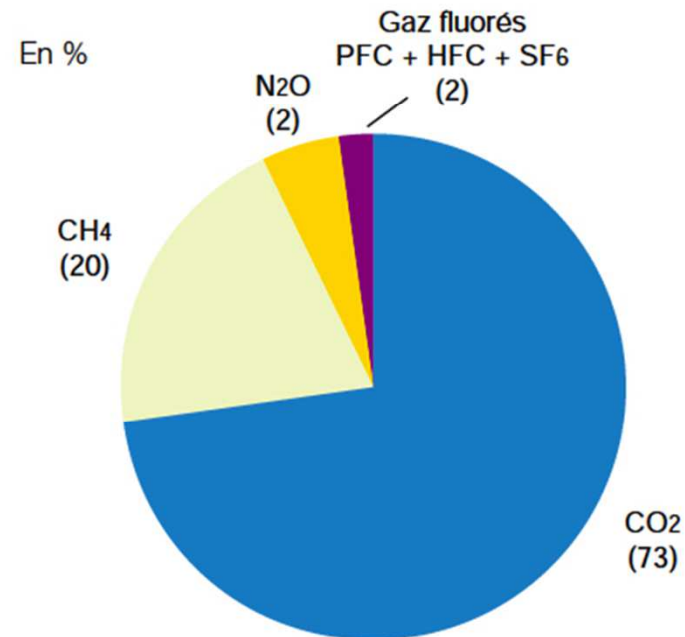
Types de GES

Répartition des émissions mondiale de GES¹ par gaz en 2010

Selon le potentiel de réchauffement global² à **20 ans**



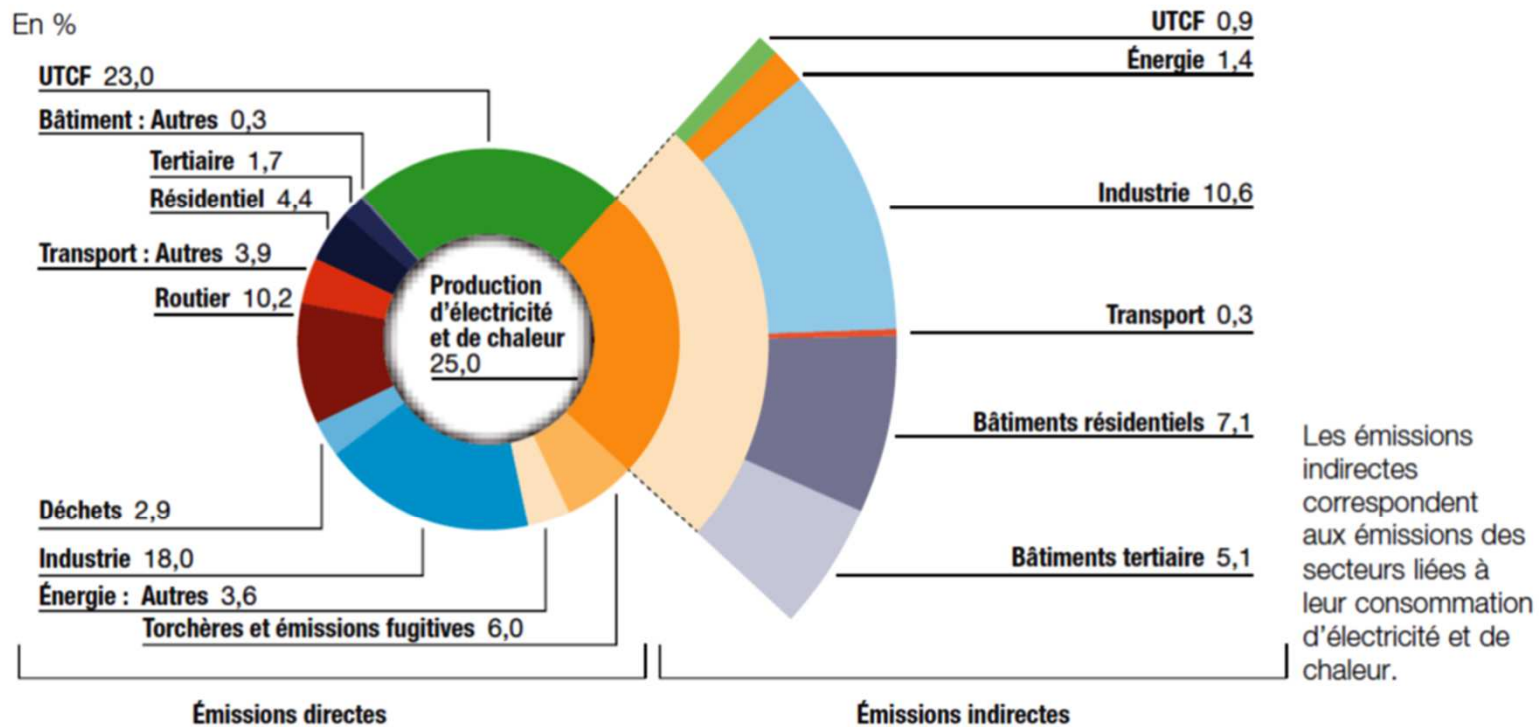
Selon le potentiel de réchauffement global² à **100 ans**



Source : Giec, 3^e groupe de travail, 2014

Origines des GES

Répartition des émissions mondiales de GES par secteur en 2010



Source : Giec, 3^e groupe de travail, 2014

Livestock and GHG emissions

Of 49 GT/y CO₂-eq, livestock accounts for approx. 14 % with different gases

CH₄ 44% (3,1 GT/y CO₂-eq)

N₂O 29% (2 GT/y CO₂-eq)

CO₂ 27% (2 GT/y CO₂-eq)

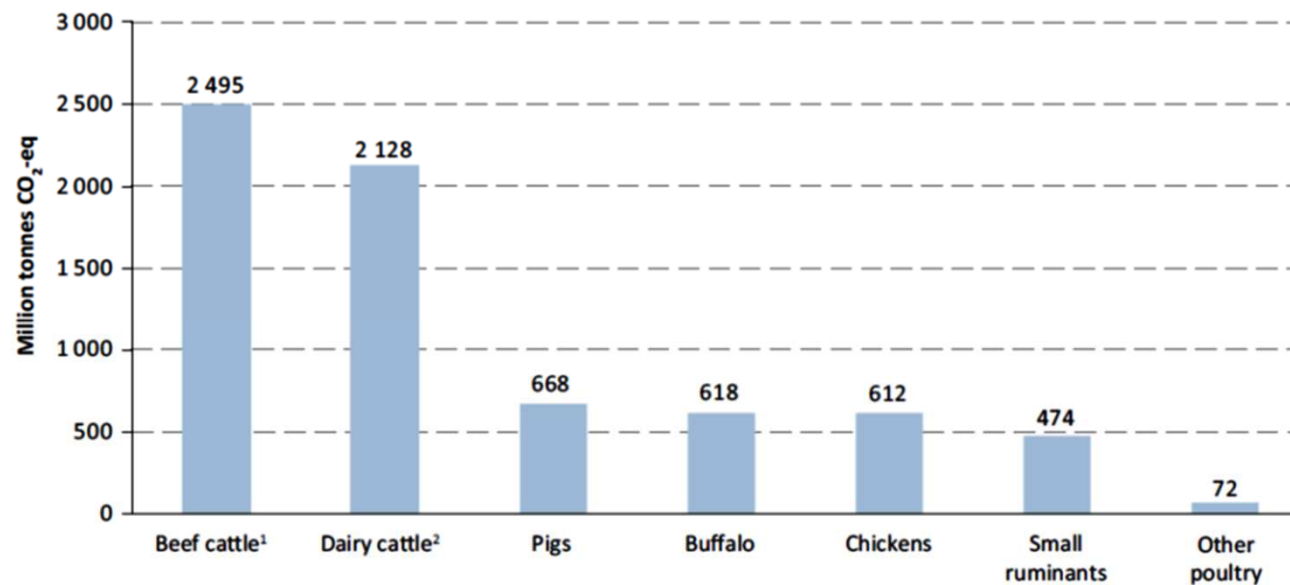
(IPCC, 2007)



Global significance of sector's emissions. GHG emissions values are computed in GLEAM for 2005, while IPCC estimates are for 2004. GLEAM emissions estimate includes emissions attributed to edible products and to other goods and services.

