

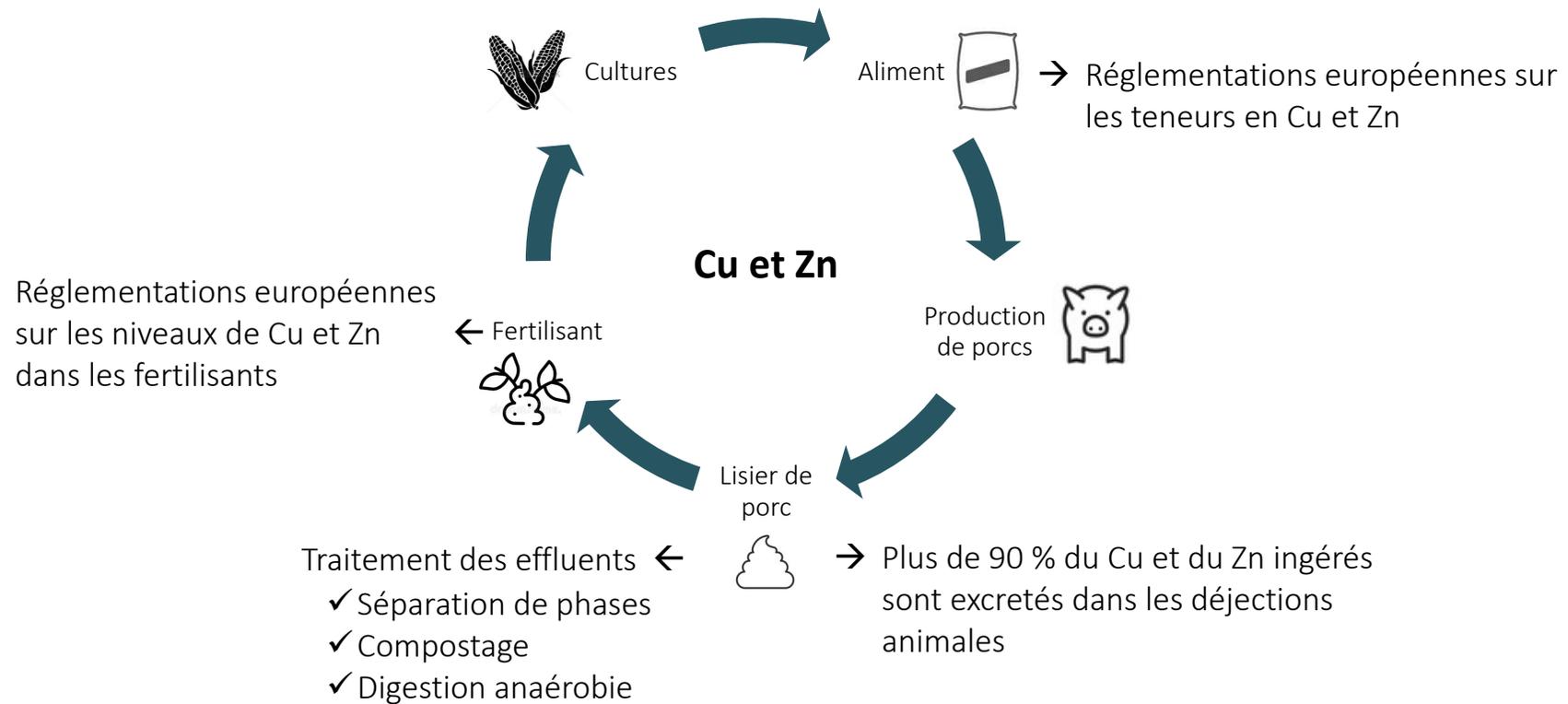


# Projet RECUIZ : Optimisation du recyclage du cuivre et du zinc, depuis leur apport en alimentation animale jusqu'à leur retour au sol

**E. Gourlez**, J.Y. Dourmad, F. Beline, A. Monteiro, F. de Quelen



## ➤ Bio-économie circulaire dans la production porcine



## ➤ Cu et Zn dans le système de production porcin

### Cuivre (Cu) & Zinc (Zn) :

- Ressources limitées
- Eléments traces métalliques à haut risque environnemental :  
possiblement toxiques pour les plantes et microorganismes du sol
- Risque d'accumulation dans les sols après épandage
- Minéraux essentiels pour la croissance et la santé des porcs
- Faible taux d'absorption par le porc : plus de 90 %  
du Cu et du Zn ingérés se retrouvent dans les déjections porcines



