

Transfert de Polluants Organiques Persistants vers l'œuf de poule : influence des caractéristiques des polluants et du statut physiologique de l'animal

→ Elaboration d'un modèle de transfert du sol vers l'œuf de poule

Agnès FOURNIER^{1,2}, Angélique TRAVEL², Cyril FEIDT¹, Laurence PUILLET³, Olivier MARTIN³, Catherine JONDREVILLE¹

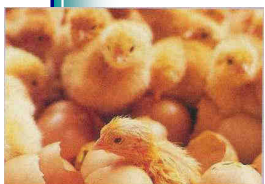
⁽¹⁾Nancy-Université, INRA, USC340 Animal et Fonctionnalités des Produits Animaux, 2 avenue de la Forêt de Haye B.P. 172, F-54505 Vandœuvre- lès-Nancy

⁽²⁾ ITAVI, UMT Bird, INRA, UR83 Recherches Avicoles, BP 1, F-37380 Nouzilly

⁽³⁾AgroParisTech, INRA, UMR 791 Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants 16 rue Claude Bernard, F-75005 Paris

Avec l'appui de l'URA (Yves NYS) et du PEAT (Nadine SELLIER)

INTRODUCTION



➤ Un contexte de renforcement de la sécurité alimentaire

➤ Préoccupation actuelle

Poulets contaminés en dioxines - *Belgique 1999*

Poissons du Rhône contaminés en PCB - *France 2005*

Poissons et lait de vache contaminés en dioxines - *France 2007*

Lait de bufflonne contaminé en dioxines - *Italie 2009*

Poules pondeuses et porcs contaminés en dioxines - *Allemagne 2011*

Les Polluants Organiques Persistants (POP)

Bioaccumulation

- capacité à être métabolisé
 - lipophilicité
- accumulation dans les tissus gras (œuf : jaune d'œuf)

Toxicité

Transport sur de longues distances

Certaines molécules peu/pas étudiées
Manque de données quant à leur transfert



Liste des POP

Convention de Stockholm, Protocole d'Aarhus

2001	2009	En discussion
Pesticides		
Aldrine Chlordane DDT Dieldrine Endrine Heptachlore Hexachlorobenzene Mirex Toxaphene	Chlordecone α -hexachlorocyclohexane β -hexachlorocyclohexane Lindane (γ -HCH) Pentachlorobenzene	Endosulfan (2011)
Produits industriels		
Polychlorobiphenyls (PCB) Hexachlorobenzene	Hexabromobiphenyl hexa et hepta bromodiphenyl ether Pentachlorobenzene Perfluorooctane sulfonic acid Tetra et penta bromodiphenyl ether	Hexabromocyclododecane (HBCD) Short-chained chlorinated paraffins
Co-produits		
Hexachlorobenzene Dioxines (PCDD) Furanes (PCDF) PCB HAP	α -hexachlorocyclohexane β -hexachlorocyclohexane Pentachlorobenzene	

Systèmes plein air : systèmes ouverts dépendants de la qualité de leur environnement

Teneur en PCDD/F (pg OMS TEQ.g⁻¹ MG) d'œufs de poules

	Claustration	Plein air
Pays-Bas	1,0 - 2,0	0,4 - 8,1
Belgique	1	1,0 - 10
Allemagne	0,5 - 2,3	0,4 - 11,4
Irlande	0,1 - 0,6	0,5 - 2,7
Suisse	1,3	2,9 - 19