Emissions de GES par espèces

FIGURE 2. Global estimates of emissions by species*



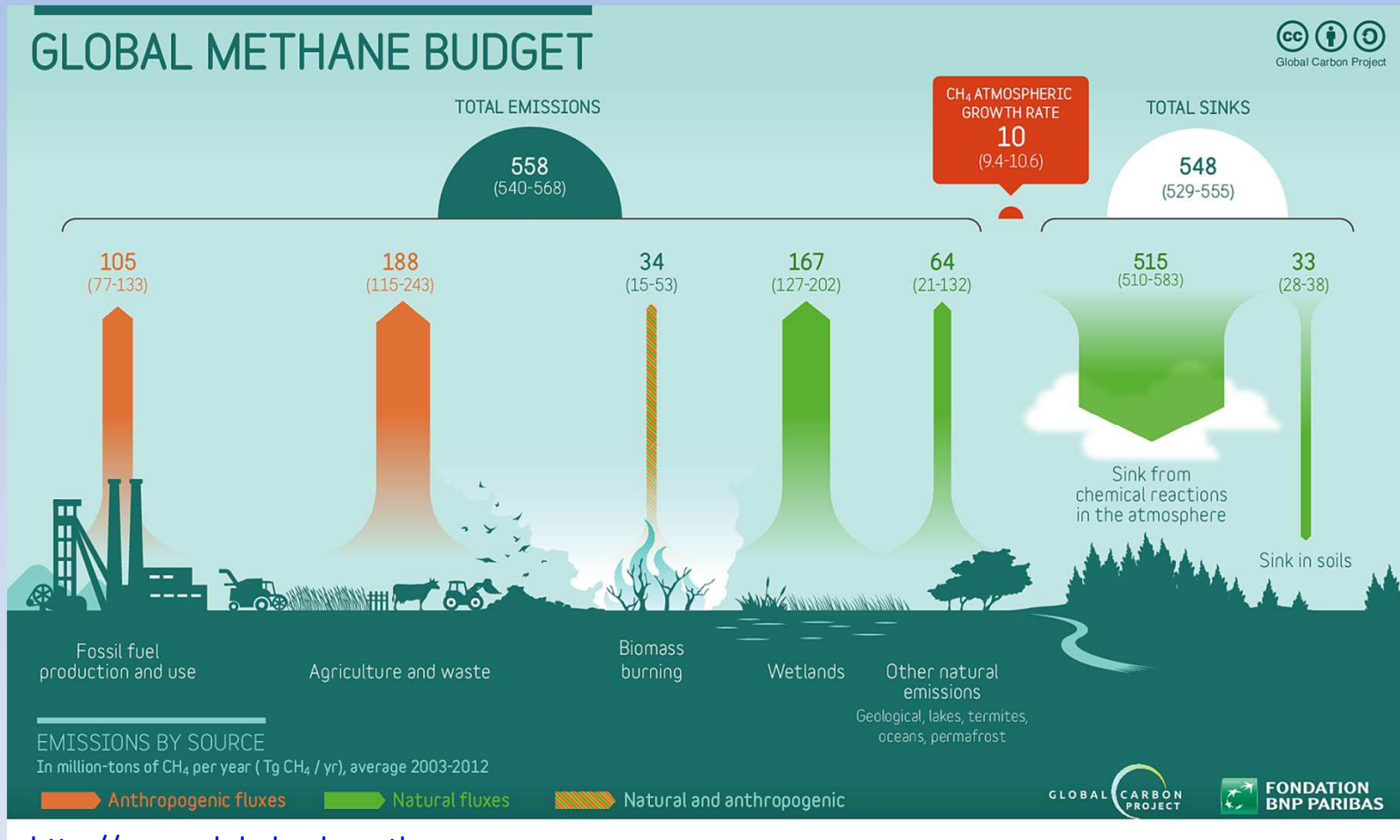
*Includes emissions attributed to edible products and to other goods and services, such as draught power and wool.

¹ Producing meat and non-edible outputs.

² Producing milk and meat as well as non-edible outputs.

Source: GLEAM.