63  
29 **Cu**



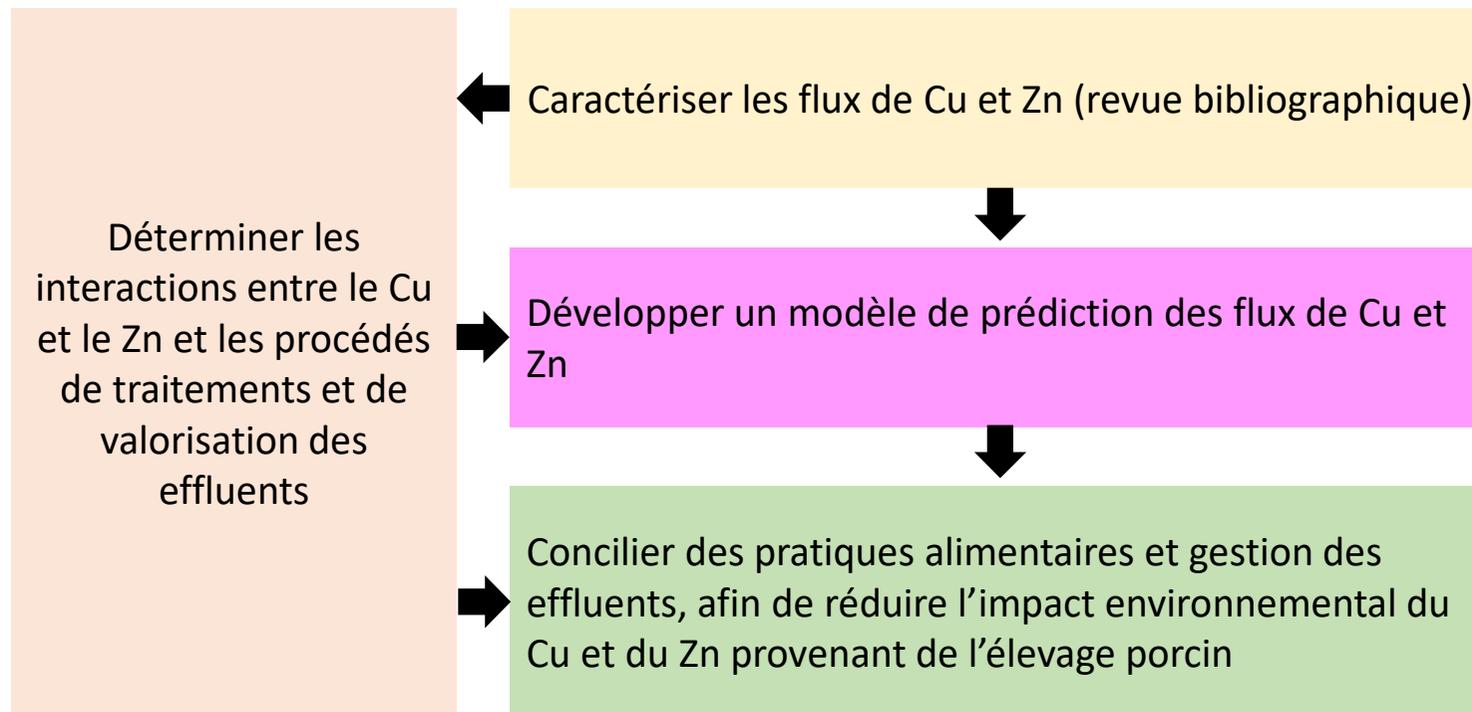
Zinc  
30  
**Zn**  
65.39

### Deux leviers d'actions pour limiter leur rejet

- **Alimentation** → réduction et optimisation de leur utilisation
- **Traitement des effluents** → valorisation des effluents porcins et concentration du Cu et du Zn dans des fractions plus facilement exportable dans des régions avec des sols carencés

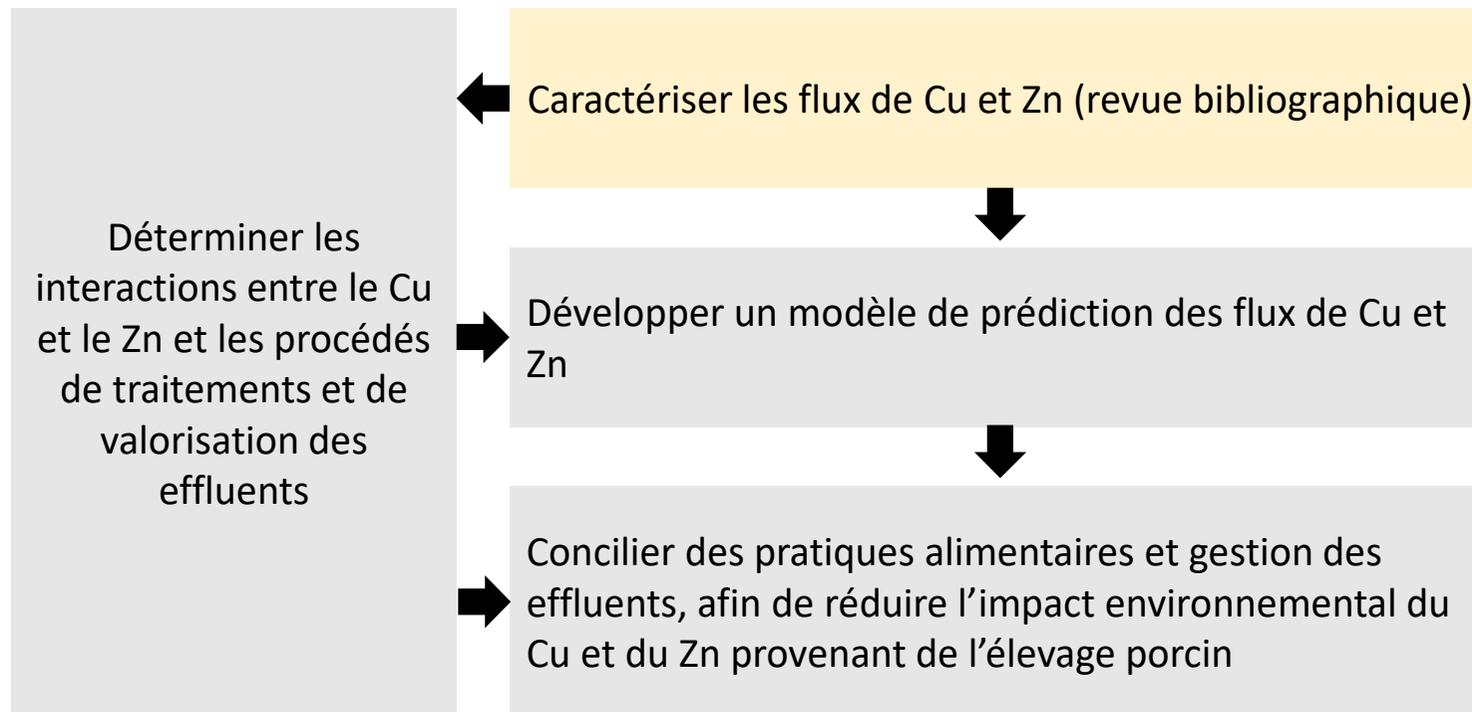
## ➤ Objectifs du projet

**Objectif principal :** Caractériser les flux de Cu et Zn depuis l'aliment jusqu'au sol dans la production porcine



## ➤ Objectifs du projet

**Objectif principal :** Caractériser les flux de Cu et Zn depuis l'aliment jusqu'au sol dans la production porcine



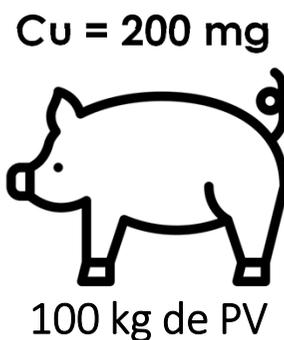
## ➤ Le Cu et le Zn dans l'alimentation

### Fonctions du Cu et du Zn



<sup>63</sup><sub>29</sub>Cu

40 – 46 % squelette

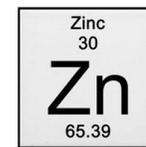


23 – 26 % muscles

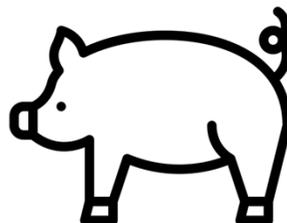
8 – 10 % foie = indicateur du statut en Cu  
*Accumulation*