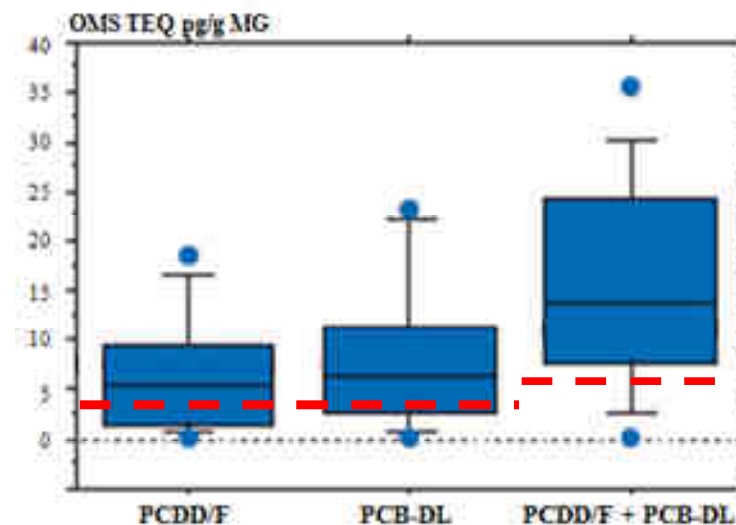
Seuil réglementaire
3 pg OMS TEQ.g⁻¹ MG

RÈGLEMENT (CE) N° 1881/2006

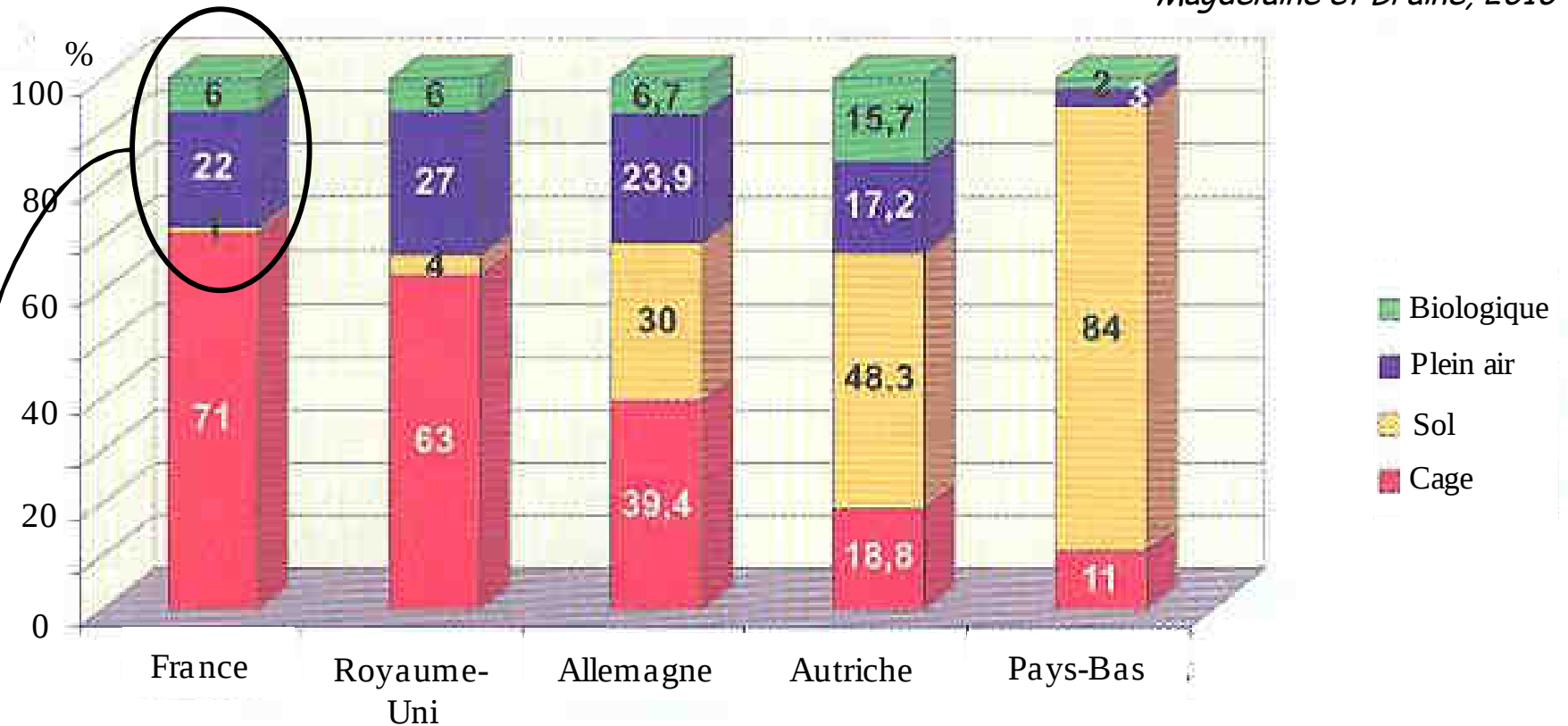
D'après Fürst *et al.* (1993); Schöler *et al.* (1997); Kijlstra *et al.* (2004), Pussemier *et al.* (2004); FSAI (2004).

Elevages familiaux
français

→ Plus grande variabilité
dans les élevages plein air



Enjeu pour la filière

Magdelaine et Braine, 2010

Près de 30% des œufs en coquille consommés
proviennent d'élevage avec parcours

Elevages Bio et plein air, amenés à se développer d'ici 2012

Sécuriser ces systèmes = enjeu

Sécuriser les systèmes d'élevage

→ le transfert au sein de la poule

ENTREE de polluants

ENVIRONNEMENT



Polluants



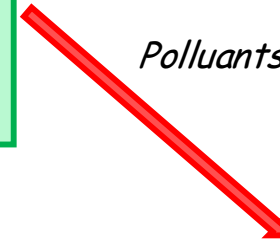
ANIMAL



Comportement



Polluants



PRODUITS



**Qualité
sanitaire**

Sécuriser les systèmes d'élevage

→ Question :

Attentes de la filière et de l'administration

- Comment prévenir la contamination des œufs ?
- Comment réagir face aux crises sanitaires ?
 - évaluation du temps de décontamination (conformité / réglementation)
 - gestion de crise

Questions scientifiques

- Déterminants de la concentration de POP dans les œufs ?

Facteurs de variation :

- liés à la molécule
 - liés à animal
- } au cours du temps



Sécuriser les systèmes d'élevage

→ **Moyens :**

Moyens disponibles

BCF (Facteur de bioconcentration)

COR (Taux de transfert)

