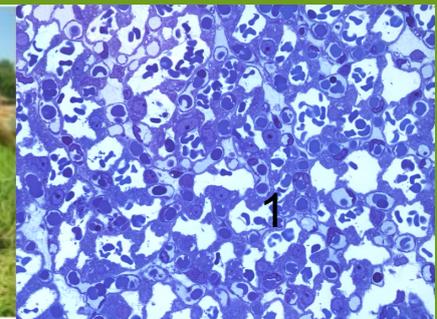
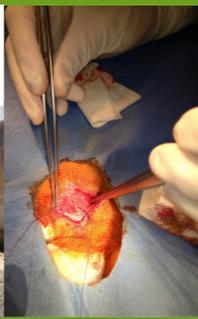
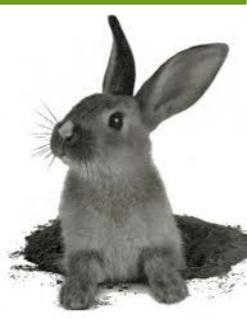
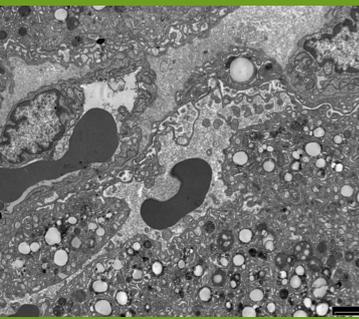


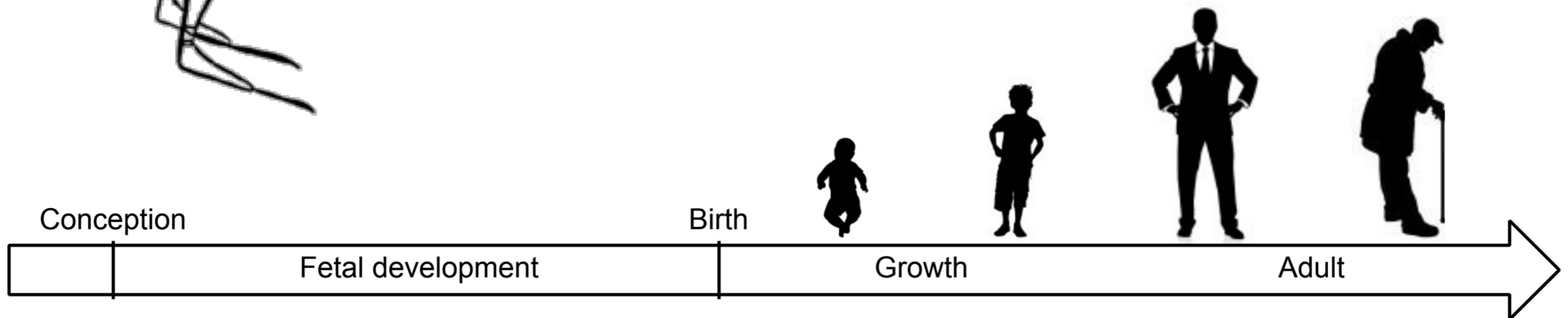
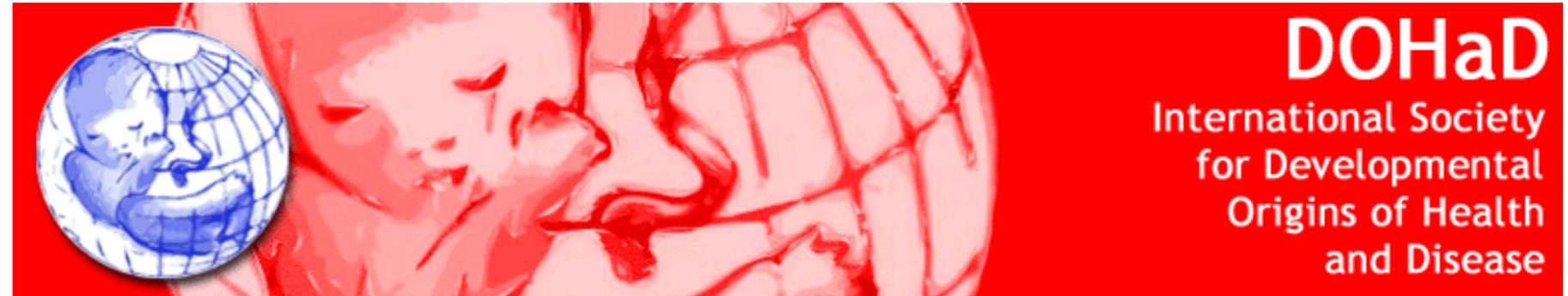
# Comment l'alimentation et l'environnement influencent les phénotypes physiologiques chez les mammifères domestiques

Pascale Chavatte-Palmer

[pascale.chavatte-palmer@inra.fr](mailto:pascale.chavatte-palmer@inra.fr)



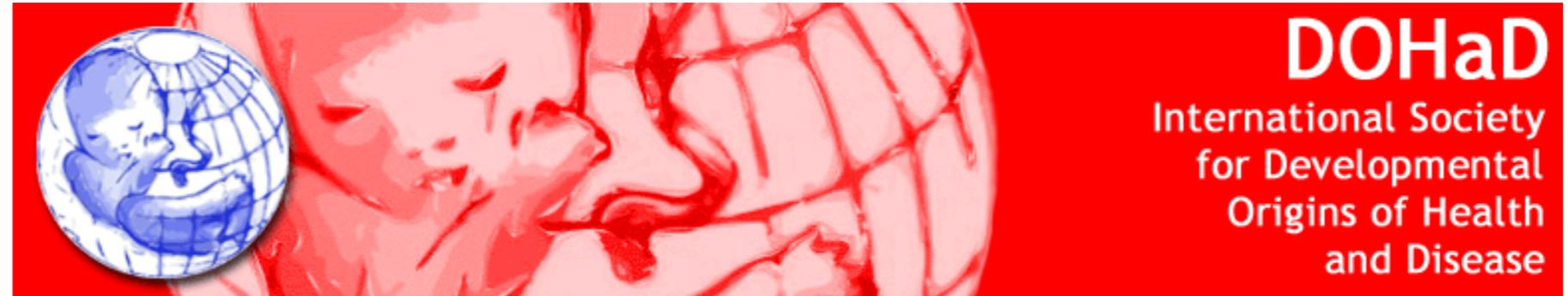
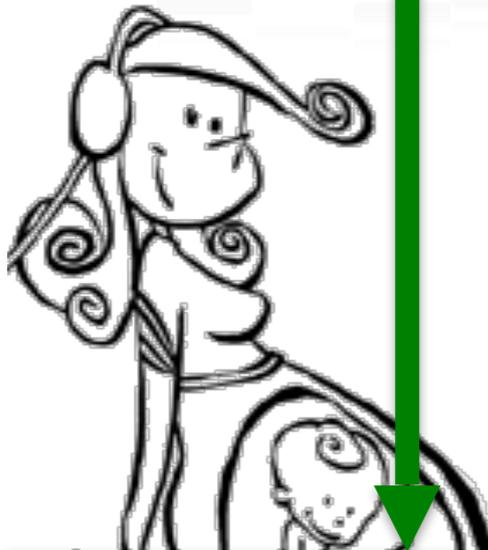
# Barker's hypothesis



Environnement des parents

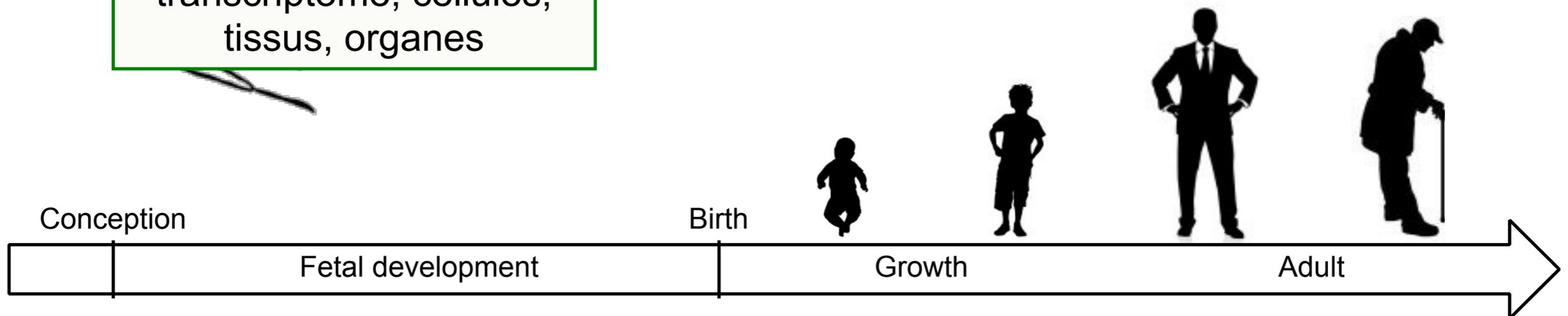


# Barker's hypothesis



Adaptations foetales

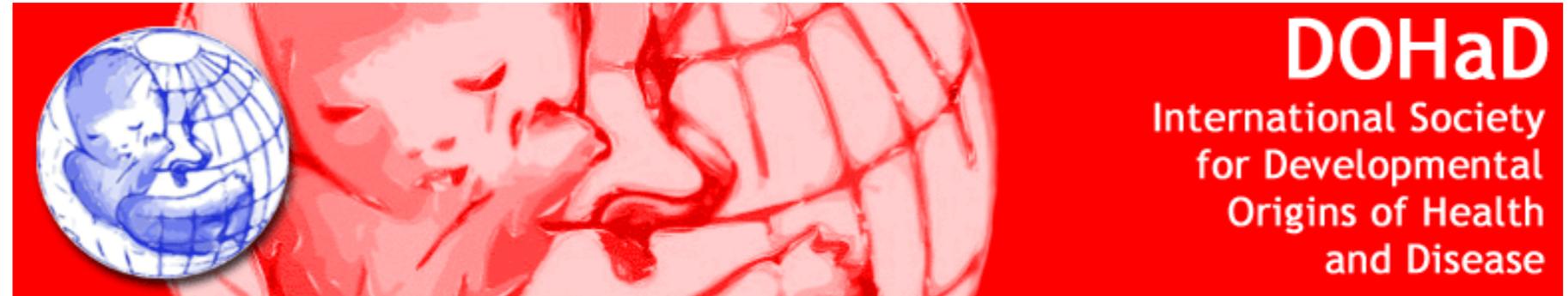
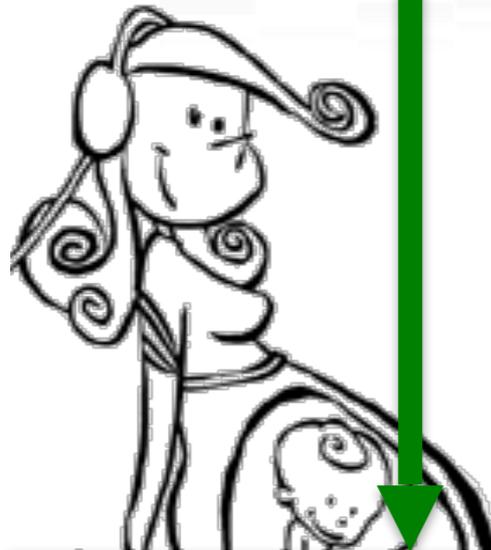
**Epigenome**,  
transcriptome, cellules,  
tissus, organes



**Environnement des parents**



# Barker's hypothesis



**Adaptations foetales**

**Epigenome**,  
transcriptome, cellules,  
tissus, organes

**Immediate survival**

Conception

Birth

Fetal development

Growth

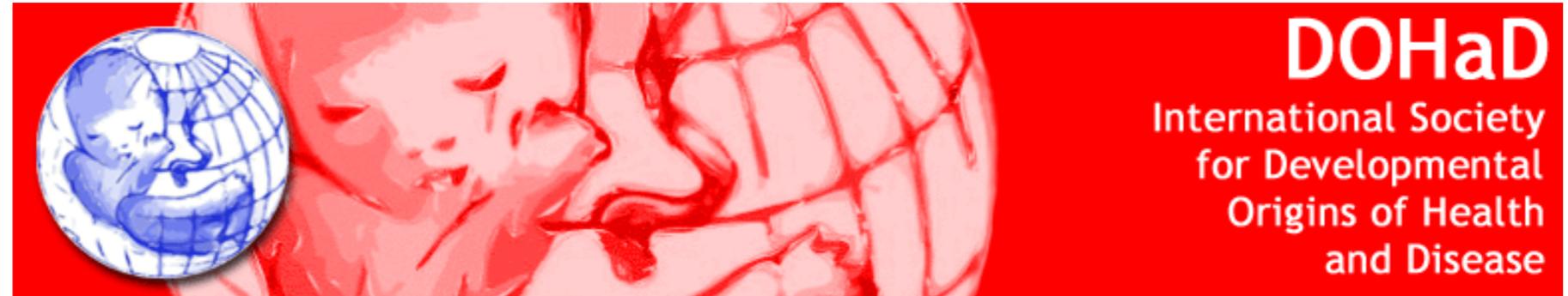
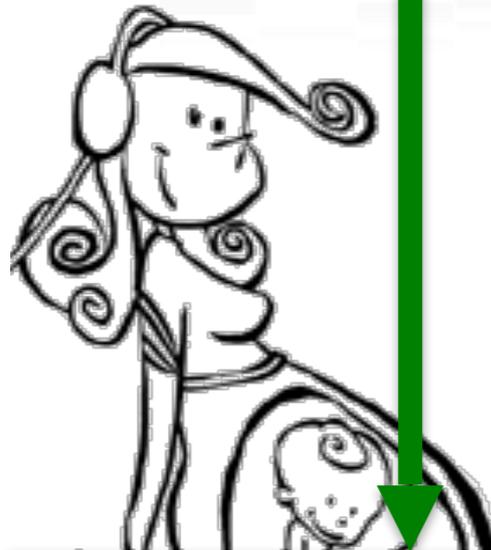
Adult



Environnement des parents



# Barker's hypothesis



Adaptations foetales

**Epigenome**,  
transcriptome, cellules,  
tissus, organes

Phénotype  
Néonatal

Survie immédiate et réponse adaptative prédictive

Conception

Birth

Fetal development

Growth

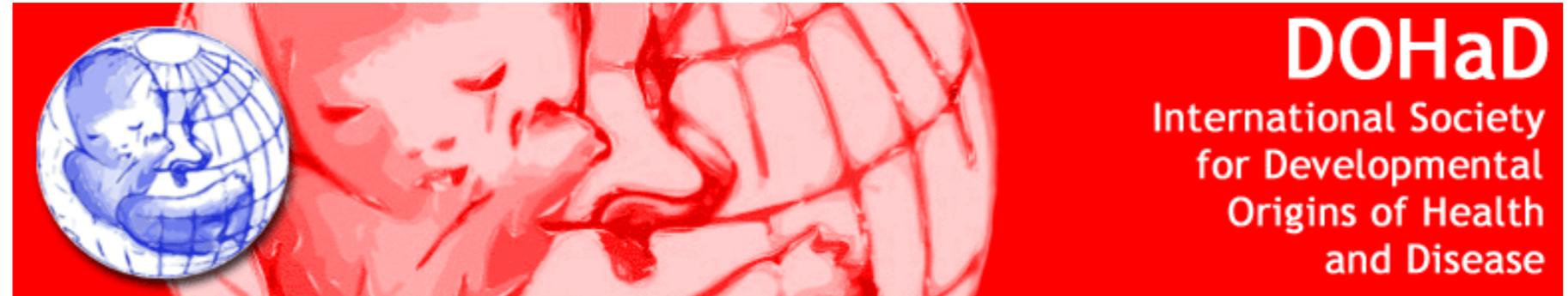
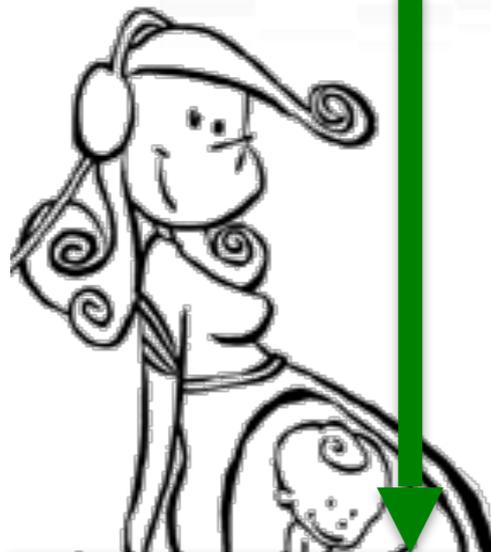
Adult



Environnement des parents



# Barker's hypothesis



Adaptations foetales

**Epigenome**,  
transcriptome, cellules,  
tissus, organes

Phénotype  
Néonatal

Diabète de type 2  
ostéoporose,  
obésité...

Survie immédiate et réponse adaptative prédictive

Conception

Birth

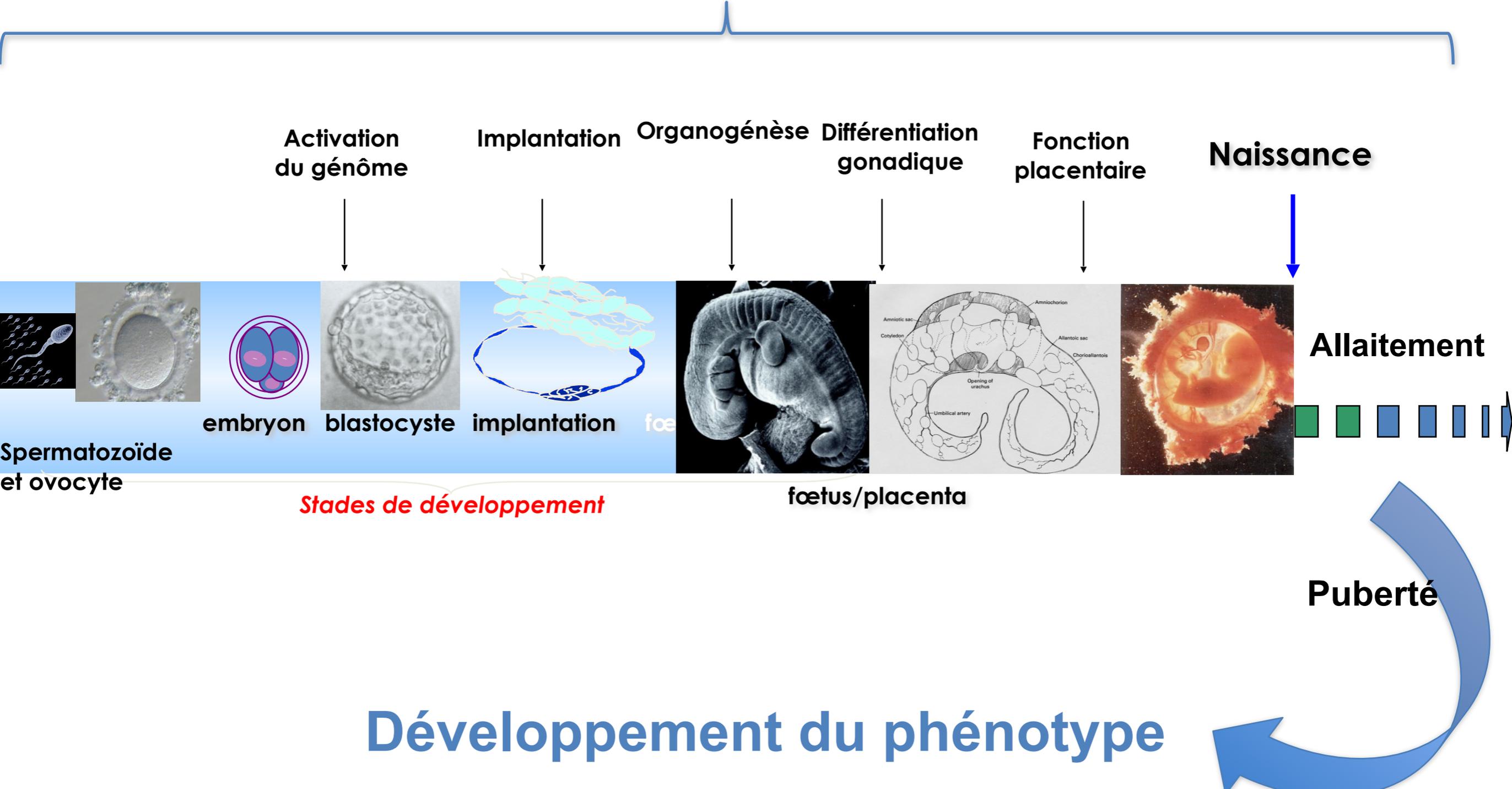
Fetal development

Growth

Adult

# Périodes critiques... et périodes affectées

## Alimentation et environnement



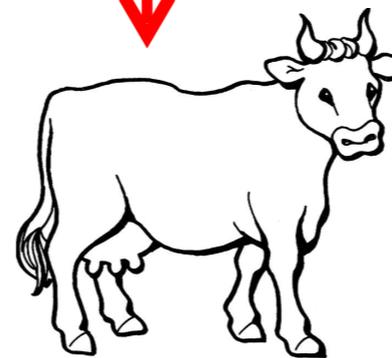
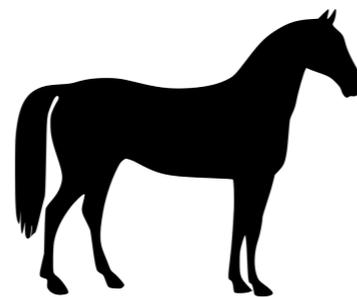
Disponibilité et qualité des aliments

