



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
**Agroscope**



**Empa**

Materials Science and Technology

**ETH** zürich

# **AgroPOP – Transfert intergénérationnel de polluants de sources diffuses chez les bovins**

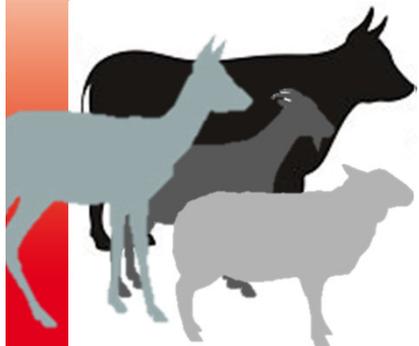
**Charlotte Driesen, Markus Zennegg, Sylvain Lerch**

Réunion GT 4 RMT Al'Chimie  
10 Novembre 2021

Agroscope



## Les Polluants Organiques Persistants (POPs) dans les systèmes d'élevage herbagers bas intrants



---

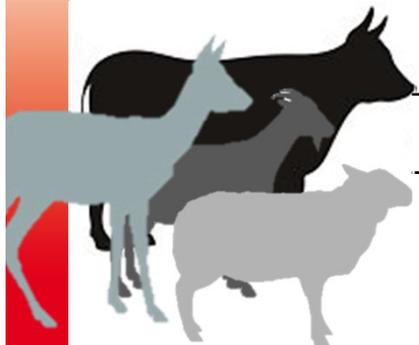
### Avantages

---

- Durabilité
  - Autonomie / Réduction des charges opérationnelles (aliments achetés, mécanisation)
  - Répond aux attentes sociétales («vert», proche de la nature, respectueux du BEA...)
  - Améliore la qualité nutritionnelle (acides gras, micronutriments) (et sensorielle?) des produits (lait, viande)
  - ...
-



# Les Polluants Organiques Persistants (POPs) dans les systèmes d'élevage herbagers à bas intrants

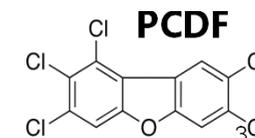
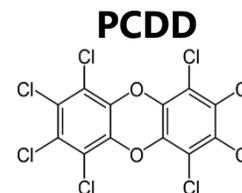
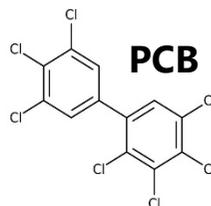


## Avantages

- Durabilité
- Autonomie / Réduction des charges opérationnelles (aliments achetés, mécanisation)
- Répond aux attentes sociétales («vert», proche de la nature, respectueux du BEA...)
- Améliore la qualité nutritionnelle (acides gras, micronutriments) (et sensorielle?) des produits (lait, viande)
- ...

## Risques potentiels

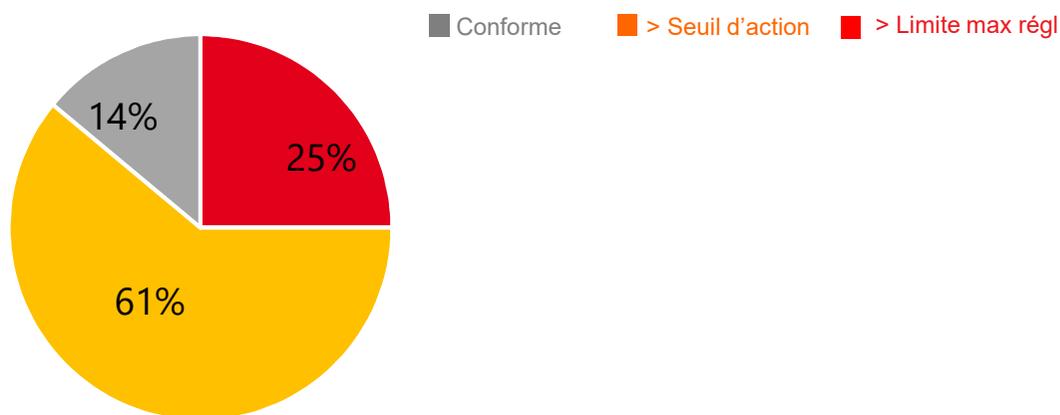
- Sécurité sanitaire chimique des produits animaux:
  - Contact avec l'environnement => augmentation ingestion de sol (réservoir environnemental des POPs) → Exposition diffuse accrue
  - Plus faible productivité laitière → Moindre excrétion et dilution
  - Croissance plus lente



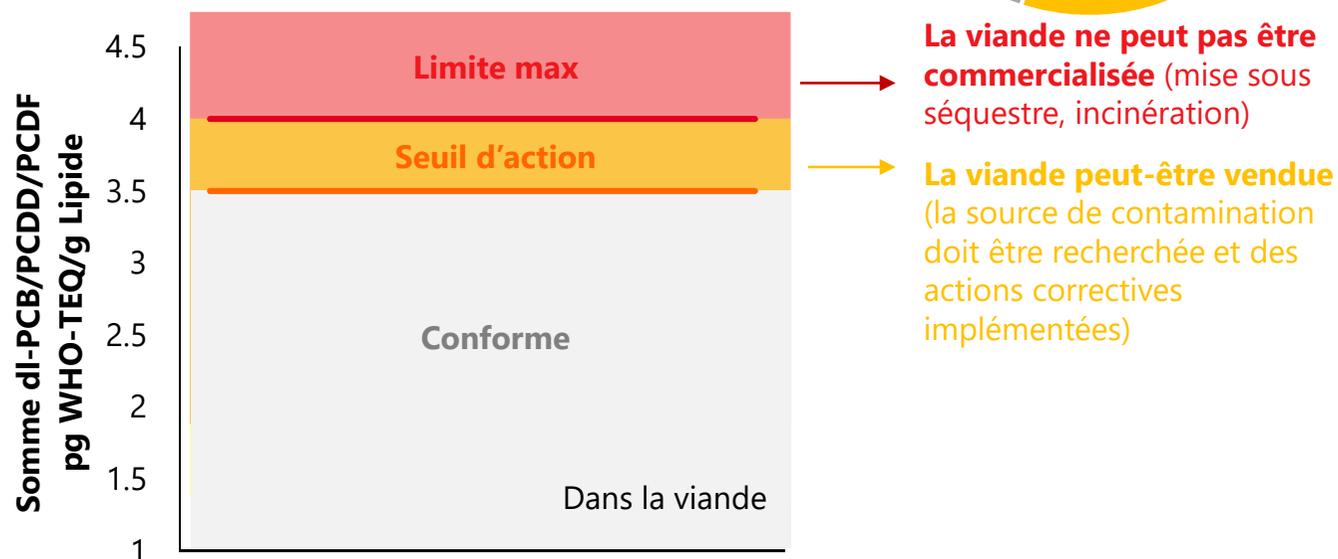
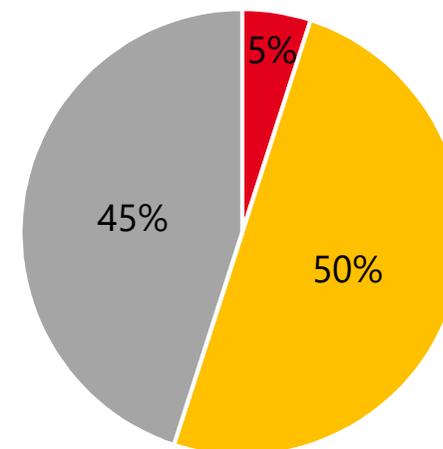


# Une préoccupation étayée par des plans de surveillance récents

Allemagne (2015) - Viande de veau sous la mère de systèmes allaitants



Suisse (2012) – Viande de vache allaitante et veau sous la mère



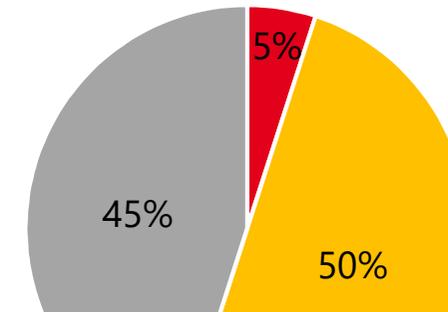


# Une préoccupation étayée par des plans de surveillance récents

Allemagne (2015) - Viande de veau sous la mère de systèmes allaitants



Suisse (2012) – Viande de vache allaitante et veau sous la mère



## Besoin de stratégies et d'outils afin:

1. D'analyser les risques de contamination en élevage
2. D'implémenter des mesures afin de les contrôler et les éliminer

**Comprendre et décrire quantitativement le transfert des POPs au sein du système vache - veau**

Somme dl-PCB/  
pg WHO-TEQ



actions correctives implémentées)