A l'état d'équilibre

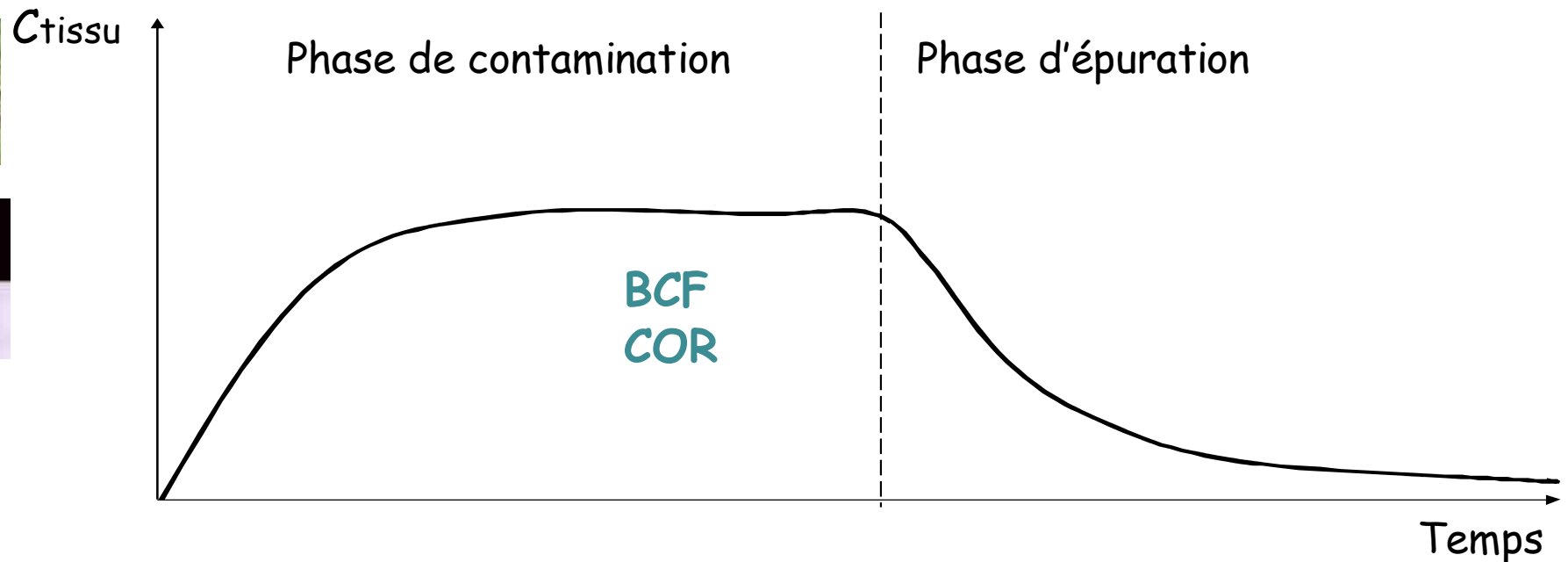
Entrées / Sorties

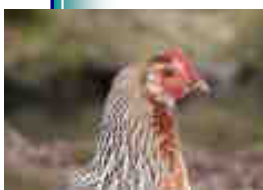
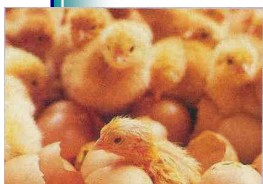


= boîte noire

→ ~~Physiologie~~

→ Comparaison inter-molécule





Afin :

- De représenter le transfert au cours de l'exposition et de la vie de l'animal

➔ **Un modèle dynamique à l'échelle de la poule, capable de :**

- représenter la réponse de l'animal à une exposition (niveau, durée, matrice ingérée ...)
- intégrer de façon indépendante les caractéristiques de :

étapes du transfert de POP
(Absorption, Distribution, Métabolisme, Excrétion)

la molécule
(lipophilicité, métabolisation)

l'animal
(ponte, engraissement)

temps
(vie de l'animal)

Sécuriser les systèmes d'élevage

→ Compétences requises:

Filière/ Animal

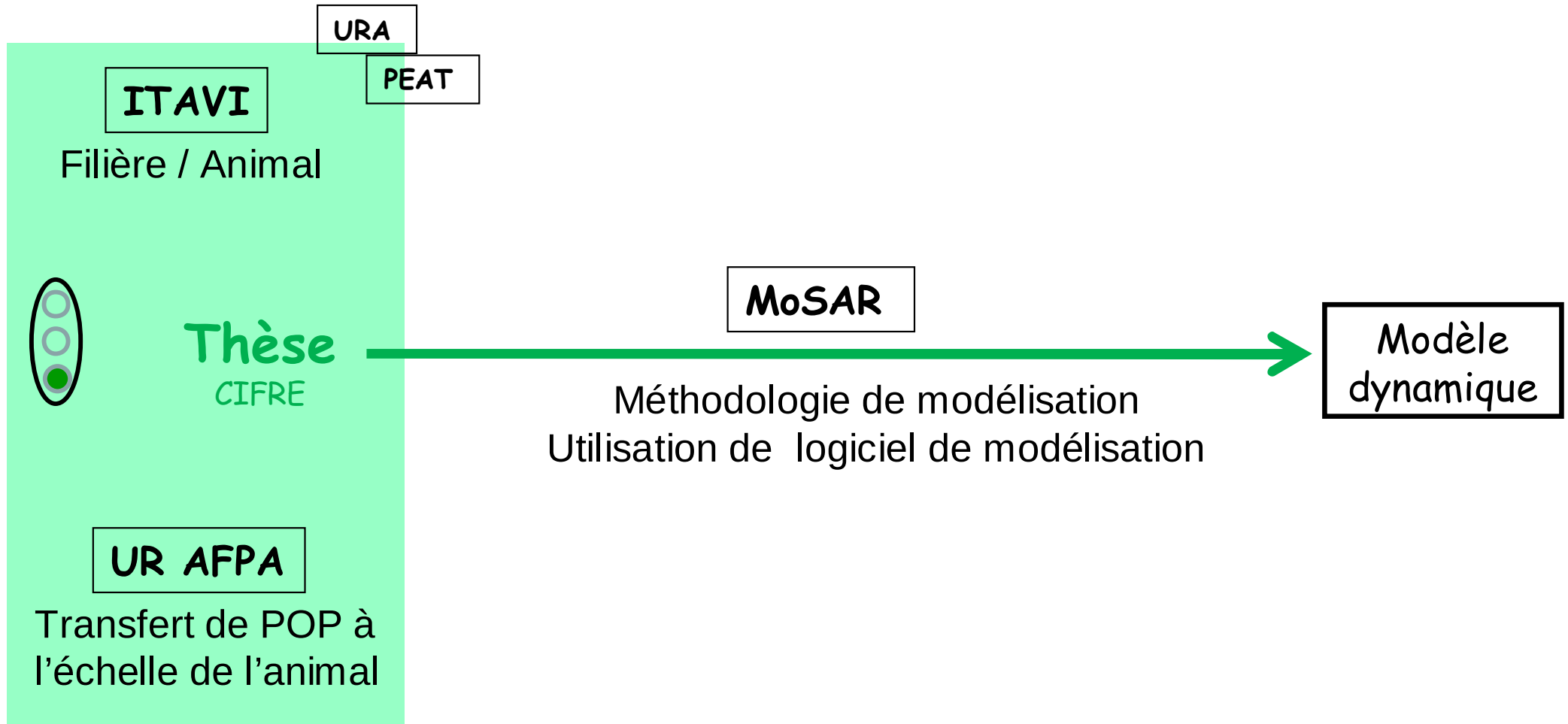


Transfert de POP à
l'échelle de l'animal

➤ Organisation du travail entre les partenaires ?