Qualité de l'air



Facteurs climatiques et modifications climatiques

**ENVIRONNEMENT**



Le concept de la DOHAD en production animale  
Animaux hautement sélectionnés au niveau génétique

**Quantité et qualité des produits?  
Paramètres de reproduction?  
Transmission sur plusieurs générations?**

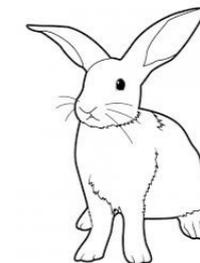
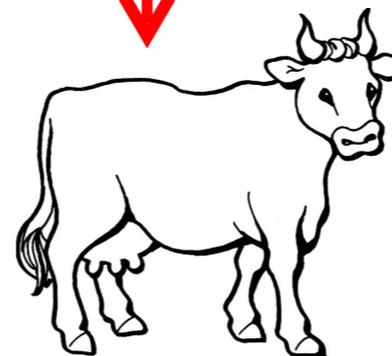
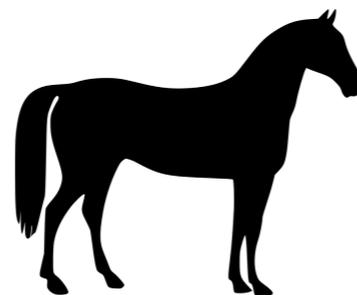
Disponibilité et qualité des aliments

Qualité de l'air



Facteurs climatiques et modifications climatiques

**ENVIRONNEMENT**

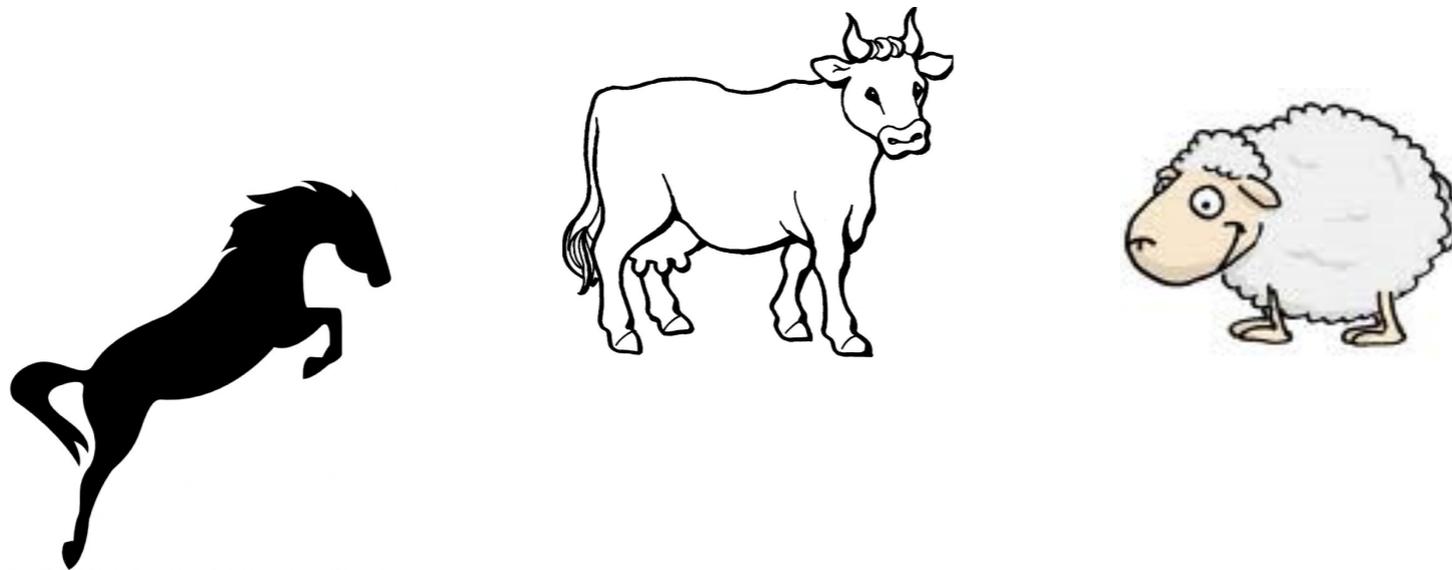


**Le concept de la DOHAD en production animale**  
**Animaux hautement sélectionnés au niveau génétique**

**Quantité et qualité des produits?**  
**Paramètres de reproduction?**  
**Transmission sur plusieurs générations?**

1.

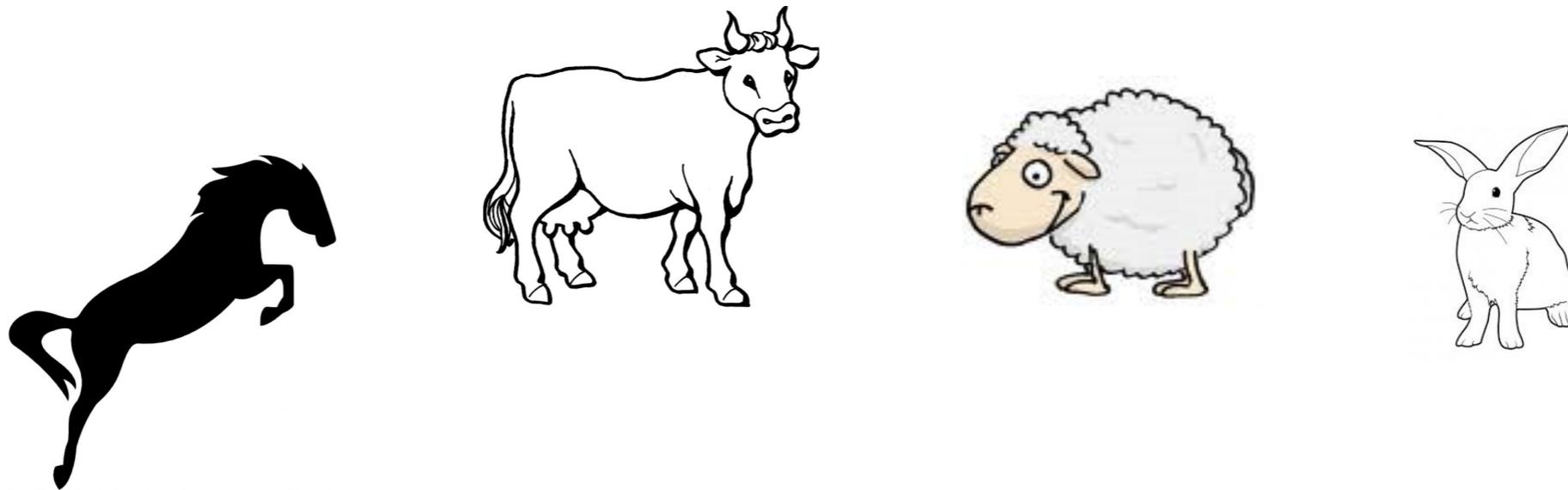
Est-ce que des effets sont observés?



**Exemples tirés de différentes espèces domestiques**

1.

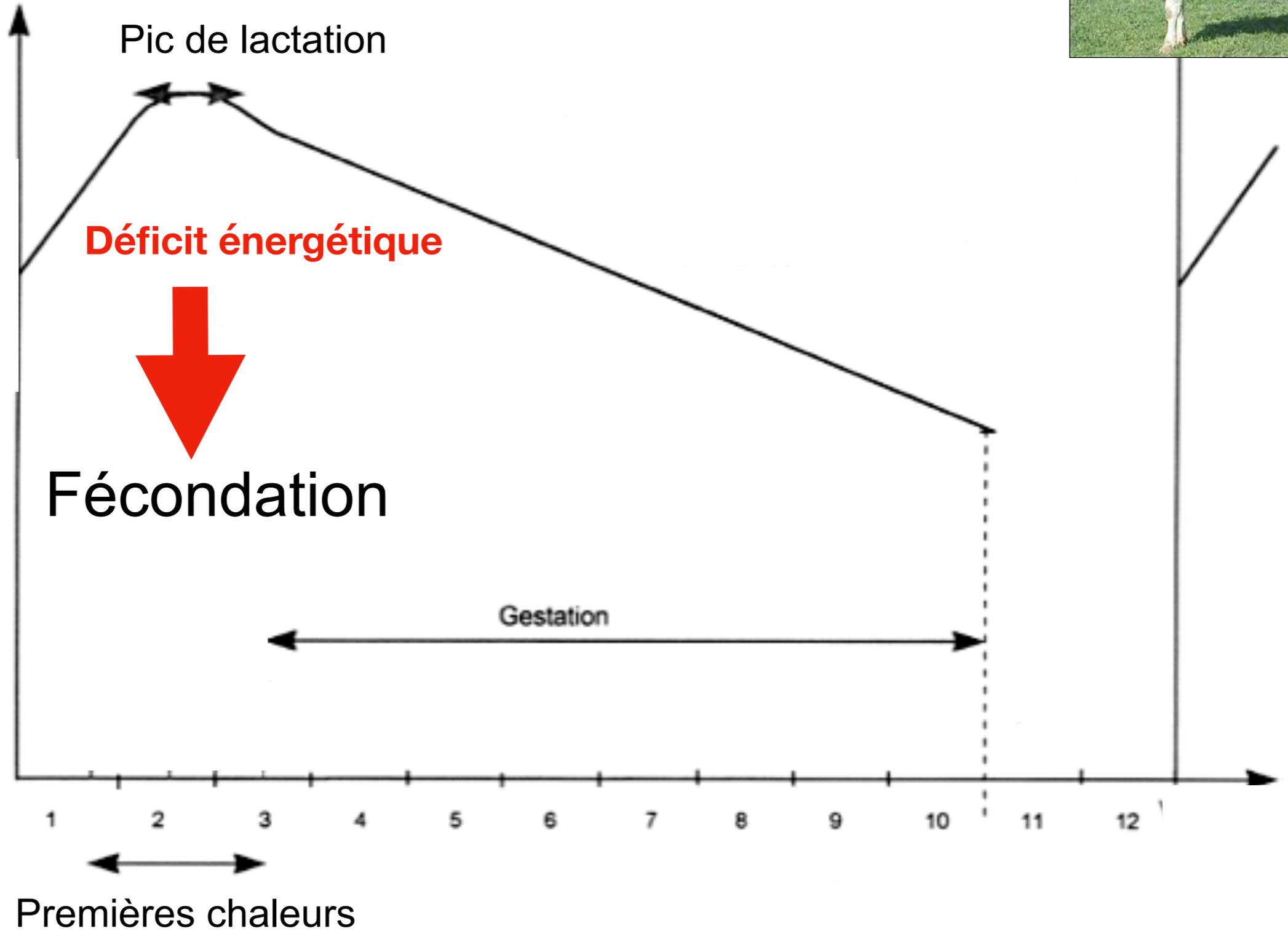
Est-ce que des effets sont observés?



**Exemples tirés de différentes espèces domestiques**

# Vaches laitières hautes productrices

Production laitière



# Analyse des effets à partir des fichiers de race

J. Dairy Sci. 91:329–337

doi:10.3168/jds.2007-0438

© American Dairy Science Association, 2008.

## Negative Influence of High Maternal Milk Production Before and After Conception on Offspring Survival and Milk Production in Dairy Cattle

D. P. Berry,<sup>\*1</sup> P. Lonergan,<sup>†</sup> S. T. Butler,<sup>\*</sup> A. R. Cromie,<sup>‡</sup> T. Fair,<sup>†</sup> F. Mossa,<sup>†</sup> and A. C. O. Evans<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>Moorepark Dairy Production Research Centre, Fermoy, Co. Cork, Ireland

<sup>†</sup>School of Agriculture Food Science & Veterinary Medicine, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

<sup>‡</sup>Irish Cattle Breeding Federation, Bandon, Co. Cork, Ireland

**Une production plus importante en préconception et durant la gestation est associée à une durée de vie réduite, une production laitière diminuée avec un taux cellulaire augmenté chez les descendantes**

# Analyse des effets à partir des fichiers de race

J. Dairy Sci. 91:329–337

doi:10.3168/jds.2007-0438

© American Dairy Science Association, 2008.

## Negative Influence of High Maternal Milk Production Before and After Conception on Offspring Survival and Milk Production in Dairy Cattle

D. P. Berry,<sup>\*1</sup> P. Lonergan,<sup>†</sup> S. T. Butler,<sup>\*</sup> A. R. Cromie,<sup>‡</sup> T. Fair,<sup>†</sup> F. Mossa,<sup>†</sup> and A. C. O. Evans<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>Moorepark Dairy Production Research Centre, Fermoy, Co. Cork, Ireland

<sup>†</sup>School of Agriculture Food Science & Veterinary Medicine, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

<sup>‡</sup>Irish Cattle Breeding Federation, Bandon, Co. Cork, Ireland

**Une production plus importante en préconception et durant la gestation est associée à une durée de vie réduite, une production laitière diminuée avec un taux cellulaire augmenté chez les descendantes**

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

## Trans-Generational Effect of Maternal Lactation during Pregnancy: A Holstein Cow Model

Oscar González-Recio<sup>1\*</sup>, Eva Ugarte<sup>2</sup>, Alex Bach<sup>3,4</sup>

**Les filles des vaches en lactation pendant la gestation**

- produisent moins de lait (-52 kg)
  - vivent moins longtemps (-16 jours)
  - sont moins efficaces (+0.42% taux butyreux/taux protéique)
- que celles dont la gestation s'est déroulée en l'absence de lactation maternelle**

# Analyse des effets à partir des fichiers de race

J. Dairy Sci. 91:329–337

doi:10.3168/jds.2007-0438

© American Dairy Science Association, 2008.

## Negative Influence of High Maternal Milk Production Before and After Conception on Offspring Survival and Milk Production in Dairy Cattle

D. P. Berry,<sup>\*1</sup> P. Lonergan,<sup>†</sup> S. T. Butler,<sup>\*</sup> A. R. Cromie,<sup>‡</sup> T. Fair,<sup>†</sup> F. Mossa,<sup>†</sup> and A. C. O. Evans<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>Moorepark Dairy Production Research Centre, Fermoy, Co. Cork, Ireland

<sup>†</sup>School of Agriculture Food Science & Veterinary Medicine, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

<sup>‡</sup>Irish Cattle Breeding Federation, Bandon, Co. Cork, Ireland

**Une production plus importante en préconception et durant la gestation est associée à une durée de vie réduite, une production laitière diminuée avec un taux cellulaire augmenté chez les descendantes**

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

## Trans-Generational Effect of Maternal Lactation during Pregnancy: A Holstein Cow Model

Oscar González-Recio<sup>1\*</sup>, Eva Ugarte<sup>2</sup>, Alex Bach<sup>3,4</sup>

**Les filles des vaches en lactation pendant la gestation**

- produisent moins de lait (-52 kg)
  - vivent moins longtemps (-16 jours)
  - sont moins efficaces (+0.42% taux butyreux/taux protéique)
- que celles dont la gestation s'est déroulée en l'absence de lactation maternelle**

**Plus la production laitière est élevée durant l'embryogénèse, plus les effets négatifs s'expriment  
=> les descendantes des vaches les plus productives n'expriment pas tout leur potentiel génétique**

# Effets chez la brebis ?

Gestation



F1: Filles, 1ère génération

F2: Petites filles, 2ème génération



Ad libitum



restreinte aux besoins calculés



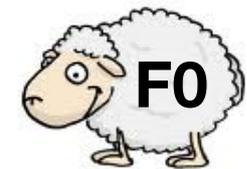
# Effets chez la brebis ?

Gestation



F1: Filles, 1ère génération

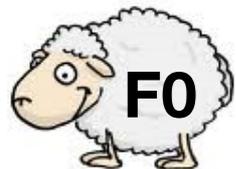
F2: Petites filles, 2ème génération



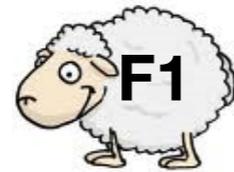
Ad libitum



↗ **capacité de traite**  
(diamètre des canaux lactifères)



restreinte  
aux  
besoins  
calculés



↗ **taille de la mamelle**  
↗ **lactose et protéines du lait**

1ère lactation seulement

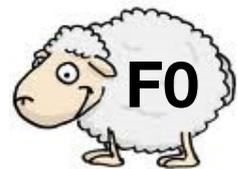
# Effets chez la brebis ?

Gestation



F1: Filles, 1ère génération

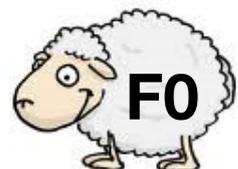
F2: Petites filles, 2ème génération



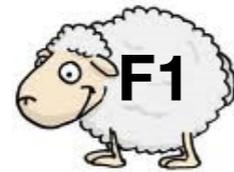
Ad libitum



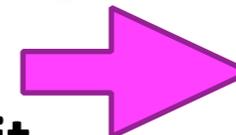
↗ capacité de traite  
(diamètre des canaux lactifères)



restreinte aux besoins calculés



↗ taille de la mamelle  
↗ lactose et protéines du lait



↘ Poids de naissance  
↗ Poids au sevrage  
(1ère lactation)



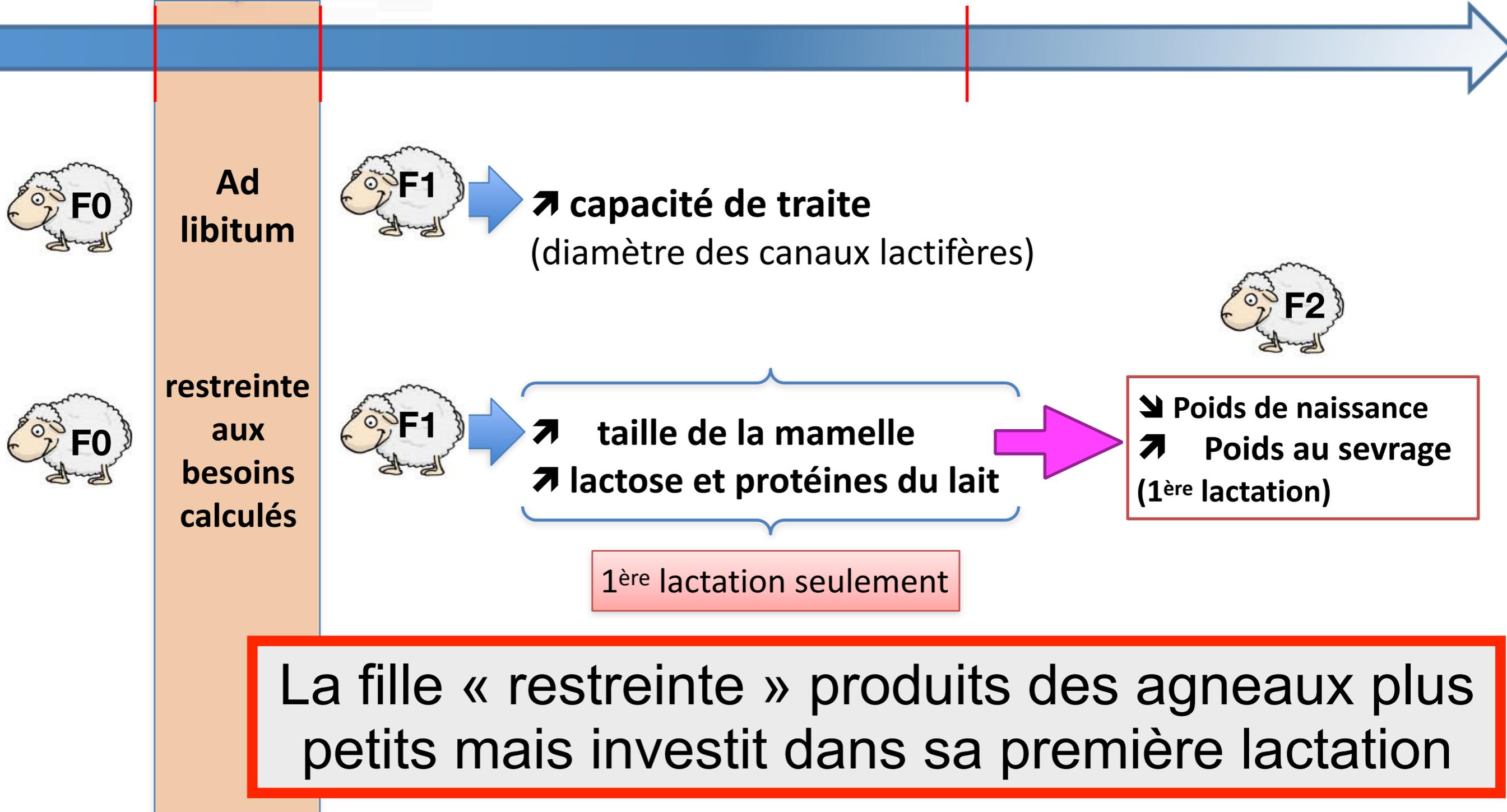
1ère lactation seulement

# Effets chez la brebis ?

Gestation

F1: Filles, 1ère génération

F2: Petites filles, 2ème génération



La fille « restreinte » produit des agneaux plus petits mais investit dans sa première lactation

# Nutrition de la vache allaitante

=> une période critique pour le développement du muscle?



