

# L'impact carbone de régimes nutritionnels différenciés

Travaux réalisés dans le cadre de:

DUALINE (Inra / Cirad)

GES-ALIM (Ademe)

OCAD (Offrir et Consommer une alimentation durable, ANR)

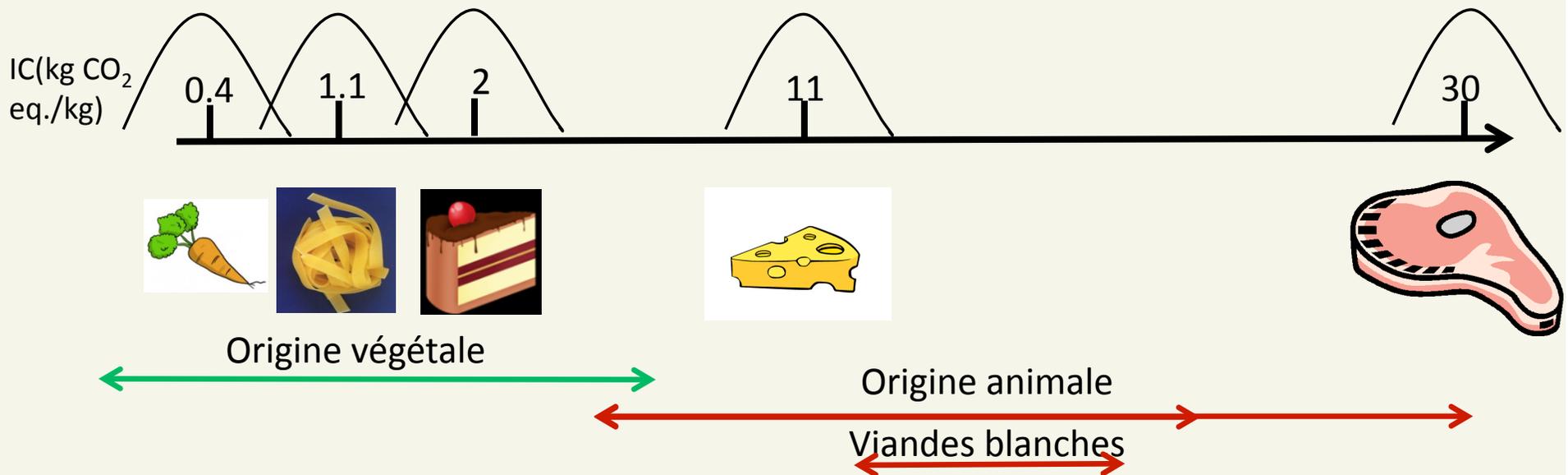
Nicole Darmon - UMR NORT Nutrition Obesity & Thrombotic Risk  
avec Florent Vieux, Gabriel Masset, Matthieu Maillot, Marseille  
*et en collaboration avec Louis-Georges Soler, INRA ALISS Ivry*

# Introduction

➤ **Impact carbone du secteur alimentaire** : 15-30 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES =  $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}$ )

*(Garnett, 2008; Kim and Neff, 2009; Kling and Hough, 2010; Tukker et al., 2006)*

➤ **Impact carbone des aliments**



⇒ Globalement, pour une même unité de poids, les produits animaux ont impact carbone supérieur à celui des végétaux

⇒ Variabilité entre catégories d'aliments et au sein des catégories

# Introduction

- La viande a un fort impact carbone
  - Les végétaux ont un impact carbone plus faible que la viande et ils sont recommandés pour la santé
- ⇒ **Une convergence** entre santé et environnement est généralement admise
- ⇒ **Il est suggéré de réduire la consommation de viande pour protéger à la fois la santé et la planète**

*(Mc Michael 2007, Friel et al. 2009, Chan M, 2009, Scarborough et al, 2012)*

## IMPORTANTES LIMITES :

- ⇒ La plupart des études portent sur alimentation théorique ou moyenne, et prennent peu ou pas en compte la qualité nutritionnelle
- ⇒ Qu'en est-il de : Variabilité Individuelle ? Qualité nutritionnelle ?

# Objectifs

1. Estimer l'impact carbone de l'alimentation réelle des adultes en France
2. Estimer la contribution des différentes catégories d'aliments à l'impact carbone total de l'alimentation
3. Simuler l'effet, sur l'impact carbone total de l'alimentation, d'une réduction de la consommation de viande
4. Explorer les relations entre impact carbone et qualité nutritionnelle de l'alimentation
5. Tester la compatibilité entre les contraintes nutritionnelles et environnementales, et leur traduction en choix alimentaires

# Données

- **Consommations alimentaires hebdomadaires de 1918 adultes**  
Enquête nationale INCA2
- **Table de composition nutritionnelle** des aliments consommés
- **Impact carbone des aliments** (n=400), en g CO<sub>2</sub> eq/100g comestible  
En posant l'hypothèse de modes conventionnels de production, transformation et distribution (aliments génériques : données Greenext)
- **Pour chaque adulte :**
  - calcul de ses apports nutritionnels journaliers
  - calcul de l'impact carbone journalier de son alimentation

# 1. Impact carbone de l'alimentation des adultes en France

(Vieux et al, Ecol, Econ 2011)

N=1918

Impact Carbone

Moyenne (E-T)

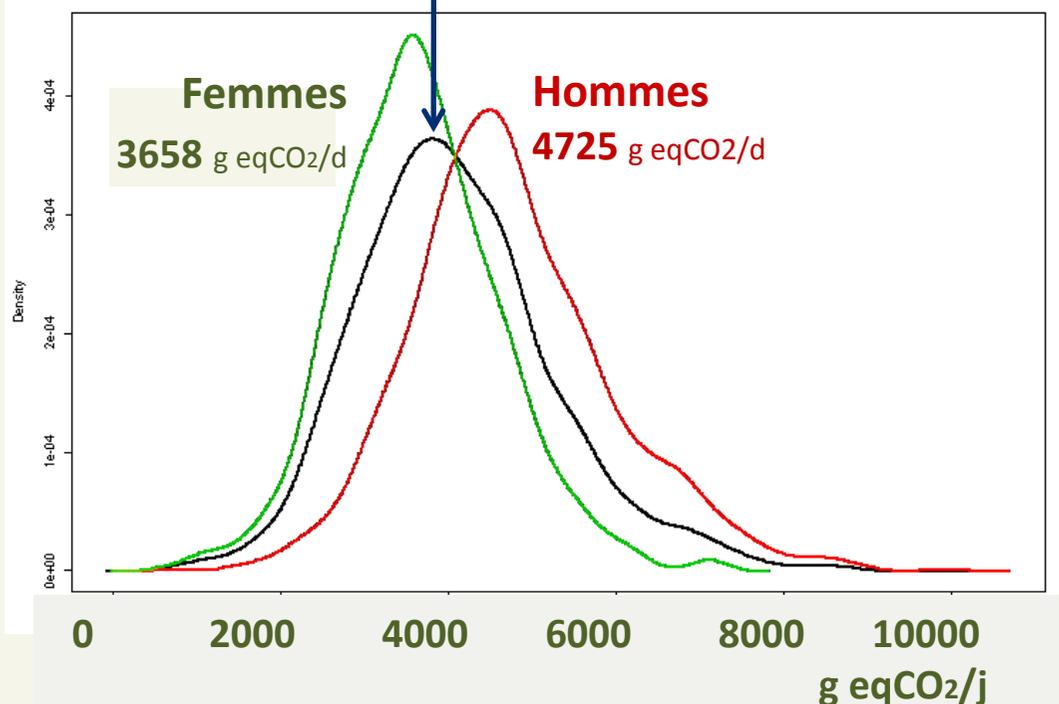
4090 g eqCO<sub>2</sub> (1175)