Sécuriser les systèmes d'élevage

→ Partenaires et organisation :



➤ Complémentarité des compétences de chacun

Travail de modélisation

→ **Eléments nécessaires...**

➤ facteurs de variation

Variable d'entrée : **matrice ingérée**

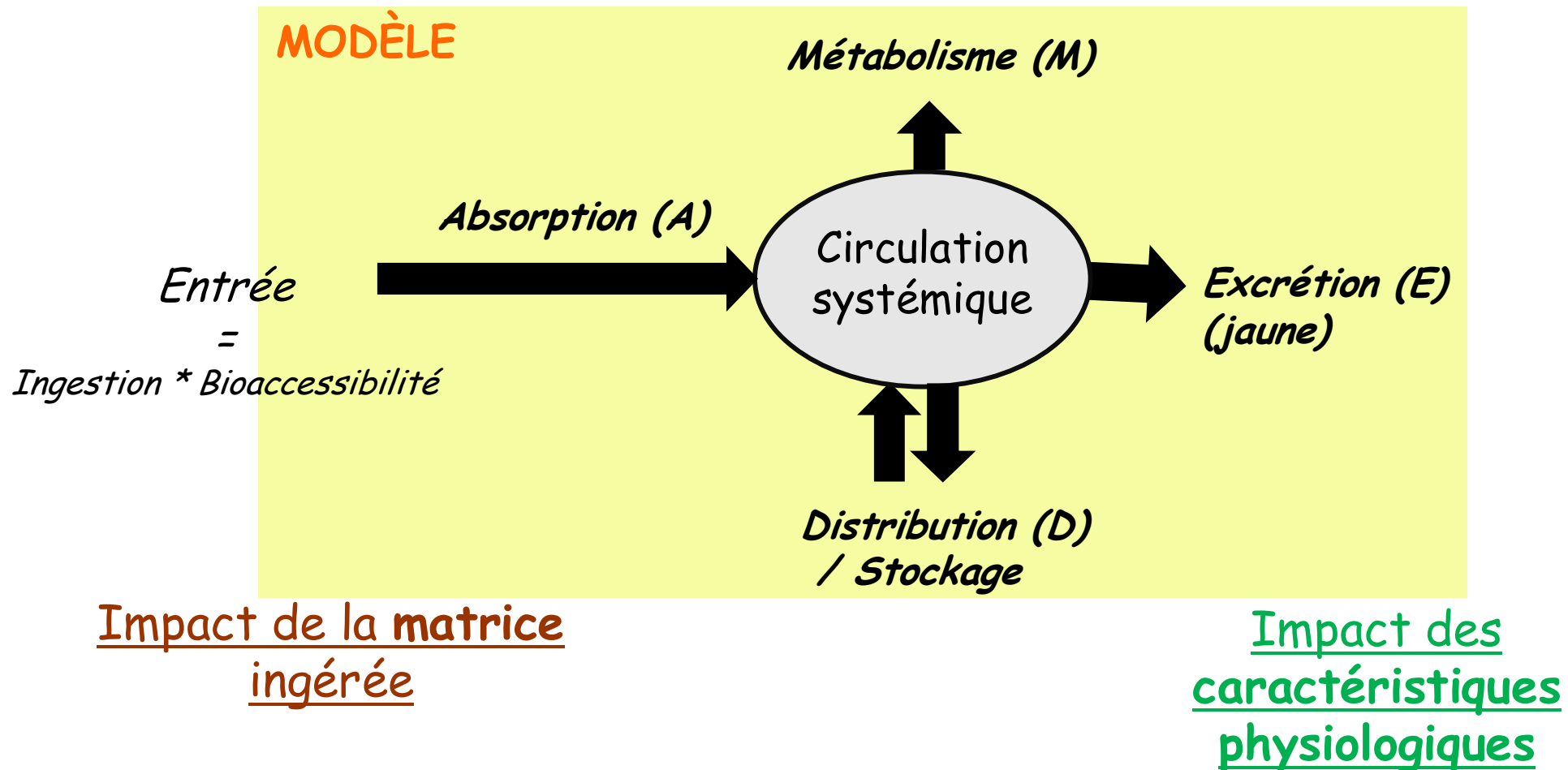
Paramètres physiologiques

Paramètres propres à chaque **molécule**

➤ étapes de transfert à l'échelle de l'animal



Impact des caractéristiques de la molécule



Travail de modélisation

→ Éléments nécessaires...