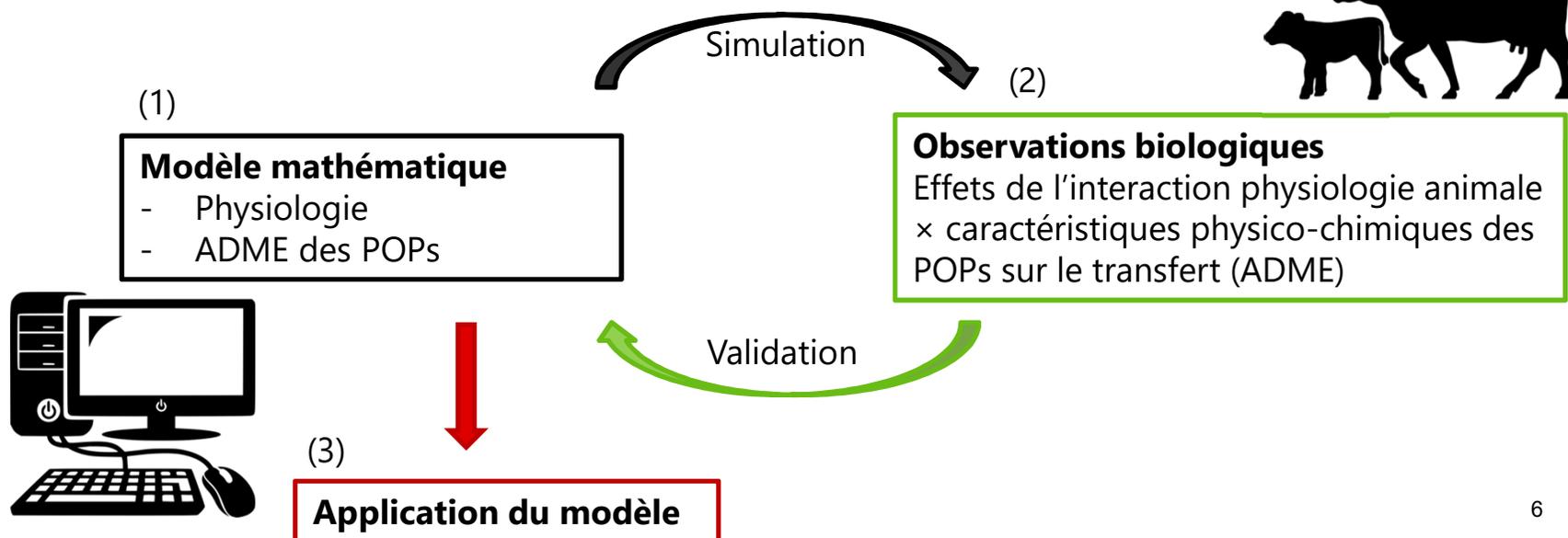
## Le projet AgroPOP: objectifs et démarche

### Objectifs:

- Concevoir des modèles toxicocinétique à base physiologique du transfert des POPs chez l'animal (*in silico*, 1)
- Acquérir de nouvelles données toxicocinétiques pour la gestion des risques en élevage allaitant (*in vivo*, 2)

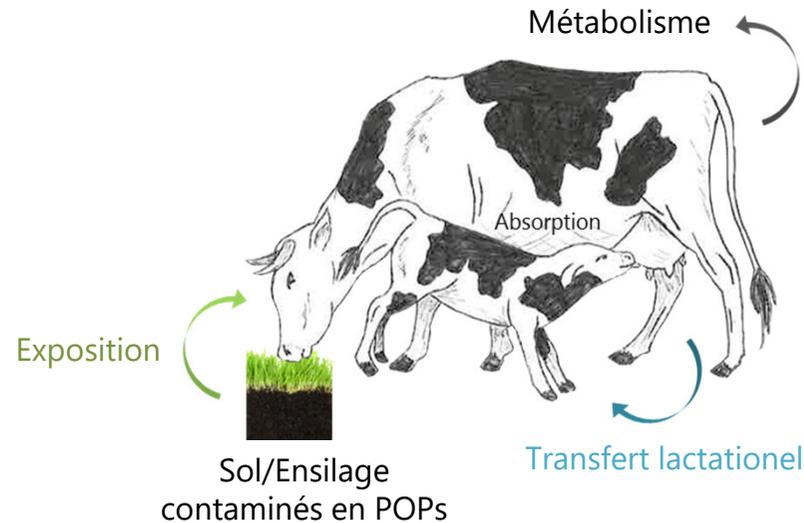
### Finalités:

- Prévention des cas de contamination: méthodes pour l'identification précoce et la réduction des risques actuels et émergents
- Gestion des épisodes de contamination: : stratégies curatives (estimation des durées nécessaires et/ou ration permettant d'accélérer la décontamination) et accompagnement des éleveurs





## (2) Expérimentation animale



### **Objectifs:**

- Mimer un cas d'exposition d'un élevage allaitant à une source de POPs diffuse (ingestion sol)
- Quantifier le transfert intergénérationnel et la bioaccumulation au sein du continuum vache-veau
- Appréhender les différences interindividuelles de cinétiques et de bilans massiques des POPs sous l'angle de la physiologie (primi-/multipares  $\neq$  dynamiques d'ingestion, réserves corporelles et production laitière)

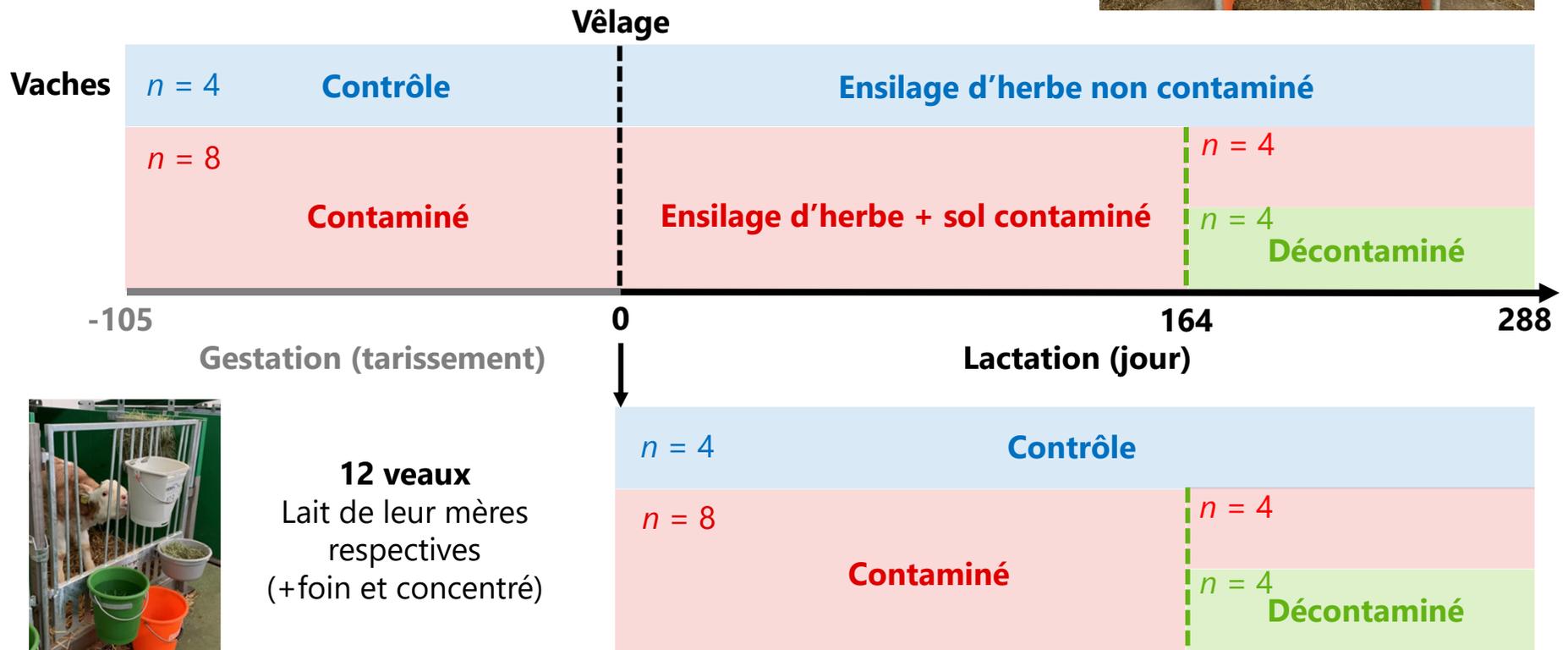


## (2) Expérimentation animale

12 vaches Simmental (6 Primi-/6 Multipares)

Ration à base d'ensilage d'herbe (sans concentré)