⇒ **Ordre de grandeur cohérent :**

Finland : **4800** g eqCO<sub>2</sub>/j. ind. Risku-Norja 2009

Sweden : **2557** g eqCO<sub>2</sub>/j. ind. Wallen 2004

## DISTRIBUTION



⇒ Forte variabilité interindividuelle

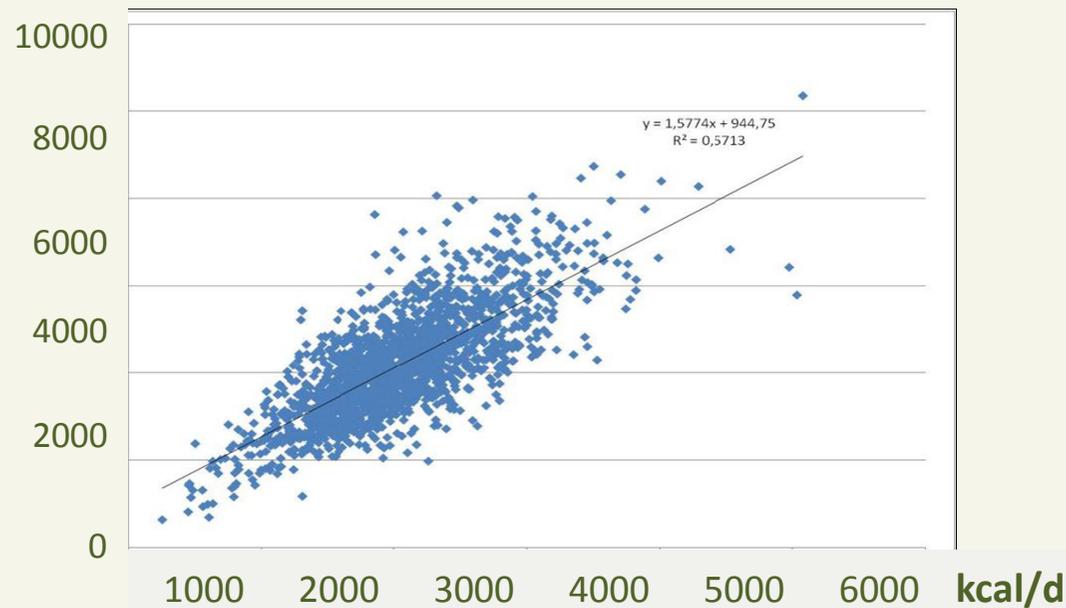
⇒ Impact carbone des femmes inférieur à celui des hommes ( $p < 0.001$ )

# 1. Impact carbone de l'alimentation des adultes en France

(Vieux et al, Ecol, Econ 2011)

N=1918	Impact Carbone	Quantité	Energie
Moyenne (E-T)	4090 g eqCO <sub>2</sub> /j (1175)	2685 g/j (786)	2035 kcal/j (341)

**CORRELATION** g eqCO<sub>2</sub>/d  
**EGES vs kcal:**



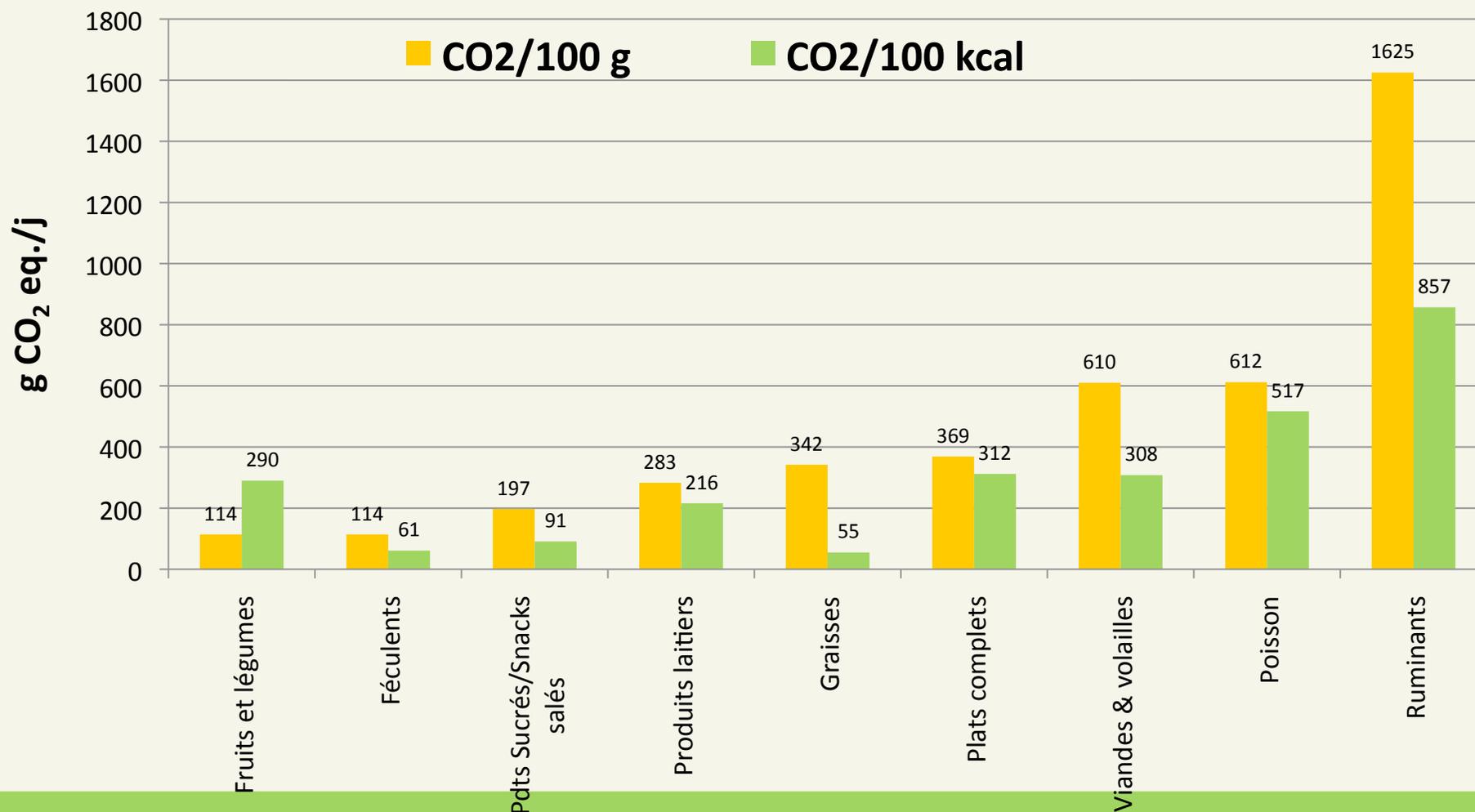
**NB:** corrélation positive également observée entre impact CO<sub>2</sub> et quantité consommée, en g/j

- Variabilité inter-individuelle de l'impact carbone journalier due à la variabilité des consommations (en g et en kcal)

## 2. Impact carbone des différentes catégories d'aliments

(telles que consommées)

(Vieux et al, AJCN in press)