➤ facteurs de variation

Variable d'entrée : **matrice ingérée**

Paramètres physiologiques

Paramètres propres à chaque **molécule**

➤ étapes de transfert à l'échelle de l'animal

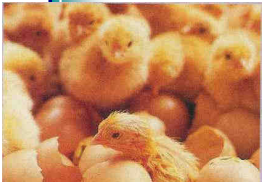
➤ jeux de données

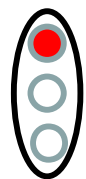
calibrer,

ajuster,

valider

... le modèle





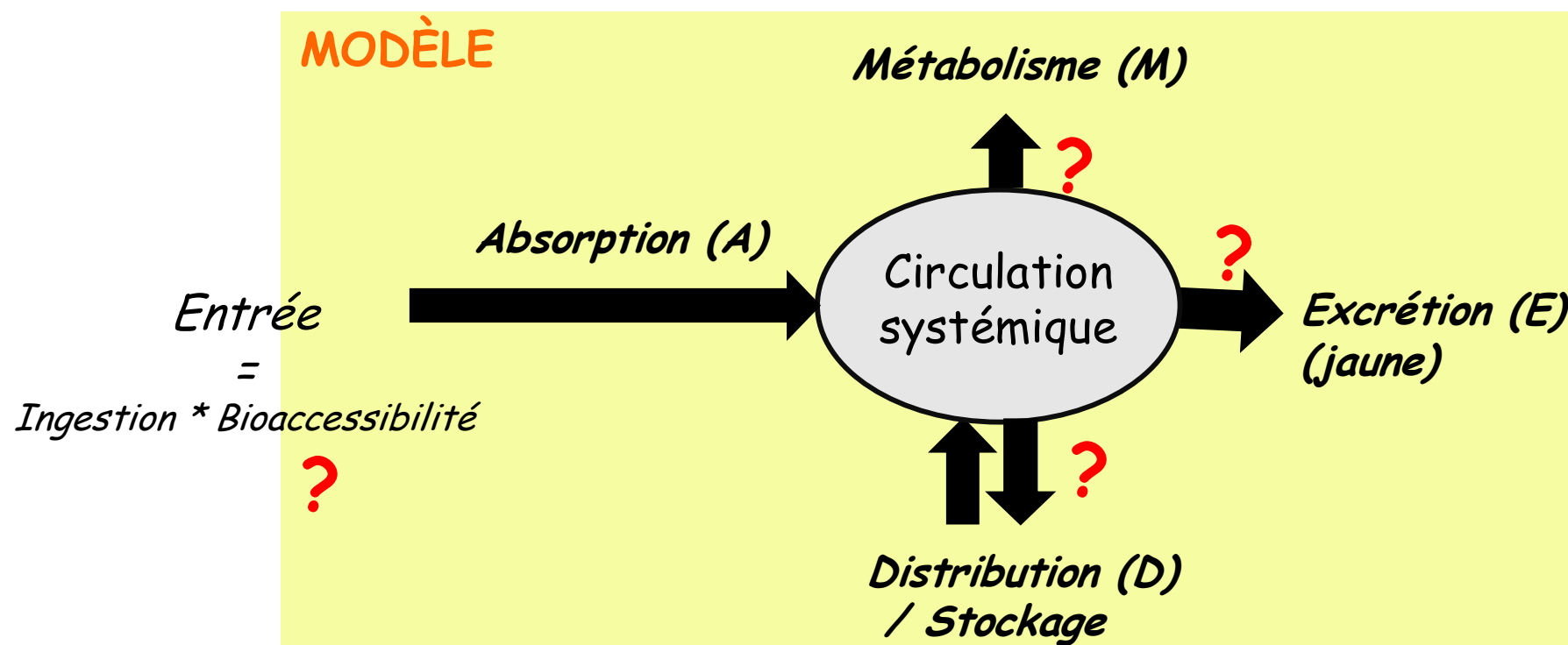
Manque de données



Expérimentations



Impact des caractéristiques de la molécule



Impact de la matrice
ingérée

Impact des
caractéristiques
physiologiques

Principe du modèle

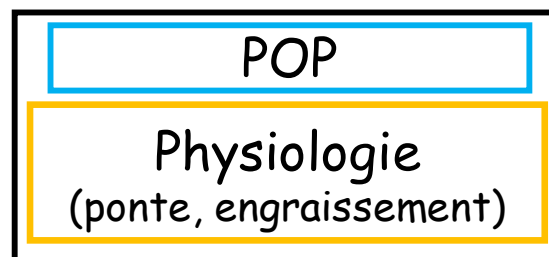
Représenter

- POP : flux et quantités de POP dans ≠ groupes de tissus élimination vers le **jaune d'œuf** (lipides)

- Physiologie

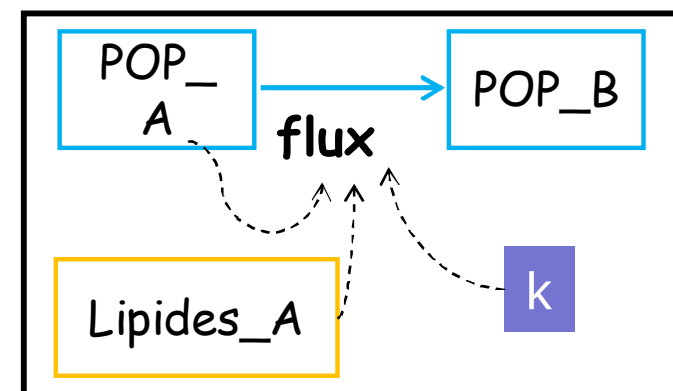
Modèle mathématique (ModelMaker 4.0, Modelkinetix, Oxford, UK)

- 2 « sous-modèles »



- compartiments : quantités (POP, lipides) dans les tissus

- flux (POP) : dépendant de
quantité de POP
quantité de lipides
paramètre k (propre à la molécule)



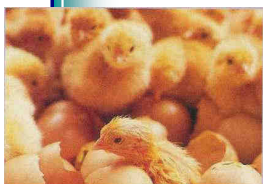
-----> qui agit sur...