Sol (horizon superficiel) issu d'un site contaminé Suisse



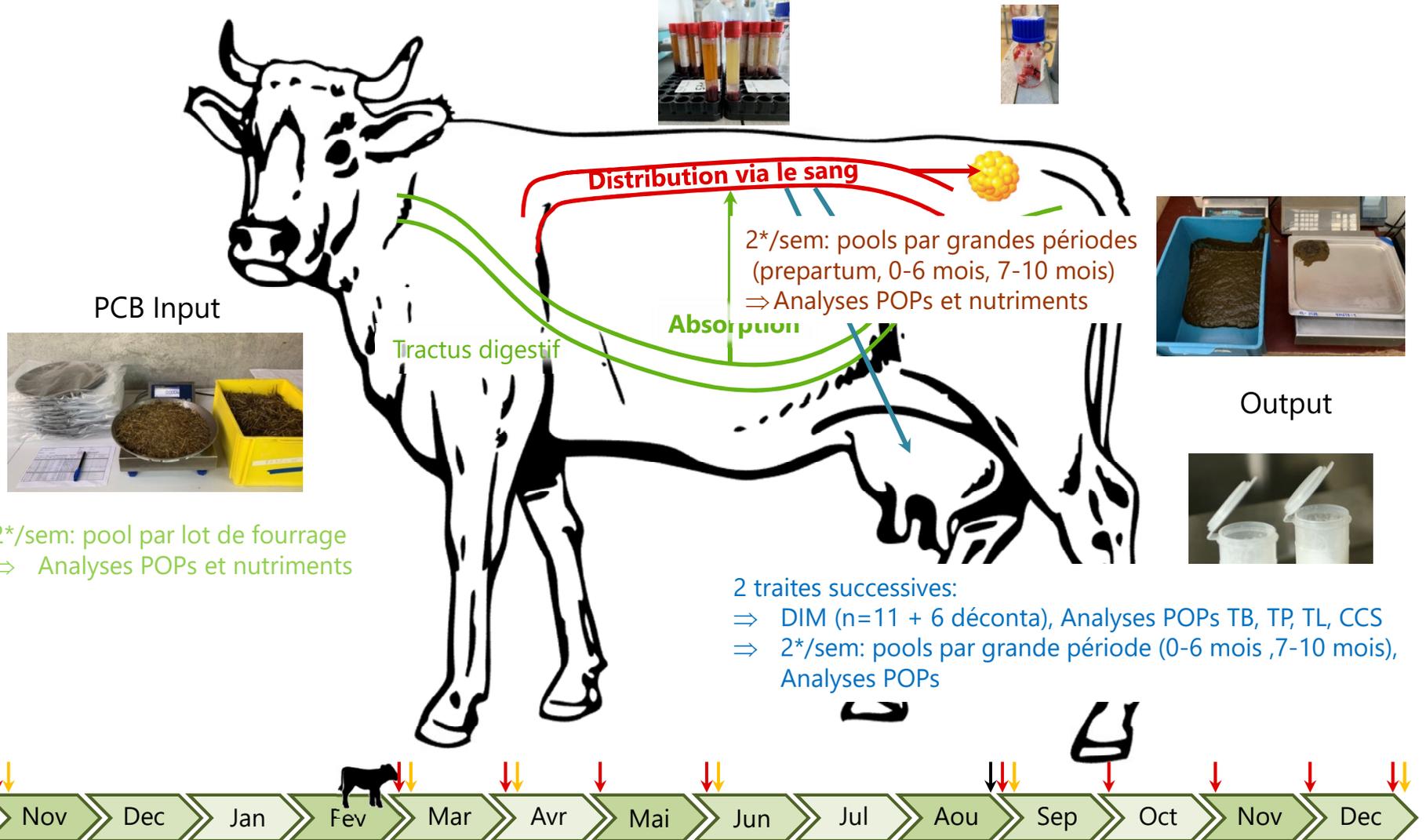




## (2) Caractérisation de l'ADME

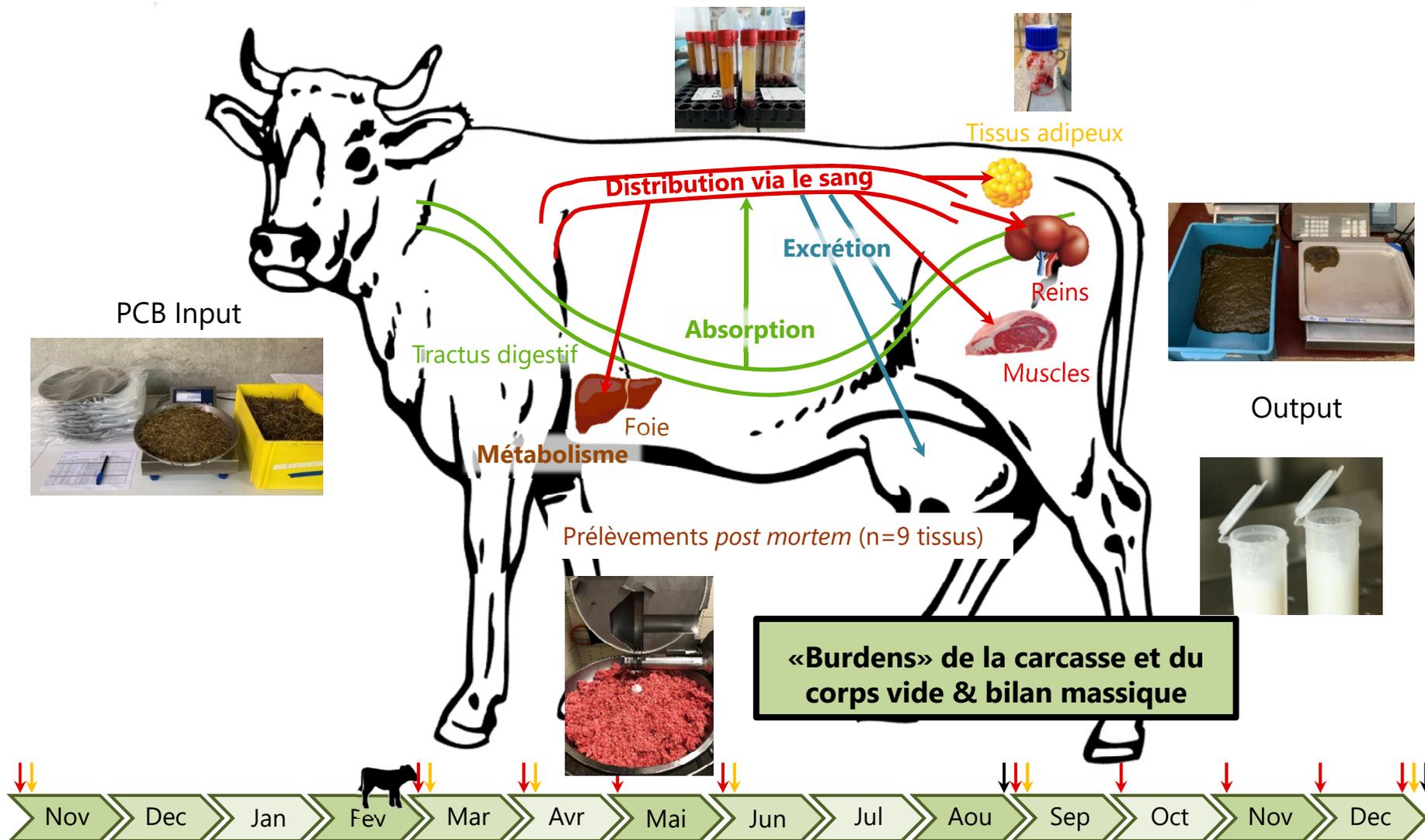
Sang ( $n=5 + 3$  déonta)  
⇒ Analyses POPs et classes de lipides

Tissus adipeux ( $n=3$  veau – 6 vache)  
⇒ Analyses POPs et diamètre adipocytaire





## (2) Caractérisation de l'ADME





## (2) Expérimentation animale

### Récapitulatif des mesures et analyses

#### Au cours de l'étude

- **Toxicocinétiques des concentrations en dl-PCBs, ndl-PCBs et PCDD/Fs dans le sang, le tissu adipeux et le lait**
- **Quantités de POPs excrétées via le lait et les fèces**  
Échantillons poolés + cendres insolubles dans l'HCl comme marqueur indigestible pour quantifier le flux fécal

#### A l'abattage

- **Concentrations en POPs dans les tissus adipeux sous-cutané périrénal et intermusculaire, 2 muscles (LT et RA), foie et reins**
- **Concentrations et quantités (bilan massique) dans une 1/2 carcasse et le reste du corps vide**  
Broyage + Homogénéisation

#### **+ caractérisation détaillée des dynamiques lipidiques et du statut physiologique**

Indicateurs d'état d'engraissement (PV, NEC, diamètre adipocytaire, épaisseur du tissu adipeux sous cutanés au niveau de la coupe (RT-US)), métabolites sanguins (classes de lipides) + mesures directes de la masse de lipides dans le corps vide à l'abattage, quantifications de l'excrétion de lipides dans le lait et les fèces