Critical period for the formation of intramuscular adipocytes

Fattening, intramuscular adipocyte hypertrophy

Intramuscular fat

Other fat depots

Conception

Mid-gestation

Birth (285 d)

250 d

Slaughter

Muscle development

Muscle fiber formation

Increase in diameter and length of existing muscle fibers

Muscle fiber hyperplasia

Adipocyte hyperplasia

Adipocyte hypertrophy

# Nutrition de la vache allaitante

=> une période critique pour le développement du muscle?



Critical period for the formation of intramuscular adipocytes

Fattening, intramuscular adipocyte hypertrophy

Intramuscular fat

Other fat depots

Conception

Mid-gestation

Birth (285 d)

250 d

Slaughter

Muscle development

Muscle fiber formation

Increase in diameter and length of existing muscle fibers

Muscle fiber hyperplasia

Adipocyte hyperplasia

Adipocyte hypertrophy



# Nutrition de la vache allaitante



**Vaches croisées : ¼ Angus, ¼ Gelbvieh,  
¼ Hereford et ¼ Simmental dans le  
Dakota du Nord aux USA**



*Funston et al. JAS 2010*  
*Funston et al. JAS 2012 (review)*  
*Summers et al. JAS 2015*  
*Jennings et al. Animal 2016*

# Nutrition de la vache allaitante



Dernier tiers de la gestation



Vaches croisées :  $\frac{1}{4}$  Angus,  $\frac{1}{4}$  Gelbvieh,  $\frac{1}{4}$  Hereford et  $\frac{1}{4}$  Simmental dans le Dakota du Nord aux USA



Génisses



Témoins  
(restreintes)

Supplément  
protéique  
réduit

Supplément  
protéique  
important

*Funston et al. JAS 2010*  
*Funston et al. JAS 2012 (review)*  
*Summers et al. JAS 2015*  
*Jennings et al. Animal 2016*

# Nutrition de la vache allaitante



Dernier tiers de la gestation



Vaches croisées : ¼ Angus, ¼ Gelbvieh, ¼ Hereford et ¼ Simmental dans le Dakota du Nord aux USA



Génisses



Témoins (restreintes)

Supplément protéique réduit

Supplément protéique important

Différences d'expression des gènes dans le muscle foetal

Pas d'effet sur le poids de naissance  
Tendance à augmentation de poids des bouvillons

Pas d'effet sur la fertilité des filles

**mais**

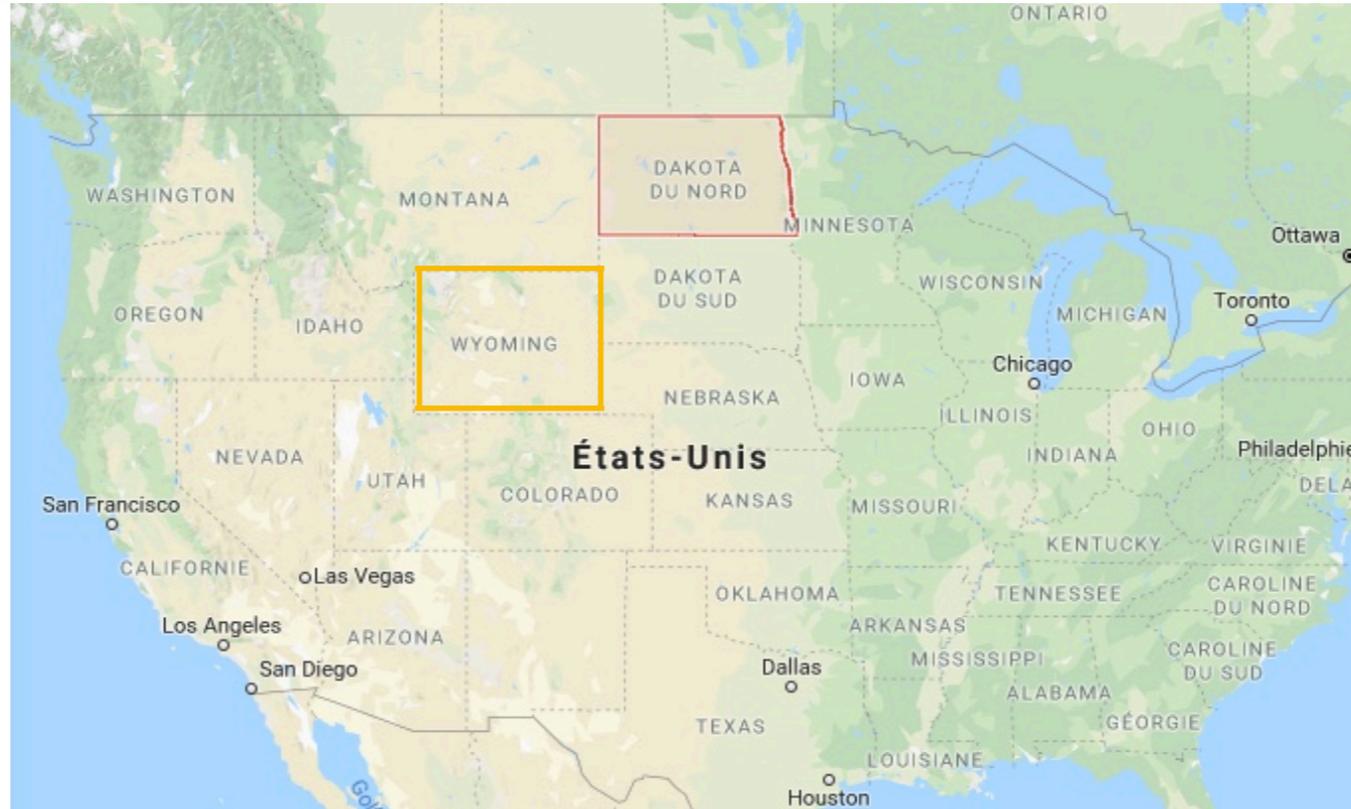
Dépôts adipeux, « marbré » augmenté dans le groupe restreint

pas de différence sur le poids des veaux en 2ème génération

*Funston et al. JAS 2010*  
*Funston et al. JAS 2012 (review)*  
*Summers et al. JAS 2015*  
*Jennings et al. Animal 2016*

# Nutrition de la vache allaitante

**Vaches croisées au Wyoming, USA**  
**Amélioration des pâtûres en mi-gestation**



# Nutrition de la vache allaitante

Vaches croisées au Wyoming, USA  
Amélioration des pâtûres en mi-gestation

## Paramètres musculaires chez les bouvillons

Muscle characteristics of steers from cows grazing either native range or improved pasture from 120 to 180 days of gestation.

Item	Treatment		
	Native range <sup>a</sup>	Improved pasture <sup>b</sup>	P-value
<i>Longissimus</i> muscle area, cm <sup>2</sup>	75.4 ± 2.2	78.7 ± 2.0	0.26
<i>Longissimus</i> muscle WBSF, N	37.29 ± 1.28	31.00 ± 1.19	0.004
Collagen content, µg/mg of <i>Longissimus</i> muscle	19.2 ± 1.9	15.7 ± 1.9	0.21
<i>Semitendinosus</i> , % of HCW	1.16 ± 0.07	1.20 ± 0.07	0.19

**=> Poids de carcasse plus importants**  
**=> Viande plus tendre**  
**=> Plus de gras au niveau de la 12ème côte**

# Nutrition de la vache allaitante

Vaches croisées en Australie

Régime hypo ou hyperprotéique (70% vs. 240% des recommandations)

## 1er trimestre

=> ⚡ poids à la naissance (les deux sexes)

=> **Mâles** : ↗ poids à partir de 190 jours, ↗ des muscles *longissimus dorsi* et *semitendinosus*

=> **Femelles** : ⚡ poids de carcasse

## 2ème trimestre

=> **Mâles** : ↗ des muscles *longissimus dorsi* et *semitendinosus*

# Nutrition de la vache allaitante

Vaches croisées en Australie

Régime hypo ou hyperprotéique (70% vs. 240% des recommandations)

## 1er trimestre

=> ⚡ poids à la naissance (les deux sexes)

=> **Mâles** : ↗ poids à partir de 190 jours, ↗ des muscles *longissimus dorsi* et *semitendinosus*

=> **Femelles** : ⚡ poids de carcasse

## 2ème trimestre

=> **Mâles** : ↗ des muscles *longissimus dorsi* et *semitendinosus*

**Dans certaines circonstances...**

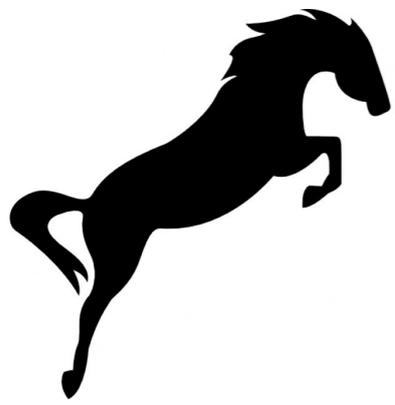
**de petits effets mais des effets significants sont observés...**

*Micke et al. 2010, 2011, 2015*

# Nutrition de la vache allaitante

Trait, kg	Mean	Birth weight, slope/kg	Weaning weight, slope/kg	Variation explained, %	Major factors contributing to variation (% of variation explained)
Dam BW at parturition	445	na <sup>†</sup>	na	71	Pregnancy nutrition (50), Dam age (17)
Birth weight	33.7	na	na	48	Dam BW at parturition (26), Sire breed (11), Sex (5)
Birth weight: model excluding dam BW at parturition	33.7	na	na	43	Pregnancy nutrition (20), Sire breed (8), Dam age (6), Sex (4)
Weaning BW	189	1.53	na	74	Lactation nutrition (41), Dam BW at parturition (14), Age at weaning (6), Sex (5), Birth weight (3), Dam age (3)
End background BW	514	3.02	0.72	71	Weaning BW (48), Birth weight (13), Sex (9), Dam age (2)
Feedlot exit BW	678	4.39	0.78	72	Birth weight (34), Weaning BW (11), Dam age (2), Year (25)
Hot carcass weight	382	2.71	0.46	70	Birth weight (36), Weaning BW (11), Dam age (2), Year (19)
Retail yield	249	1.97	0.28	70	Birth weight (37), Sire Breed (9), Weaning BW (5), Dam age (2), Year (15)
Model including cold carcass weight (376 kg average cold carcass weight)					
Retail yield	249	ns <sup>‡</sup>	-0.0629	95	Carcass weight (87), Sire breed (7)

**La nutrition durant la gestation (si elle n'est pas extrême) semble avoir peu d'effets sur la quantité et la qualité de la viande**



# Nutrition de la jument

Osteochondrose



33 to 38%

*Van der Heyden et al., 2013, vet Record*  
*Peugnet et al. PloS One 2015, J Eq vet sci 2016, 2017*



# Nutrition de la jument



Concentrés durant la gestation



Osteochondrose



33 to 38%



Fourrage seulement durant la gestation



↘ 8X de l'incidence d'osteochondrose



4%

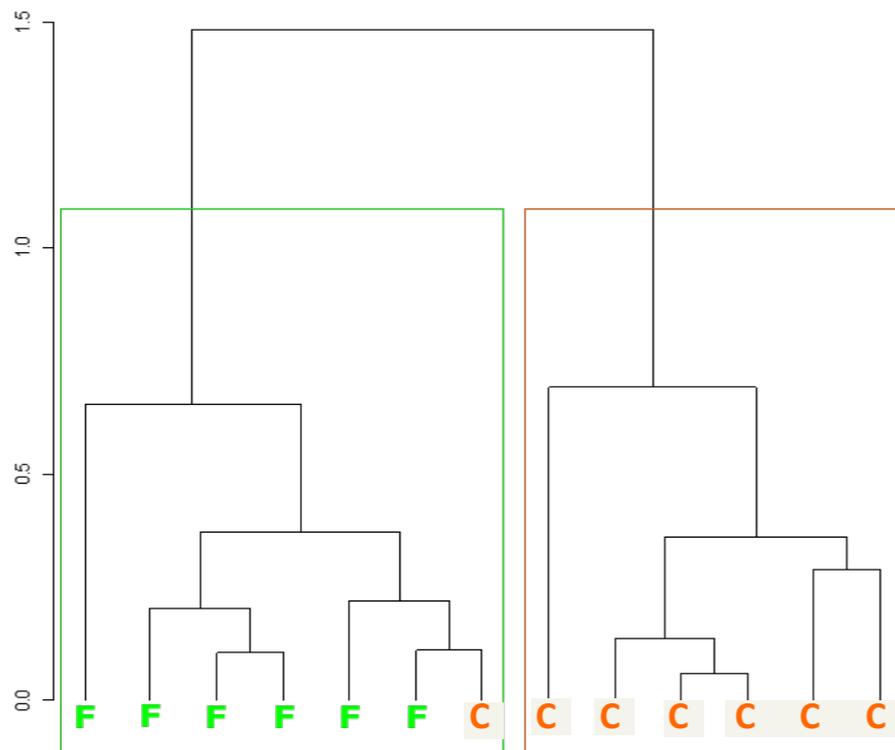
*Van der Heyden et al., 2013, vet Record  
Peugnet et al. PloS One 2015, J Eq vet sci 2016, 2017*

# Nutrition de la jument

## Effets sur la maturation testiculaire

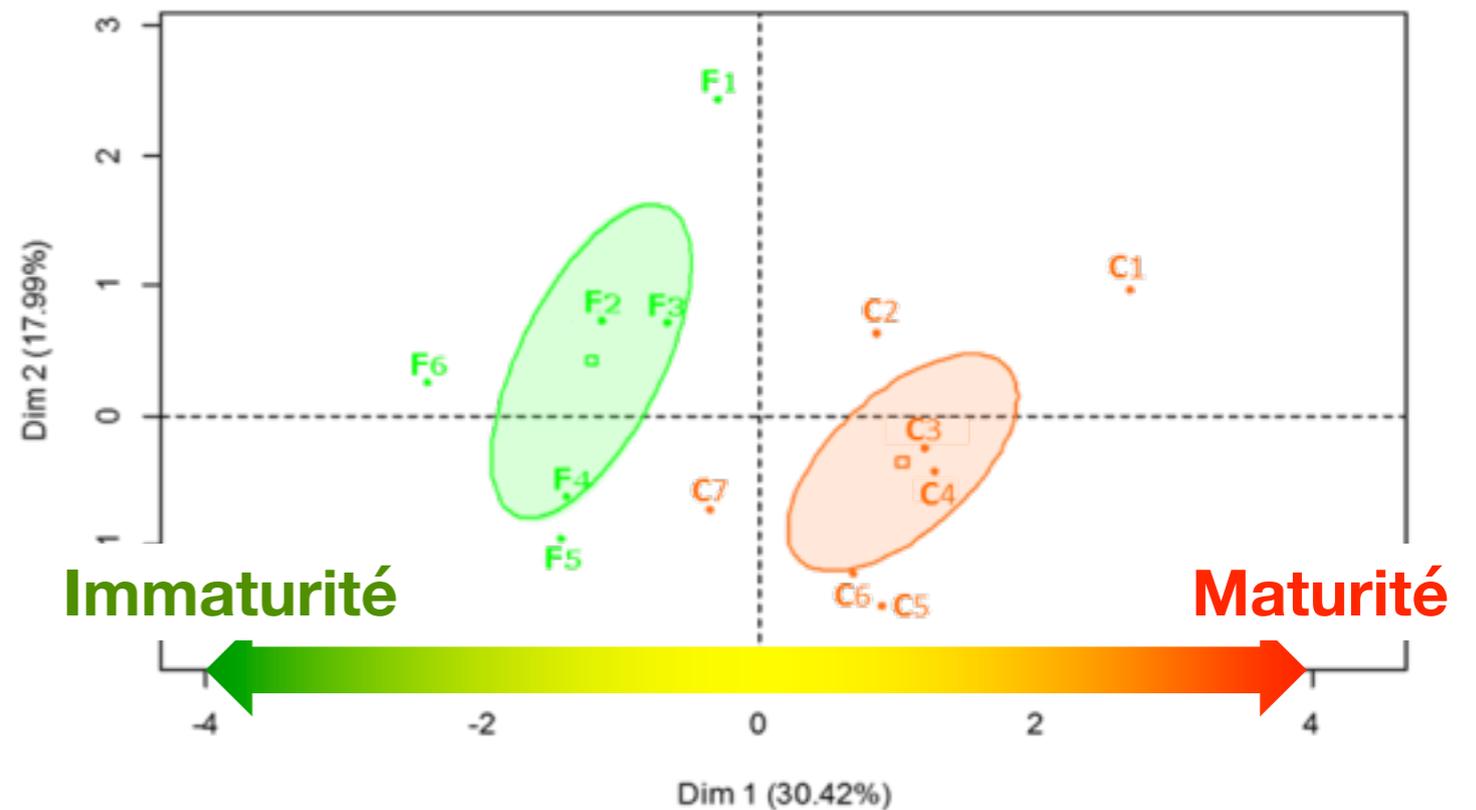
=> combinaison d'analyses histologiques et expression de gènes