Principe du modèle



Calibration

- sous-modèle physiologique



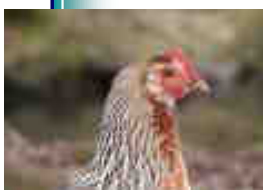
Ajustement

- sous-modèle transfert de POP

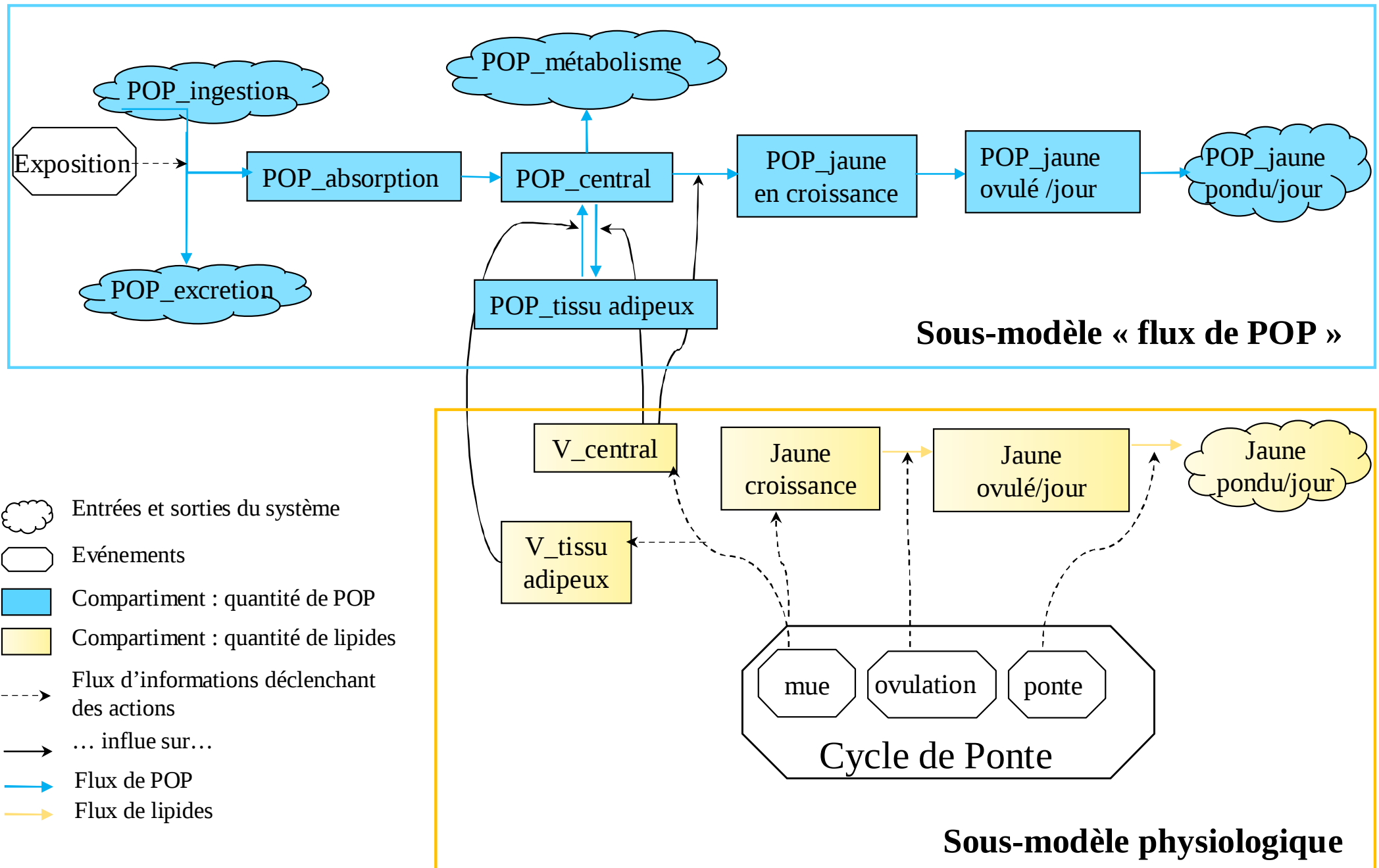


Validation

- Difficile :
 - manque de données
 - cinétique de molécules
 - contamination avec variation de l'état physiologique



Structure du modèle





Le modèle : une aide à la gestion du risque

Mise à l'épreuve sur l'exemple du site
contaminé de St Cyprien

Gestion de crise : Cas de Saint Cyprien

- Incendie d'une installation de recyclage de palettes de bois

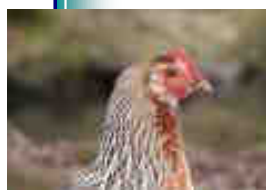
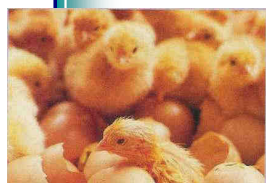
Emission de fumées pendant plusieurs semaines