## ➤ Le Cu et le Zn dans l'alimentation

### Fonctions du Cu et du Zn



Zn = 1,5 – 2,5 g



100 kg de PV

30 % squelette

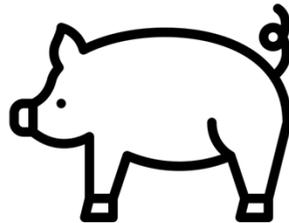
Principal lieu de stockage  
= indicateur du statut en Zn

60 % tissus musculaires

Teneur plasmatique = 1 mg/L = 0,1 % du Zn corporel total  
= indicateur du statut en Zn

## ➤ Le Cu et le Zn dans l'alimentation

### Fonctions du Cu et du Zn



100 kg de PV

**Cu** = présent dans de nombreux enzymes, cofacteurs et protéines

**Zn** : Majorité des voies métaboliques dépendantes d'une ou plusieurs protéines fonctionnant grâce au Zn

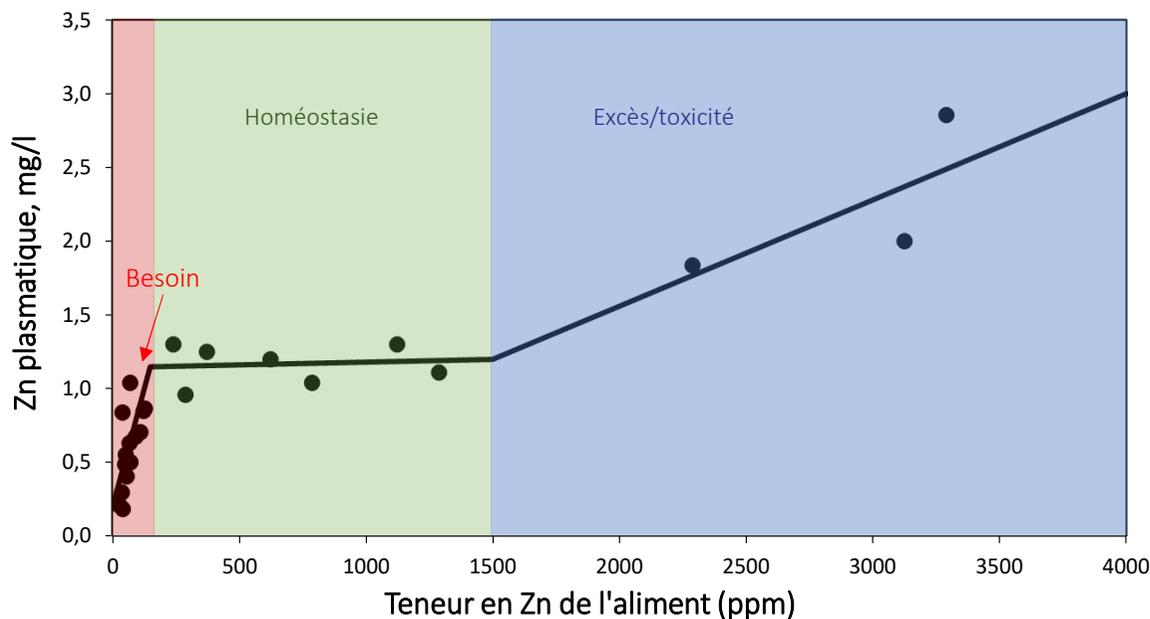
→ **Protection contre le stress oxydatif** (*superoxyde dismutase, céruloplasmine ferroxidase*)

→ Niveaux d'apports « pharmacologiques » → « facteurs de croissance »

## ➤ Le Cu et le Zn dans l'alimentation

### Estimation des besoins du porc en Cu et en Zn

#### Approche empirique d'évaluation du besoin



#### Besoins stricts du porcelet sevré :

- 5-6 mg/kg de Cu
- 80 mg/kg de Zn

#### Besoins stricts du porc à l'engraissement :

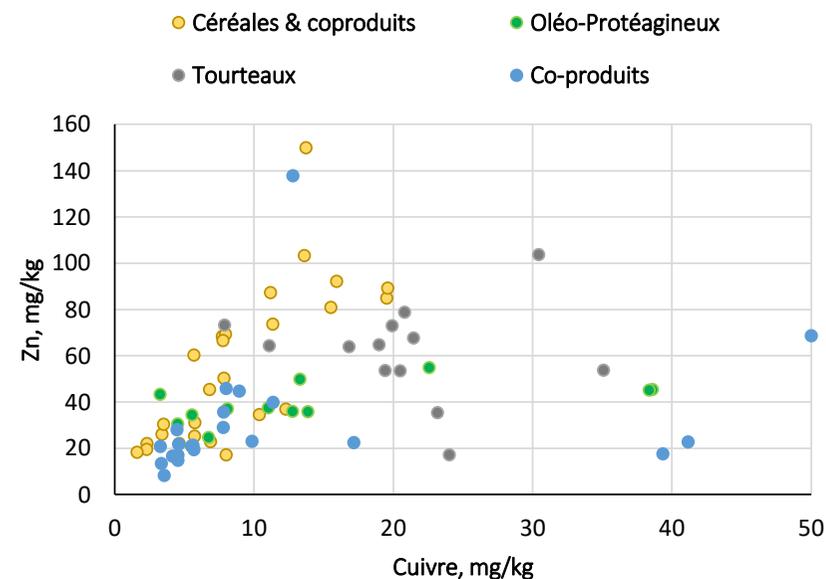
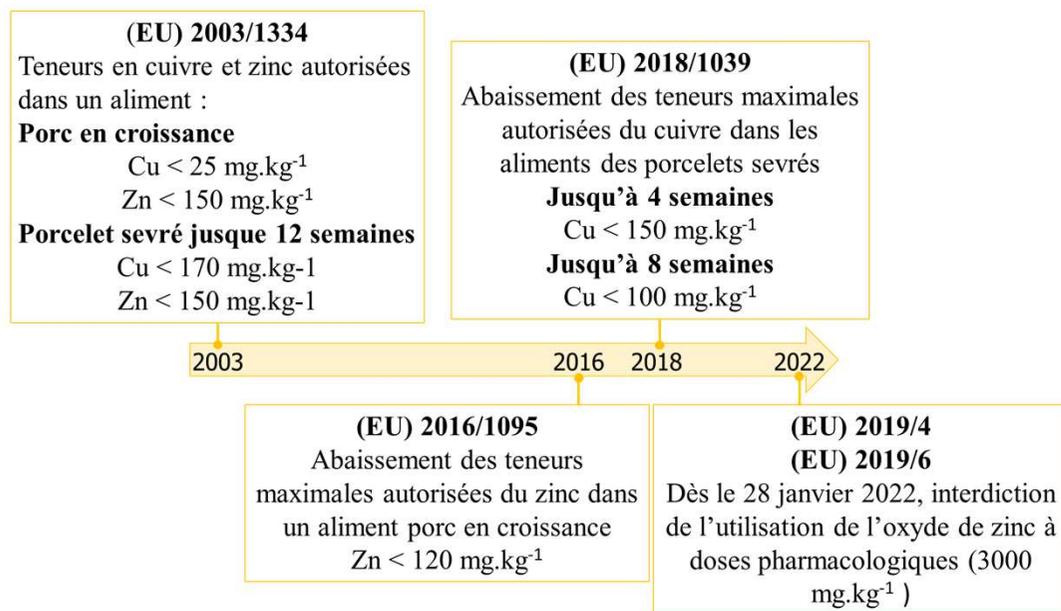
- 5-6 mg/kg de Cu
- 50 mg/kg de Zn