### Hierarchical classification



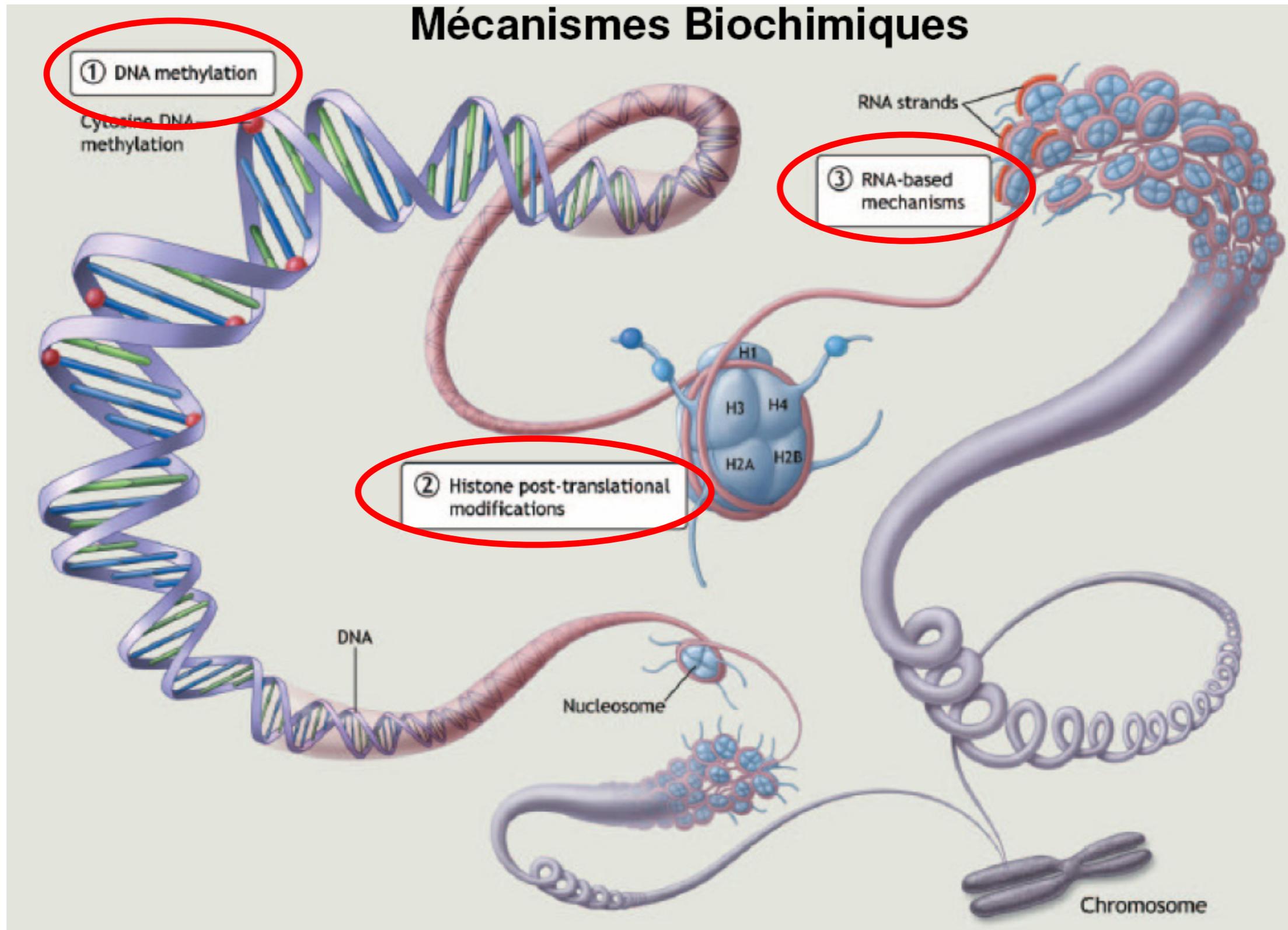
Fourrage  
Concentrés

### Graph of individuals



### Multiple factor analysis

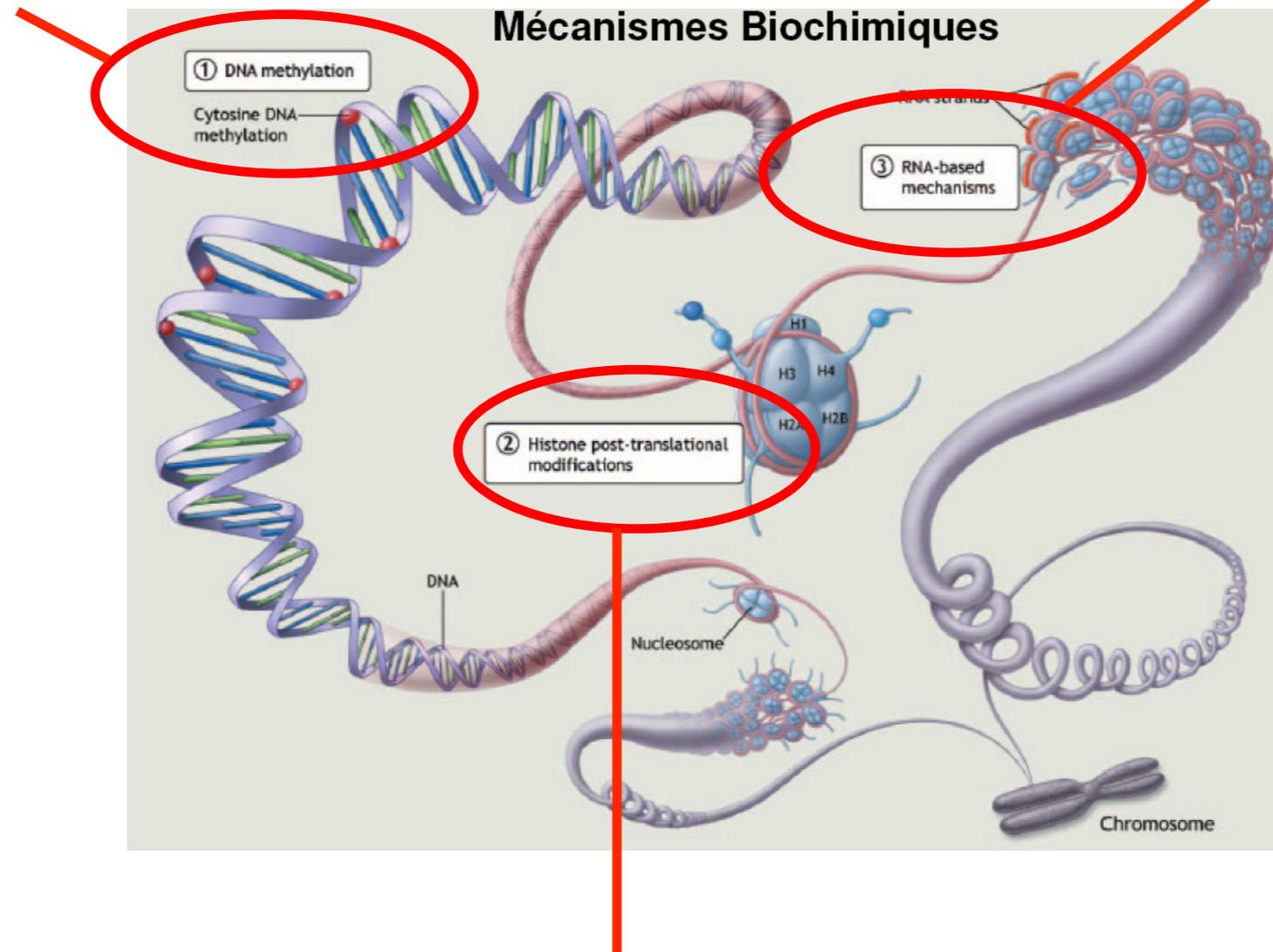
## 2. Mécanismes épigénétiques



# Mécanismes épigénétiques et nutrition

Méthionine, arginine, citrulline, choline  
Acide folique  
Vit B2, B6, B12  
Régimes hyperlipidiques  
Restriction protéique

Régimes déficients en méthyle  
Epices  
Polyphénols

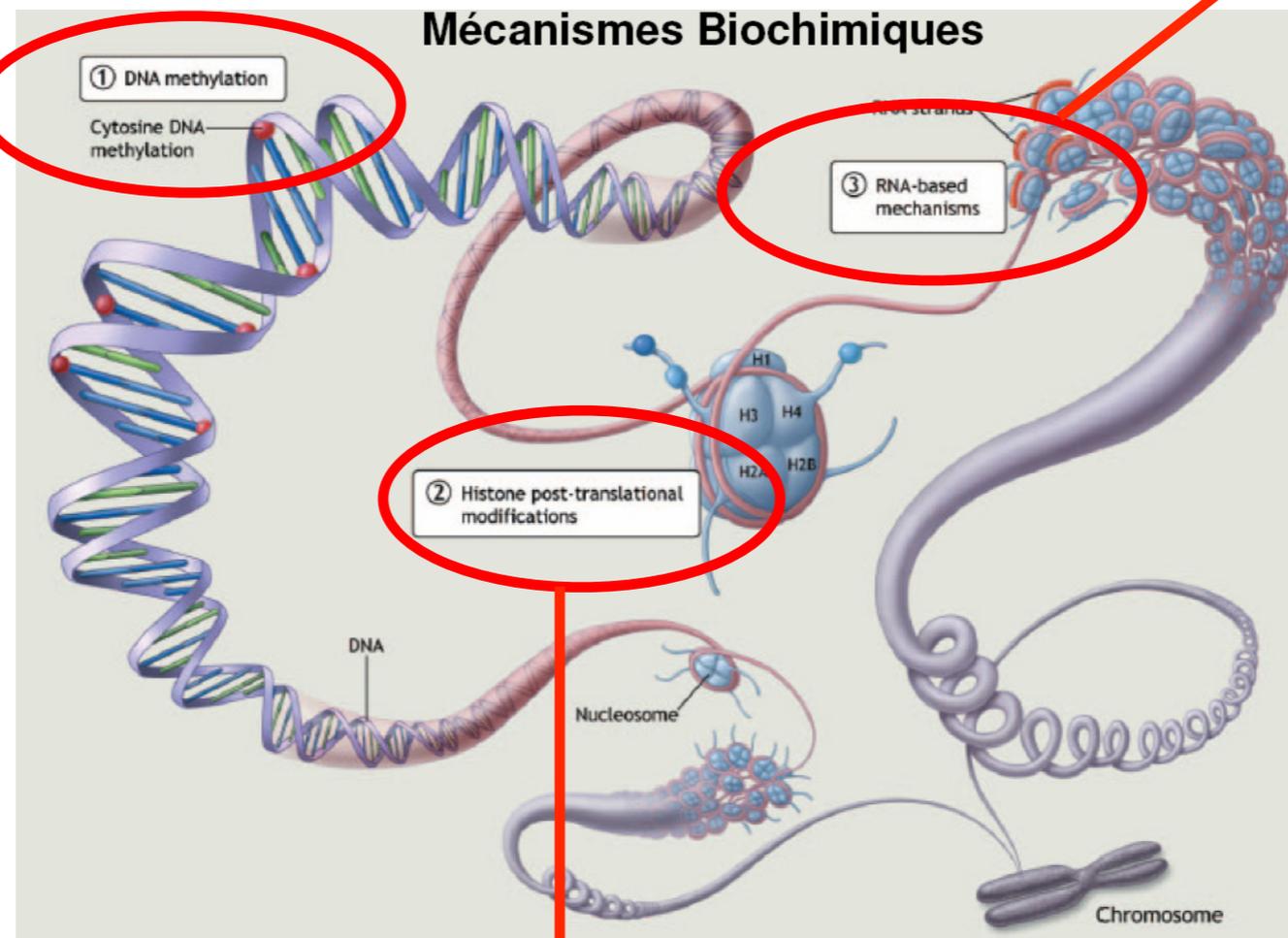


Plantes (curcumine, ail, trèfle, lupin, soja , persil, céleri...)  
Micro-éléments (cuivre, nickel, zinc...)  
Restriction protéique  
Butyrate

# Mécanismes épigénétiques et nutrition

Méthionine, arginine, citrulline, choline  
Acide folique  
Vit B2, B6, B12  
Régimes hyperlipidiques  
Restriction protéique

Régimes déficients en méthyle  
Epices  
Polyphénols



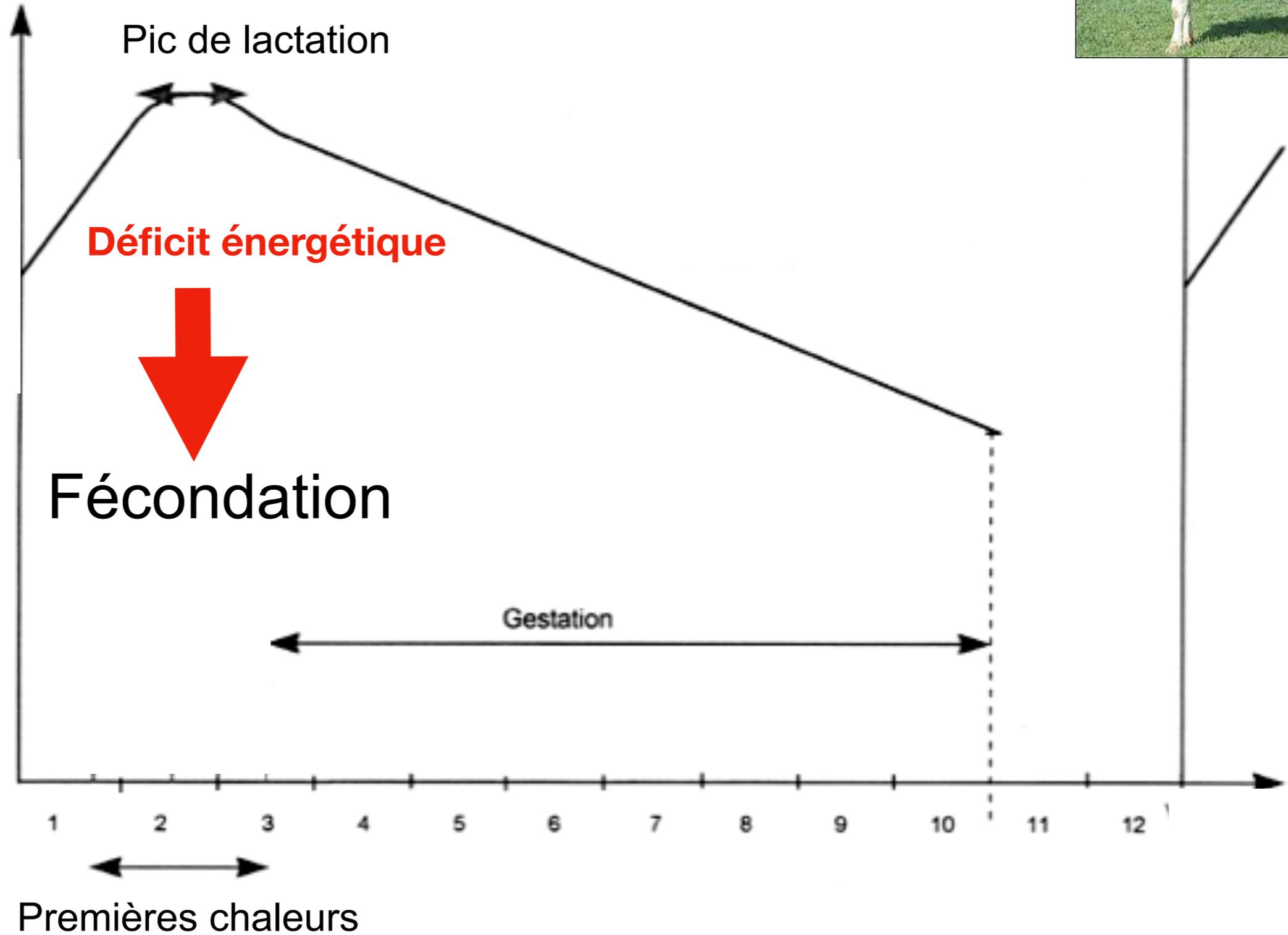
Autres paramètres  
de l'environnement?  
Pollution?  
Perturbateurs  
endocriniens?

Plantes (curcumine, ail, trèfle, lupin, soja, persil, céleri...)  
Micro-éléments (cuivre, nickel, zinc...)  
Restriction protéique  
Butyrate

# Vaches laitières hautes productrices



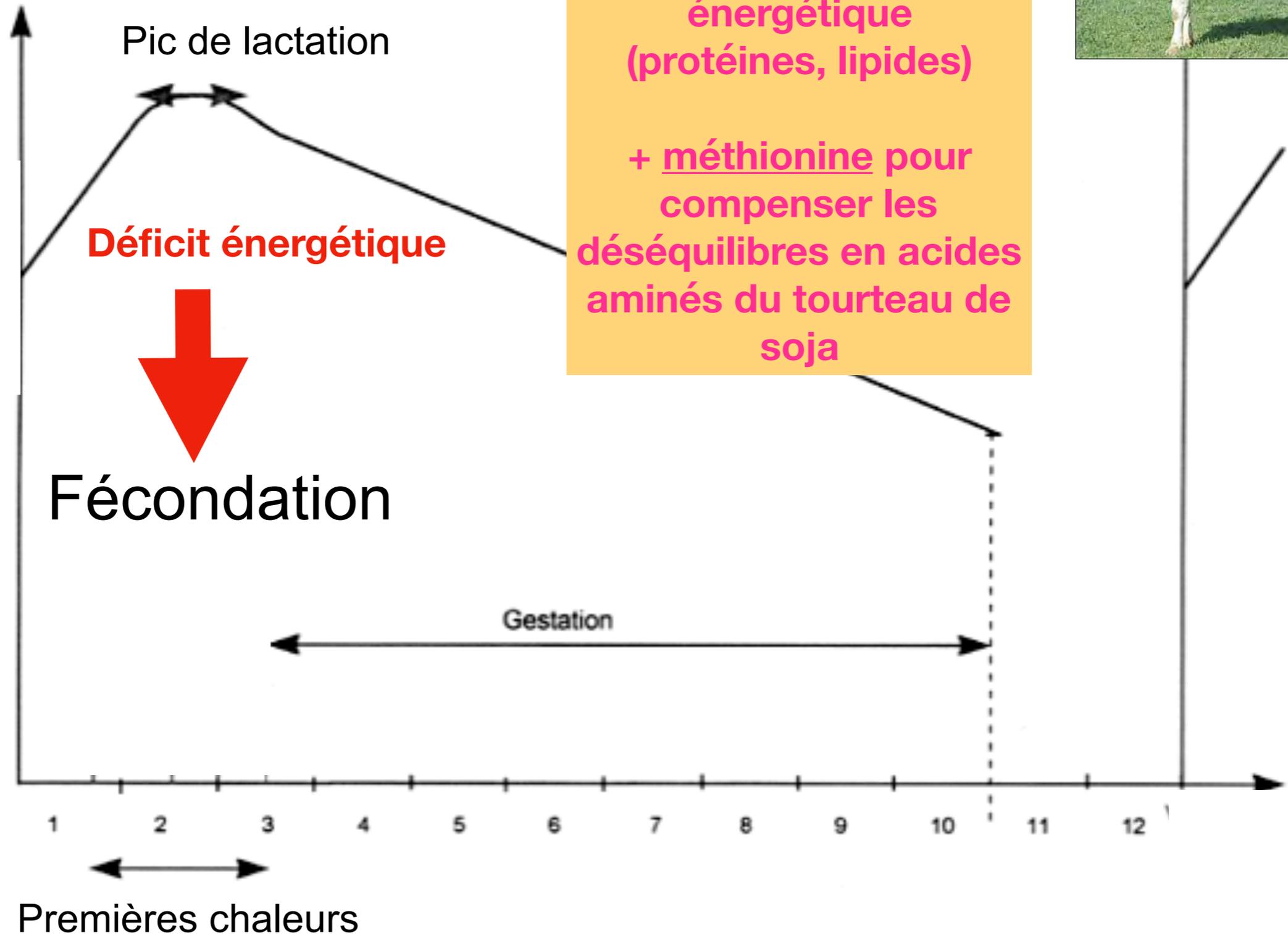
Production laitière



# Vaches laitières hautes productrices



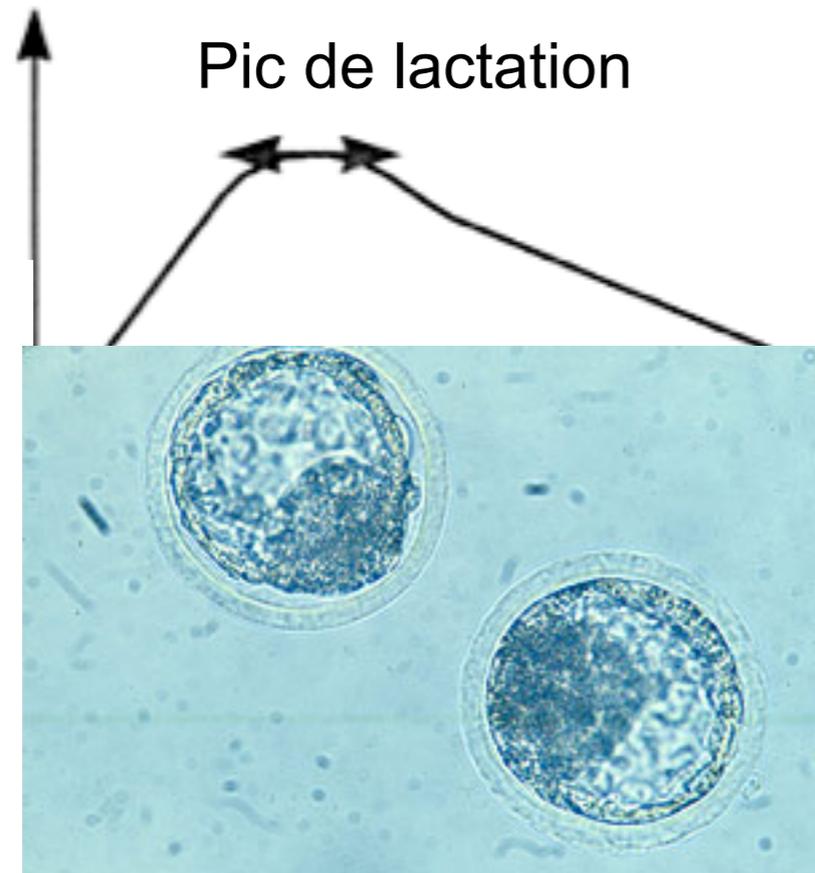
Production laitière



# Vaches laitières hautes productrices

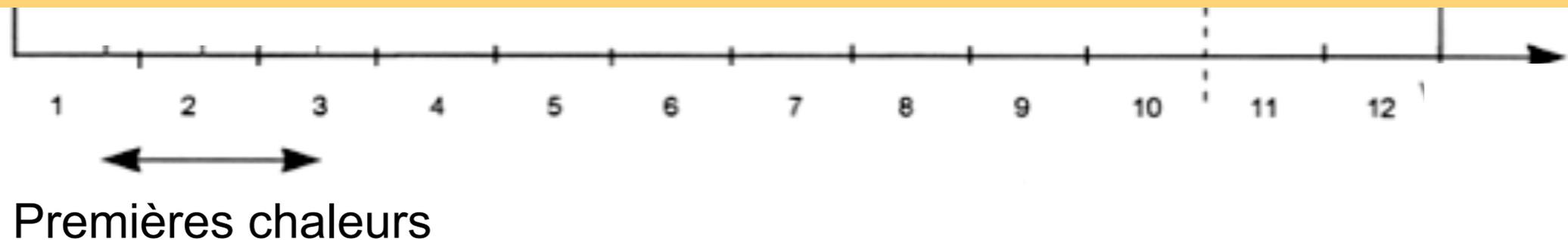


Production laitière



Supplémentation  
énergétique  
(protéines, lipides)  
  