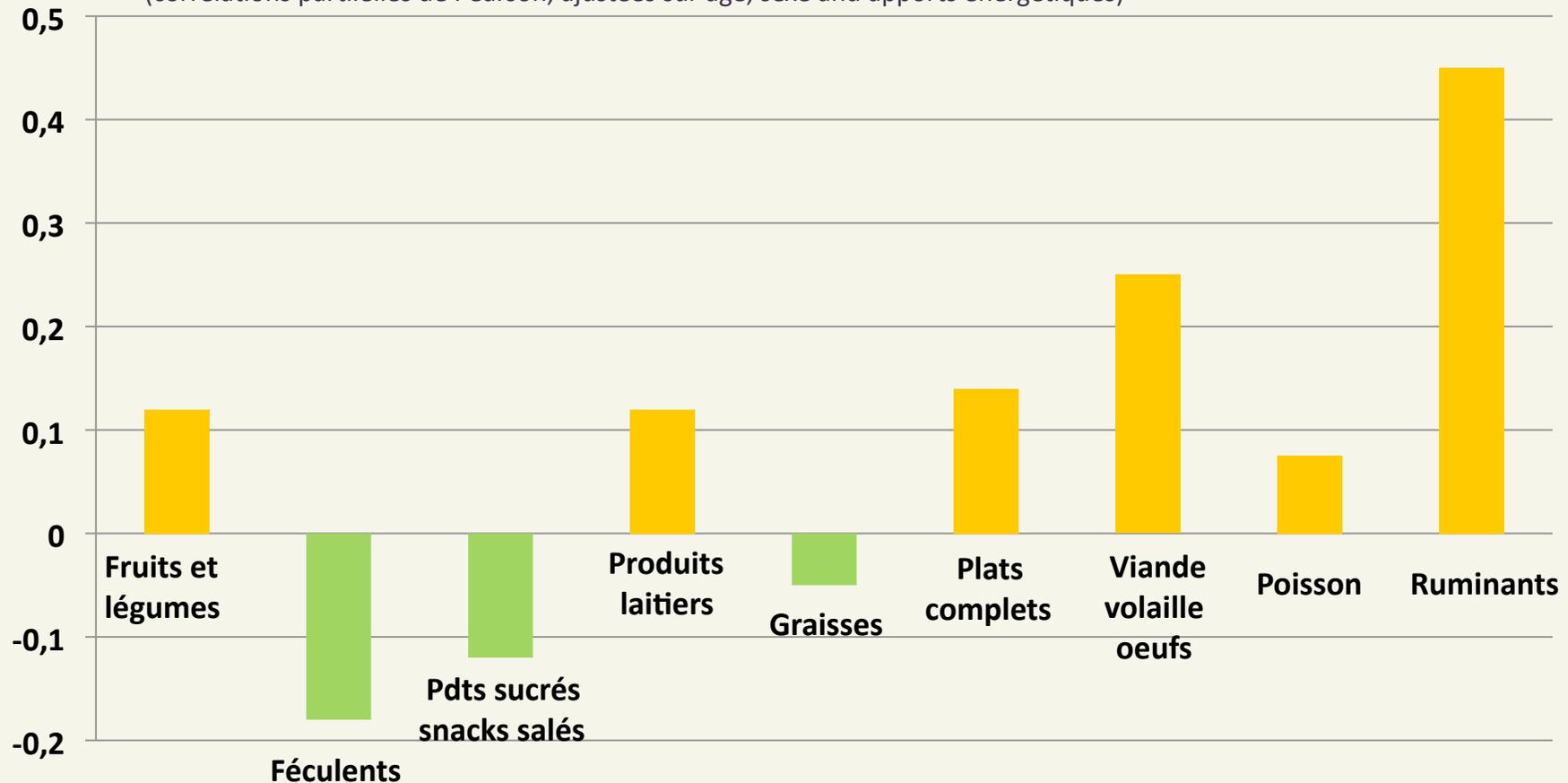
- **Ruminant** : le plus fort impact carbone, pour 100 g ou pour 100 kcal
- Autres catégories : les impacts respectifs dépendent du mode d'expression
- **Pour 100 kcal** : impact carbone **Fruits & Légumes** > **Produits laitiers**

## 2. Contribution des catégories à l'impact carbone total

(Vieux et al, AJCN in press)

### Corrélations entre impact carbone total et consommation de chaque catégorie

(corrélations partielles de Pearson, ajustées sur âge, sexe and apports énergétiques)



- Ruminant = catégorie la plus fortement associée à l'impact carbone total
- L'impact carbone est d'autant plus faible que la contribution énergétique des féculents, des produits sucrés/salés et des matières grasses est élevée

# 3. Effets d'une réduction de la viande sur l'impact carbone

(Vieux et al, Ecol Econ 2011)

## Limitation à 50 g/j max. de viande rouge et suppression des charcuteries

(comme recommandé par Mc Michael 2007)

- Sans compensation pour la perte calorique
- Compensation calorique avec :
  - Fruits et légumes
  - Produits laitiers
  - Plats complets

N=1918 individus	Quantité (g/j)	Energie (kcal/d)	Impact Carbone	
			g CO <sub>2</sub> e /j	Variation vs actuel
<b>Situation actuelle</b>	2685	2035	4090	-
<b>Viande ≤50 g/j, charcuterie supprimée</b>				
Sans compensation calorique	-46	-133	3602	<b>-12%</b>
Avec compensation par				
<u>Fruit et légumes</u>	426	-	4203	<b>+2,7%</b>
<u>Produits laitiers</u>	191	-	3943	<b>-3,5%</b>
<u>Plats complets</u>	139	-	3789	<b>-7,2%</b>

- Sans compensation (baisse de 133 kcal) : CO<sub>2</sub> diminue (-12 %)
- Compensation par fruits et légumes : CO<sub>2</sub> augmente (+2,7%)

## 4. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (corrélations)

(Vieux et al, AJCN in press)

**MAR , Mean Adequacy Ratio** = % moyen d'adéquation aux apports nutritionnels conseillés en 20 nutriments essentiels, par jour

**MER , Mean Excess Ratio** = % d'excès moyen d'apports en Na, Acides Gras Saturés et sucres libres, par jour

**DE, Densité énergétique (solide)**, en kcal/100g consommés

	<b>MAR</b>	<b>MER</b>	<b>ED</b>
<b>Impact Carbone total</b>			
Univarié	0.62 <sup>2</sup>	0.53 <sup>2</sup>	0.04
Ajusté (age, sexe et calories)	0.27 <sup>2</sup>	-0.14 <sup>2</sup>	-0.33 <sup>2</sup>

- A apports énergétiques constants, impact CO<sub>2</sub> positivement corrélé au MAR et négativement au MER et à la DE
- Donc, dans l'alimentation réelle des adultes en France : une bonne qualité nutritionnelle est généralement associée à un fort impact CO<sub>2</sub>