# Caractéristiques physiologiques des vaches

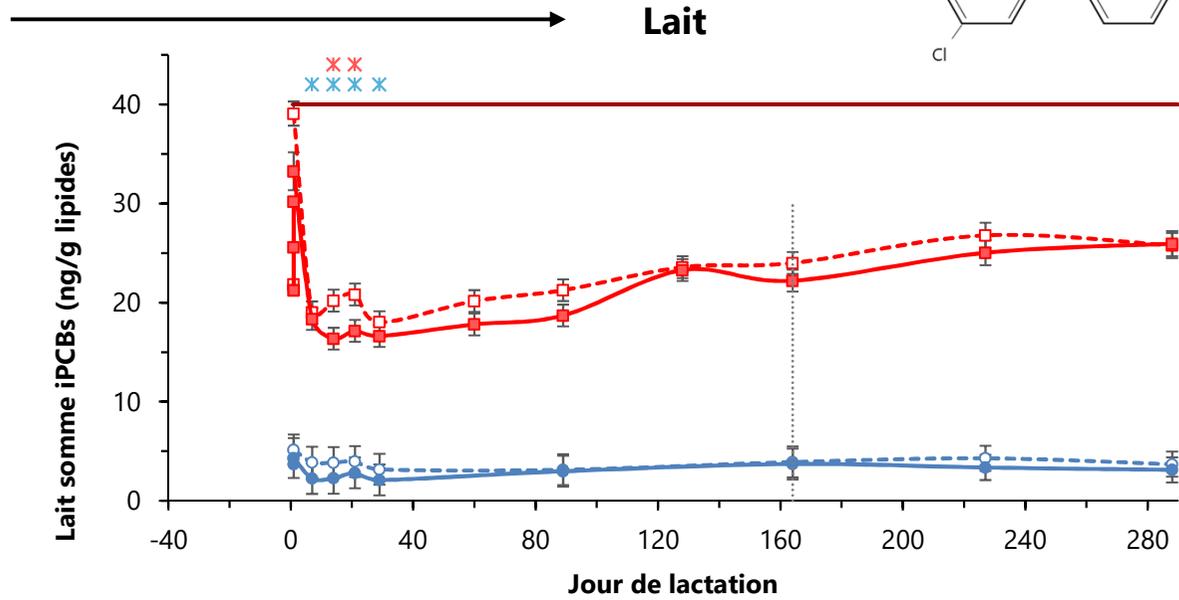
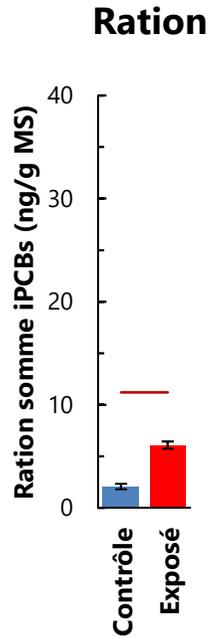
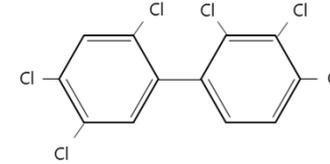
Sepchat *et al.* INRA Prod. Anim., 2017, 30(2), 139-152

	AgroPOP (moyenne experimentation)					Production lait (kg/lact.) chez les vaches allaitantes		
	Poids vif (kg)	Note d'état corporel	Matière sèche ingérée (kg/jour)	Production lait (kg/lactation)	Ingestion lait (kg lact)	Salers	Limousine	Charolaise
<b>Primipares</b>	567	3.4	11.0	2997	2221	2008	1482	1732
<b>Multipares</b>	635	3.5	13.5	4243	2992	2298	1661	1932





# Concentration en PCBs indicateurs dans le lait

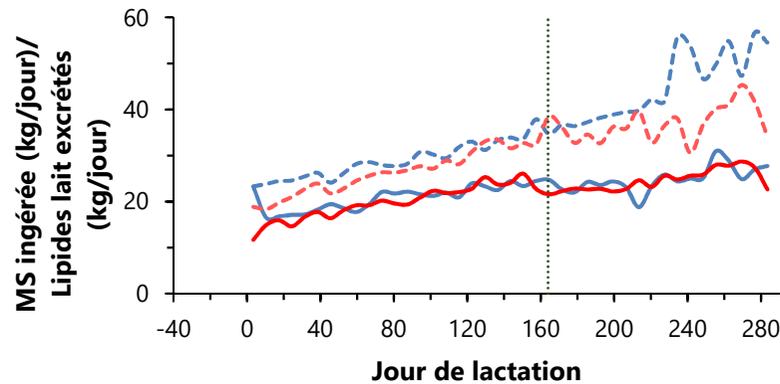


**Valeurs P**

Lot	<0.0001
Parité(Lot)	0.0103
Temps	<0.0001
Lot*Temps	0.0262
Parité(Lot)*Tps	0.0004

✱ L'effet parité au sein du lot est significatif au temps considéré

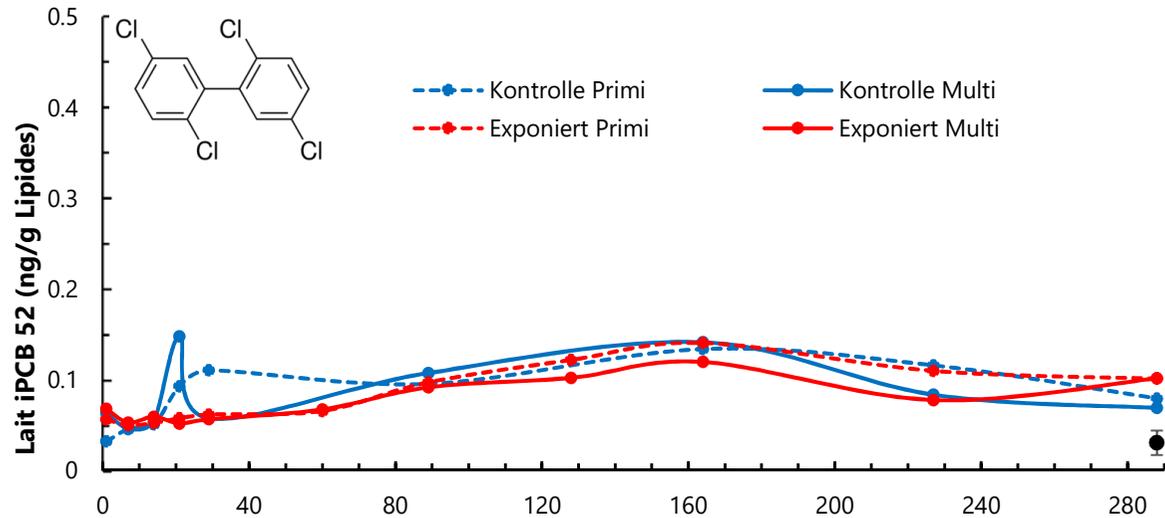
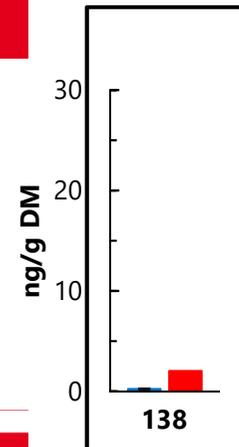
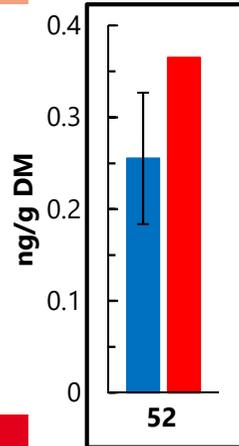
- Contrôle Primi
- Contrôle Multi
- Exposé Primi
- Exposé Multi
- Limite max. régl.





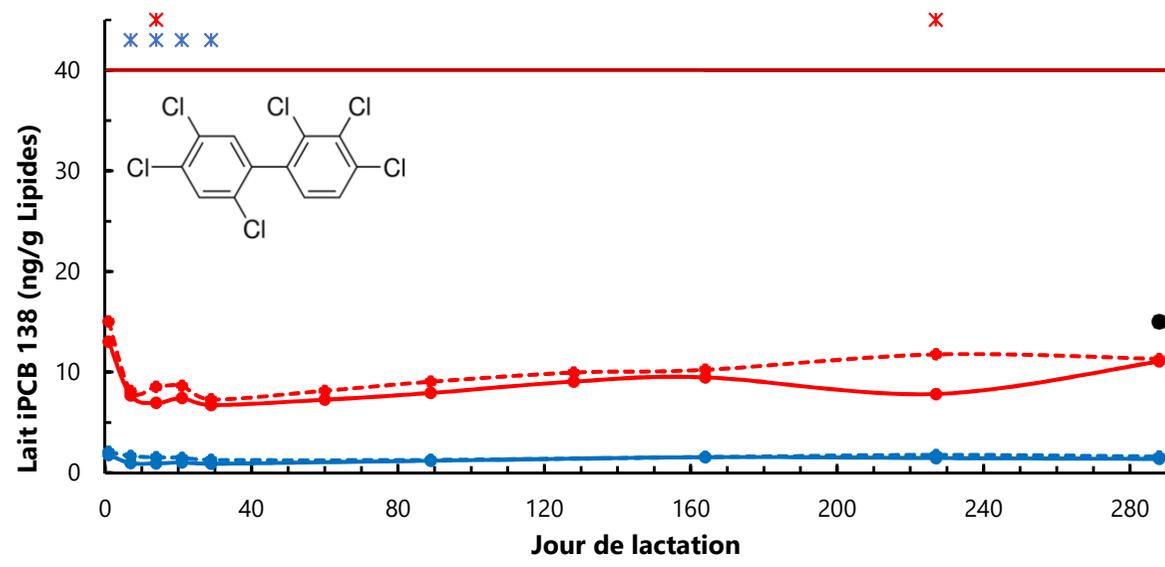
# Concentration en PCBs indicateurs dans le lait