+ méthionine pour  
compenser les  
déséquilibres en acides  
aminés du tourteau de  
soja

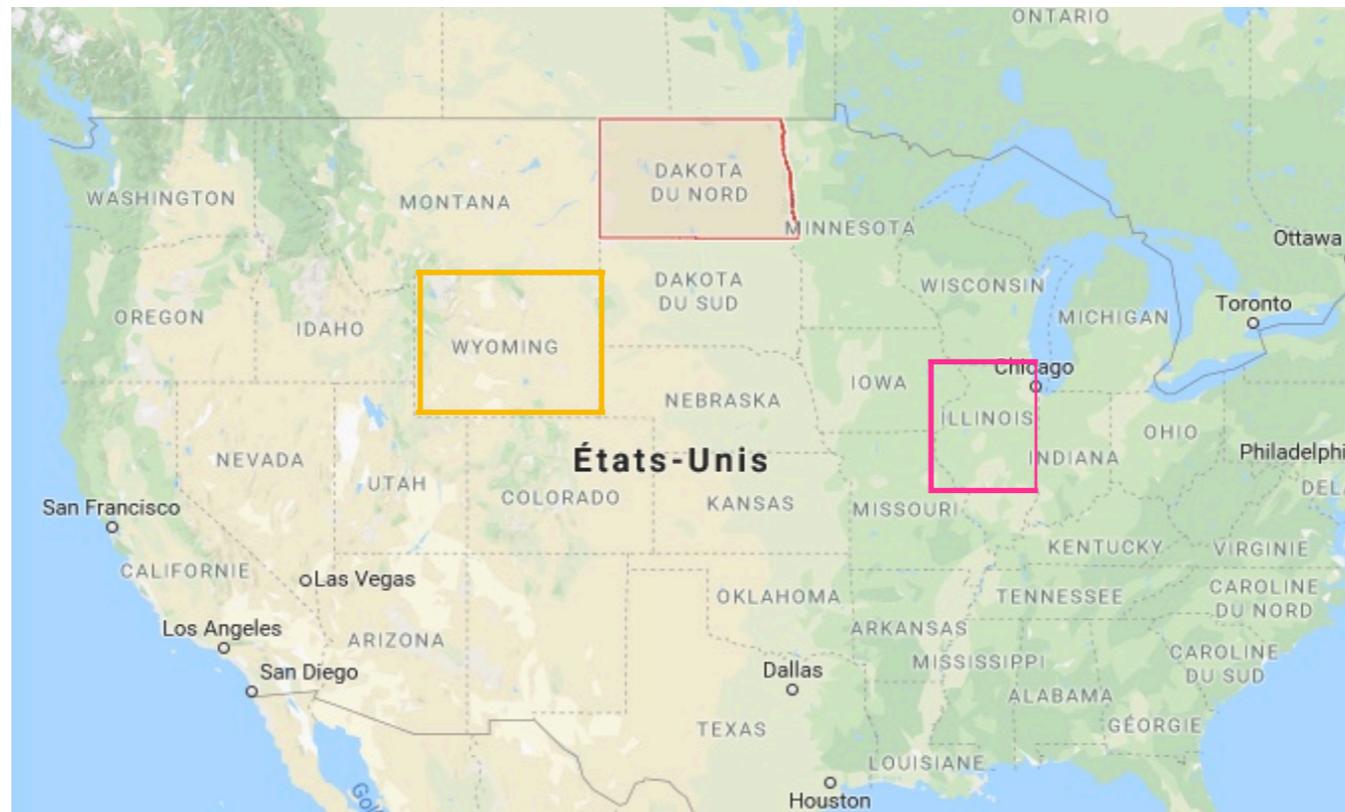
**pas de différence de quantité ni de qualité des embryons  
MAIS  
dérégulation de gènes impliqués dans le métabolisme lipidique des embryons**





## Deuxième moitié de la gestation

Alimentation avec du  
maïs  
vs  
fourrages seulement



Radunz et al. 2012; Moisa et al. 2015, 2016; Wang et al. 2015



**Deuxième moitié de la gestation**

**Alimentation avec du  
maïs  
vs  
fourrages seulement**

**↑ poids de naissance des veaux**

**↑ prise alimentaire et ↓ insuline**

**ET**

**↑ expression de gènes soumis à l’empreinte dans le muscle à 2 ans**

**↑ expression de DNMT3a (enzyme de la machinerie épigénétique) dans le muscle**

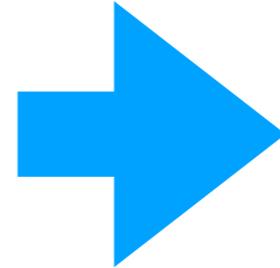
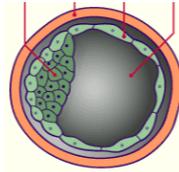
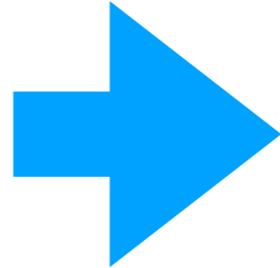
**↑ miRNA-34a anti-adipogénique**

**Radunz et al. 2012; Moisa et al. 2015, 2016; Wang et al. 2015**

# Restriction en vitamine B12



**Donneuse carencée**



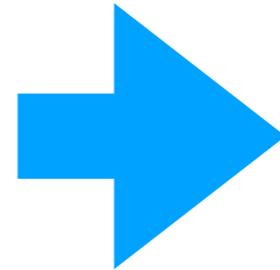
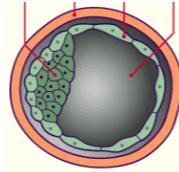
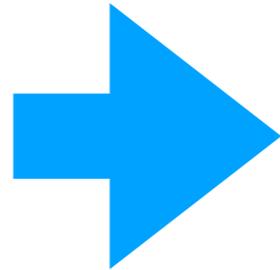
**Receveuse témoin**

**Restriction chez des donneuses d'embryon  
=> limitation à la période périconceptionnelle**

# Restriction en vitamine B12



Donneuse carencée



Receveuse témoin

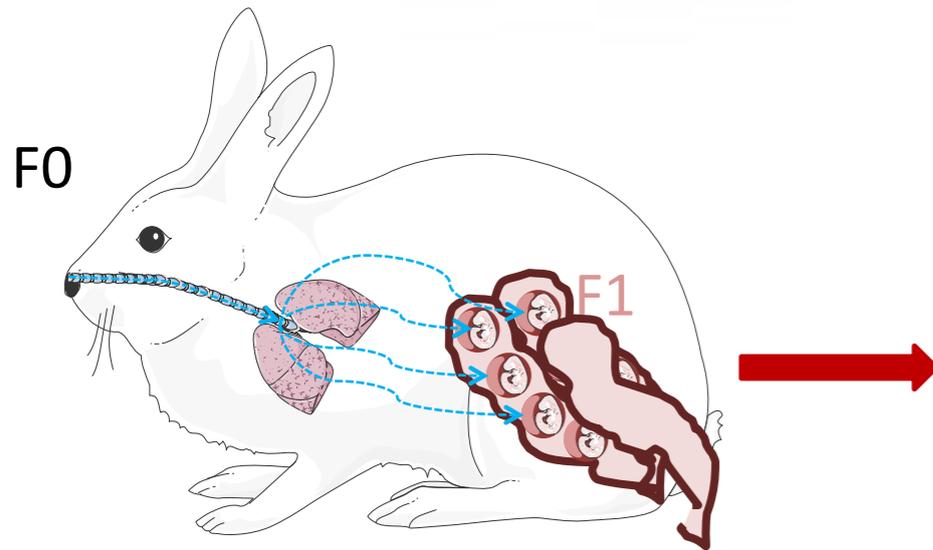
**Restriction chez des donneuses d'embryon  
=> limitation à la période périconceptionnelle**

Pas d'effet sur la fertilité, sur le poids de naissance ni sur la taille des portées

**MAIS** effets sur la fonction immunitaire, l'adiposité, la tolérance au glucose...

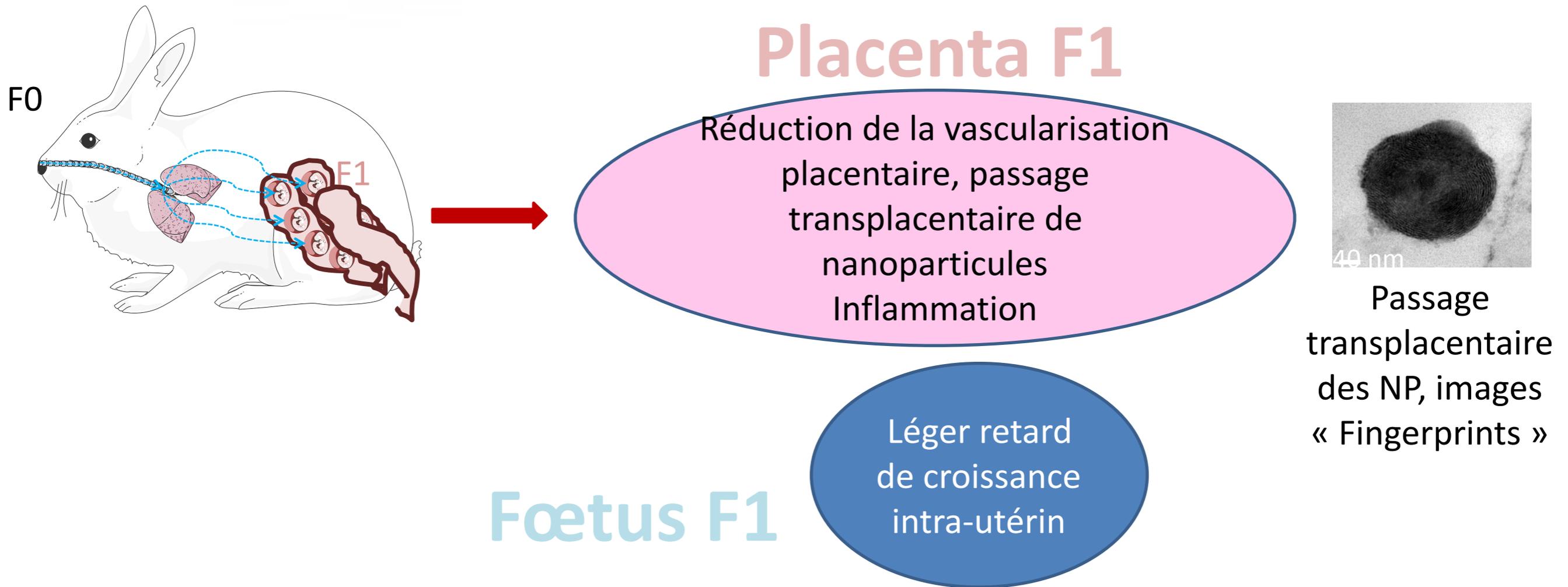
**Et** altérations de la méthylation des gènes dans le foie

# Effets de l'inhalation de gaz d'échappement de moteurs diesel à des concentrations proches des zones urbaines



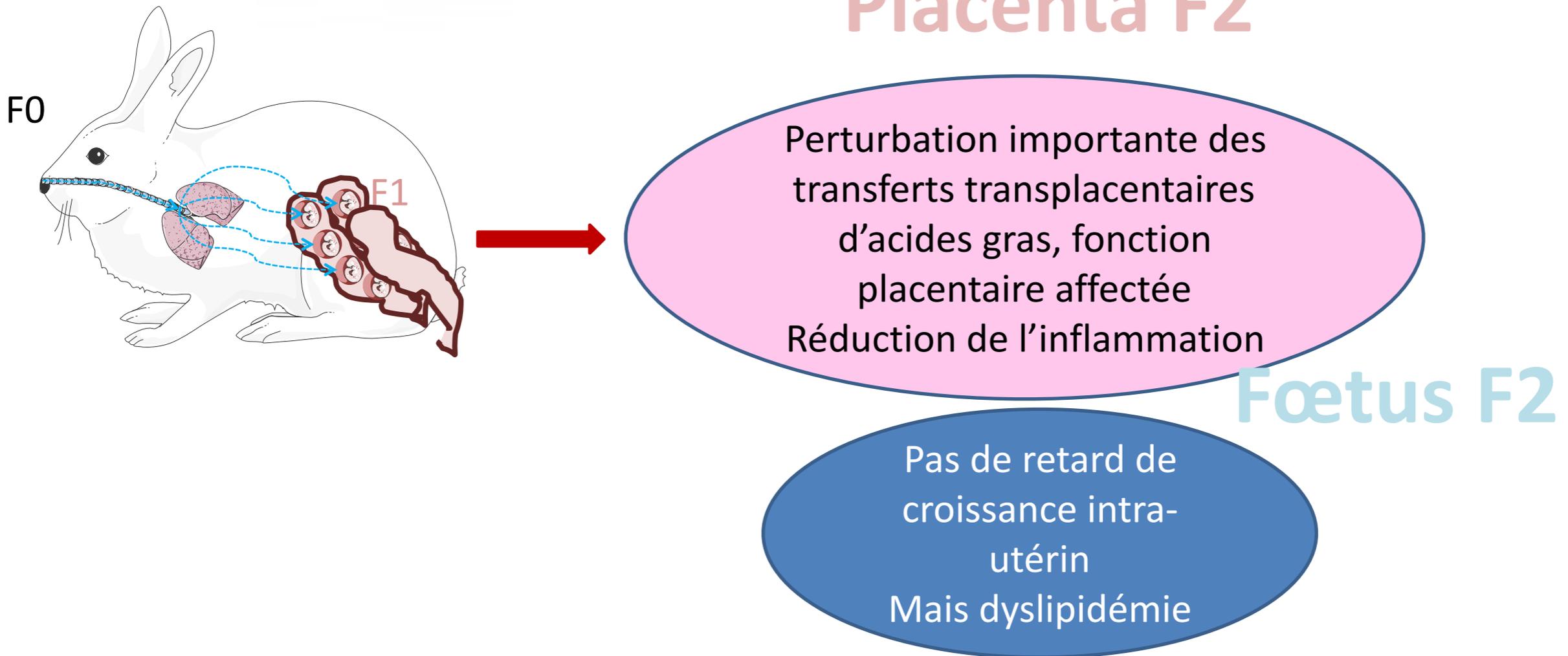
*Valentino et al. Part Fib Toxicol 2016, Ralliard-Rousseau et al. soumis*

# Effets de l'inhalation de gaz d'échappement de moteurs diesel à des concentrations proches des zones urbaines



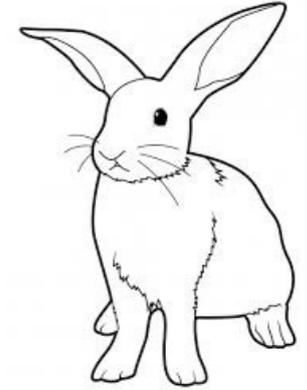
*Valentino et al. Part Fib Toxicol 2016, Ralliard-Rousseau et al. soumis*

# Effets de l'inhalation de gaz d'échappement de moteurs diesel à des concentrations proches des zones urbaines



*Valentino et al. Part Fib Toxicol 2016, Ralliard-Rousseau et al. soumis*

# Analyse différentielle de la méthylation de l'ADN entre placentas de fœtus femelles ou mâles F1 issus de mères témoins et polluées



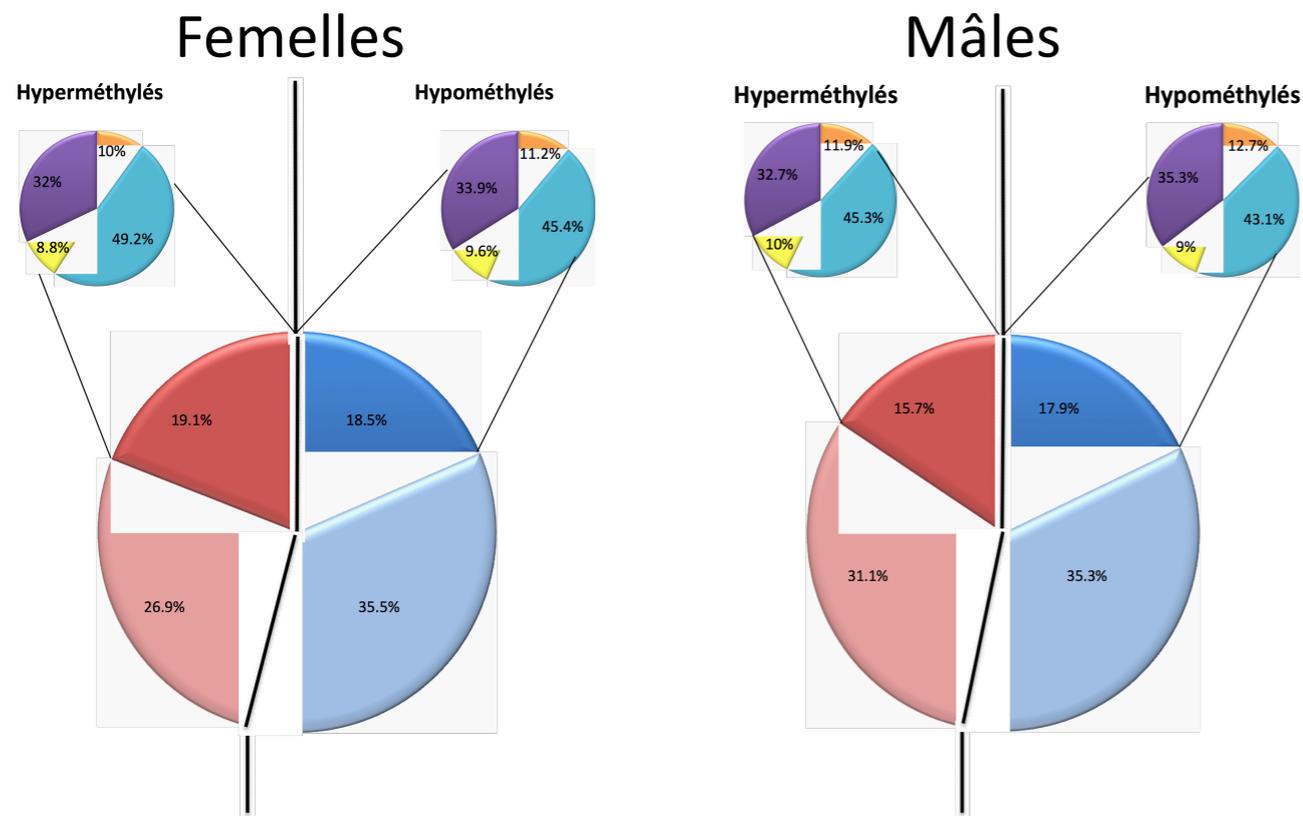
(Min per group = 9, q value < 0.01, différentiel de méthylation > 25%)