## 4. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications)

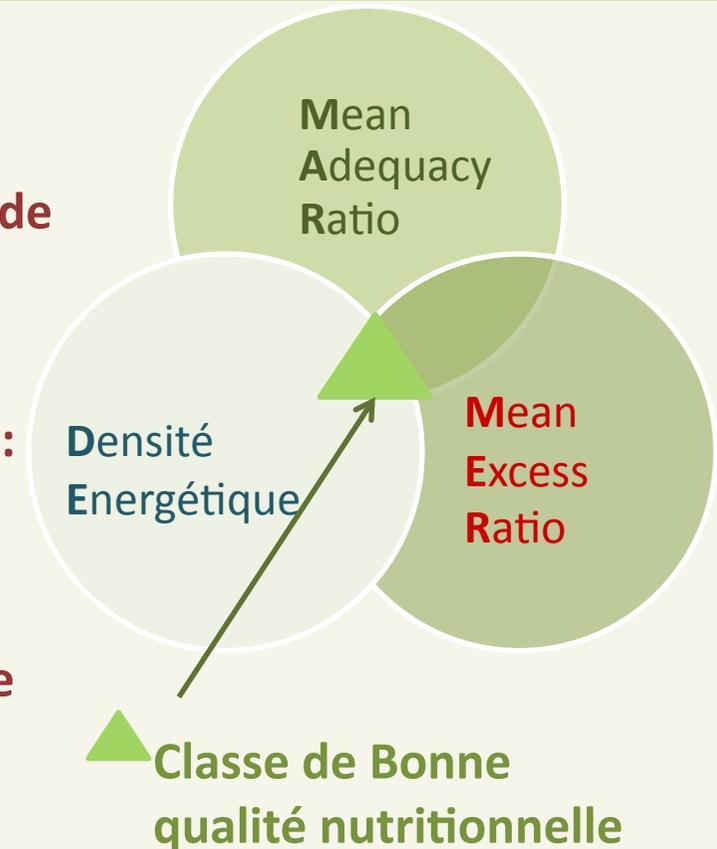
(Vieux et al, AJCN in press)

➤ Pour chaque individu : calcul du MAR, du MER et de DE de son alimentation

➤ Bonne qualité nutritionnelle définie par 3 critères:  
MAR > médiane   MER < médiane   ED < médiane

➤ Identification of 4 classes de qualité nutritionnelle  
(pour chaque sexe)

<b>Bonne:</b>	3 critères	←
<b>Int+:</b>	2 critères	
<b>Int -:</b>	1 critère	
<b>Faible:</b>	0 critère	←



➤ Chaque individu est classé dans une des 4 classes

## 4. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications)

(Vieux et al, AJCN in press)

Caractérisation des 4 classes de qualité nutritionnelle :

**Apports énergétiques (kcal/j) et quantités solides consommées (g/j)**

<i>Hommes</i>	<b>Bonne</b>	<b>Int +</b>	<b>Int -</b>	<b>Faible</b>	<b>p</b>
<i>n</i>	98	297	275	106	
<b>Energie (kcal/j)</b>	<b>2366</b>	<b>2384</b>	<b>2675</b>	<b>2495</b>	0,0001 
<b>Quantité (g/j)</b>	<b>1526</b>	<b>1385</b>	<b>1213</b>	<b>1054</b>	0,0001 

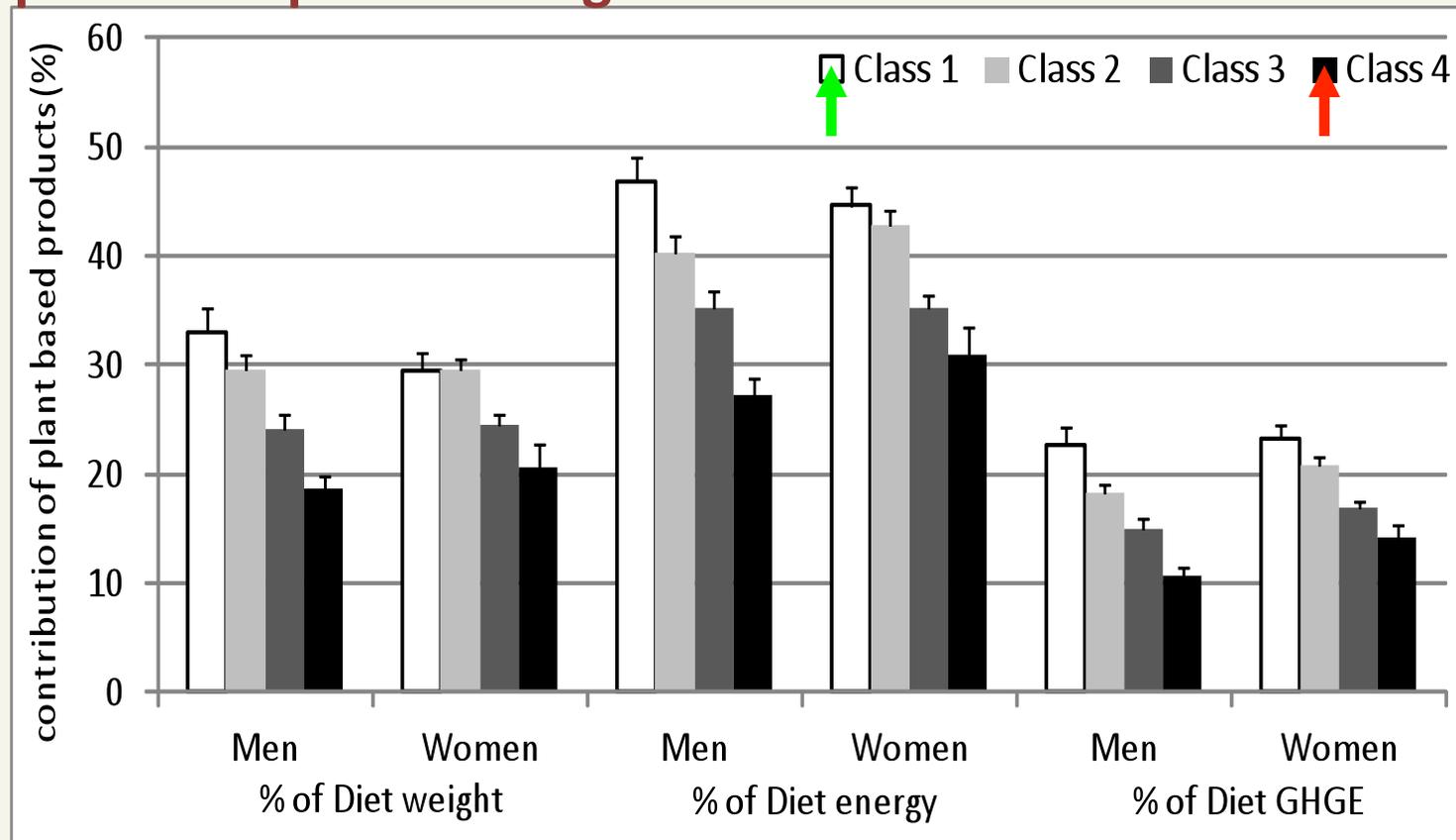
 

- **Classe de bonne qualité nutritionnelle : faibles apports énergétiques mais quantités consommées importantes**
- **On vérifie aussi que (comme attendu) les individus de la bonne classe ont de meilleurs apports nutritionnels**

## 4. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications)

(Vieux et al, AJCN in press)

Caractérisation des 4 classes de qualité nutritionnelle :  
**place des produits végétaux**



➤ Bonne qualité nutritionnelle (classe 1):