## Ration



**P-Value**

Traitement	NS
Parité(Trt)	NS
Temps	<0.0001
Trt*Temps	0.0058
Parité(Trt)*Tps	NS



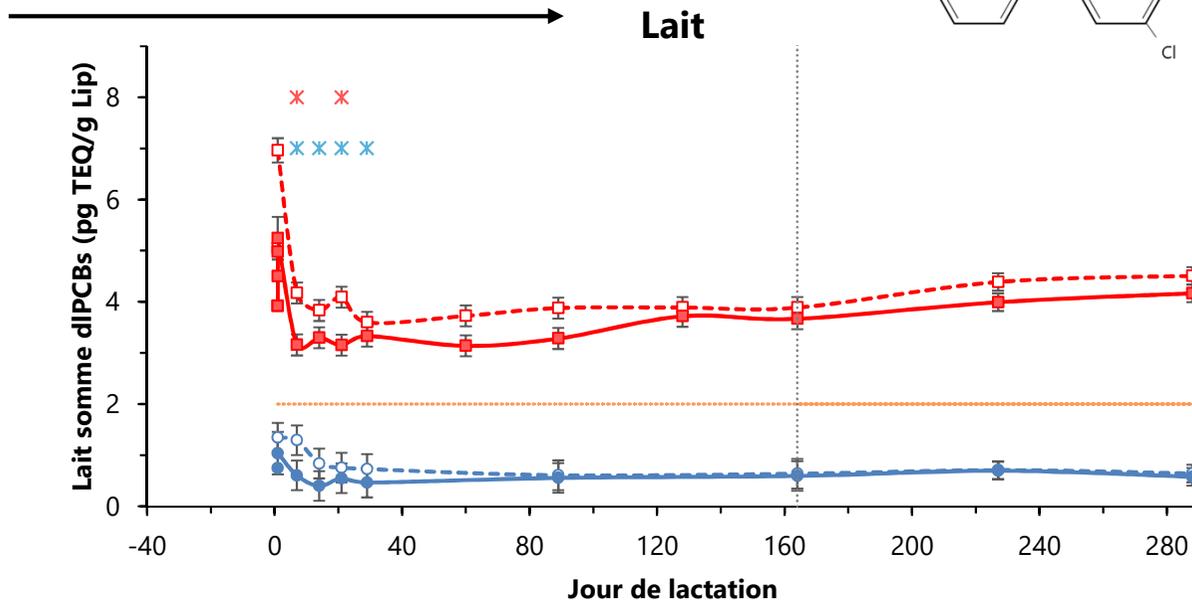
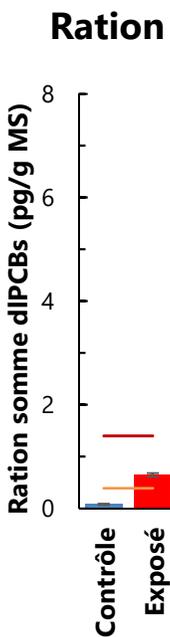
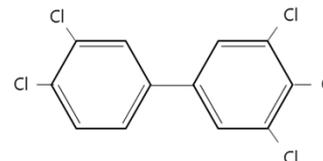
**P-Value**

Traitement	<0.0001
Parité(Trt)	0.0051
Temps	<0.0001
Trt*Temps	NS
Parité(Trt)*Tps	0.0441

\* Effet de la parité au sein du traitement significatif au temps considéré



# Concentration en PCBs «dioxin-like» dans le lait



**Valeurs P**

Lot	<0.0001
Parité(Lot)	0.0002
Temps	<0.0001
Lot*Temps	0.0065
Parité(Lot)*Tps	0.0078

\* L'effet parité au sein du lot est significatif au temps considéré

- Contrôle Primi
- Contrôle Multi
- -□- - Exposé Primi
- -■- - Exposé Multi
- ..... Limite max. régl.

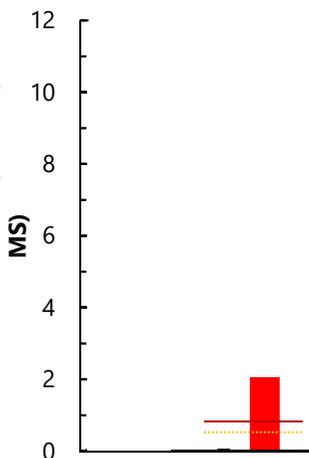


# Concentration en PCDD/Fs dans le lait

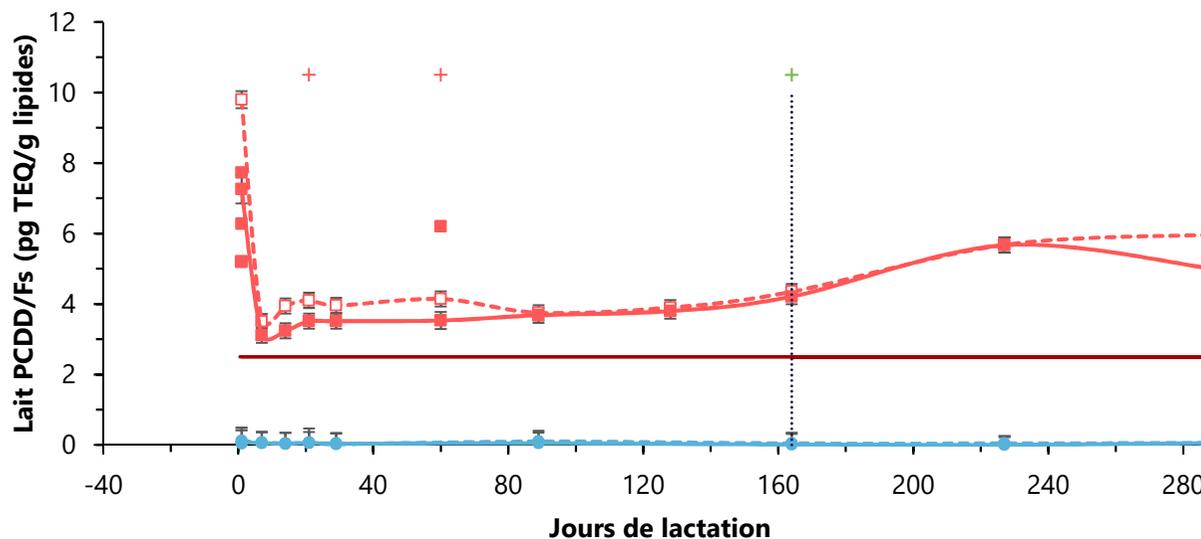
Ration PCDD/Fs (ng TEQ/kg MS)

Agroscope

Ration



Lait



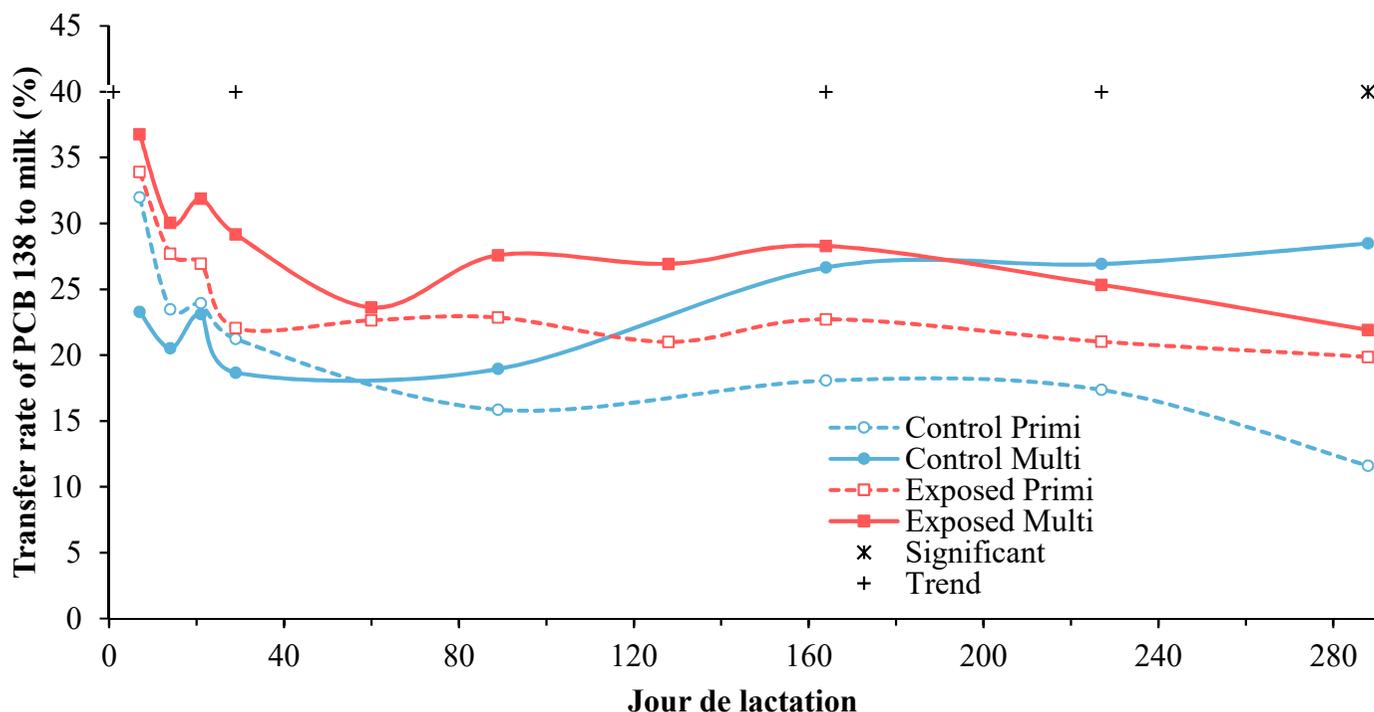
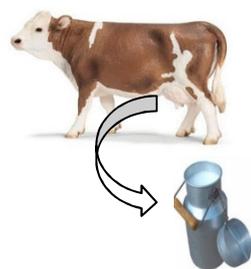
P-Value