## ■ Plus grande sensibilité des fœtus femelles que des fœtus mâles

4265 DMCs entre placentas de fœtus femelles de mères témoins et polluées

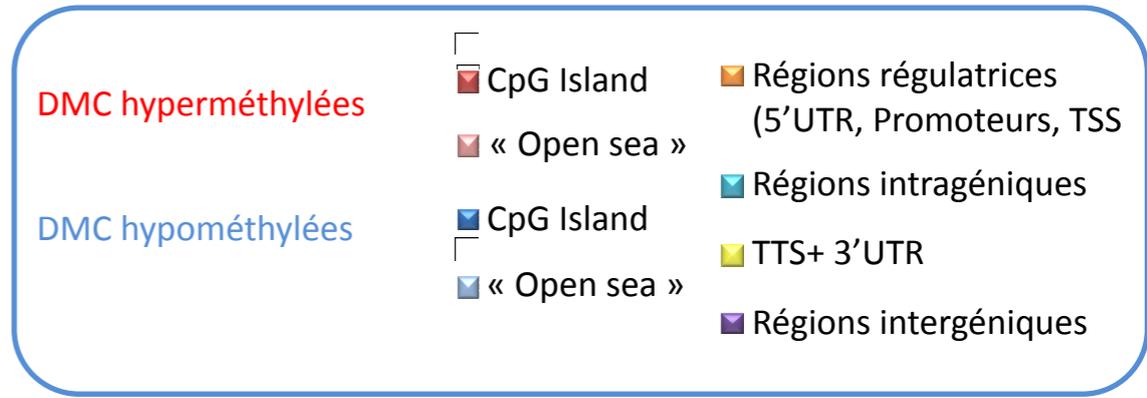
2730 DMCs entre placentas de fœtus mâles de mères témoins et polluées

## ■ Distribution génomique équivalente

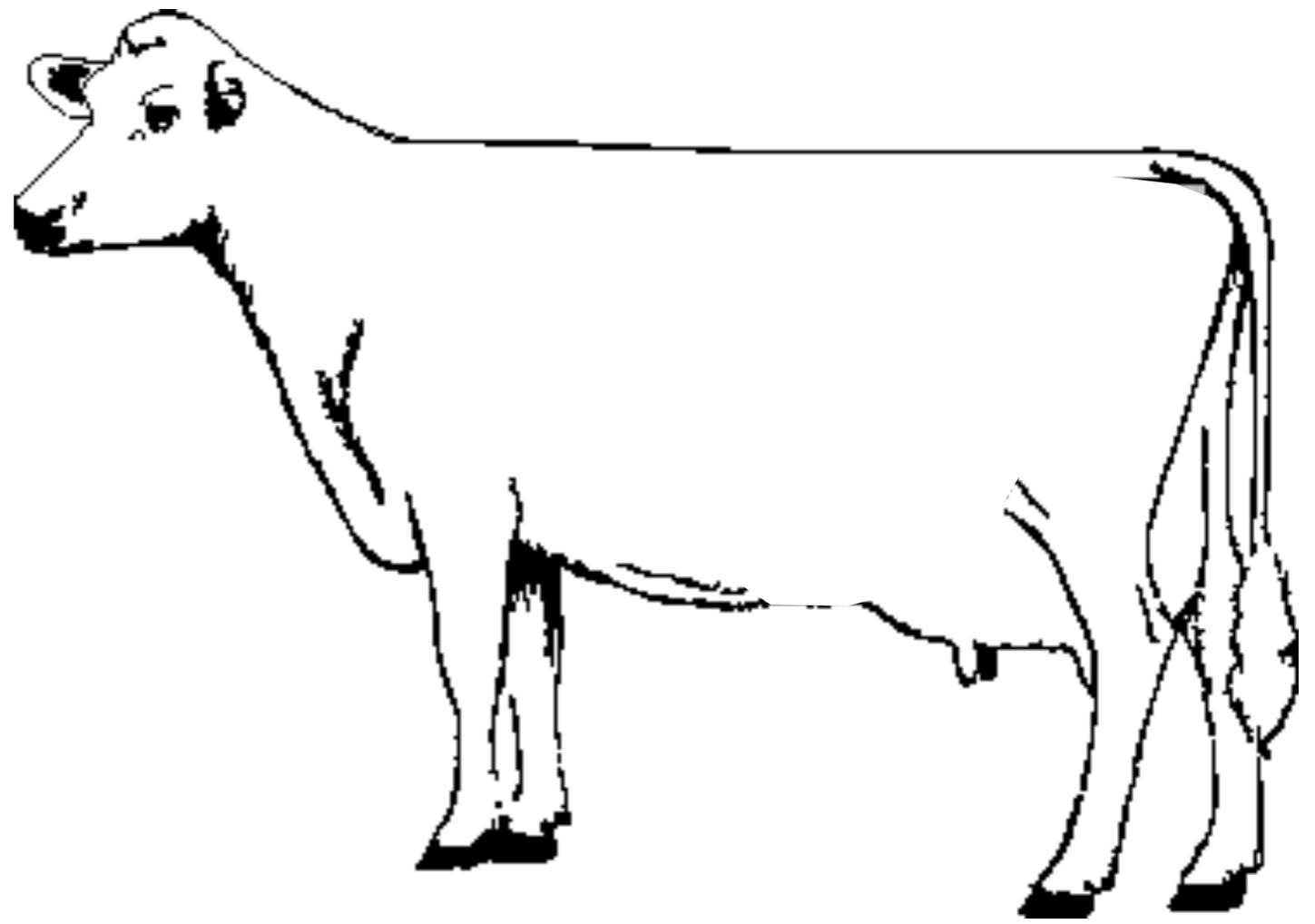


### Statut chez les fœtus de mères polluées

- Autant de DMC hypométhylées qu'hyperméthylées
- Moins de 20% des DMC sont distribués dans un îlot CpG ou alentours  $\pm$  4kb
- Distribution équivalente des DMC hypo- et hyperméthylées dans les îlots CpG localisés dans les régions géniques et régulatrices

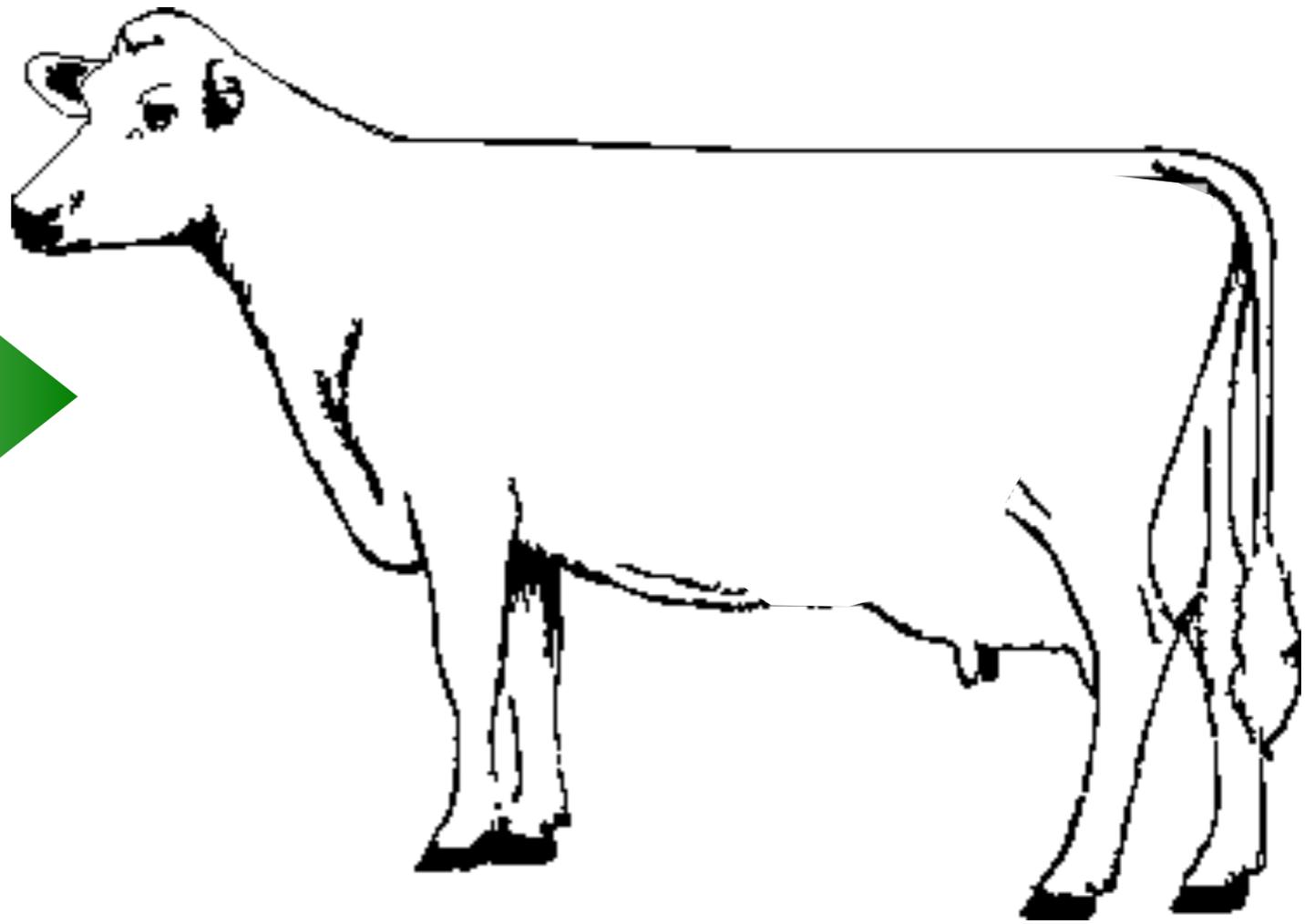
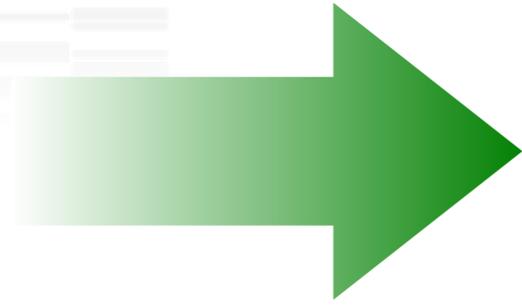


## ■ Seulement 358 DMCs communs, suggérant l'implication de voies et de fonctions différentes en fonction du sexe



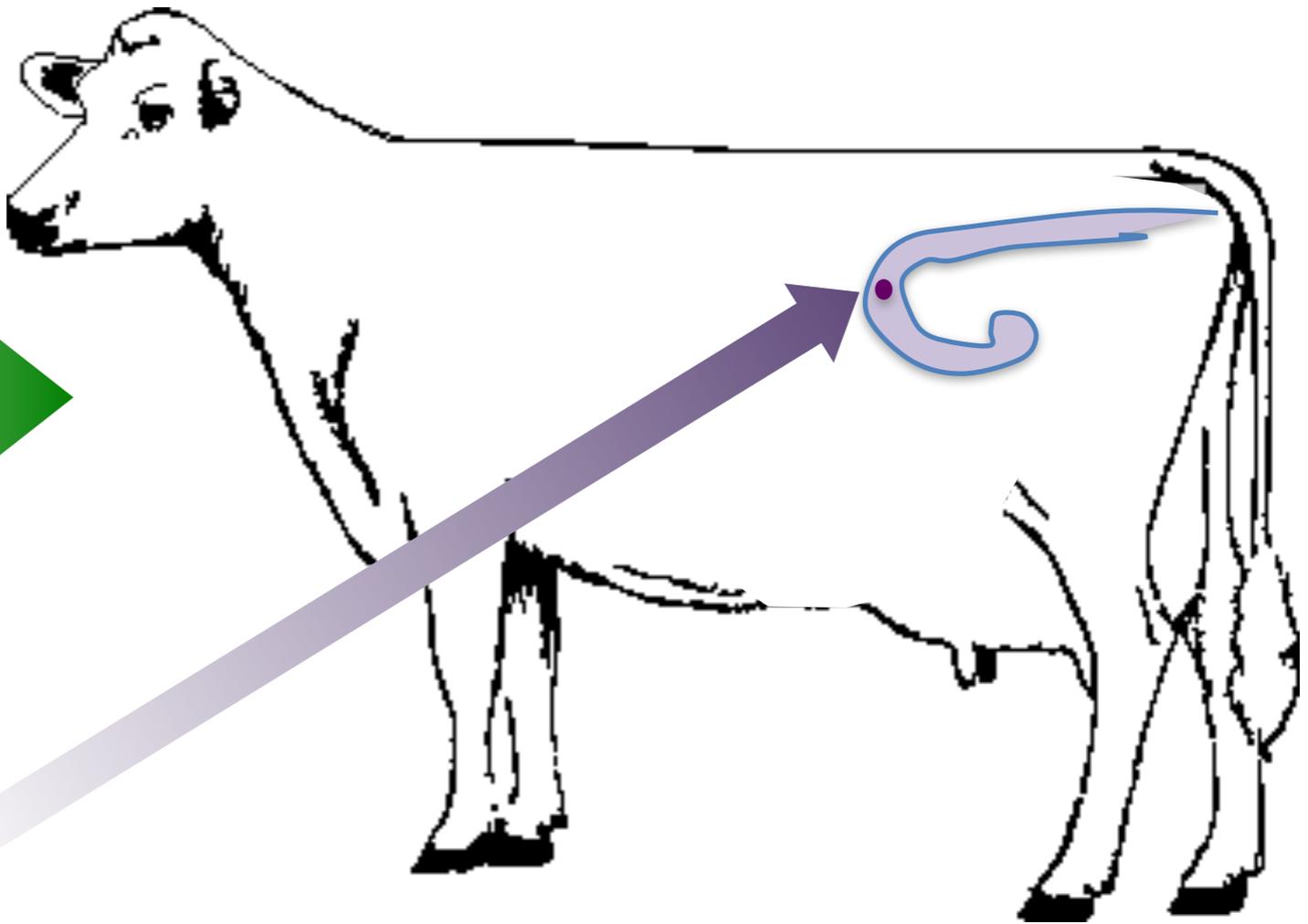
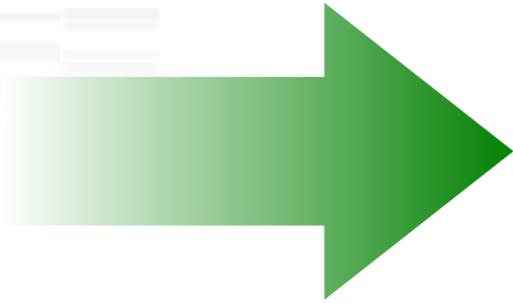
1

L'environnement  
affecte la mère (F0)



1

L'environnement affecte la mère (F0)

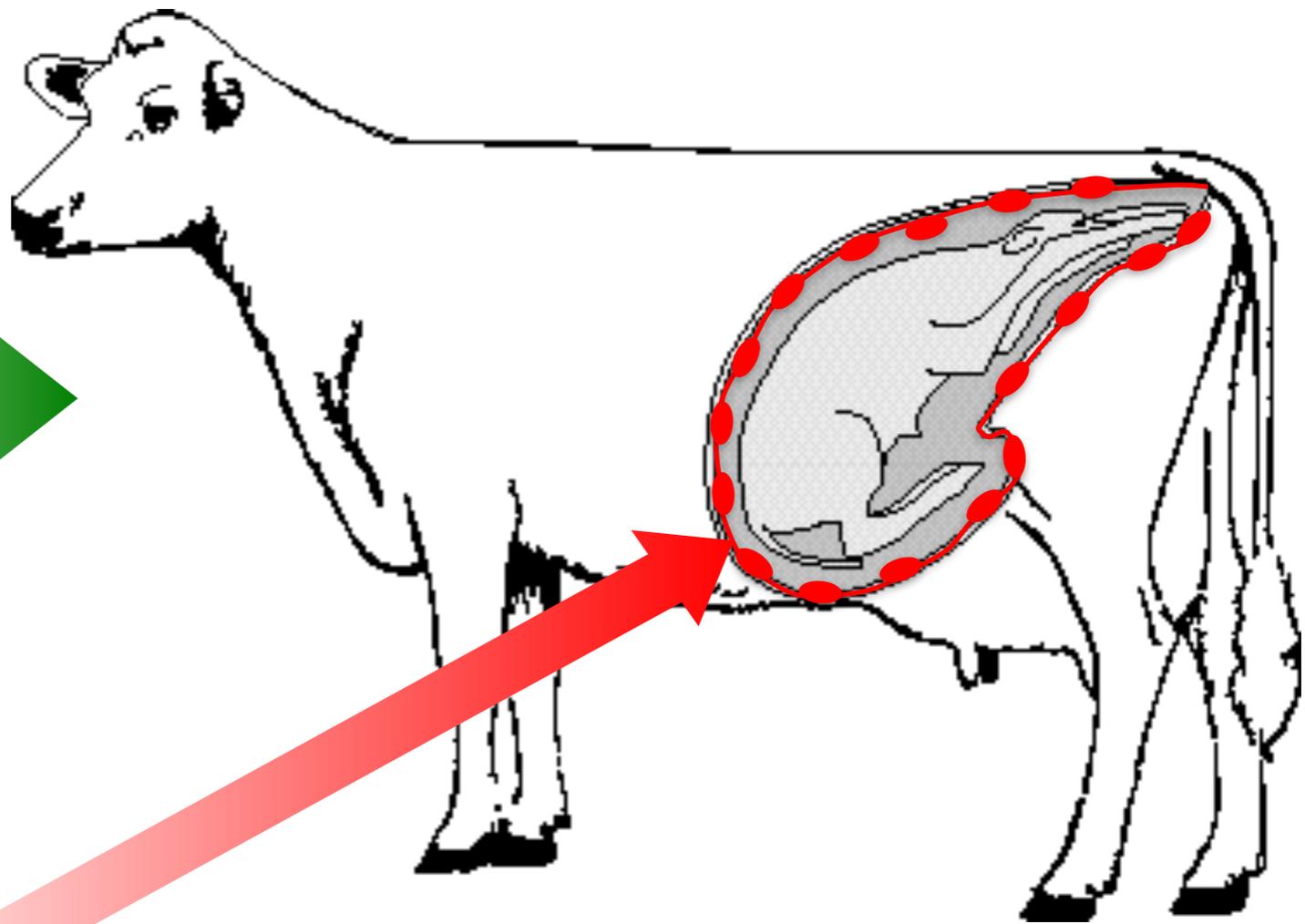
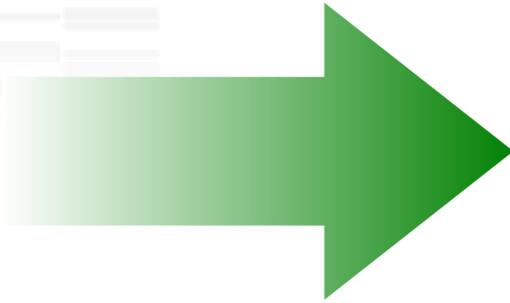


2

Durant le développement embryonnaire, les marques épigénétiques sont affectées

1

L'environnement affecte la mère (F0)



