



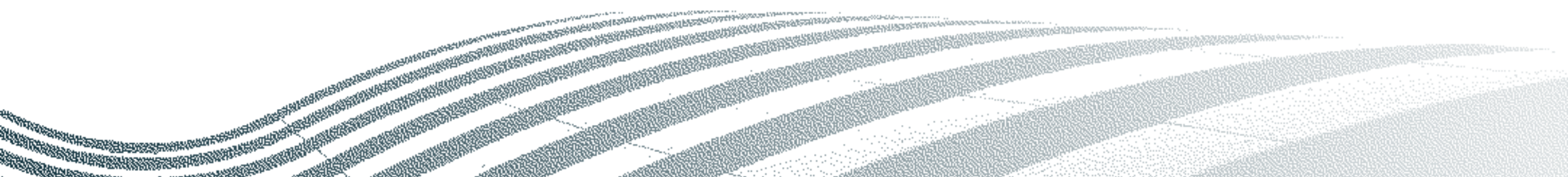
# Analyse des enjeux méthodologiques de l'analyse de cycle de vie pour l'évaluation environnementale de la fertilisation organique en agriculture



mercredi 19 novembre 2025

*Méthodologies, métriques et alignement avec les attentes réglementaires :  
de l'agroalimentaire à une bioéconomie durable et ses transformations*

**Antoine Esnouf** | Héroïse Wolff | Jeanne Serre



# evea Conseil | Outils | Formations

## ● Notre mission

Accompagner les organisations pour améliorer leur performance sociale et environnementale ; du produit à la stratégie globale.

## ● Cabinet indépendant fondé en 2005, Scop depuis 2017

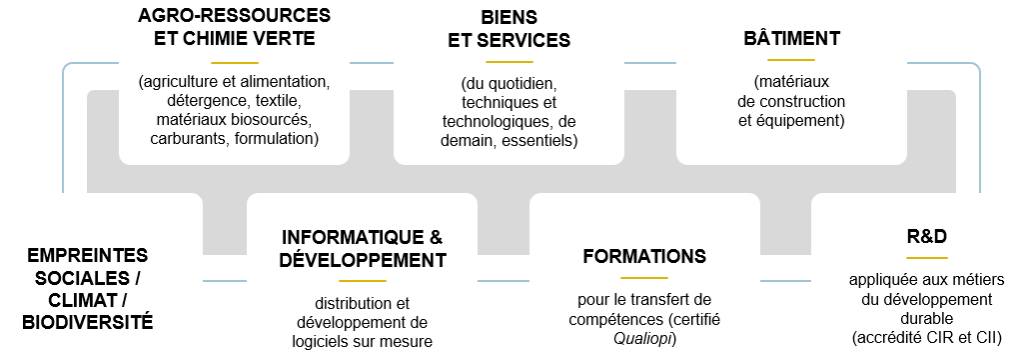
- Une équipe de 145 salarié·es associé·es
- 3 bureaux à Nantes, Lyon et Troyes
- Des représentant·es dans toute la France



## ● Nos activités

De l'évaluation objective à l'intégration de solutions opérationnelles, en passant par la R&D, la formation, les outils et logiciels, appliqués aux spécificités sectorielles et réalités terrain.

## ● 7 pôles d'expertise avec des interactions fortes



## ● Logiciels que nous éditons



## ● Logiciels que nous distribuons



# ● Contexte et objectifs

## Contexte :

- L'ACV est une méthode d'évaluation de référence pour évaluer les impacts environnementaux des pratiques agricoles
- Son application à la fertilisation via des produits résiduaux organiques (PRO) soulève des enjeux méthodologiques, en raison du double statut des PRO : à la fois intrants agricoles et voie de valorisation de déchets organiques
- ➔ Ces particularités appellent à approfondir l'évaluation réalisée avec la méthode *Environmental Footprint* (EF) pour en tenir correctement compte

## Objectifs :

- Quantifier les impacts environnementaux potentiels de divers types de PRO comme fertilisants
- Identifier les principaux points de vigilance méthodologique influençant les résultats
- Mettre en perspective les performances environnementales de la fertilisation organique en tenant compte des apports issues des évaluations approfondies complémentaires

# ● Enjeux méthodologiques approfondis



## **Stockage de carbone dans les sols**

- Prise en compte du potentiel de séquestration de carbone apporté par les PRO via le modèle AMG
- Hypothèses d'amortissement sur 20 ou 100 ans, et affectation à la durée de rotation



## **Périmètres d'analyse et fonctions des PRO**

- Application du cadre GIS REVALIM : processus de « bascule » entre traitement des déchets et fonction fertilisante
- Étude de l'impact de l'allocation des impacts selon le point de bascule