Traitement	<0.0001
Parité(Trt)	0.0002
Temps	<0.0001
Trt*Temps	0.0065
Parité(Trt)*Tps	0.0078

\* Parité significative au sein du traitement au temps considéré.



# Taux de transfert vers le lait



## Primi vs Multi

Excrétion lipides lait  $\times 1.7$

Ingestion  $\times 1.3$

$\times$   
[POP]<sub>Lipides lait</sub> / 1.1

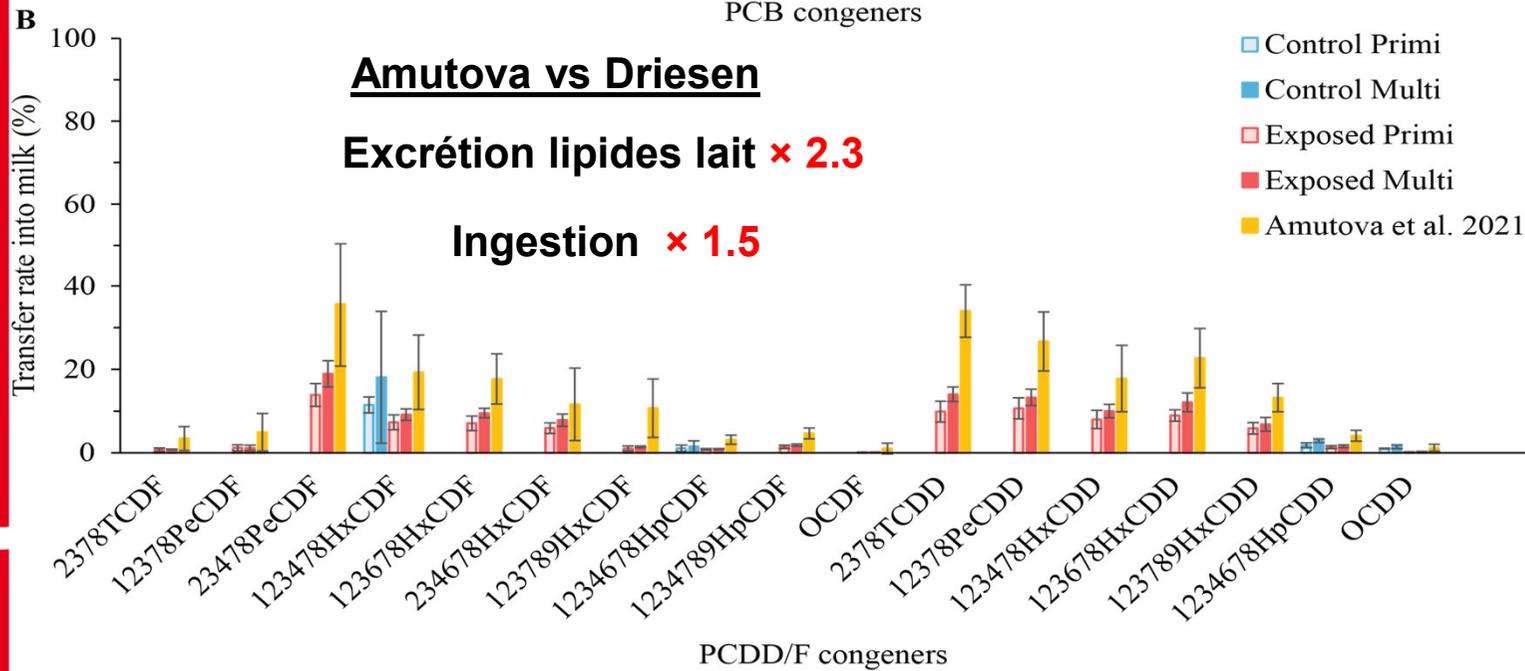
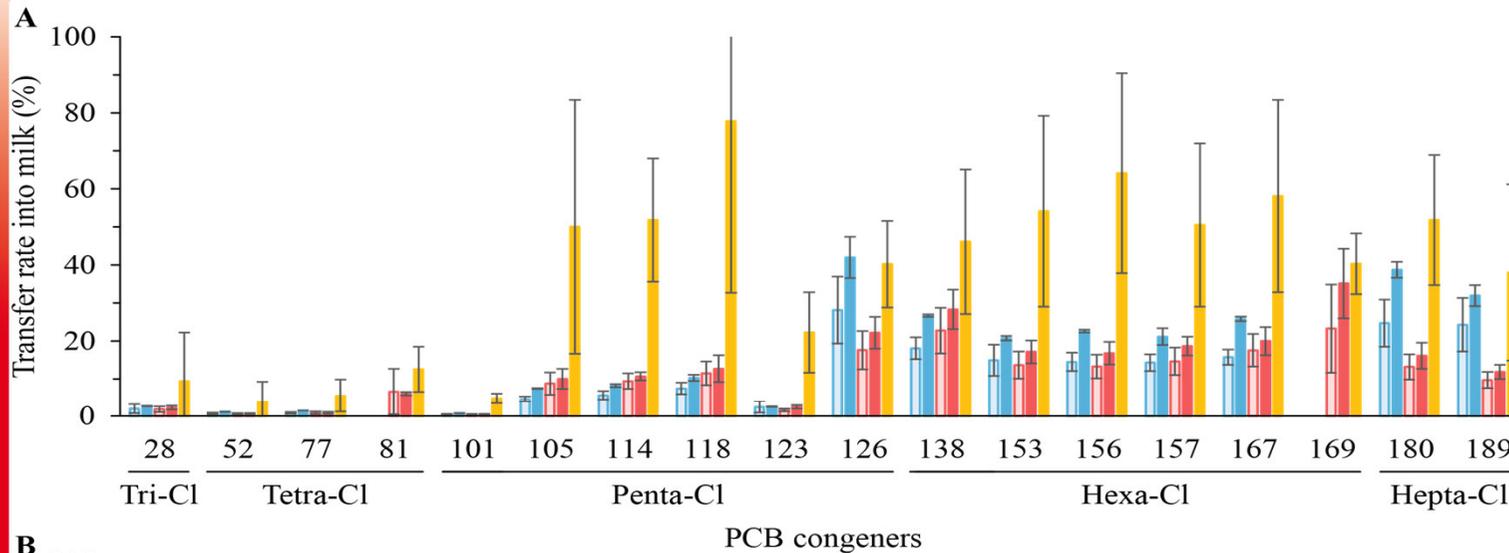
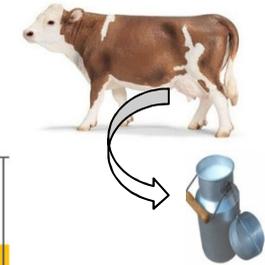