2

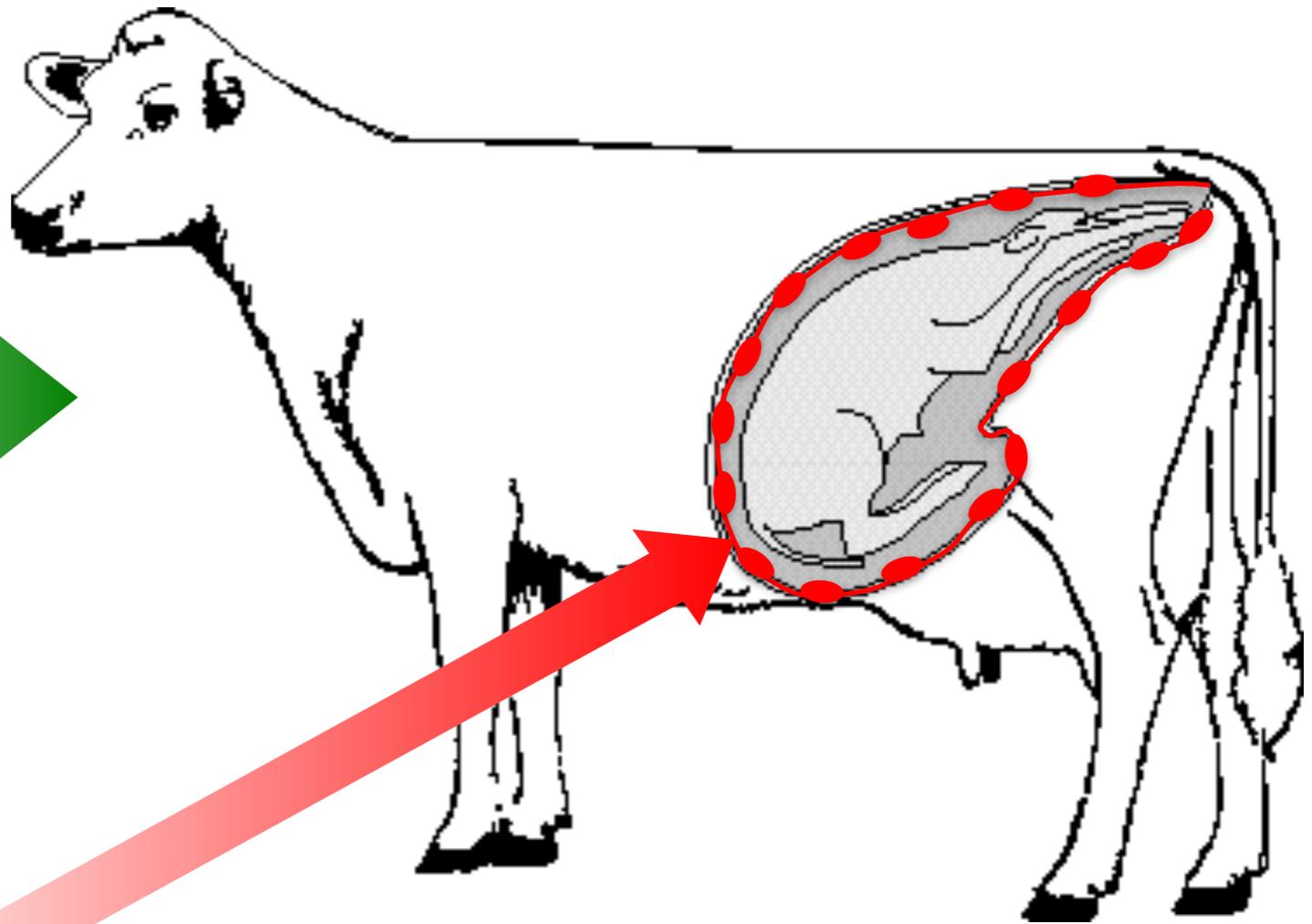
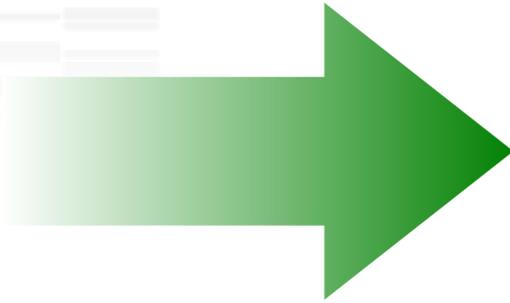
Durant le développement embryonnaire, les marques épigénétiques sont affectées

3

Le placenta régule le développement du foetus et de ses organes en fonction du sexe, par le biais de mécanismes épigénétiques

1

L'environnement affecte la mère (F0)

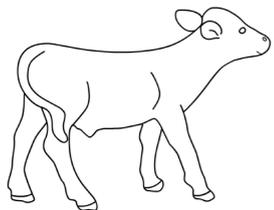
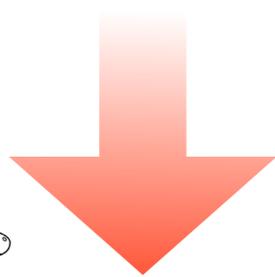


2

Durant le développement embryonnaire, les marques épigénétiques sont affectées

3

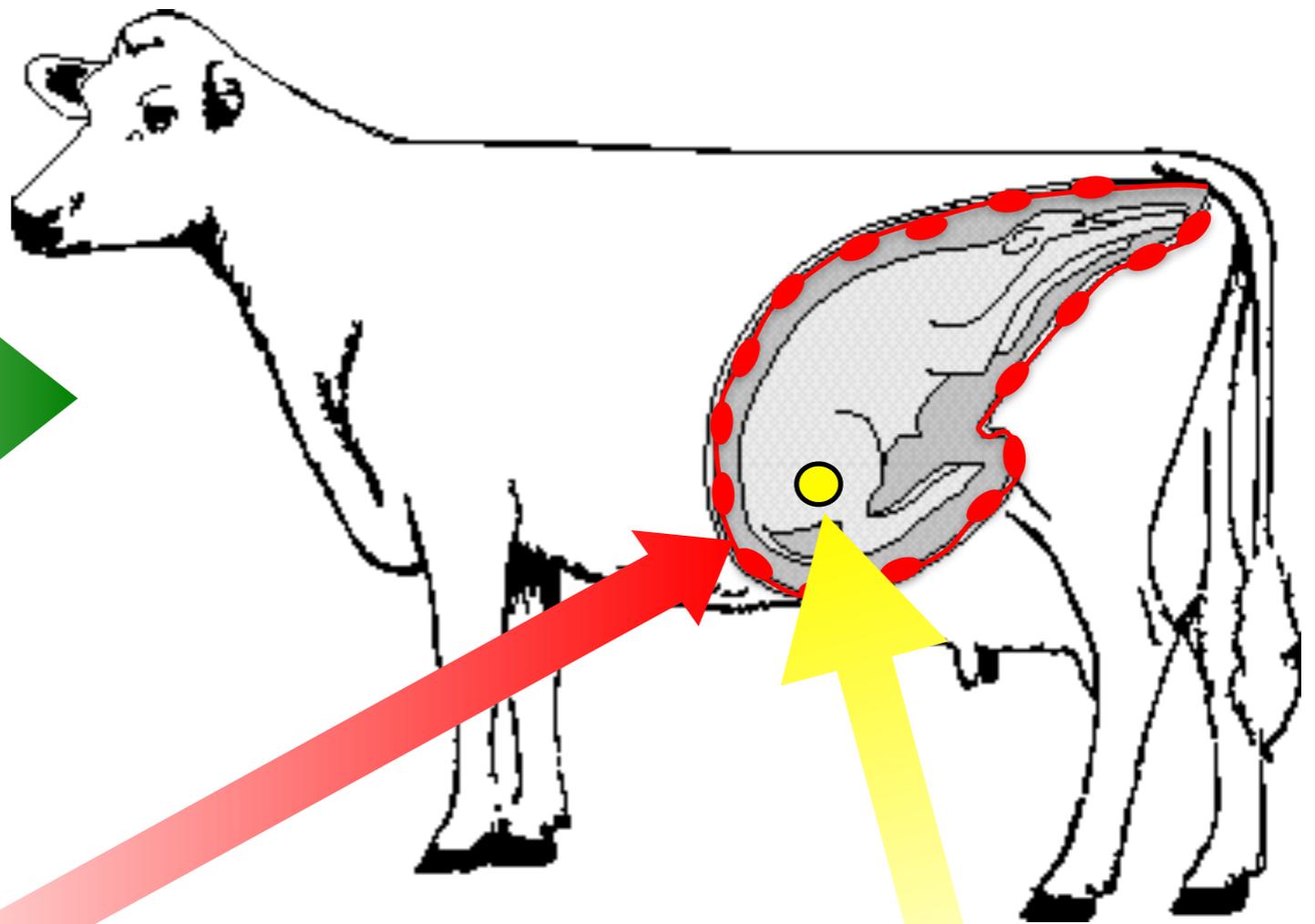
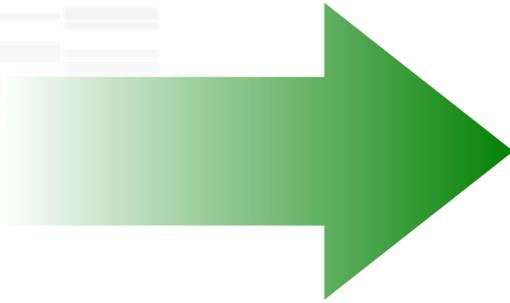
Le placenta régule le développement du foetus et de ses organes en fonction du sexe, par le biais de mécanismes épigénétiques



**Phénotype postnatal**

1

L'environnement affecte la mère (F0)

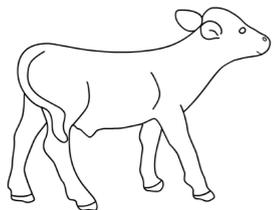
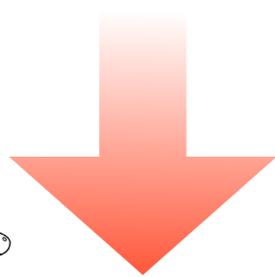


2

Durant le développement embryonnaire, les marques épigénétiques sont affectées

3

Le placenta régule le développement du foetus et de ses organes en fonction du sexe, par le biais de mécanismes épigénétiques



**Phénotype postnatal**

4

Le développement des gonades et des gamètes peut être affecté, induisant potentiellement des effets sur la fertilité et ou la génération suivante (F2)

# Nutrition de la génisse en bovin viande



## Effet sur la fertilité des filles

Réduction du nombre de follicules ovariens chez les filles

**Restriction  
à 60% des  
besoins  
durant le  
1er  
trimestre**

Weeks of age	Control (n=13)	Nutrient Restricted (n=10)
7	23.8 ± 2.1	14.1 ± 0.9**
18	26.0 ± 2.8	16.2 ± 1.1**
35	23.9 ± 2.2	16.6 ± 1.2**
56	21.9 ± 2.0	17.5 ± 1.9
86	23.6 ± 1.9	15.8 ± 1.8*

\*P<0.05 and \*\*P<0.01 compared to the control animals at the same age

**phénomène associé à une réduction de la fertilité**

# Nutrition de la génisse en bovin viande => période péri- ou post-conceptionnelle

## Effets sur les paramètres de fertilité des descendants mâles

### Age à la puberté

Table 4. Age of puberty in male progeny following exposure to maternal diets low (L) or high (H) in protein during the PERI- (-60 to 23 dpc) and POST-conception (24 to 98 dpc) periods

Data are mean  $\pm$  s.e.m. Values with different superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ )

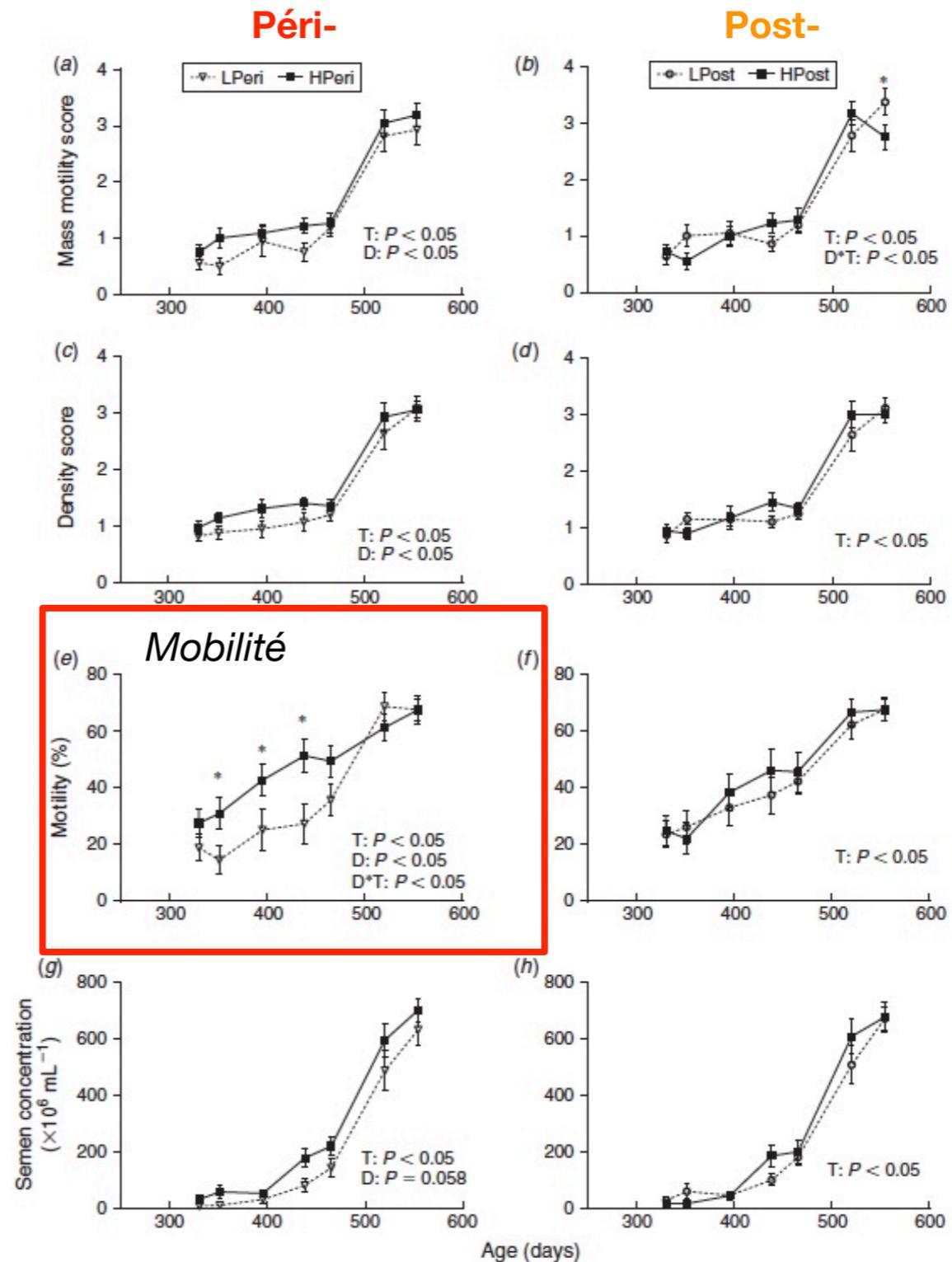
Parameter	LPeri	HPeri	LPost	HPost	Peri	P value	
	(LL + LH)	(HH + HL)	(LL + HL)	(HH + LH)		Post	Peri*Post
<i>n</i>	16	24	22	18			
Age (days) <sup>A</sup>	436.4 $\pm$ 10.8 <sup>a</sup>	403.3 $\pm$ 11.3 <sup>b</sup>	414.9 $\pm$ 10.9	419.2 $\pm$ 13.1	0.049	0.808	0.503

<sup>A</sup>Age at which sperm motility  $\geq 10\%$  and semen concentration  $\geq 50 \times 10^6$  spermatozoa mL<sup>-1</sup>.

# Nutrition de la génisse en bovin viande => période péri- ou post-conceptionnelle

Effets sur les paramètres  
de fertilité  
des descendants mâles

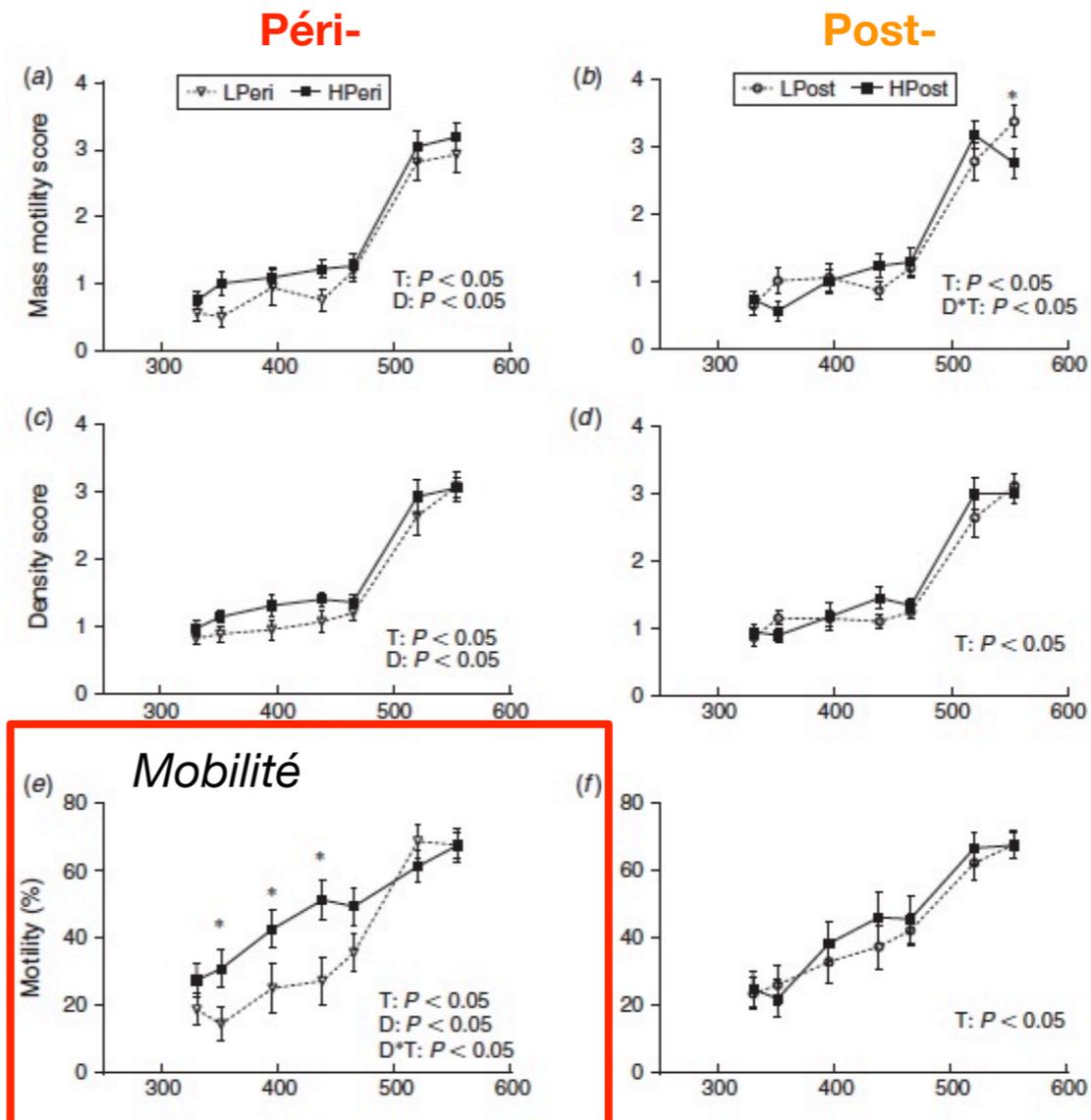
## Paramètres spermatisques



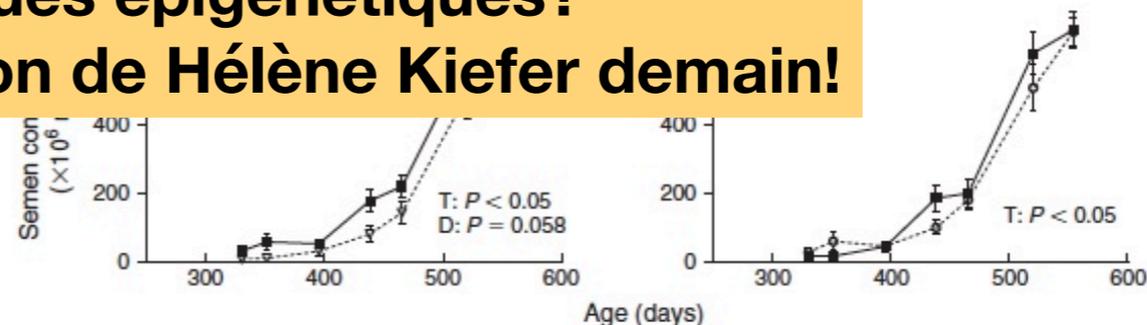
# Nutrition de la génisse en bovin viande => période péri- ou post-conceptionnelle