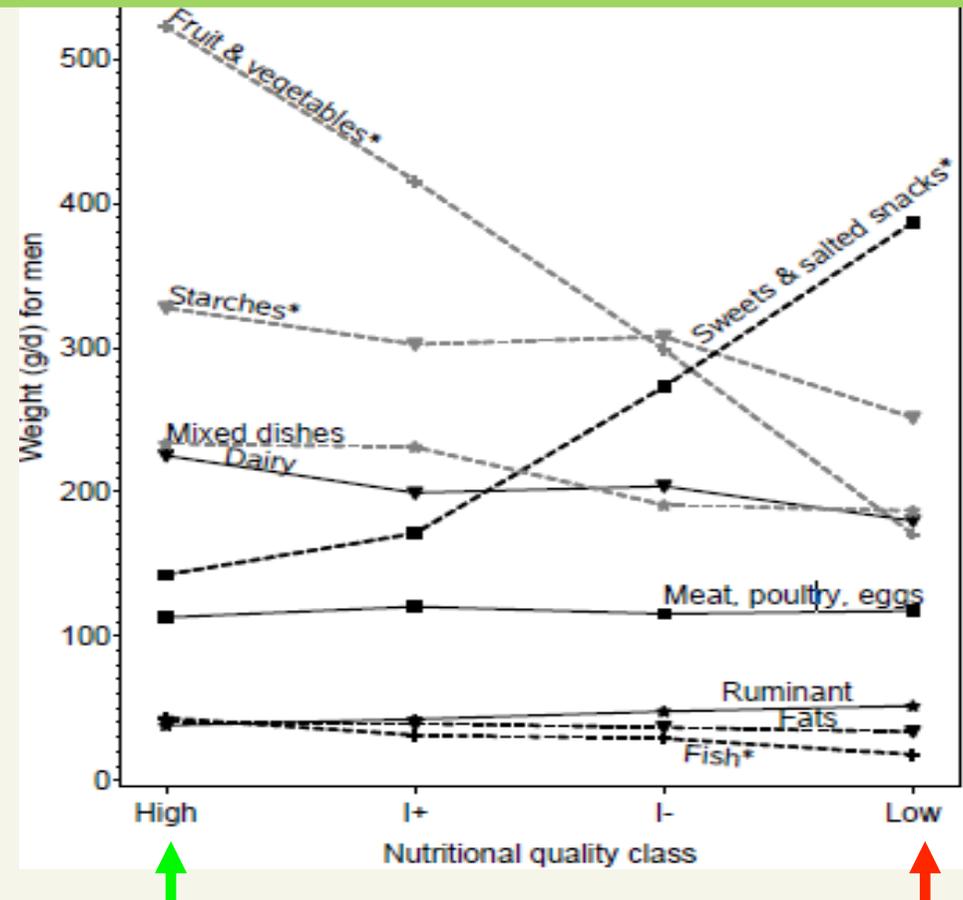
⇒ Consommations plus importantes de produits végétaux (g and kcal)

⇒ Mais également plus forte contribution de ces produits au CO2 total

## 4. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications)

(Vieux et al, AJCN in press)

Caractérisation des 4 classes de qualité nutritionnelle :  
**Consommations d'aliments**



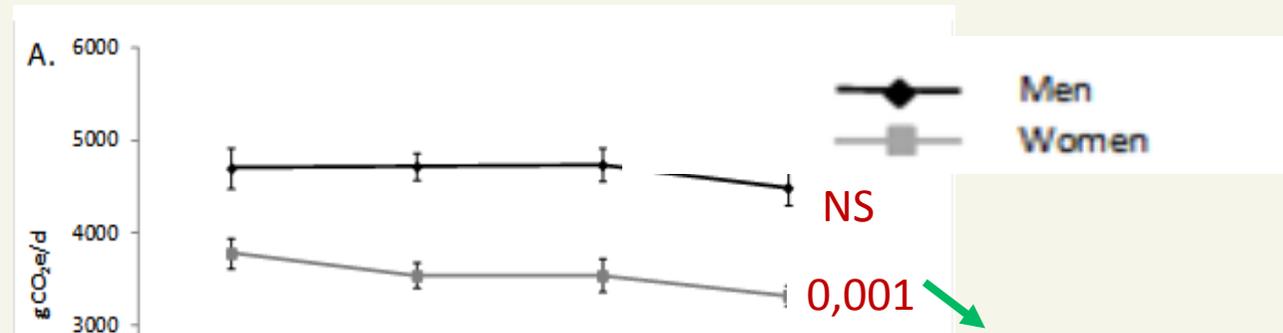
**Bonne Qualité Nutritionnelle :**

Plus de fruits & légumes,  
Plus de féculents (hommes seulement)  
Plus de produits laitiers (femmes seulement)  
Viande, volaille, œufs = idem, plus de poisson  
Moins de ppts sucrés et snacks salés  
Moins de charcuterie et matières grasses animales

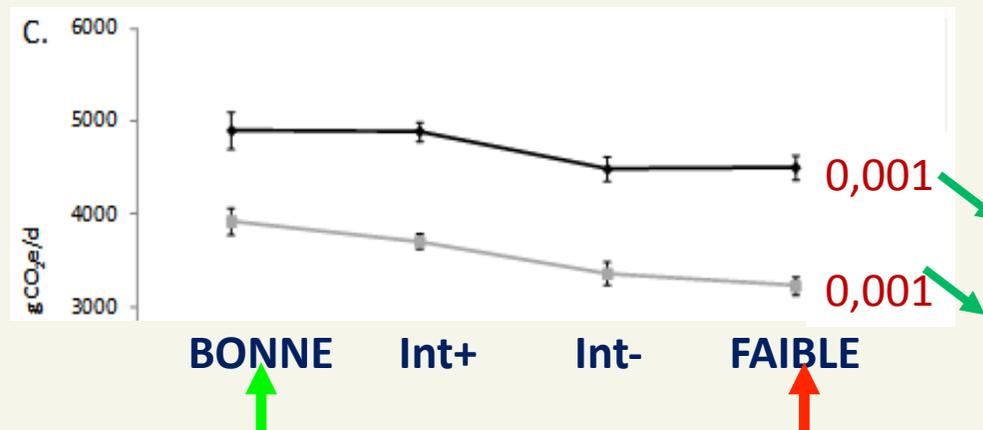
## 4. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications)

(Vieux et al, AJCN in press)