⇒ Contamination des sols agricoles

- Dioxines, furanes, HAP
- PCB DL et NDL

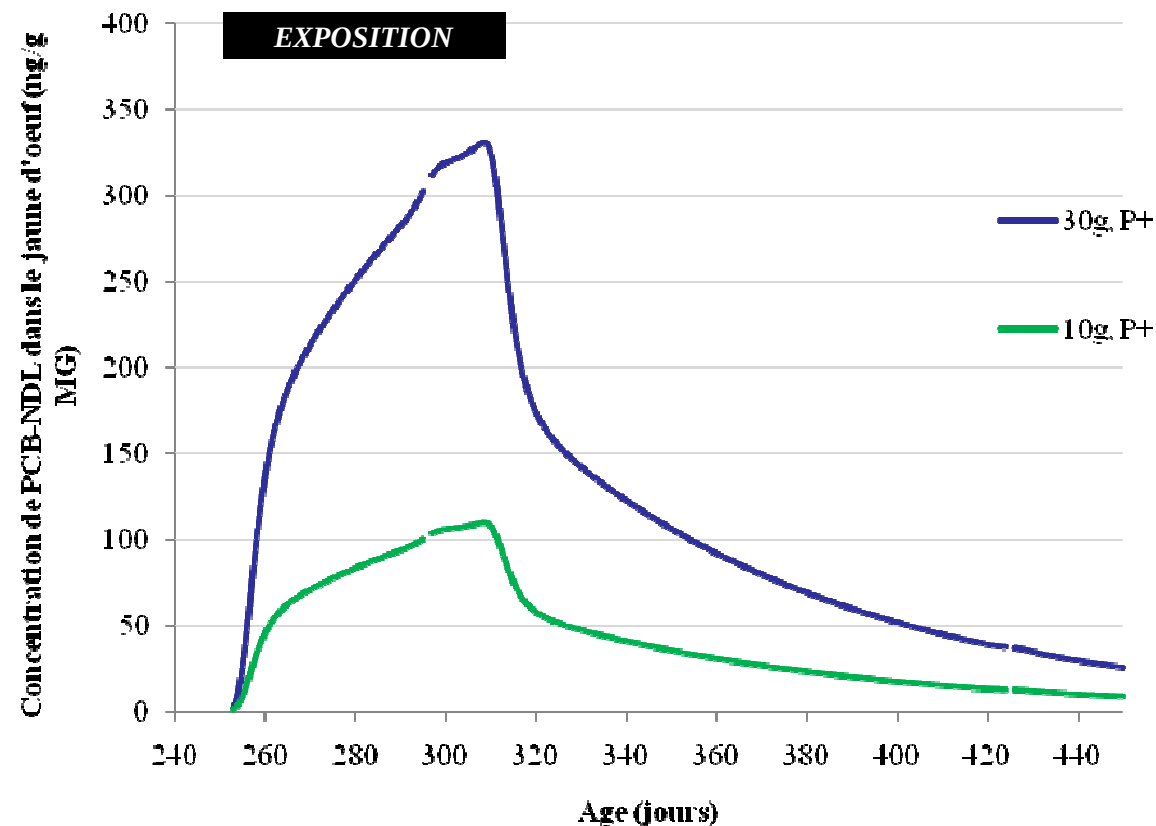
- Etude de cas :

Elevage sur sol contaminé
Temps de décontamination



Impact de la quantité ingérée ?

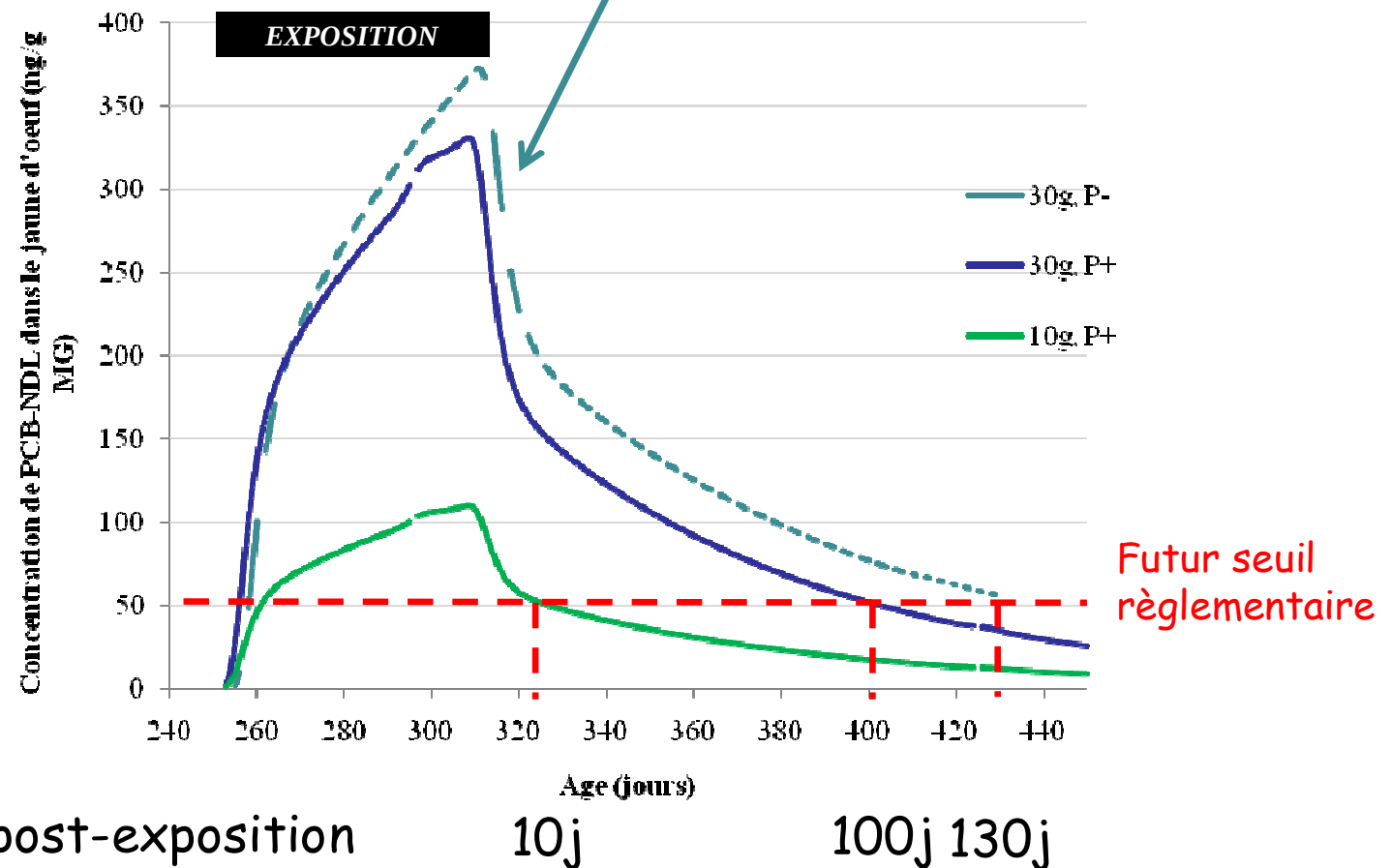
- sol contaminé en PCB-NDL (150 ng.g^{-1})
- contamination de 36 à 44^{ème} semaine
- bonne performance de ponte, engraissement moyen
 - ingestion de 10g de sol /j
 - ingestion de 30g de sol /j



Impact des performances de ponte ?