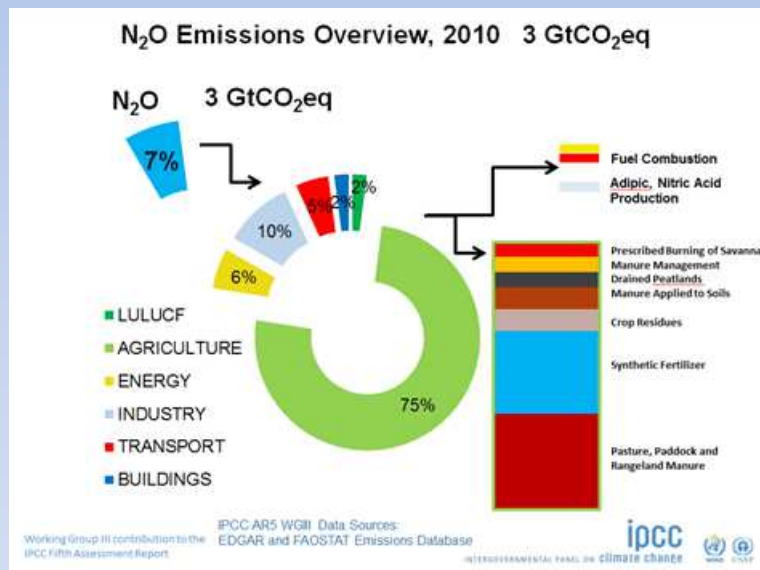
Méthane



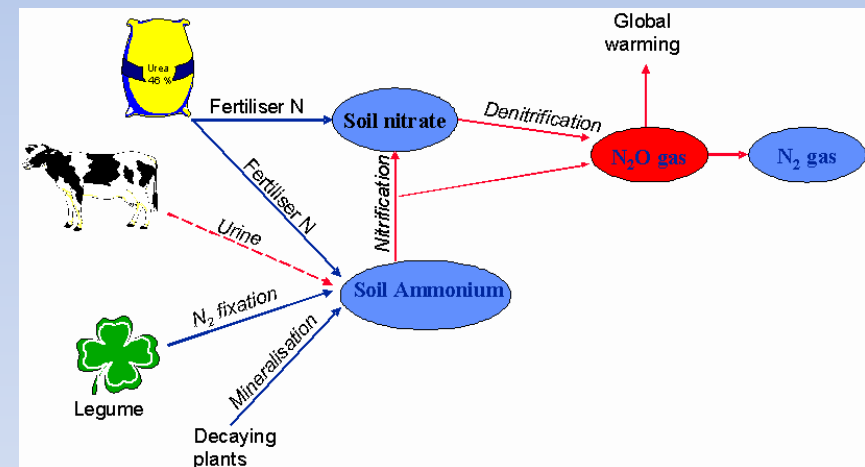
<http://www.globalcarbonatlas.org>

Protoxyde d'azote

Emissions globales

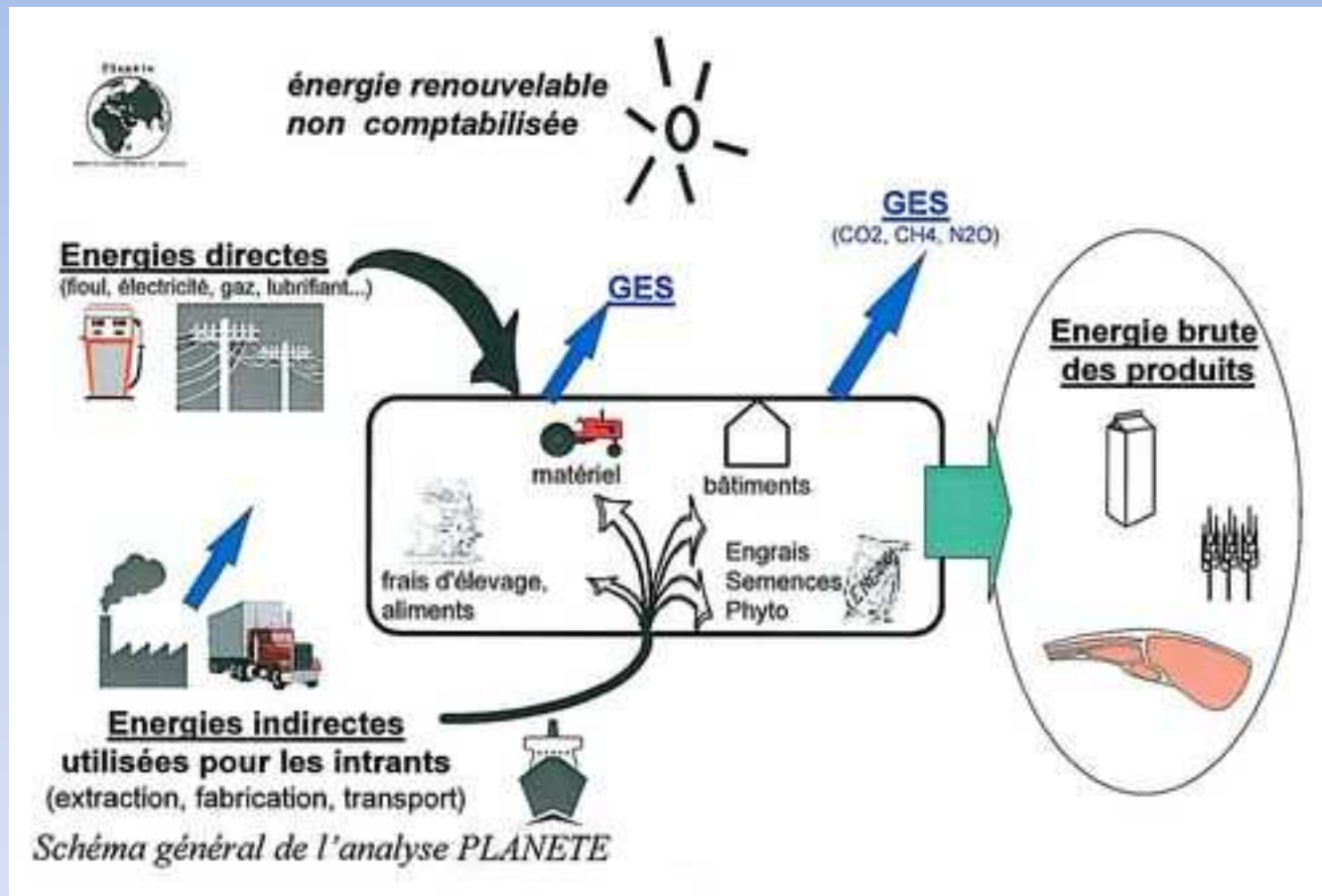


Agriculture



http://www.greenhouse.unimelb.edu.au/BMP_Dairy_Farm.htm

Dioxyde de carbone



<http://inpact37.org/inpact37.php?idcontenu=115&profil=paysan>



Origine du méthane entérique

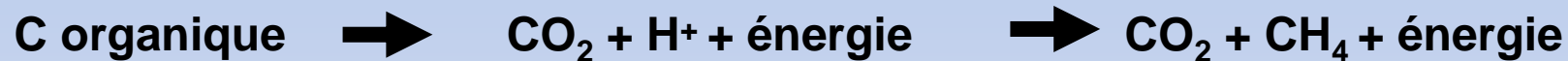
16 à 26 g de méthane par kg de MS
de ration dus aux fermentations dans
le tube digestif

Origine du méthane

- **Écosystème anaérobie**

- sédiments aquatiques
- digesteurs

Séjour prolongé



- **Écosystème anaérobie du tube digestif**

- rumen
- gros intestin

Séjour court



Énergie pour l'animal ←

Origine du H₂ dans le rumen

- Les réactions fermentaires en anaérobiose utilise le coenzyme NAD⁺ pour oxyder les hydrates de carbone alimentaires et du NADH/H⁺ est formé
- Le NAD⁺ est ensuite régénéré en produisant du H₂ qui est éliminé par les microorganismes et le H₂ se concentre dans le rumen
- Si le H₂ s'accumule dans le rumen, l'oxydation du NADH/H⁺ en NAD⁺ n'est plus possible et la fermentation s'arrête
 - L'accumulation de H₂ inhibe les fermentations
- Des microorganismes sont capables d'utiliser le H₂ (143 MJ/kg) pour hydrogéner le CO₂ en CH₄ (55 MJ/kg) et obtenir de l'énergie (*Methanobrevibacter sp.*)



La production de méthane est-elle obligatoire dans le rumen pour éliminer le H₂?

- Obligation de maintenir une concentration faible en H₂ dissous dans le rumen : 0,1 à 50 μM
 - Moins de 3,1 μM avec une ration riche en fourrage
- Autres voies possibles grâce aux microorganismes présents dans le rumen
 - Augmenter la propionogenèse
 - Favoriser l'acétogenèse réductrice
 - Stimuler la réduction des sulfates et/ou des nitrates
 - ...
- Pas toujours favorisées par un manque de substrat ou du point de vue thermodynamique ...



GES - Agriculture

Leviers pour diminuer les émissions :
prendre en considération les sources
et les puits du système agricole