Valeurs brutes



Valeurs ajustées pour les apports énergétiques



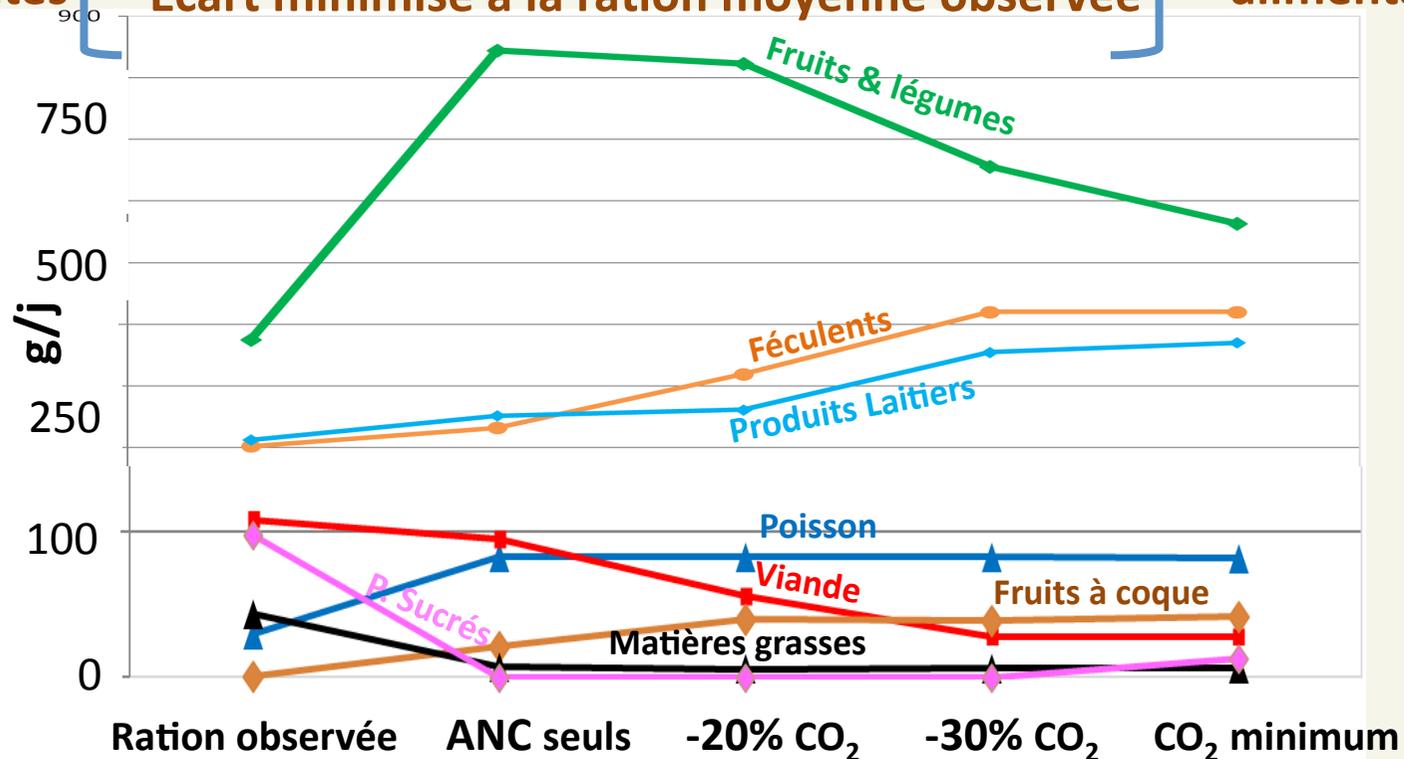
- Les différences d'impact CO<sub>2</sub> entre les 4 classes sont faibles ou non significatives.
- A apports énergétiques égaux, une meilleure qualité nutritionnelle est associée à de plus forts impacts CO<sub>2</sub> (malgré plus de végétaux)

# 5. Compatibilité entre contraintes nutritionnelles et environnementales, et traduction en choix alimentaires

Modélisation de rations sous contraintes

- \* Respect des ANC (recommandations nutritionnelles)
- \* Réduction progressive de l'impact Carbone
- \* Ecart minimisé à la ration moyenne observée

Quelle modification des choix alimentaires ?



⇒ **ANC seulement** => plus de F&L et poisson, moins de pds sucrés et mat.grasses, mais augmentation du CO<sub>2</sub>(+20%, résultats non montrés)

⇒ **ANC + baisse CO<sub>2</sub>** => moins de viande, plus de fruits à coques, féculents et pds laitiers

**=> Acceptabilité ? Biodisponibilité nutriments ? Autres impacts environnementaux ?**

# Conclusion

**C'est possible de modifier l'impact carbone de l'alimentation en modifiant les choix alimentaires individuels,**  
*mais la baisse d'impact carbone susceptible de résulter de d'une simple modification des choix alimentaires est modeste*

**C'est théoriquement possible d'avoir une alimentation nutritionnellement adéquate et de faible impact carbone**  
*mais, aujourd'hui, dans l'alimentation réelle des adultes en France, une bonne qualité nutritionnelle ne rime pas nécessairement avec un faible impact carbone*

**Merci !**

[nicole.darmon@univ-amu.fr](mailto:nicole.darmon@univ-amu.fr)  
<http://nicole.darmon.free.fr/>

**DIAPOS EN PLUS**

## **Relationships between nutritional, environmental & prices variables => *On-going project (OCAD)***

### **Food composition database**

**Descriptive statistics and correlations between several FOOD indicators:**

- **Environmental : CO<sub>2</sub>, acidification, eutrophication**
- **Nutritional: SAIN, LIM, ED**
- **Cost: €/100 g and €/100kcal**

### **Food consumption survey**

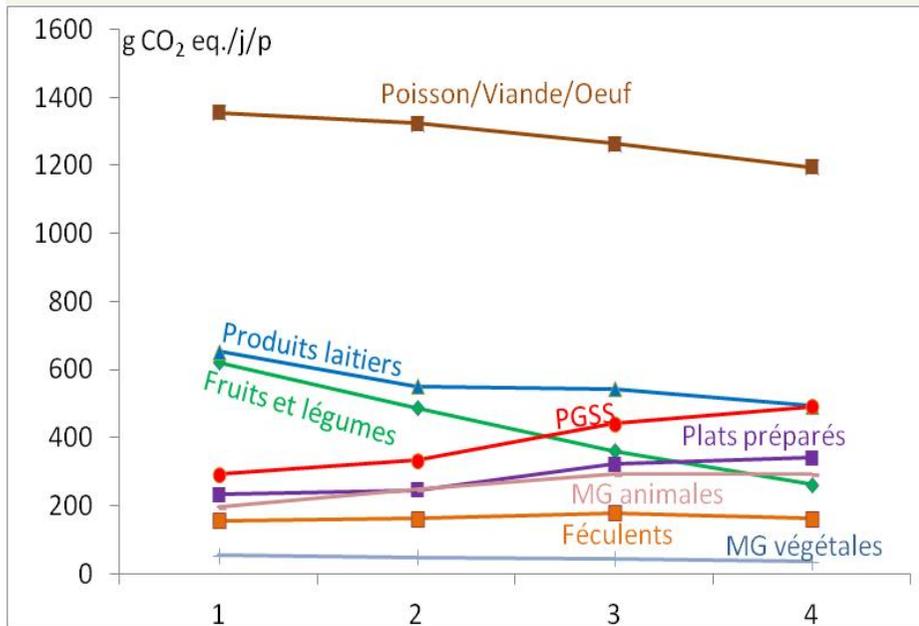
**Descriptive statistics and correlations between several DIET indicators:**

- **Environmental : CO<sub>2</sub>, acidification, eutrophication**
- **Nutritional: MAR, MER, ED, other diet quality indicators**
- **Cost: €/100 g and €/100kcal**

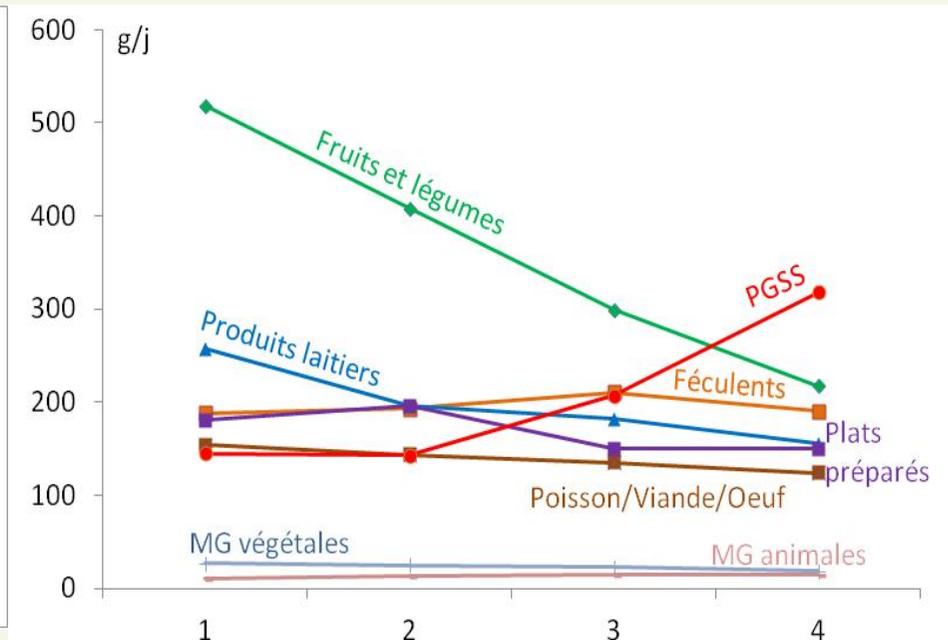
## 4b. (Classifications) Relationship between GHGE of self-selected diets and their nutritional quality