Déséquilibre de la ration en faveur du sol $\rightarrow$ $\downarrow$ performances de ponte

Faible ponte $\rightarrow$ risque $\uparrow$



Perspectives...

FACTEURS de VARIATION du TRANSFERT et REPRÉSENTATION à l'échelle de l'ANIMAL

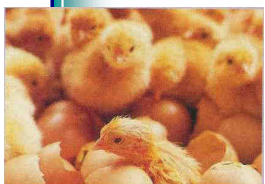
- valider les résultats obtenus par simulations (variations physiologiques)
- aller vers un modèle + mécaniste : étude des liaisons « POP-transporteurs »
 - ➔ Vers un modèle générique

Perspectives...

FACTEURS de VARIATION du TRANSFERT et REPRÉSENTATION à l'échelle de l'ANIMAL

Changement d'échelle : LE TROUPEAU

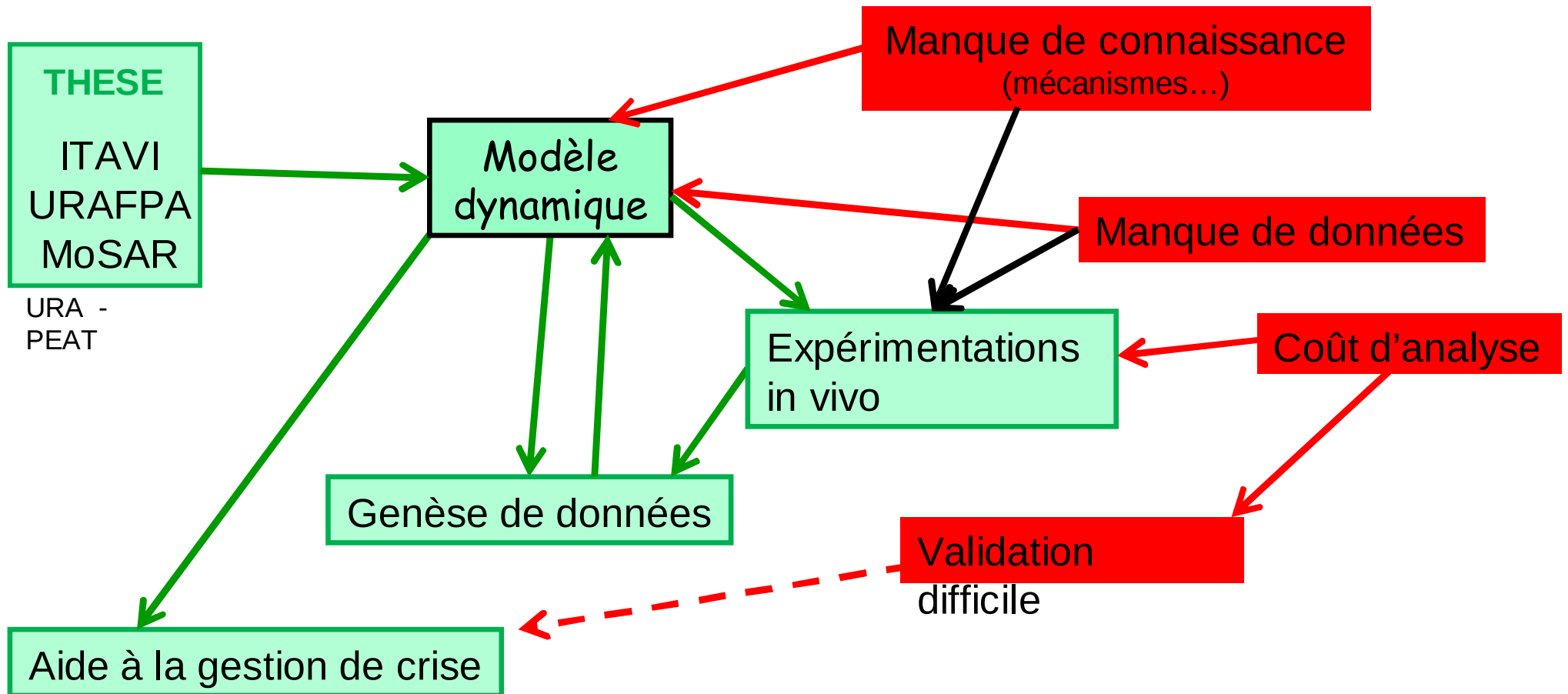
- Variations inter-individuelles à l'échelle d'un troupeau
 - ingestion (comportement exploratoire)
 - ponte
 - engraissement
- ➔ Représenter la contamination d'un troupeau (/plan surveillance)



Resumé : facteurs de réussites et verrous

Domaine	Facteurs de réussite	Verrous identifiés
Méthodologique		
- données physiologiques		Peu de données récentes, correspondant aux poules d'élevage actuel
- données de contamination	Mise en place d'expérimentations <i>in vivo</i>	Peu de données Validation impossible par absence de données Coût des analyses de contaminants
- apport de connaissances « devenir des POP à l'échelle de l'animal »	Expérimentations + simulations	Certains mécanismes du transfert restent non connus (→ non modélisés)
- application du modèle – simulation de gestion de crise	Premiers résultats en dynamique, seul modèle existant	Modèle non validé
Collaborations		
- apport méthodologique de modélisation	UMR MoSAR – UR AFPA	Temps
- apport connaissance physiologique	ITAVI – UR AFPA - URA	
- apport « technique d'élevage »	ITAVI – UR AFPA	
- genèse de données	ITAVI- UR AFPA- PEAT	

Resumé :



Merci de votre attention