➔ Peut varier en fonction de différents paramètres modifiant la biodisponibilité:

- Forme d'apport
- Composition de l'aliment
- Teneur en calcium
- Teneur en phytate
- Incorporation de phytase

## ➤ Le Cu et le Zn dans l'alimentation

### Apports alimentaires en Cu et en Zn



Teneur en Zn des matières premières de la ration de base des porcs en fonction de leur teneur en Cu (Tables INRA-AFZ)

#### Supplémentation :

- Prendre en compte l'imprécision de l'estimation des besoins
- Contrebalancer les effets antagonistes de certains éléments de la ration
  - dans le respect de la réglementation

## ➤ Le Cu et le Zn dans l'alimentation

### Biodisponibilité du Cu et du Zn

**Biodisponibilité** : proportion d'un aliment ingéré qui est absorbée et utilisée par l'animal

- ↳ Évaluée par rapport à une source de référence ( $\text{CuSO}_4$  et  $\text{ZnSO}_4$ ) dont la biodisponibilité est fixée à 100%
- ↳ Influencée par :
  - le type de supplémentation minérale apportée (sulfates, oxydes, formes chélatées ...)
  - Le statut physiologique de l'animal
  - Le statut minéral de l'animal
  - Certains antagonistes (Zn sur Cu, phytates, Ca)
  - Ajout de phytase

➔ Rétention corporelle estimée à :

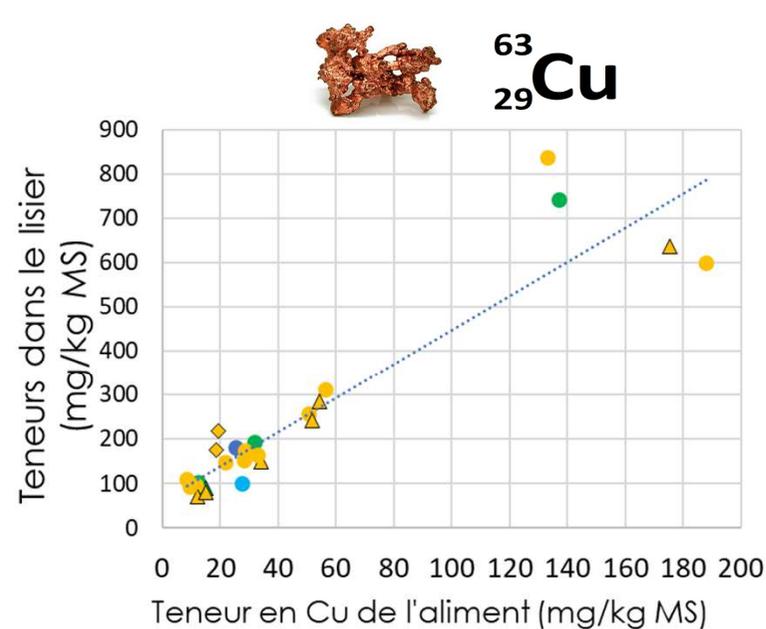
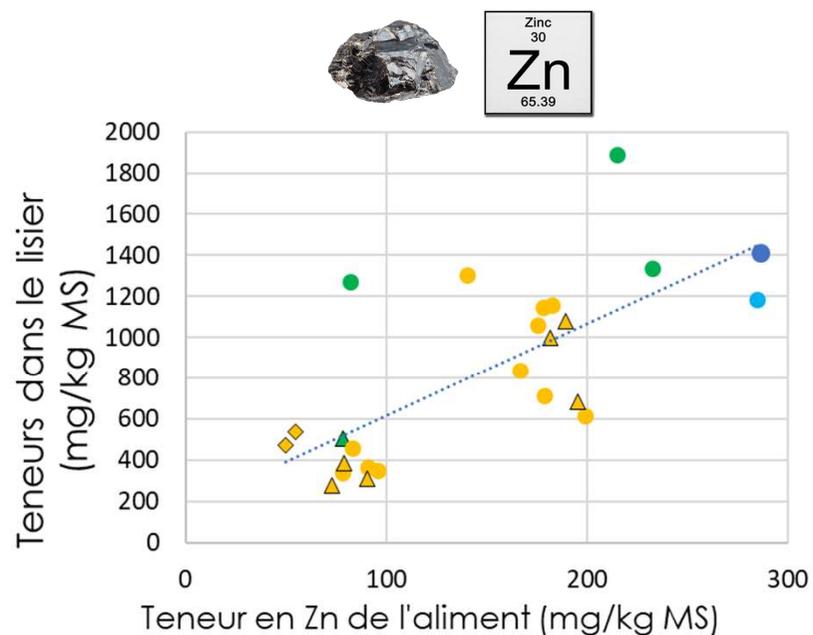
- Zn : 22 mg/kg de poids vif (= 6 % de l'ingéré)
- Cu : moins de 2 mg/kg de poids vif (= 2% de l'ingéré)