### RESULTS 3: Contribution of each food group to GHGE (women)

TO GHGE      TO diet weight



Class 1    Class 2    Class 3    Class 4



Class 1    Class 2    Class 3    Class 4



➤ **Class 1:** 1st GHGE contributor = the meat group, then dairy, then F&V

➤ **Class 4:** 1st GHGE contributor = meat, then dairy, then sweets&salted snacks

# Introduction

**Comparaison de repas** (*Reijnders, 2003*), **journées** (*Carlsson-Kanyama, 2003, 2009*), ou **semaines** (*Baroni, 2007*) **théoriques** :

⇒ faible impact environmental si végétarien/végétalien vs omnivorous/western

**Alimentation moyenne observée vs. a diète Méditerranéenne** :

⇒ faible différence d'impact CO<sub>2</sub>(- 5%) (*Wallen 2004, Sweden*)

**Alimentation moyenne observée vs diverses alternatives théoriques** :

⇒ seule une alimentation totalement végétalienne avait un impact plus faible que les autres (*Risku Norja-2008, Finland*)

## Limitations:

- **Variabilité inter-individuelle** jamais prise en compte
- **Qualité nutritionnelle** prise en compte seulement partiellement : apports énergétiques, équilibre entre macronutriments et apports en fibres parfois, micronutriments : jamais de façon explicite sauf dans un récent rapport *WWF* (*McDiarmid et al, AJCN 2012*)

⇒ La plupart des études portent sur alimentation théorique ou moyenne

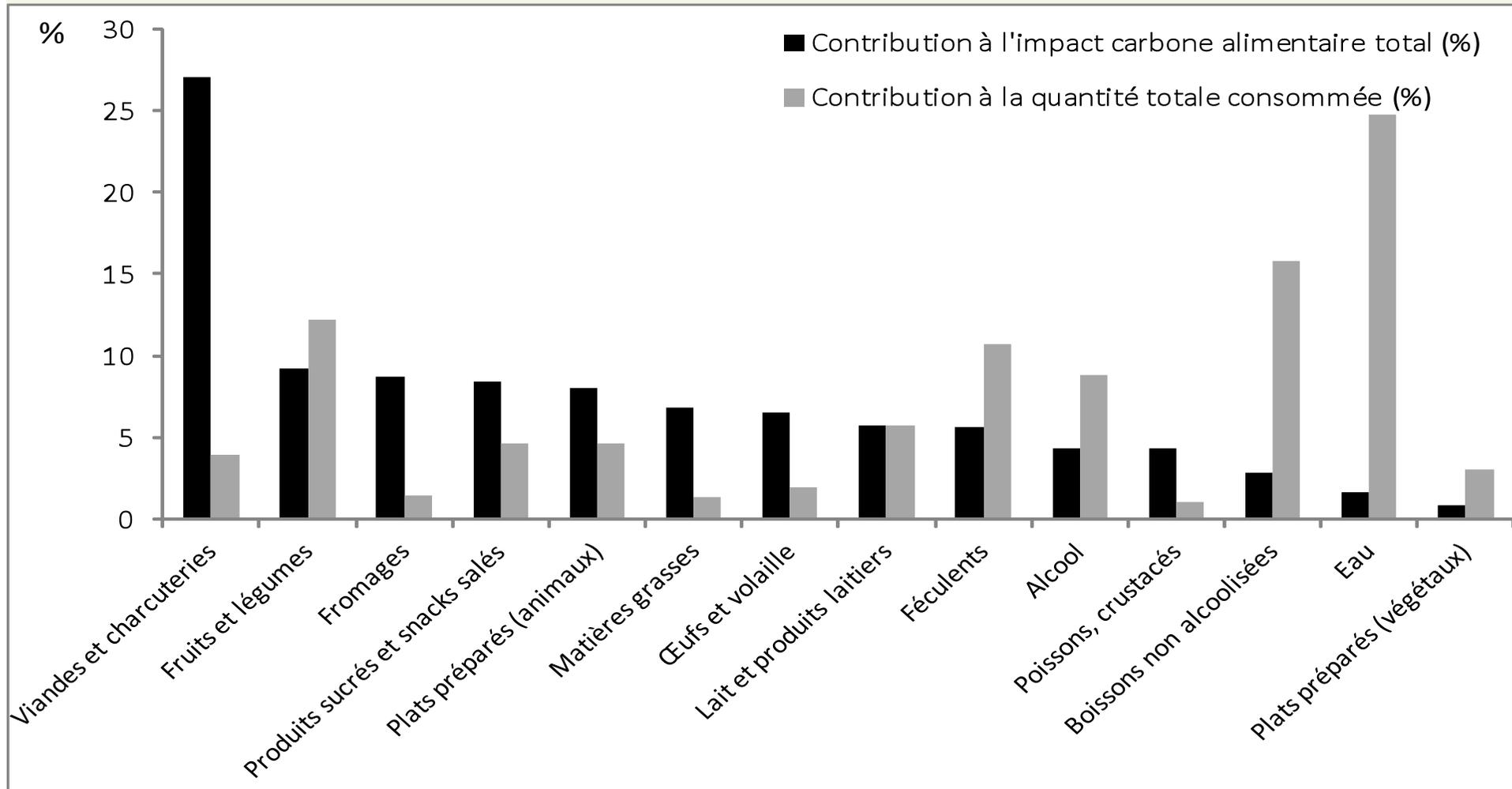
⇒ Qu'en est-il de : Qualité Nutritionnelle ? Variabilité Individuelle ? Biodisponibilité des nutriments ? Autre impacts environnementaux ? Coût ?...

# Méthodes

1. Impact carbone de l'alimentation réelle (individuelle) des adultes en France	=> Statistiques descriptives
2. Contribution des catégories d'aliments à l'impact carbone total de l'alimentation	=> Statistiques descriptives
3. Impact sur l'environnement d'une diminution de la consommation de viande	=> Simulations de substitutions
4. Relation entre l'impact carbone de l'alimentation et sa qualité nutritionnelle	=> Indicateurs de qualité nutritionnelle 4a. Associations linéaires 4b. Classifications
5. Compatibilité entre contraintes nutritionnelles et environnementales, et traduction en choix alimentaires	=> Modélisation de rations (populationnelle ou individuelle)

## 2. Contribution des différentes catégories d'aliments à l'impact carbone alimentaire total

(Vieux et al, Ecol, Econ 2011)



- **Viandes & charcuteries** : 1<sup>er</sup> contributeur à l'impact carbone, faible contribution en poids
- **Fruit & Légumes** : 2<sup>ème</sup> contributeur à l'impact carbone et au poids (hors boissons)
- **Lait et produits laitiers** : contribution intermédiaire à l'impact carbone (équilibre vs poids)

# 4a. Relations (linéaires) entre l'impact carbone de l'alimentation et sa qualité nutritionnelle

(Vieux et al, soumis)