Ges - agriculture

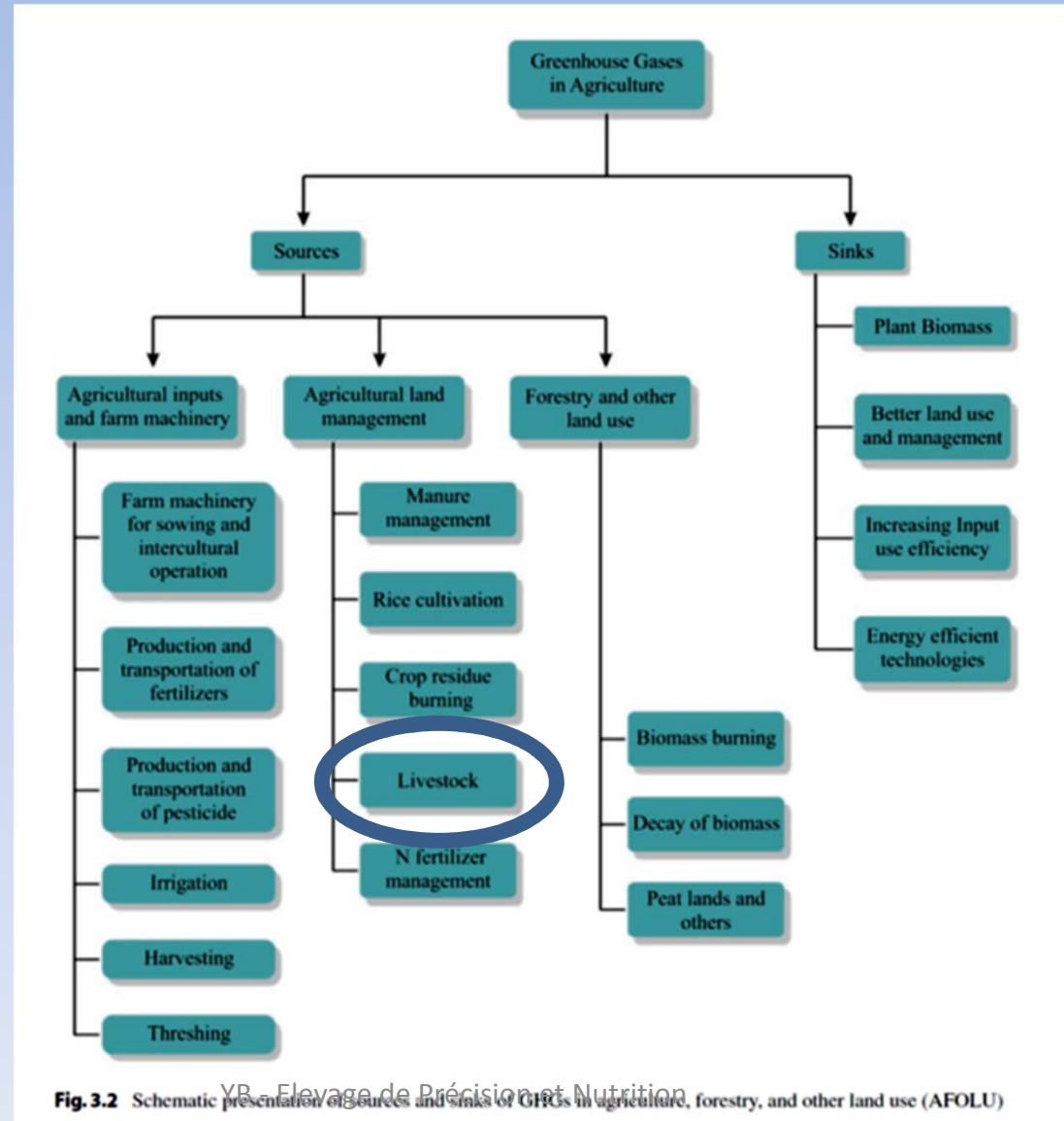
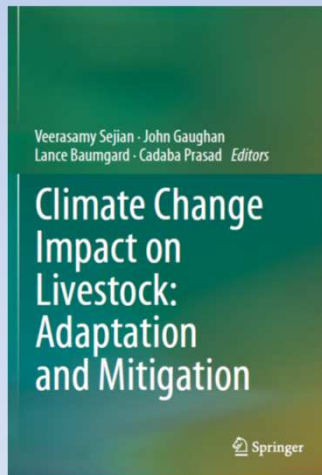


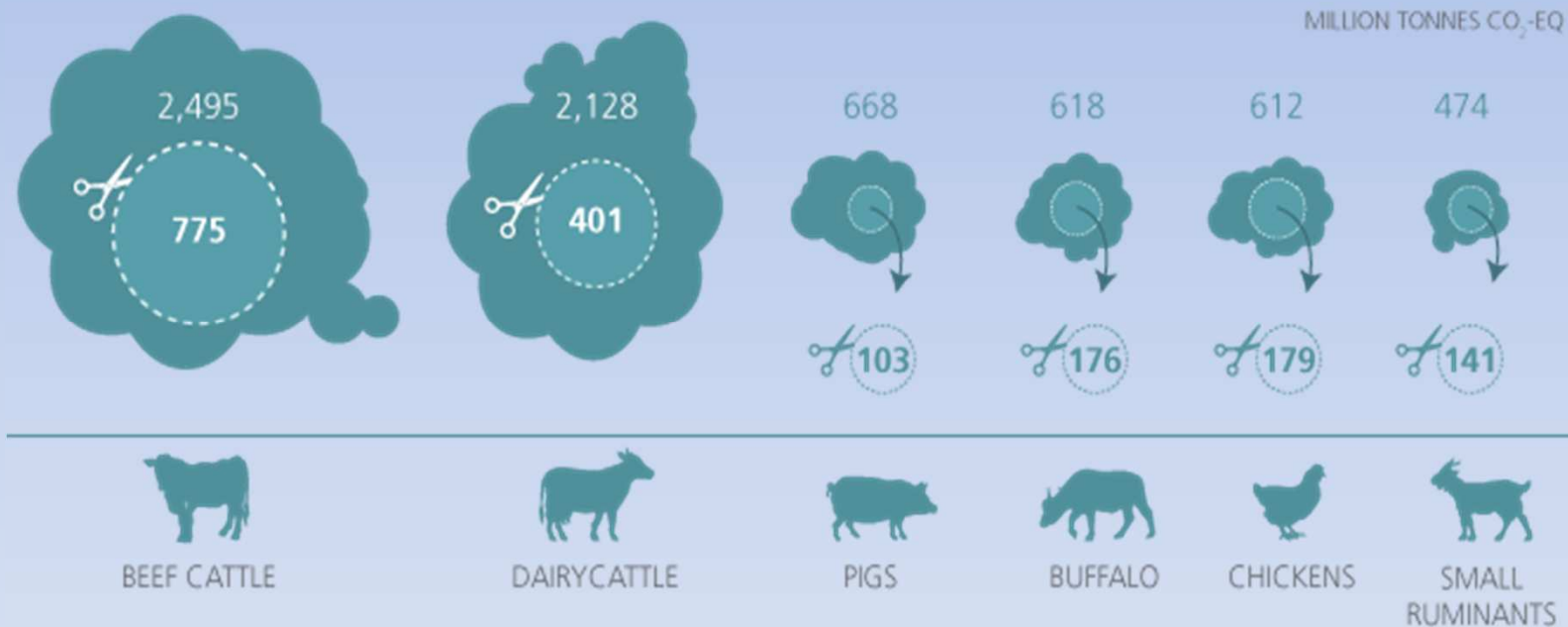
Fig. 3.2 Schematic presentation of sources and sinks of GHGs in agriculture, forestry, and other land use (AFOLU)



Leviers d'action pour réduire la production de GES

Du système de production au
microbiome ruminal

Mitigation potential



The mitigation potential estimate excludes changes between farming systems and assumes the overall output remains constant.