## ➤ Excrétion du Cu et du Zn par les porcs

### La teneur en Cu et Zn des lisiers dépend de l'alimentation

Lisier ~ 955 mg Zn/kg MS  
~ 300 mg Cu/kg MS

→ Dépend de la composition des aliments  
(teneurs en Cu et Zn et digestibilité de la MS)



Jaune : porc à l'engraissement ; Vert : porcelet en post-sevrage ; Bleu clair : truies allaitantes ; Bleu foncé : truies gestantes  
Losange : sans supplémentation ; Rond : source inorganique de Zn ou Cu ; Triangle : source organique de Zn ou Cu

# ➤ Gestion des effluents porcins et devenir du Cu et du Zn

## Effet des traitements sur le cuivre et le zinc des effluents

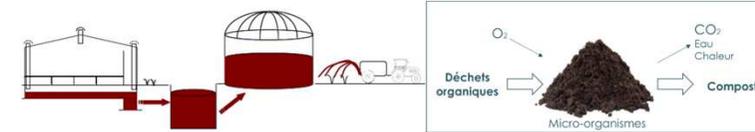
**Stockage des effluents**

**Séparation de phases au bâtiment : exemple du raclage en V**

**Séparation mécanique de phases**

**Digestion anaérobie**

**Compostage**



↗ liaison du Cu et du Zn à des particules solides moins solubles

Redistribution du Cu et du Zn entre les phases solide et liquide

↗ Concentration Cu et Zn par rapport à la MO et à la MS

Cu et Zn → 90 à 95 % dans la fraction solide

**Dans la phase solide :**  
De 7 à 99% pour le Zn  
De 6 à 95 % pour le Cu

Redistribution du Cu et du Zn dans différentes fractions

↘ Phytodisponibilité du Cu et Zn

↓  
**Effet du Cu et du Zn : Stimulation ou inhibition des bactéries responsables de la digestion anaérobie**

## ➤ Retour au sol

### Apport de Cu et Zn sur les sols et réglementation



Apports de Cu et Zn dans les sols

Naturel

Exogène

#### Teneurs maximales (mg/kg MS) autorisées dans les fertilisant

	Engrais organique		Digestat de méthanisation NF U44 -051 Arrêté du 13 juin 2017
	Ecolabel <i>Ecolabel européen et Cerafel</i>	(UE) N°2019/1009	
Cuivre	100	300	600
Zinc	300	800	1500

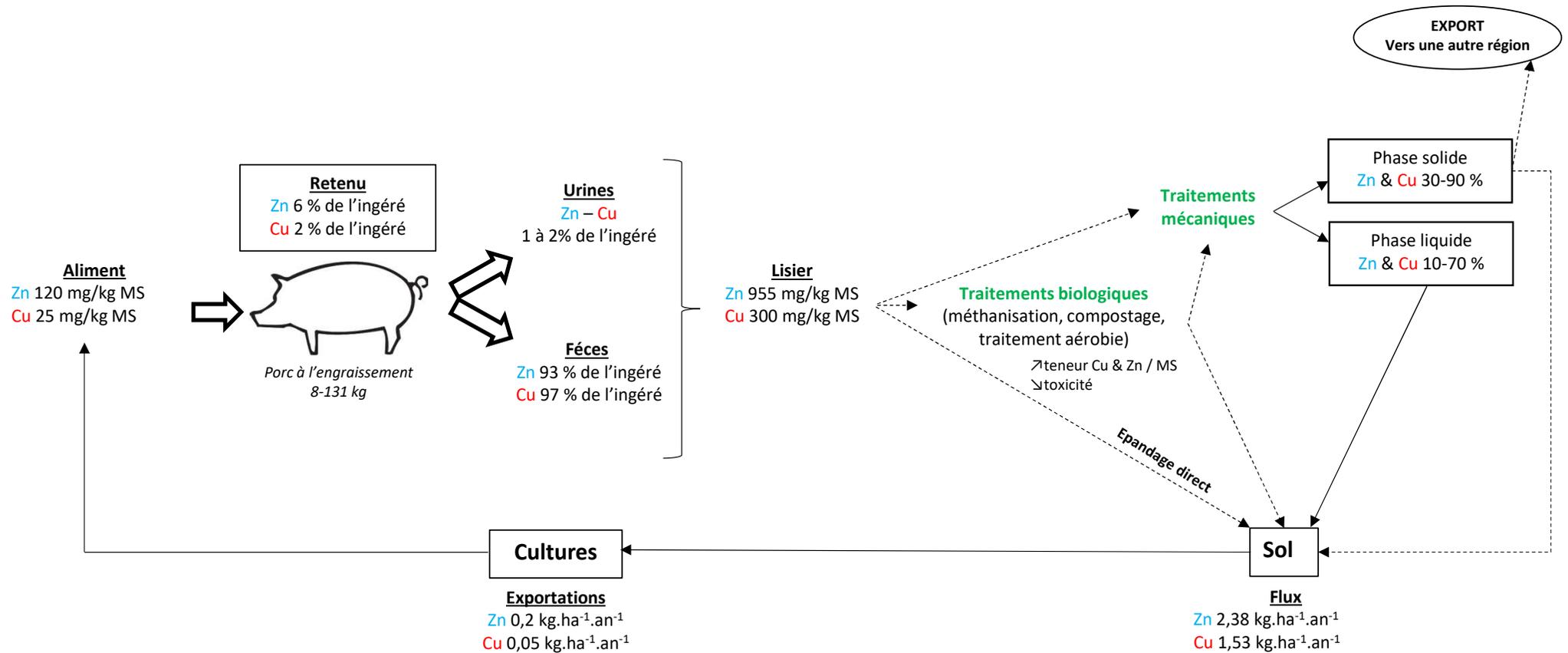
## ➤ Retour au sol

### Accumulation dans les sols et contribution des effluents porcins

	<u>Cu</u>		<u>Zn</u>
Mobile		<	
Accessible		<	
Sensible aux variations des caractéristiques du sol (teneur en MO, pH)		>	