Effets sur les paramètres  
de fertilité  
des descendants mâles

## Paramètres spermatisques

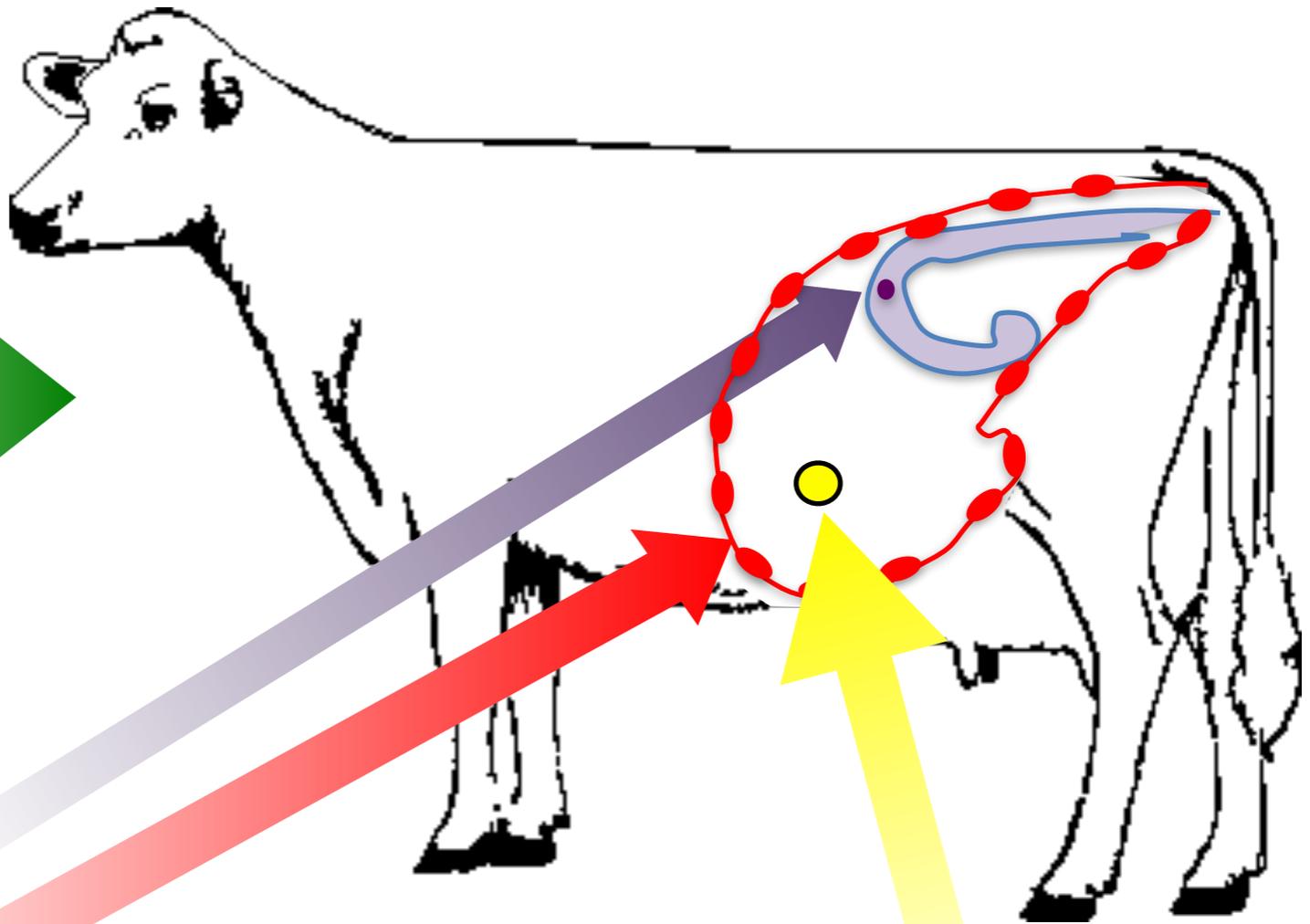
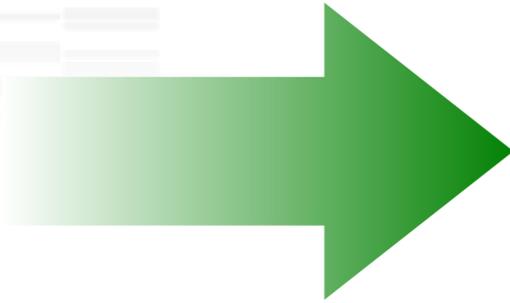


**Marques épigénétiques?  
=> présentation de Hélène Kiefer demain!**



1

L'environnement affecte la mère (F0)

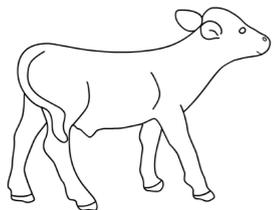
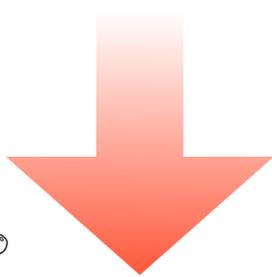


2

Durant le développement embryonnaire, les marques épigénétiques sont affectées

3

Le placenta régule le développement du foetus et de ses organes en fonction du sexe, par le biais de mécanismes épigénétiques



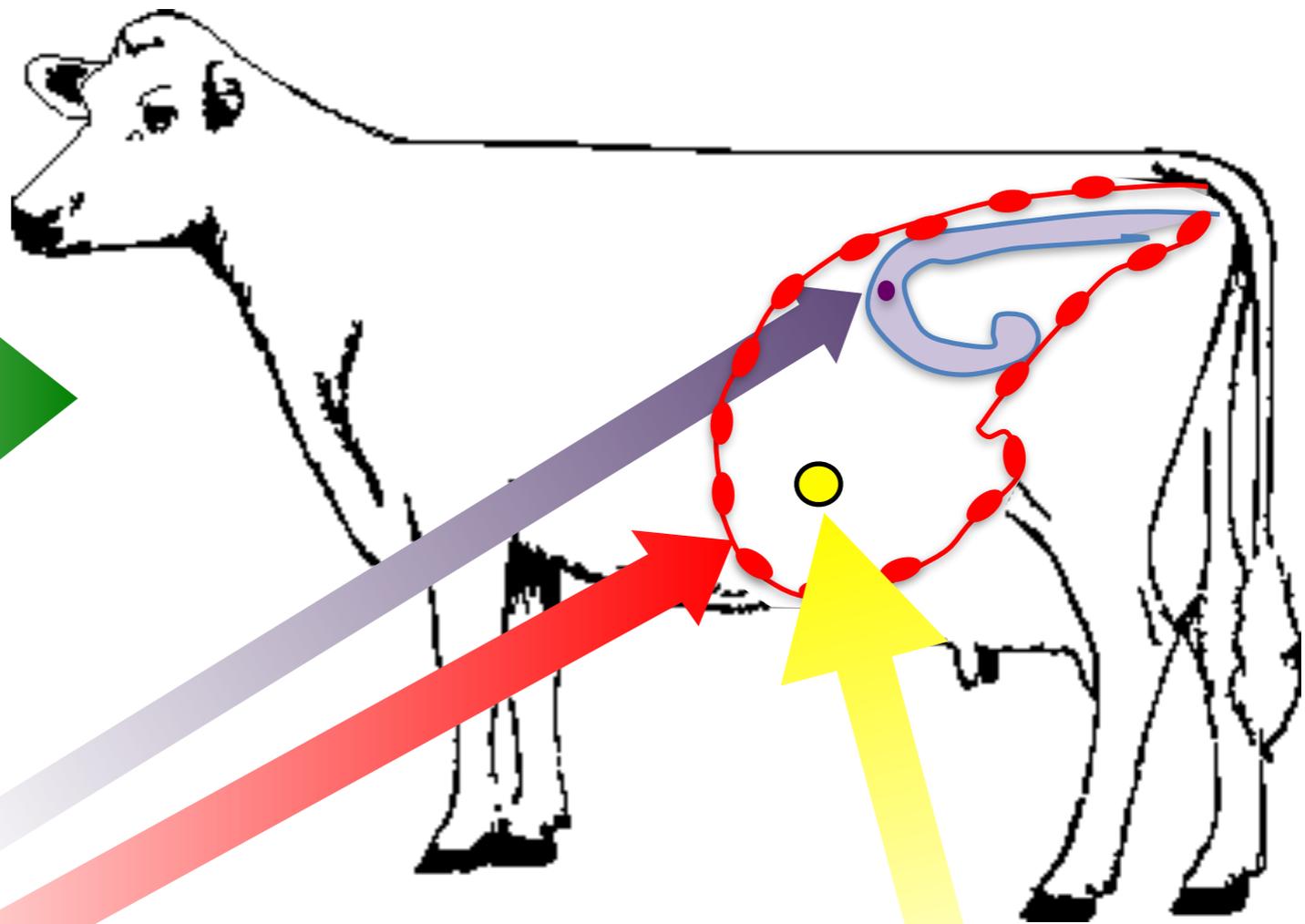
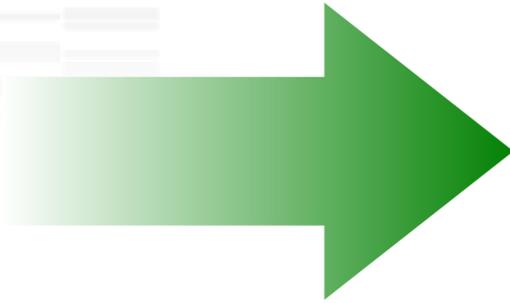
**Phénotype postnatal**

4

Le développement des gonades et des gamètes peut être affecté, induisant potentiellement des effets sur la fertilité et ou la génération suivante (F2)

1

L'environnement affecte la mère (F0)



2

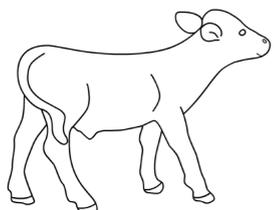
Durant le développement embryonnaire, les marques épigénétiques sont affectées

3

Le placenta régule le développement du foetus et de ses organes en fonction du sexe, par le biais de mécanismes épigénétiques

4

Le développement des gonades et des gamètes peut être affecté, induisant potentiellement des effets sur la fertilité et ou la génération suivante (F2)



**Phénotype postnatal**

5

*Les modifications épigénétiques dans les gamètes pourraient induire des effets transgénérationnels (>F2)*

# Les origines du phénotype

$$P = G + E + G \times E$$

Phenotype

Genetics

Environment

Interaction



# Les origines du phénotype

$$P = G + E + G \times E + E_p$$

Phenotype

Genetics

Environment

Interaction

Epigenetics

# Les origines du phénotype

$$P = G + E + G \times E + Ep + M$$

Phenotype

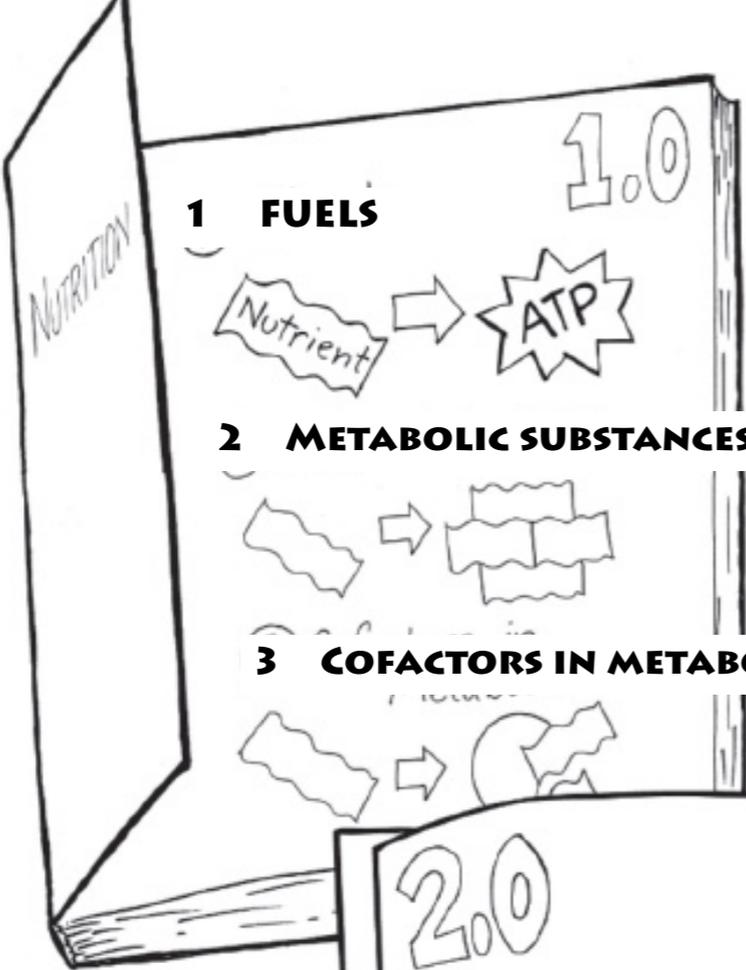
Genetics

Environment

Interaction

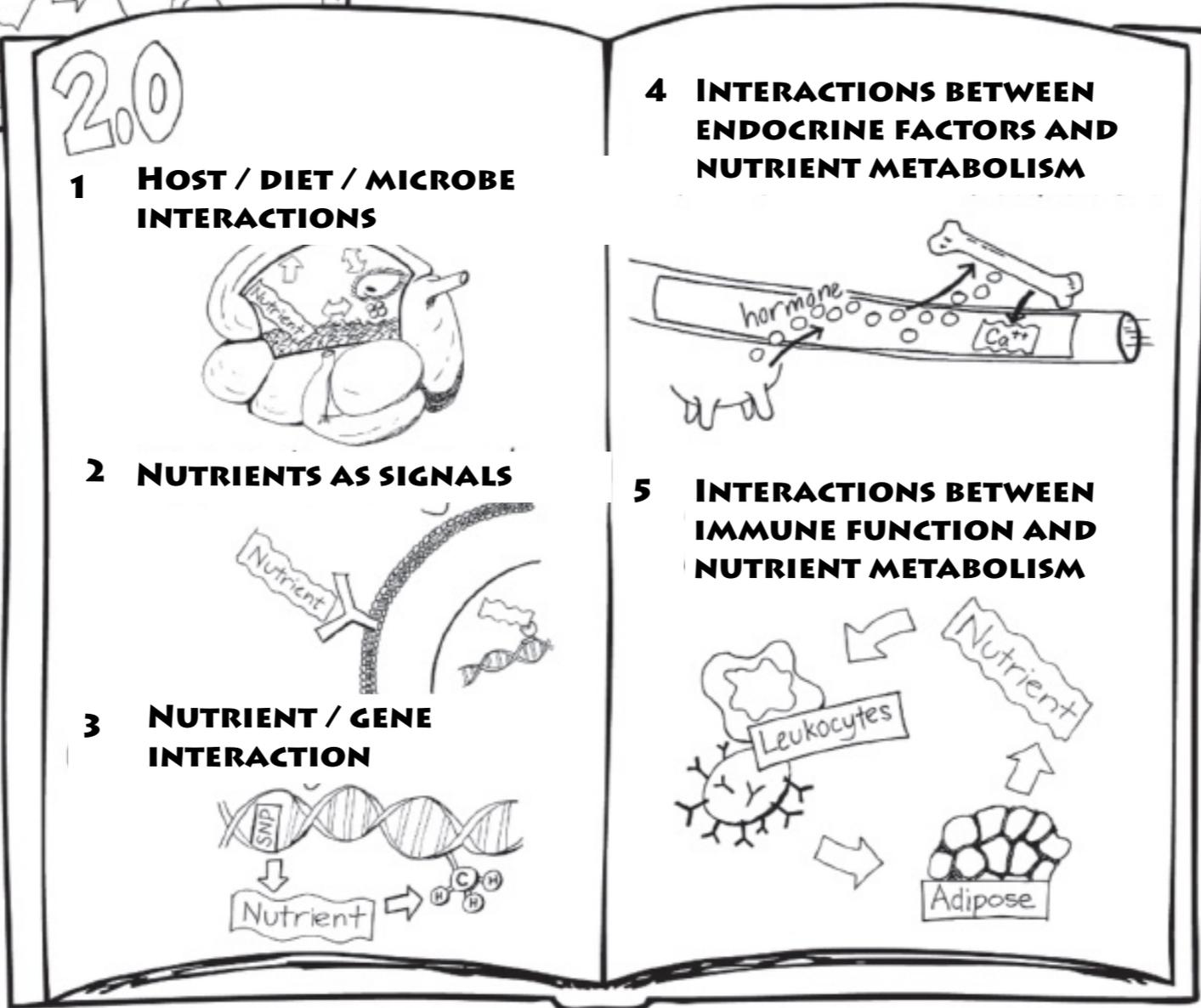
Epigenetics

Metagenomics



Comprendre la complexité...

Nous sommes juste au début!

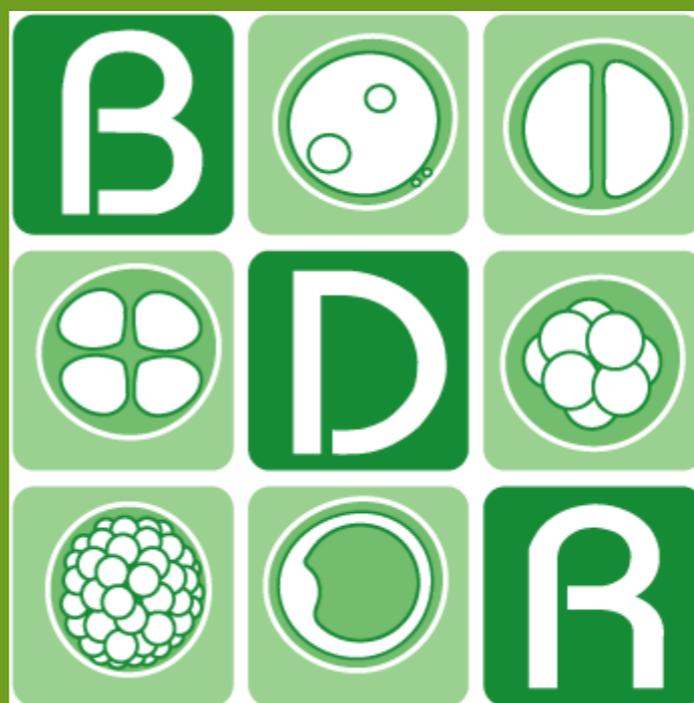




# Merci!

Anne Couturier-Tarrade  
Delphine Ralliard-Rousseau  
Christophe Richard  
Eve Mourier  
Michèle Dahirel  
Marie-Christine Aubrière  
Sarah Valentino  
Morgane Robles  
Pauline Peugnet

Hélène Jammes  
Hélène Kiefer  
Hala Al-Adhami  
Aurélie Chaulot-Talmon



UMR 1198  
Biologie du  
Développement et  
Reproduction

RIVM - Pays-Bas  
Flemming Cassee  
John Boere

IFCE  
Laurence Wimel  
Cédric Dubois

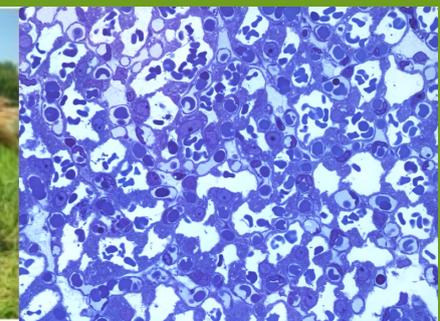
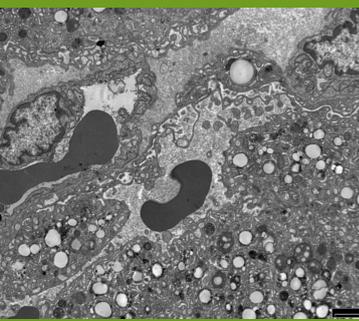
Université de Liège  
Didier Serteyn  
Jean-Philippe Lejeune  
Luis Mendoza

INSERM  
Rémy Slama



**Financements : ANR EPAPP, ERC e-DOHAD, IFCE, Fonds Eperon**

**www.sf-dohad.fr**



[pascale.chavatte-palmer@inra.fr](mailto:pascale.chavatte-palmer@inra.fr)