Techniques and strategies to mitigate GHG emissions

FEED

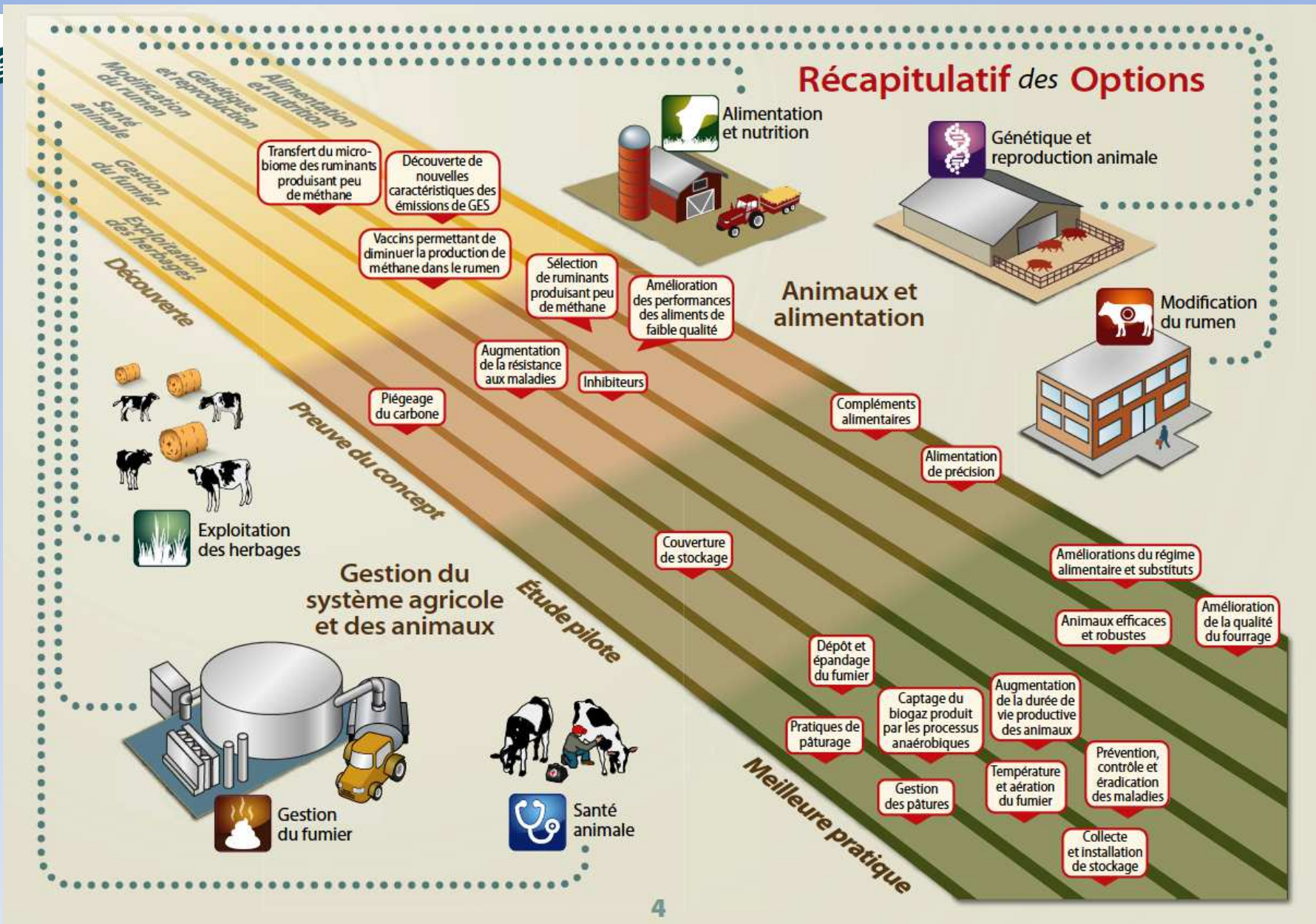
- Grazing management
- Macro-supplementation
- Feed additives
 - Nitrate
 - Ionophores
 - Plant bioactive compounds
 - Tannins (condensed)
 - Essential oils
- Precision feeding and feed analyses
- Concentrations in ration
- Forage quality and management
- Breeding for straw quality
- Micro-supplementation
- Manipulation of rumen
- Feed processing

MANURE

- Dietary manipulation and nutrient balance
 - Reduced dietary protein
 - High fibre diets
- Housing
- Biofiltration
- Manure treatment
 - Manure storage
 - Manure storage
 - Decreased fermentation
 - Storage of manure application
 - Manure storage vs surface application
 - Timing of application
 - Soil cover, cover cropping
- Composting
 - Soil nutrient balance
- Litter stacking
- Storage temperature
- Nitrification inhibitor applied to manure or after urine deposition in pastures
- Urease inhibitor applied with or before urine

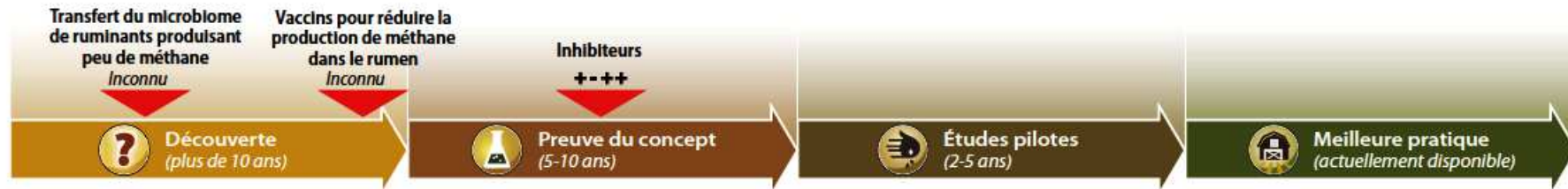
ANIMAL

- Animal management
 - Genetic selection (Residual feed intake)
 - Animal health
 - Reduced animal mortality
 - Optimization of age at slaughter
 - Reproductive management
 - Mating strategies
- Improved productive life
- Enhanced fecundity
- Periparturient care/health
- Reduction of stress
- Assisted reproductive technologies

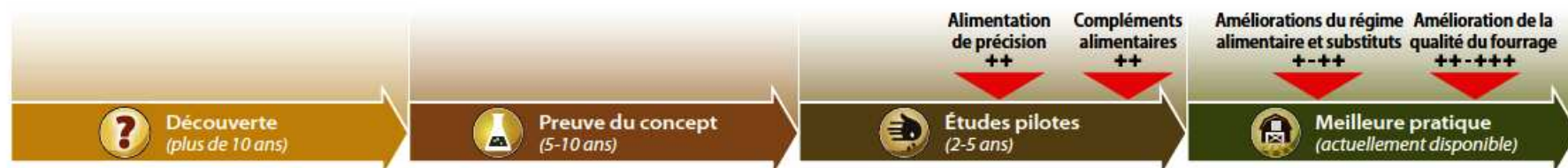


Quelques exemples

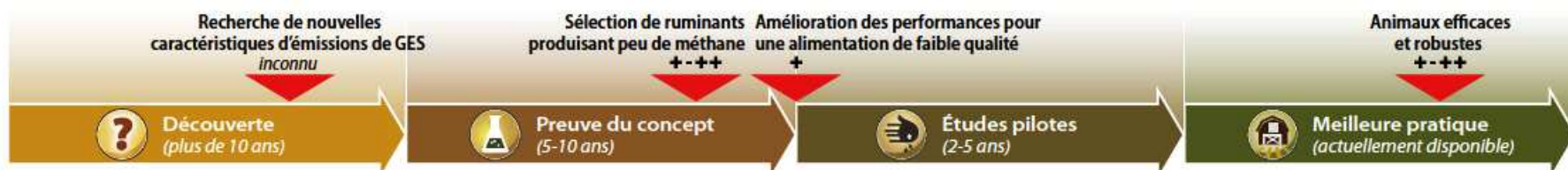
Modification du rumen : Phases d'avancement



Alimentation et nutrition : Phases d'avancement



Génétique et élevage des animaux : Phases d'avancement





MitiGate

Science of the Total Environment 572 (2016) 1166–1174



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



MitiGate; an online meta-analysis database for quantification of mitigation strategies for enteric methane emissions



Jolien B. Veneman ^{a,b}, Eli R. Saetnan ^{a,*}, Amanda J. Clare ^c, Charles J. Newbold ^a

^a Institute for Biological Environmental and Rural Sciences, Aberystwyth University, Aberystwyth SY23 3DA, United Kingdom

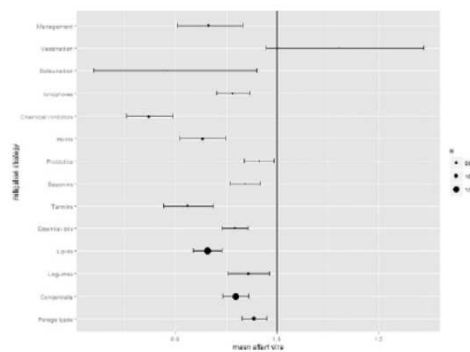
^b Cargill Innovation Center Velddriël, Cargill Animal Nutrition, Velddriël, 5334 LD, The Netherlands

^c Department of Computer Science, Aberystwyth University, Aberystwyth SY23 3DA, United Kingdom

HIGHLIGHTS

- A meta-analysis database of research on options for mitigating enteric greenhouse gas emissions from livestock production.
- An on-line interface allows data extraction, updating, and integration into modelling efforts or policy recommendations.
- Meta-analysis provides estimates of effect size, variance and heterogeneity of each mitigation strategy.
- Accuracy of mitigation potentials reduced by limited data for certain strategies, geographic regions or long term studies.