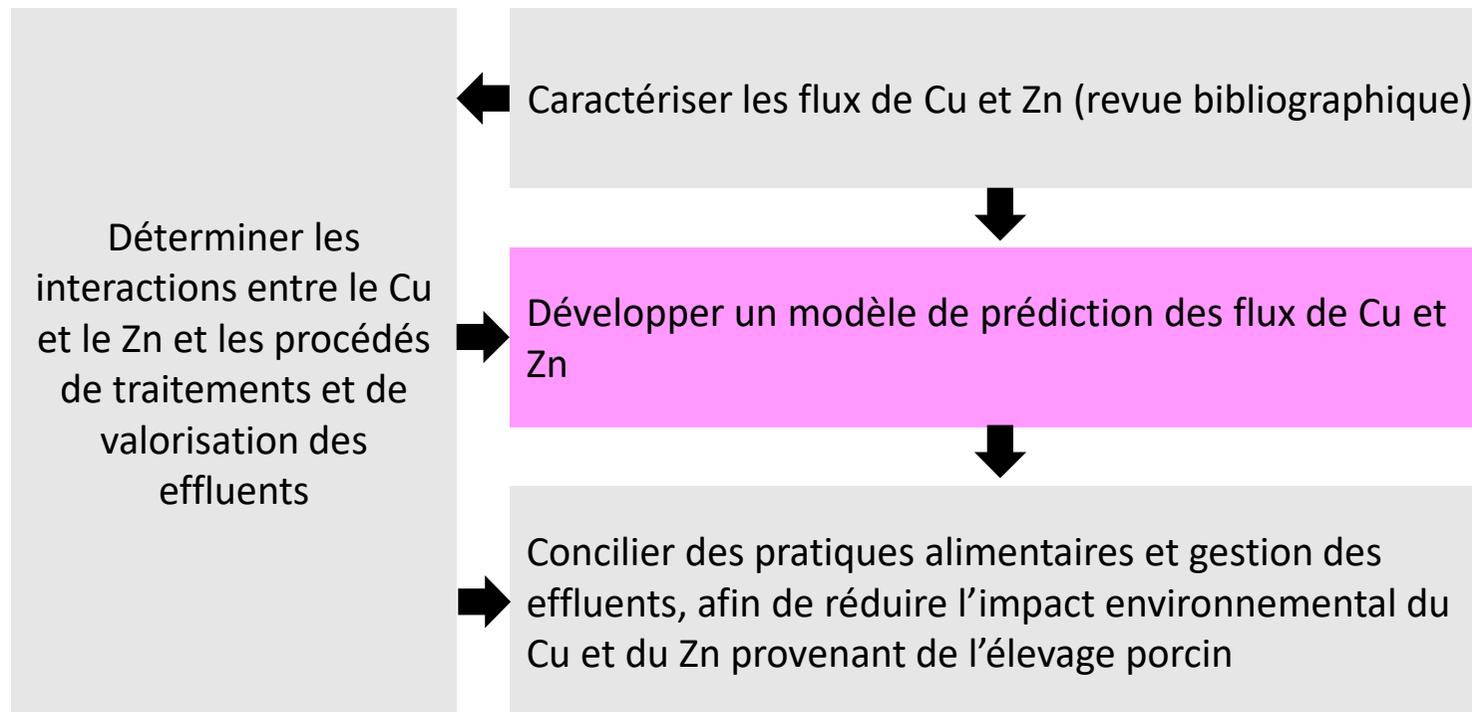
- ↳ Majorité du Cu et Zn du lisier porcin épandu dans la couche arable (0-20cm)
- ↳ 2 – 10 % Cu amené par épandage lessivés ou prélevés par les plantes
- ↳ Influence du pH sur solubilité du Cu et du Zn (ex : Bretagne)
- ↳ Effet toxique du Cu et Zn = Problème environnemental de long terme **ACCUMULATION**