## **Modèles d'émissions azotées** et pouvoir fertilisant (Brockmann et. al, 2018)

- Analyse de la sensibilité du modèle d'émission
- Importance de la qualité des données d'entrée

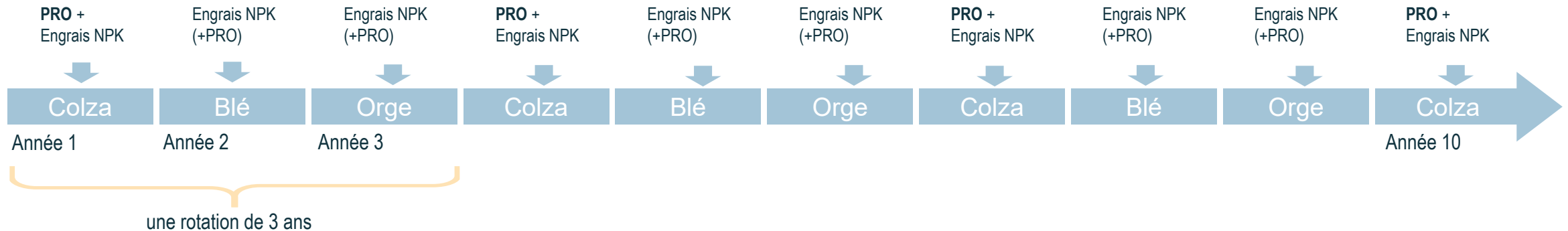
# ● Approche générale et périmètre de l'étude

- Analyse de cycle de vie (ISO 14040-44) appliquée à la fertilisation organique des sols
- Plusieurs types de PRO ont été évalués : des boues, composts, digestats
- Focus sur la fonction **fertilisante** des sols en Azote (N), Phosphore ( $P_2O_5$ ) et Potassium ( $K_2O$ )
- Méthode d'impact ACV utilisée : *Environmental Footprint*
- Couplage avec des modèles agronomiques pour :
  - ✓ Définir les besoins d'une rotation culturale sur 10 ans représentative de pratiques observées en grandes cultures dans le Bassin parisien
  - ✓ Évaluer les émissions azotées
  - ✓ Modéliser le stockage de carbone des PRO



# ● Fonction et unité fonctionnelle

- **Fonction principale** : fertilisation des sols agricoles
- **Unité fonctionnelle (UF)** : remplir les besoins annuels d'une rotation Colza / Blé / Orge en éléments azote (N), phosphore ( $P_2O_5$ ) et potassium ( $K_2O$ ) par apports de PRO et/ou d'engrais minéraux et de synthèse, sans surdose pour aucun des éléments fertilisants et en respectant la réglementation, sur une période de 10 ans



- **Quid des fonctions secondaires ?**
  - Traitement de déchets : prise en compte via le périmètre (recommandations GIS REVALIM juin 2024 pour Agribalyse)
  - Amendement : prise en compte par un stockage de carbone (bénéfice  $CO_2$ )