GRAPHICAL ABSTRACT





Réduire la production de GES

Systèmes productifs

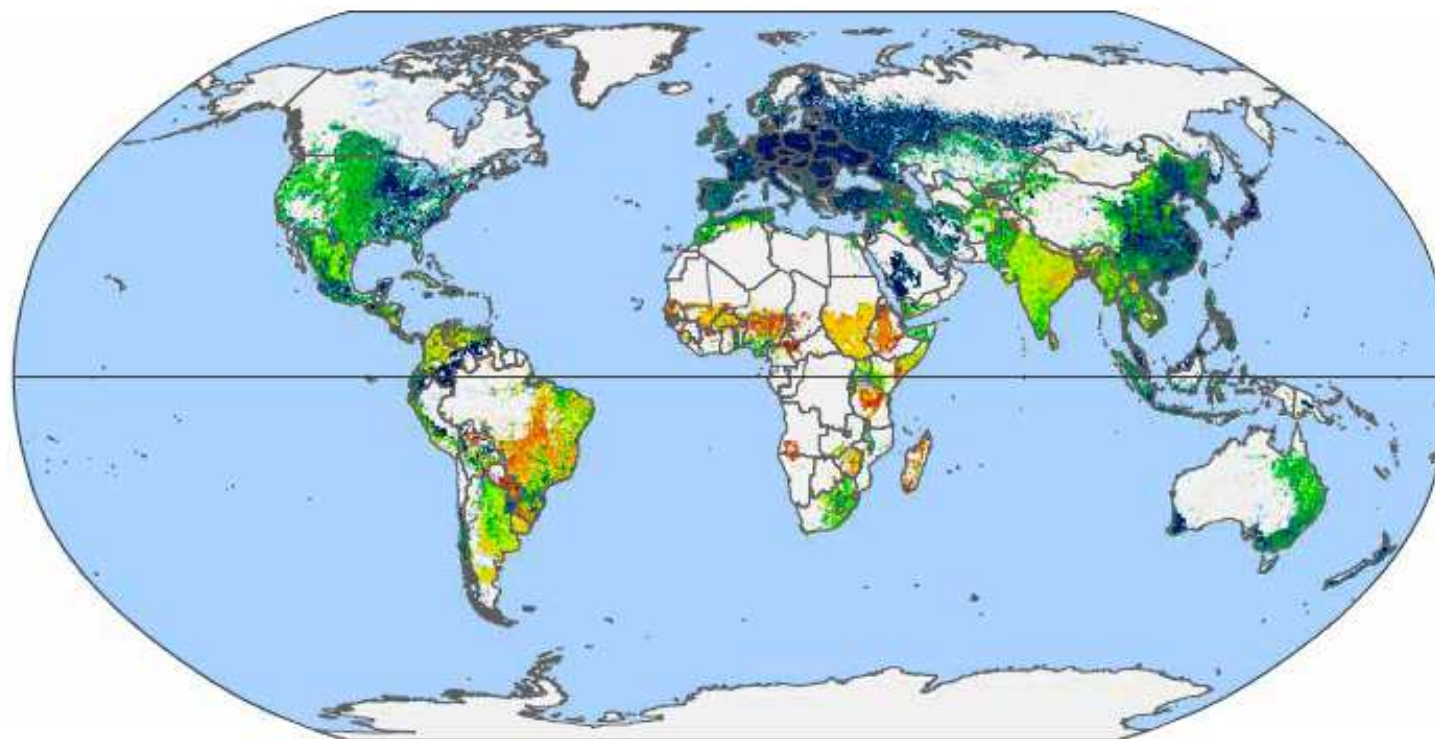
Animaux productifs

Autres utilisations du H₂ dans le rumen

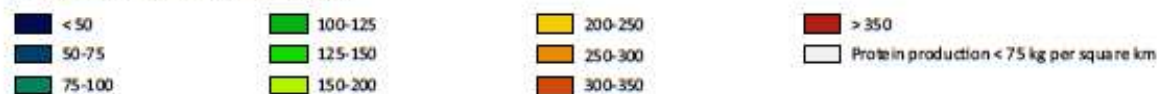
Inhibition des microorganismes produisant du H₂

Efficacité des productions animales

FIGURE 27A. Emission intensity per unit of edible protein

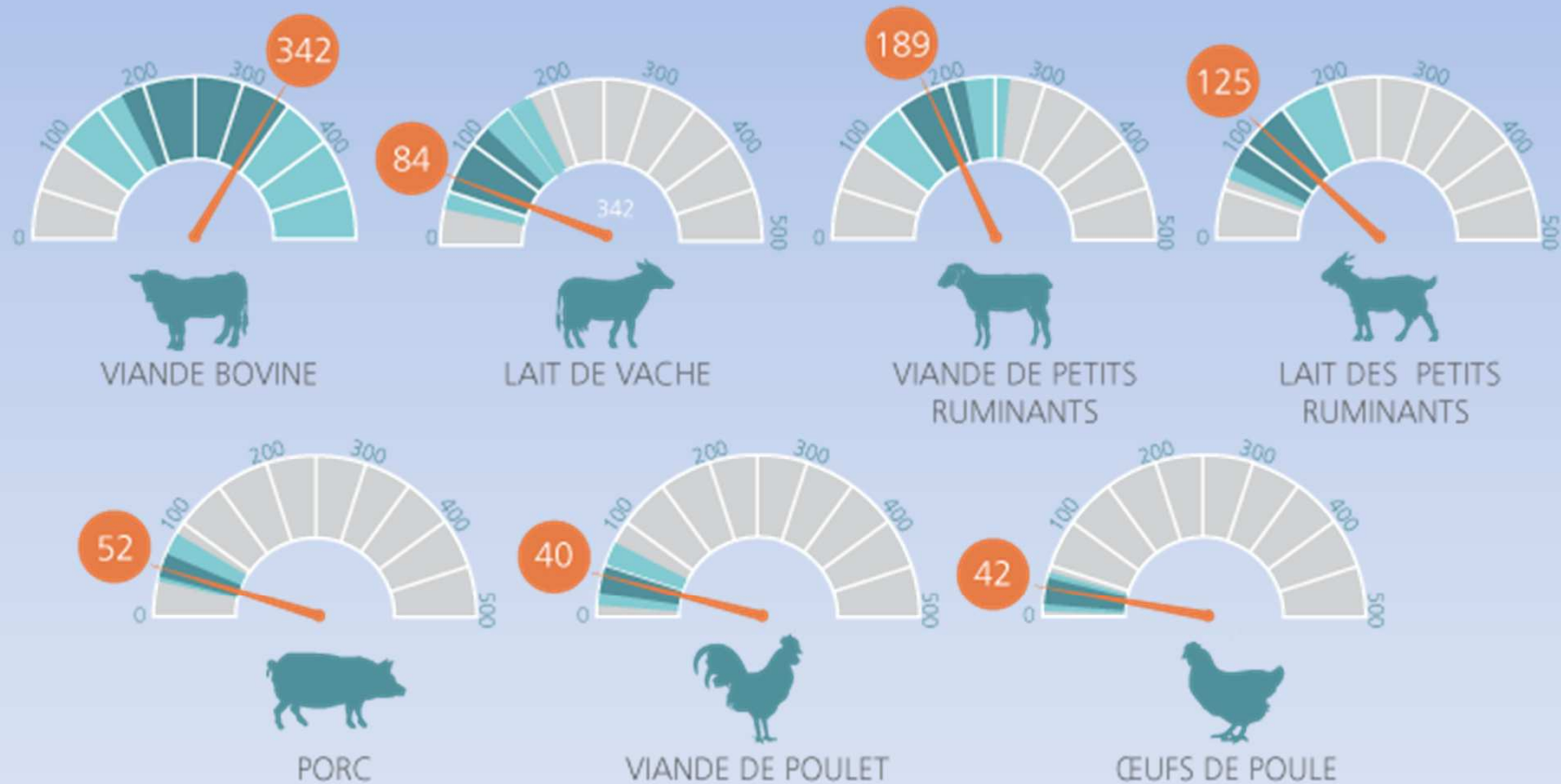


Kg of CO₂ equivalent per kg of edible protein



Source: GLEAM.