## ➤ Flux de Cu et Zn sur le continuum aliment-déjection-traitement-sol

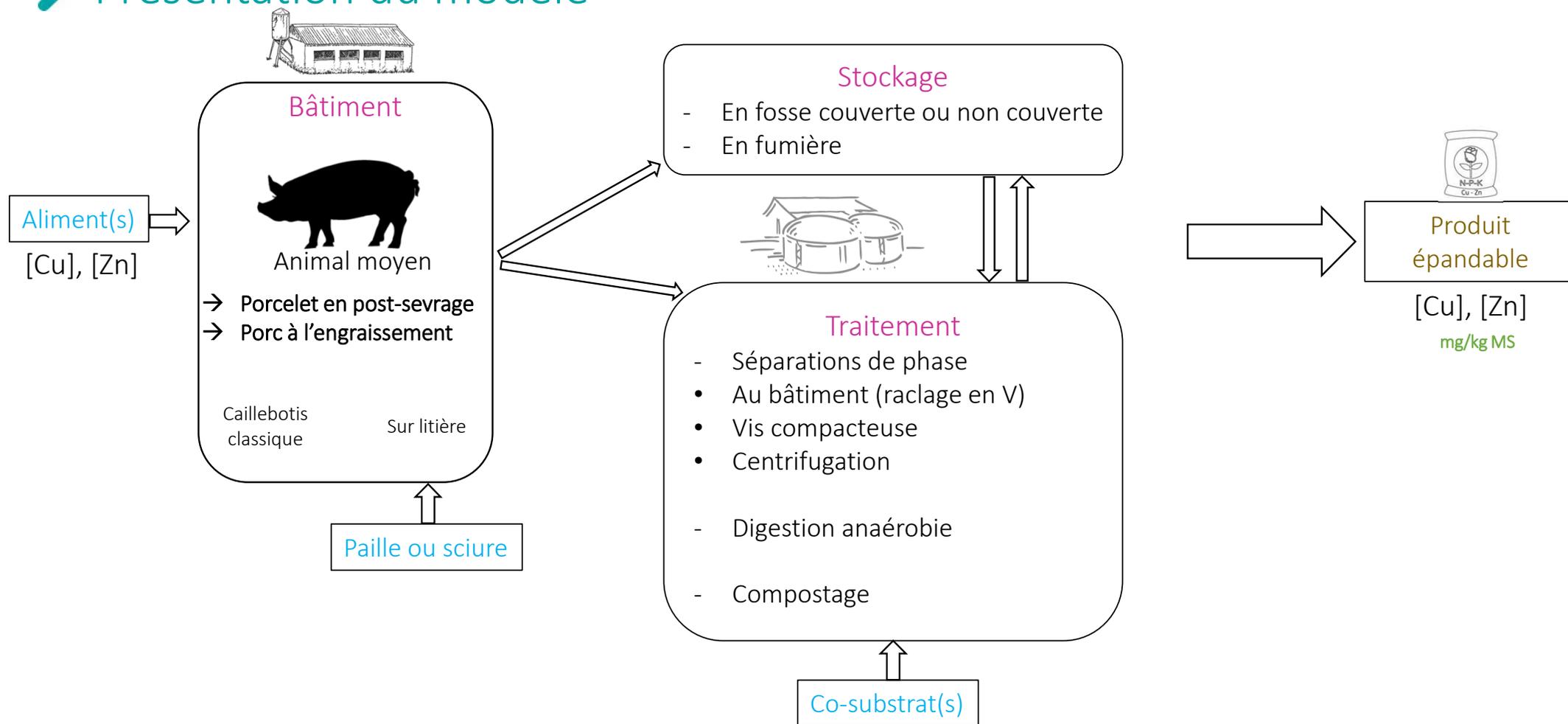


## ➤ Objectifs du projet

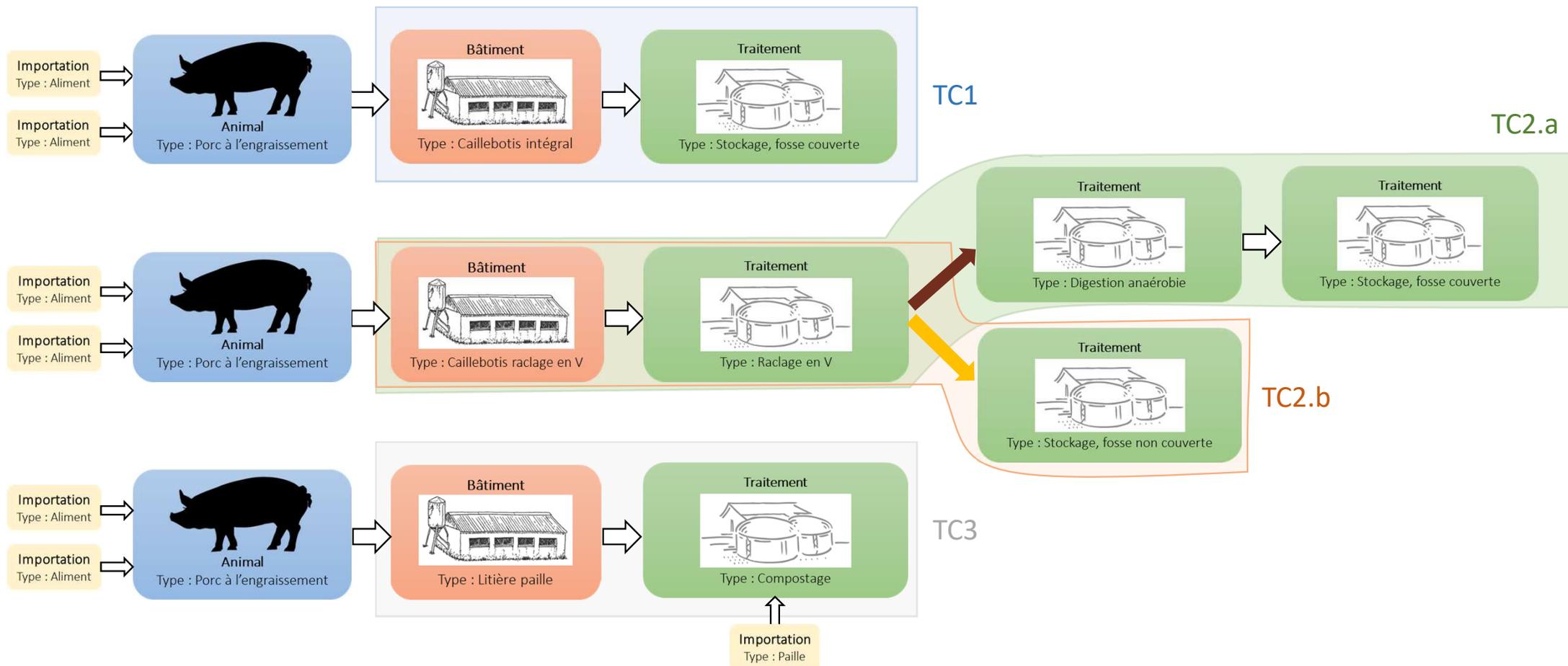
**Objectif principal :** Caractériser les flux de Cu et Zn depuis l'aliment jusqu'au sol dans la production porcine