## Indicateurs de qualité nutritionnelle

**MAR , Mean Adequacy Ratio** = % moyen d'adéquation aux apports nutritionnels conseillés en 20 nutriments essentiels, par jour

**MER , Mean Excess Ratio** = % d'excès moyen d'apports en Na, Acides Gras Saturés et sucres libres, par jour

**DE, Densité énergétique (solide)**, en kcal/100g consommés

	<b>MAR</b>	<b>MER</b>	<b>DE</b>
<b>MER</b>			
Univarié			0.45 <sup>2</sup>
Ajusté (age, sexe et calories)			0.24 <sup>2</sup>
<b>MAR</b>			
Univarié	0.43 <sup>2</sup>		- 0.15 <sup>2</sup>
Ajusté (age, sexe et calories)	- 0.27 <sup>2</sup>		- 0.55 <sup>2</sup>

- **MER positivement associé à DE**
- **MAR négativement associé à DE**
- **MAR négativement associé à MER, à apports énergétiques constants**

## 4. Relations (classifications) entre l'impact carbone de l'alimentation et sa qualité nutritionnelle (Vieux et al, AJCN in press)

### Caractérisation des 4 classes de qualité nutritionnelle :

Apports énergétiques moyens (kcal/j) et quantités solides consommées (g/j)

<i>Hommes</i>	<b>Bonne</b>	<b>Int +</b>	<b>Int -</b>	<b>Faible</b>	<b>p</b>
<i>n</i>	98	297	275	106	
<b>Energie (kcal/j)</b>	<b>2366</b>	<b>2384</b>	<b>2675</b>	<b>2495</b>	0,0001 
<b>Quantité (g/j)</b>	<b>1526</b>	<b>1385</b>	<b>1213</b>	<b>1054</b>	0,0001 

<i>Femmes</i>	<b>Bonne</b>	<b>Int +</b>	<b>Int -</b>	<b>Faible</b>	<b>p</b>
<i>n</i>	172	395	386	189	
<b>Energie (kcal/j)</b>	<b>1758</b>	<b>1742</b>	<b>1980</b>	<b>1924</b>	0,0001 
<b>Quantité (g/j)</b>	<b>1292</b>	<b>1187</b>	<b>1016</b>	<b>896</b>	0,0001 



➤ **Classe de bonne qualité nutritionnelle : faibles apports énergétiques mais quantités consommées importantes**

## 4a. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications)

(Vieux et al, soumis)

### 4b. Caractérisation des 4 classes de qualité nutr.: **apports nutritionnels**

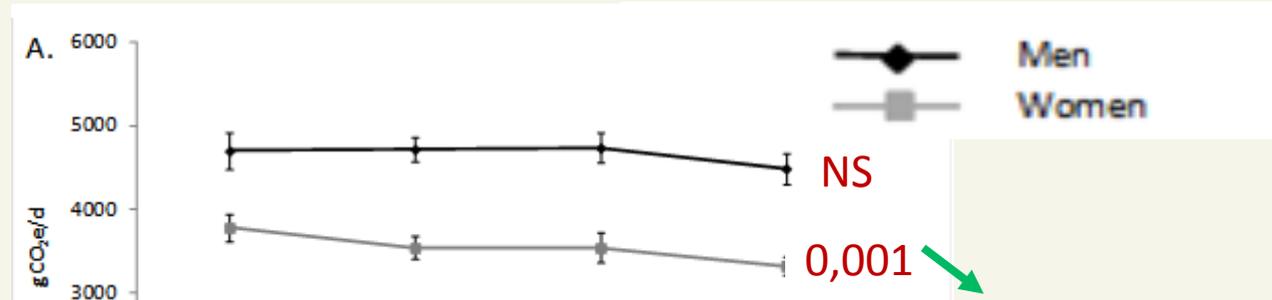
(Men)	Bonne	Int+	Int-	Faible	p	trend
<i>n</i>	98	297	275	106		
Age	58.4	53.2	45.7	37.0	<0,0001	<0,0001
Lipides (%)	34.1	35.8	36.2	38.5	<0,0001	<0,0001
AGS (%)	12.7	14.4	15.1	16.9	<0,0001	<0,0001
Sucres ajoutés(%)	6.7	7.5	9.8	13.2	<0,0001	<0,0001
Fibres (g/d)	23.0	20.0	18.5	15.1	<0,0001	<0,0001
Densité énergétique (kcal/100g)	141	155	193	210	<0,0001	<0,0001
MER (%/d)	22	37	58	64	<0,0001	<0,0001
MAR (%/d)	91	85	84	80	<0,0001	<0,0001

*Ajusté pour l'âge et les apports énergétiques*

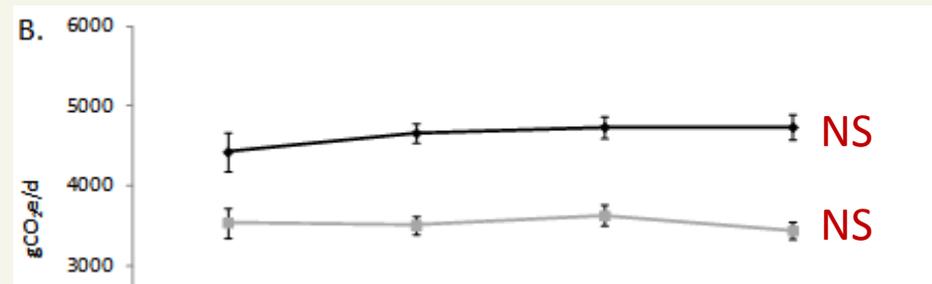
- Comme attendu, les individus de la bonne classe ont de meilleurs apports nutritionnels (vrai aussi pour les micronutriments, non montré)

## 4a. Relations entre l'impact carbone de l'alimentation et la qualité nutritionnelle (classifications) : résultat principal

Valeurs brutes



Ajusté pour les quantités



Ajusté pour les apports énergétiques



BONNE

Int+

Int-

FAIBLE

- Les différences d'impact CO<sub>2</sub> entre les 4 classes sont faibles ou non significatives.
- A apports énergétiques égaux, une meilleure qualité nutritionnelle est associée à de plus forts impacts CO<sub>2</sub> (malgré plus de produits végétaux dans la meilleure classe)

### 3. Effets d'une réduction de la viande sur l'impact carbone

(Ges-Alim, rapport ADEME 2013)

#### ➤ Et en cas de compensation par des féculents ?

N=1918 individus f = 391 aliments	Quantité (g/j)	Energie (kcal/d)	Impact Carbone	
			g CO <sub>2</sub> e /j	Variation vs actuel
<b>Current situation</b>	2685	2035	4090	-
<b>Viande ≤50 g/d, charcuterie supprimée</b>				
Sans compensation	-46	-115	3580	<b>-9,9%</b>
Avec compensation par				
<b>Féculents</b>	8	-	3641	<b>-8,4%</b>

➤ Quand les calories de la viande sont remplacées par des féculents :  
l'impact CO<sub>2</sub> diminue de 8,4%

## 5. Compatibilité entre contraintes nutritionnelles et environnementales, et traduction en choix alimentaires

### Travail en cours(WWF)

#### Modélisation de ration moyenne en population

Etude similaire à l'étude "Livewell" au Royaume-Uni, mais avec des données françaises (+ Espagne et Suède)

### Futur projet (OCAD)

#### Modélisation de rations en population ou individuelles

- **Prise en compte de la biodisponibilité** (protéines, vit A, Zn, Fe, Ca...)
- **Introduction de plus de réalisme** (taille des portions, aliments consommés en associations, etc..)