[POP]<sub>Ration</sub> =

$\Rightarrow$  TR  $\times 1.2$



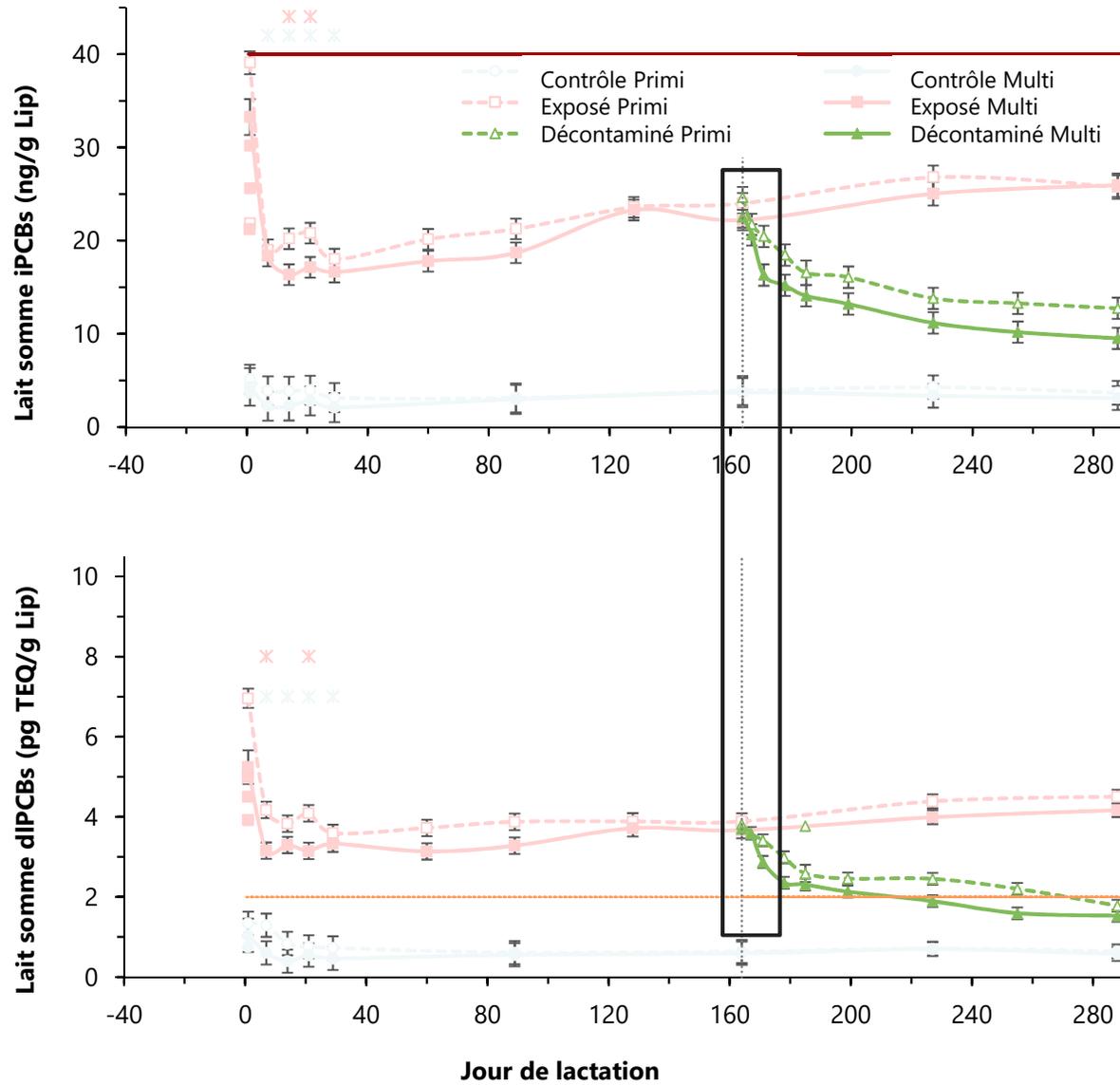
# Taux de transfert vers le lait (Jour de lactation 164)



Agroscope



# Décontamination du lait

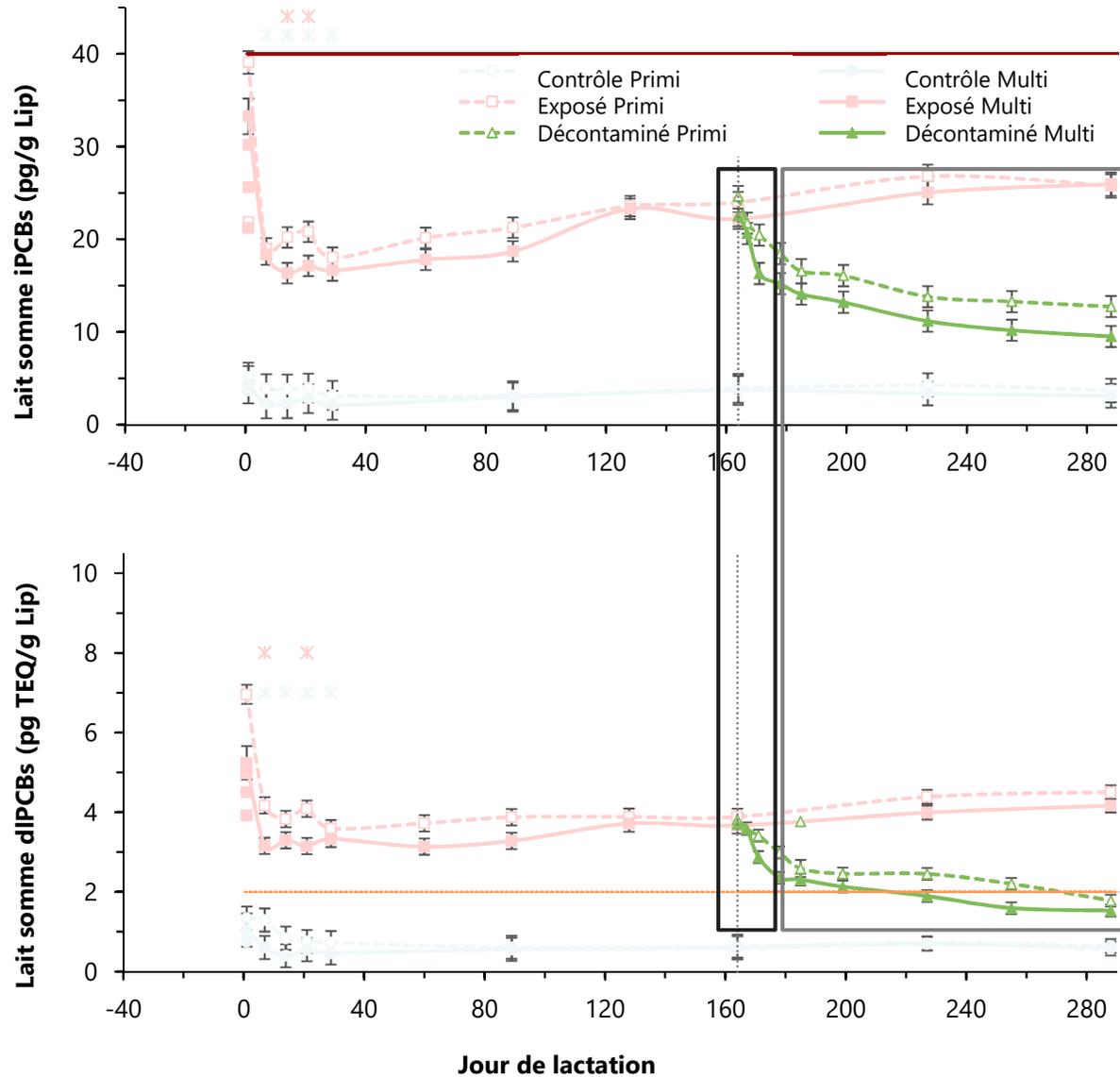


$$C_t = a * e^{-k_1 t} + b * e^{-k_2 t}$$

	t1 1/2 (jour)
iPCB Primi	8
iPCB Multi	5
dIPCB TEQ Primi	8
dIPCB TEQ Multi	6



# Décontamination du lait



$$C_t = a * e^{-k_1 t} + b * e^{-k_2 t}$$

	t1 1/2 (Jour)	t2 1/2 (Jour)
iPCB Primi	8	317
iPCB Multi	5	183
dIPCB TEQ Primi	8	231
dIPCB TEQ Multi	6	202

Littérature (vache laitière)	t1 1/2 (Jour)	t2 1/2 (Jour)
dIPCBs (Huwe et al. 2005)	6	87
PCDD/F (Olling et al. 1991)	5-6	40-50
PCDD/F (Tuinstra et al. 1992)		63-76 (4,5CI)