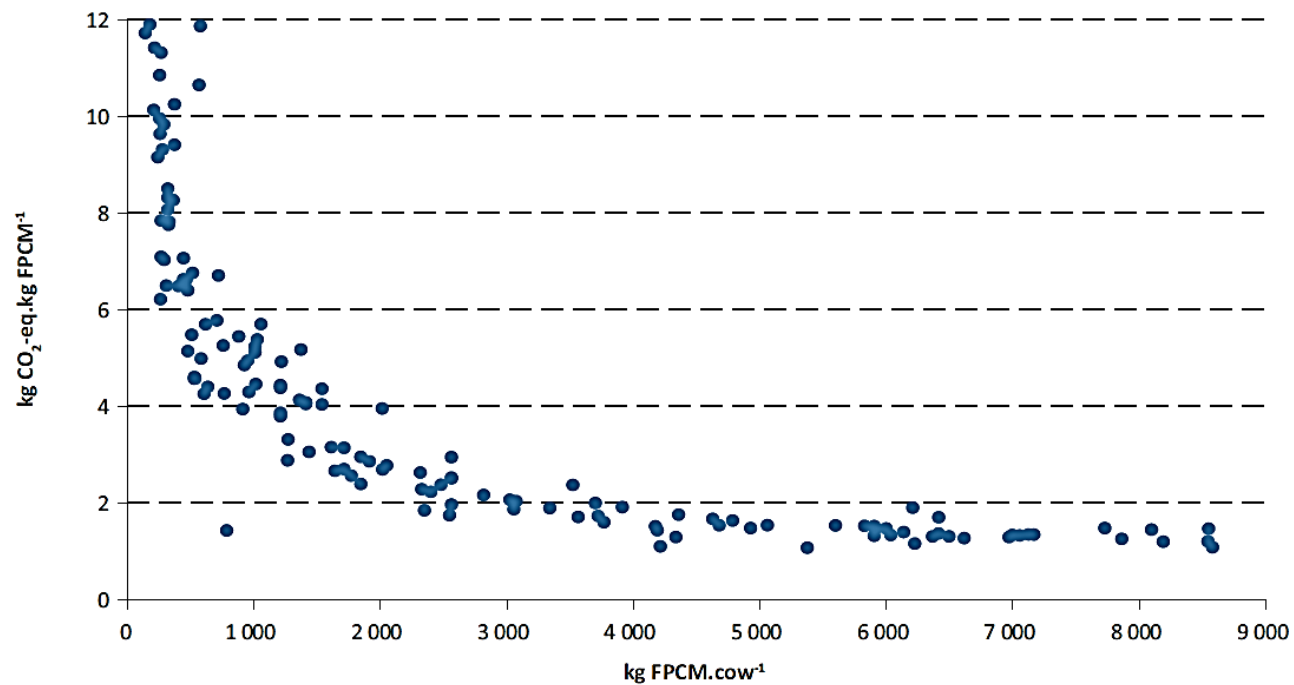
Emissions de GES par kg de protéines



KG ÉQUIVALENT CO₂ PAR KG DE PROTÉINES 90% DE LA PRODUCTION 50% DE LA PRODUCTION ● MOYENNE

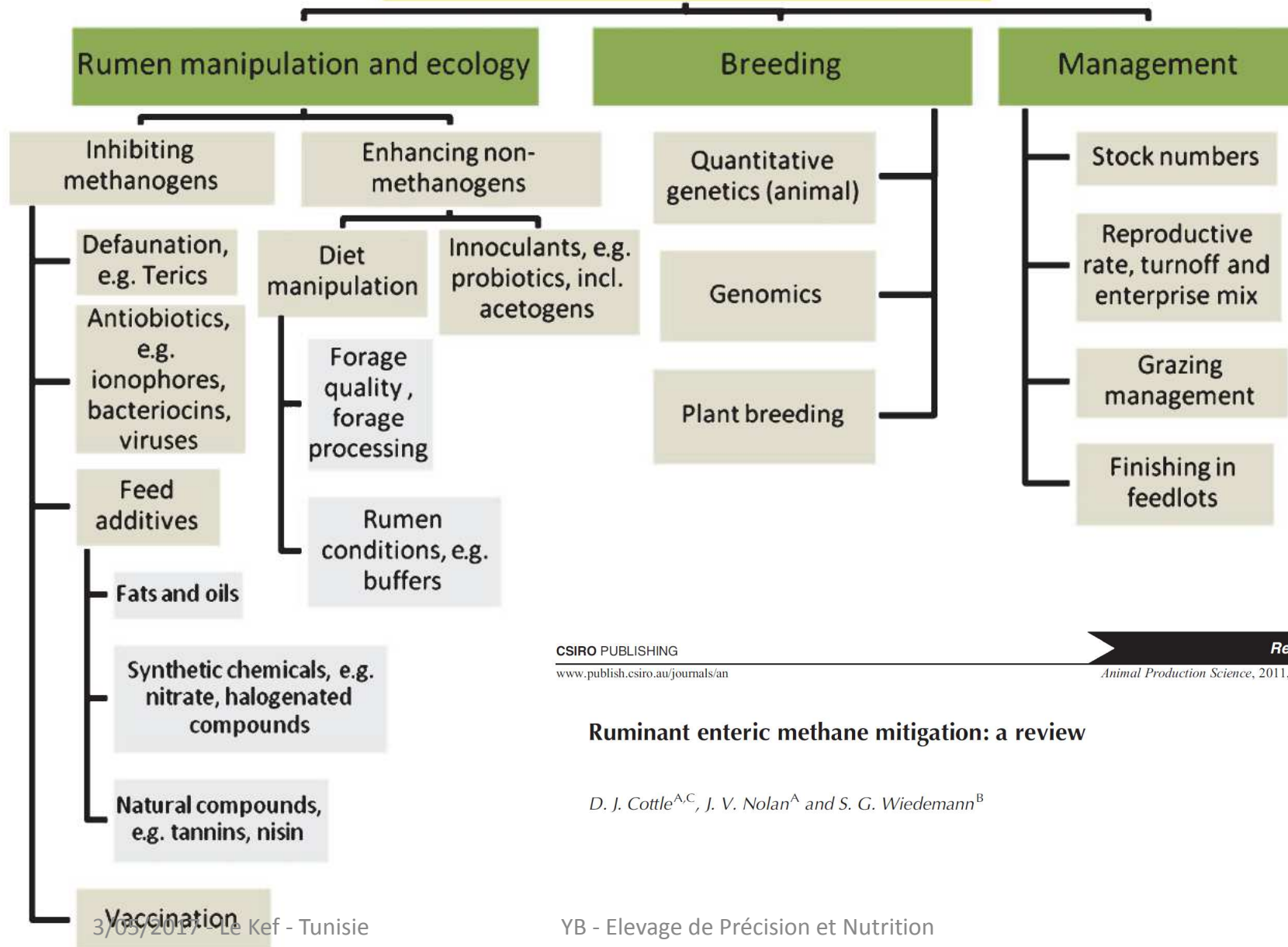
Intensification de la production

FIGURE 23. Relationship between productivity and emission intensity of milk (country averages)



Source: Gerber et al., 2011.