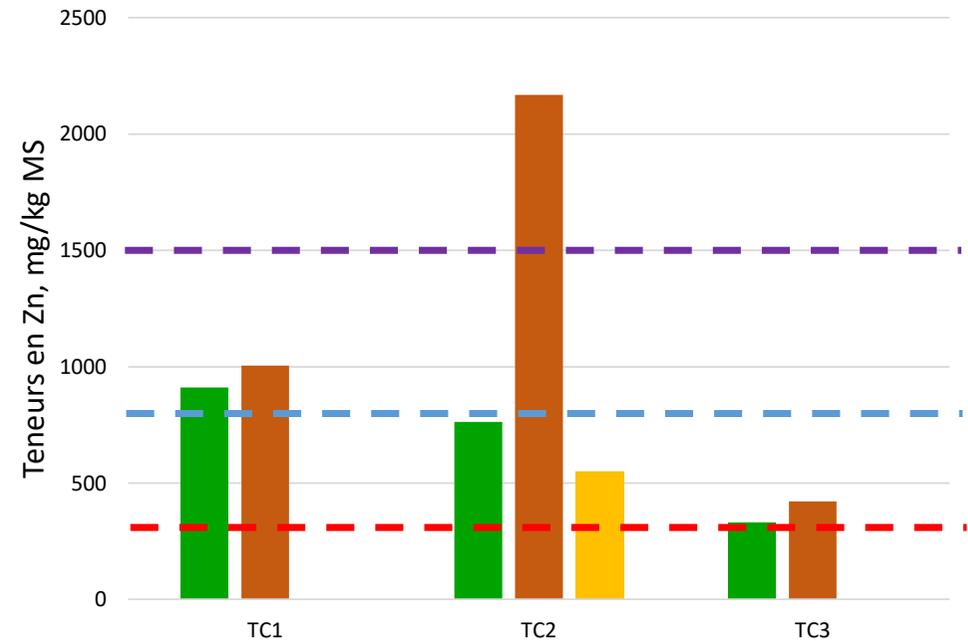
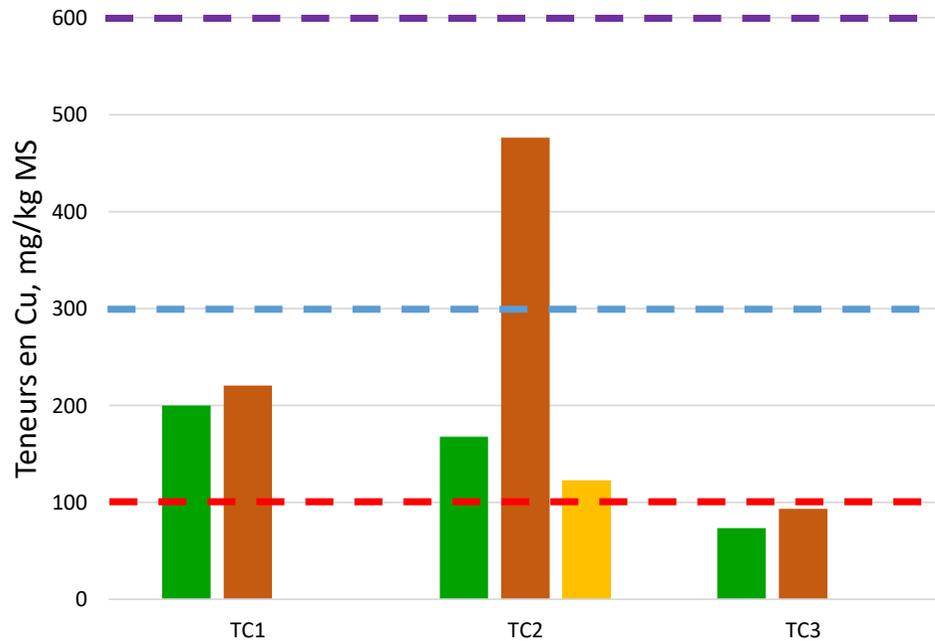
## ➤ Présentation du modèle



# Exemple d'utilisation de l'outil : modélisation de plusieurs chaînes de traitement des effluents



# ➤ Effet des traitements sur les teneurs en Cu et Zn des produits obtenus

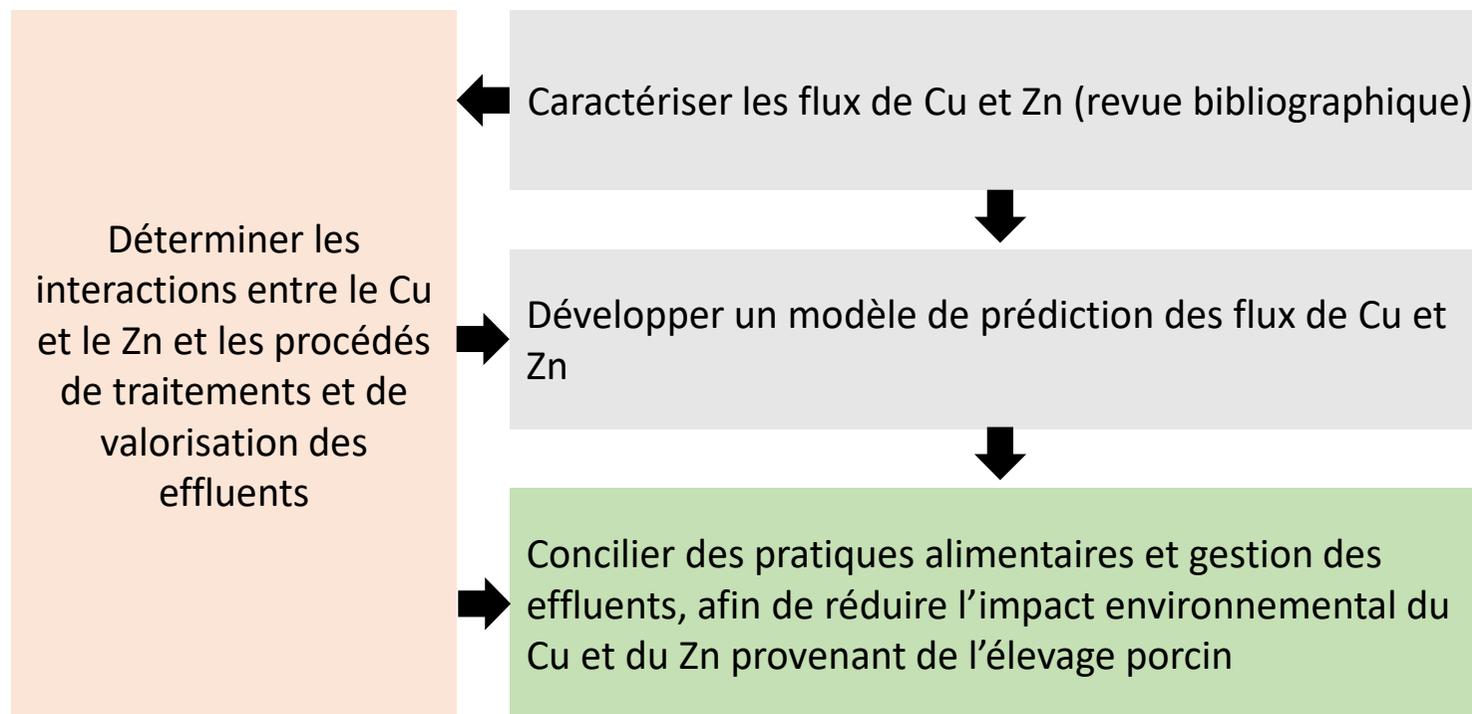


■ Excrétions ■ Produit 1 ■ Produit 2

— Réglementation N°2019/1009  
 - - Ecolabel européen  
 - - - NF Digestat de méthanisation

## ➤ Objectifs du projet

**Objectif principal :** Caractériser les flux de Cu et Zn depuis l'aliment jusqu'au sol dans la production porcine



# Merci pour votre attention