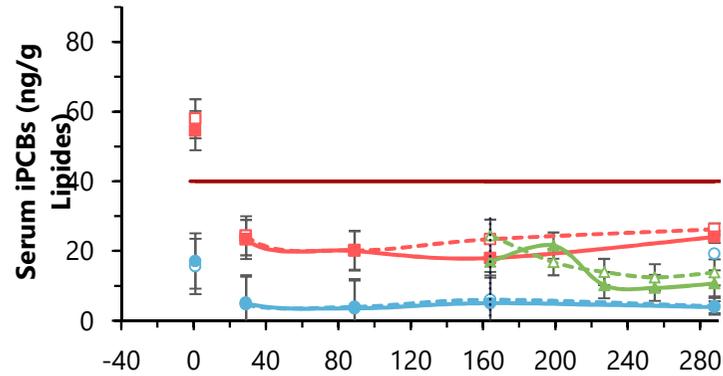


# Concentration dans le sérum sanguin

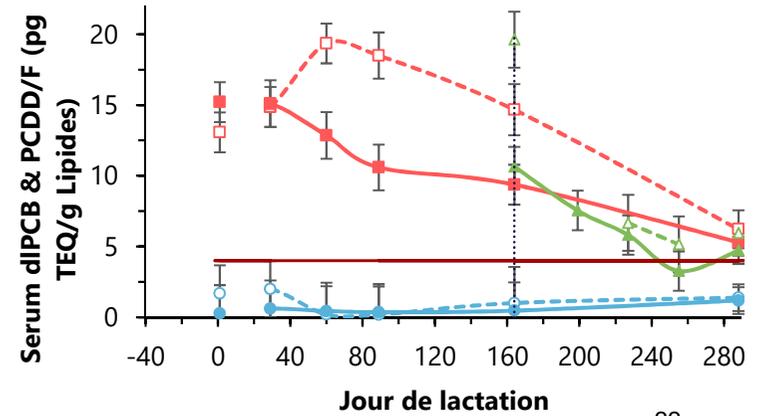
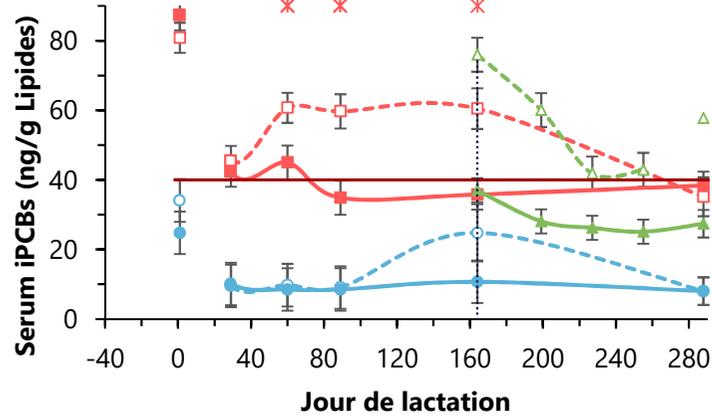
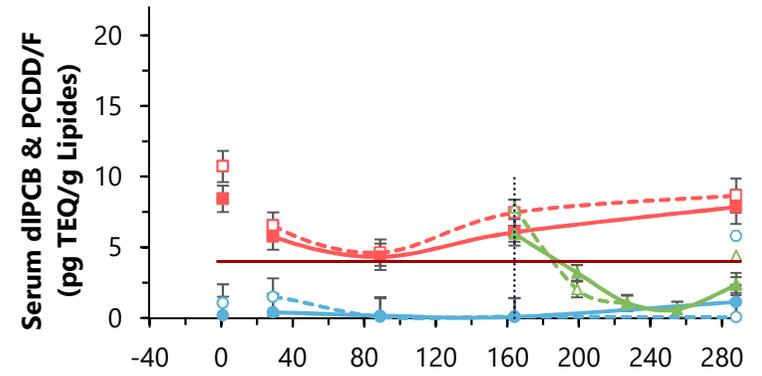


Agroscope

### iPCBs



### dIPCBs & PCDD/Fs



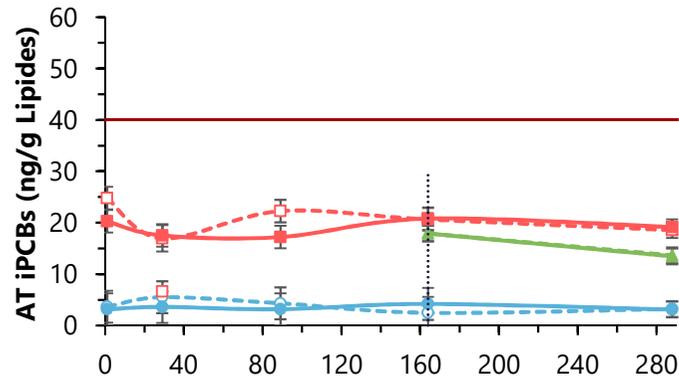


# Concentration dans le tissu adipeux

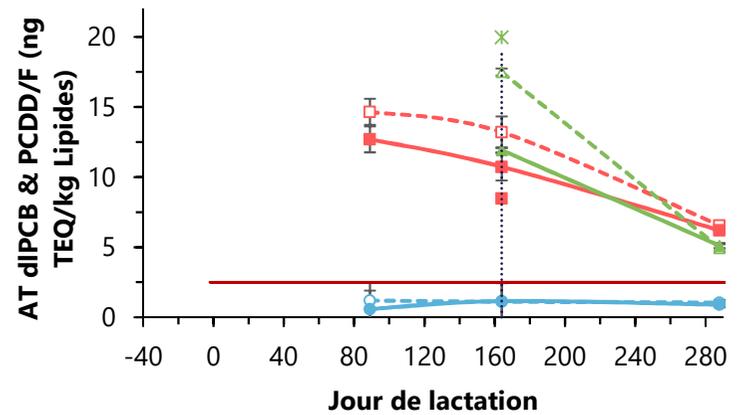
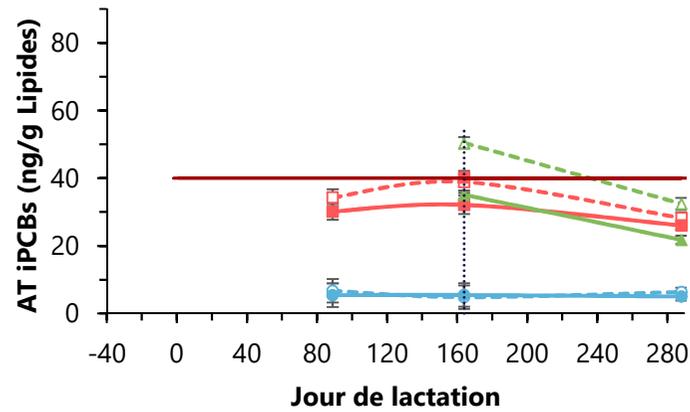
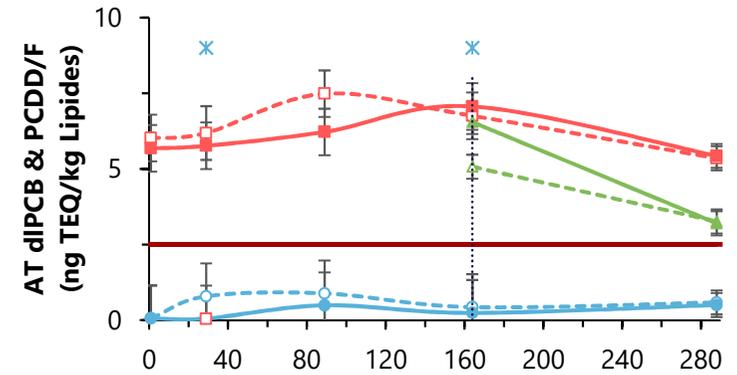


Agroscope

### iPCBs



### dIPCBs & PCDD/Fs





# Conclusions

## Description fine et combinée de la physiologie animale (dynamiques lipidiques) et de la toxicocinétique des POPs au cours du cycle gestation-lactation

⇒ Compréhension mécaniste de l'ADME en lien avec la physiologie chez la vache en lactation faiblement productrice et son veau  
*Mime un système allaitant*

⇒ Echantillothèque utile pour explorer la cinétique de contaminants émergents?  
Que contient notre sol?

Chemosphere 296 (2022) 133951



Accumulation and decontamination kinetics of PCBs and PCDD/Fs from grass silage and soil in a transgenerational cow-calf setting

Charlotte Driesen<sup>a,b</sup>, Sylvain Lerch<sup>b,\*</sup>, Raphael Siegenthaler<sup>c</sup>, Paolo Silacci<sup>d</sup>, Hans Dieter Hess<sup>e,1</sup>, Bernd Nowack<sup>f</sup>, Markus Zennegg<sup>a,\*\*</sup>

<sup>a</sup> Empa, Laboratory for Advanced Analytical Technologies, Überlandstrasse 129, 8600, Dübendorf, Switzerland  
<sup>b</sup> Agroscope, Ruminants Research Group, Route de la Tiloire 4, 1725, Postieux, Switzerland  
<sup>c</sup> Agroscope, Research Contracts Animals, Route de la Tiloire 4, 1725, Postieux, Switzerland  
<sup>d</sup> Agroscope, Animal Biology Group, Route de la Tiloire 4, 1725, Postieux, Switzerland  
<sup>e</sup> Agroscope, Animal Production Systems and Animal Health, Route de la Tiloire 4, 1725, Postieux, Switzerland  
<sup>f</sup> Empa, Laboratory for Technology and Society, Lerchenfeldstrasse 5, 9014, St. Gallen, Switzerland



# Acknowledgment



Bernd Nowack  
Donatella Perrone  
Olivia Kälin  
Lisa Bongard  
Deborah Cavaliere

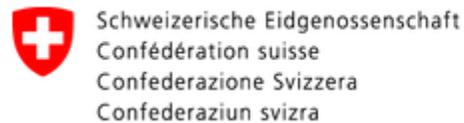


Christian Bogdal

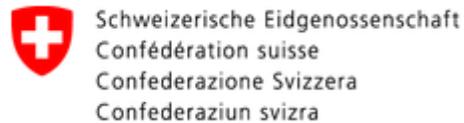


Raphael Siegenthaler  
Myriam Rothacher  
Ueli Wyss  
Hans Dieter Hess  
Catherine Ollagnier  
Lab and barn teams

## Acknowledgment for the Financial Support



**Federal Office for Agriculture FOAG**



**Federal Food Safety and Veterinary Office**