Enteric Methane Mitigation Options



CSIRO PUBLISHING
www.publish.csiro.au/journals/an

Review
Animal Production Science, 2011, **51**, 491–514

Ruminant enteric methane mitigation: a review

D. J. Cottle^{A,C}, J. V. Nolan^A and S. G. Wiedemann^B



Leviers d'action

Choix des animaux : CH₄ du rumen

Sélection animale



J. Dairy Sci. 99:1959–1967
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10012>
 © 2016, THE AUTHORS. Published by FASS and Elsevier Inc. on behalf of the American Dairy Science Association®. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>).

Heritability estimates for enteric methane emissions from Holstein cattle measured using noninvasive methods

Jan Lassen¹ and Peter Løvendahl
 Centre for Quantitative Genetic and Genomics, Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science and Technology, Aarhus University, PO Box 50, DK-8830 Tjele, Denmark

Table 1. Descriptive statistics such as units, number of cows, mean, standard deviation (SD), and minimum and maximum values for ratio between CH₄ and CO₂ (CH4_RATIO), daily CH₄ production (CH4_GRAMSw), fat- and protein-corrected milk (FPCM), and live weight¹

Trait	Unit	No. of cows	Mean	SD	Minimum	Maximum
CH4_RATIO		3,121	0.087	0.012	0.043	0.109
CH4_GRAMSw	g/d	1,745	315	36.2	243	518
CH4_MILK	g/L	1,745	8.61	1.15	7.23	12.1
FPCM	L/d	3,121	36.6	7.9	19.2	62.7
Live weight	kg	1,745	647	68.4	467	890

¹CH4_GRAMSw, CH4_MILK (CH4_GRAMSw/FPCM), FPCM, and live weight were based on weekly averages.

Emission de méthane

- Héritabilité : CH4_GRAMSw et CH4_Milk = 0,21



Leviers d'action

Modifier l'écologie du rumen : CH₄ du
rumen

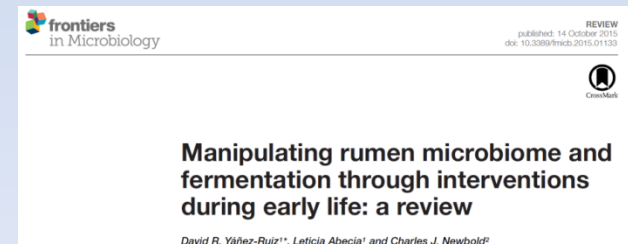
Table 1. Feed additives and feeding strategies targeting enteric methane (CH₄) emission mitigation

Category ¹	Potential CH ₄ mitigating effect ²	Long-term effect established	Effective ³	Environmentally safe or safe to the animal ⁴	Recommended ⁵
Inhibitors					
BCM and BES ⁶	High	? ⁷	Yes	No ⁸	No
Chloroform	High	No?	Yes	No	No
Cyclodextrin	Low	No	Yes	No	No
3-nitrooxypropanol	Medium	?	Yes	?	?
Electron receptors					
FMA ⁹	No effect to High	?	?	Yes	No?
Nitroethane	Low	No	Yes?	No	No
Nitrate	High	No?	Yes	?	Yes? ¹⁰
Ionophores ¹¹	Low ¹²	No?	Yes? ¹²	Yes?	Yes?
Plant bioactive compounds¹³					
Tannins ¹⁴ (condensed)	Low	No?	Yes	Yes	Yes?
Saponins	Low?	No	?	Yes	No?
Essential oils	Low?	No	?	Yes	No
Exogenous enzymes	No effect to Low	No	No?	Yes?	No?
Defaunation	Low	No	?	Yes	No
Manipulation of rumen archaea and bacteria	Low?	No	?	Yes?	Yes? ¹⁵
Dietary lipids	Medium	No?	Yes	Yes	Yes? ¹⁶
Inclusion of concentrate ¹⁷	Low to Medium	Yes	Yes	Yes	Yes? ¹⁸
Improving forage quality	Low to Medium	Yes	Yes	Yes	Yes
Grazing management	Low	Yes	Yes?	Yes	Yes? ¹⁹
Feed processing	Low	Yes	Yes ²⁰	Yes ²⁰	Yes ²⁰
Mixed rations and feeding frequency ²¹	?	?	?	Yes	?
Precision (balanced) feeding and feed analysis	Low to Medium	Yes	Yes?	Yes	Yes ²²

Hristov et al., 2013. J. Anim. Sci. 91:5145

Programmation précoce des microorganismes du rumen

- « Early life nutritional management »
- Les microorganismes dominant dans un rumen mature s'installent dans les 2 à 3 premiers jours après la naissance
- Plusieurs facteurs affectent l'importance et la nature de la colonisation microbienne du rumen
 - Aliments solides, nature et précocité
 - Ensemencement naturel vs artificiel
 - Additifs favorisant ou inhibant des types de microorganismes
 - Le système immunitaire
- Fenêtre d'intervention entre la naissance et 2 à 3 semaines pour installer une microbiome efficace et non émetteur de CH_4

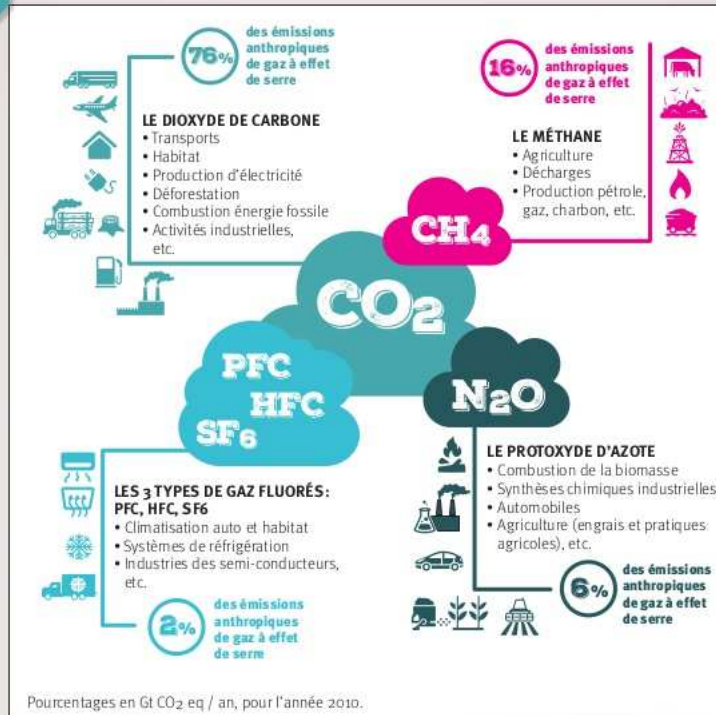


Conclusions

- Le secteur agricole contribue au réchauffement climatique, il doit donc participer à la diminution des émissions des GES
- Le secteur agricole possède des puits qu'il doit cultiver
- Le secteur agricole peut activer plusieurs leviers pour réduire les émissions
- Les leviers pour les productions animales sont nombreux, dont
 - Le management du système de production reste une priorité sur le court et le moyen terme
 - La programmation précoce et la sélection animale sont à explorer sur le plus long terme



Origine et responsabilité des différents gaz à effet de serre



Le potentiel de réchauffement global (PRG)



PRG d'un gaz = capacité à piéger la chaleur émise par la Terre (infrarouges) X durée de vie dans l'atmosphère.

Source: 5^e rapport du GIEC, 3^e groupes de travail, 2014.

<https://fr.slideshare.net/RAC-F/kit-pdagogique>