## ● Contribution des PRO pour répondre aux besoins des cultures en N P K

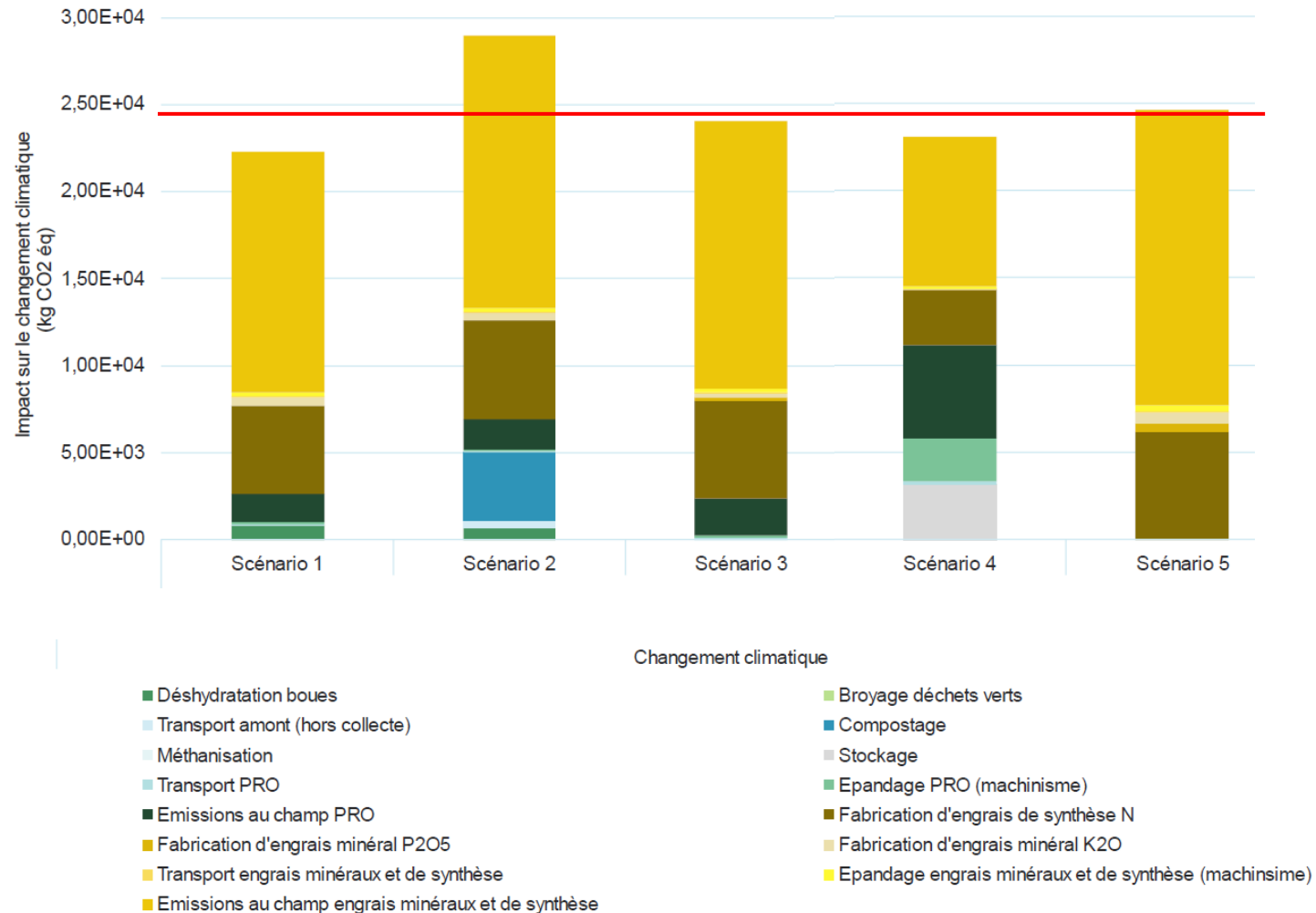
- Les besoins en NPK sont en priorité couverts par l'apport de PRO
- La quantité de PRO apportée est déterminée par l'élément limitant : c'est-à-dire dont l'apport est suffisant pour répondre aux besoins de la rotation
- Les besoins résiduels pour les autres éléments fertilisants sont complétés par des engrais minéraux et de synthèse

	Besoins des cultures			Besoins moyens sur 10 ans (kg / ha)	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
	Colza	Blé	Orge		3,3 apports PRO		3,3 apports PRO		3,3 apports PRO		10 apports PRO	
Rendement t/ha	3,8	8,0	6,98									
					Besoins remplis par le PRO	% des besoins couverts	Besoins remplis par le PRO	% des besoins couverts	Besoins remplis par le PRO	% des besoins couverts	Besoins remplis par le PRO	% des besoins couverts
Besoins N (kg/ha)	190	180	150	1733	311	18%	132	8%	161	9%	843	49%
Besoins P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	48	60	49	525	525	100%	525	100%	264	50%	525	100%
Besoins K <sub>2</sub> O (kg/ha)	32	101	90	747	75	10%	185	25%	486	65%	649	87%
Flux limitant						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Cd		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

Les éléments limitant la quantité de PRO épandue sont indiqués en rouge (P, K)

- Les apports en éléments fertilisants dépendent des teneurs en NPK des divers types de PRO
- Les taux de remplacement en azote sont globalement toujours faibles (de 8 à 49%) (Brockmann et al. 2018), du fait que les besoins en P et K sont assez vite comblés par les PRO

## ● Détail des contributions sur le changement climatique



- Les apports en P et K par les PRO limitent la quantité de PRO épandue (car le besoin est plus vite comblé par les PRO pour ces éléments, et qu'aucun élément n'est apporté en excès par rapport aux besoins)
- L'apport d'azote par le PRO reste très faible, nécessitant un complément important d'azote de synthèse pour satisfaire les besoins des cultures
- La majorité des impacts provient du N<sub>2</sub>O associé aux processus de nitrification et dénitrification de l'azote de synthèse épandu (de 40 à 70 %)

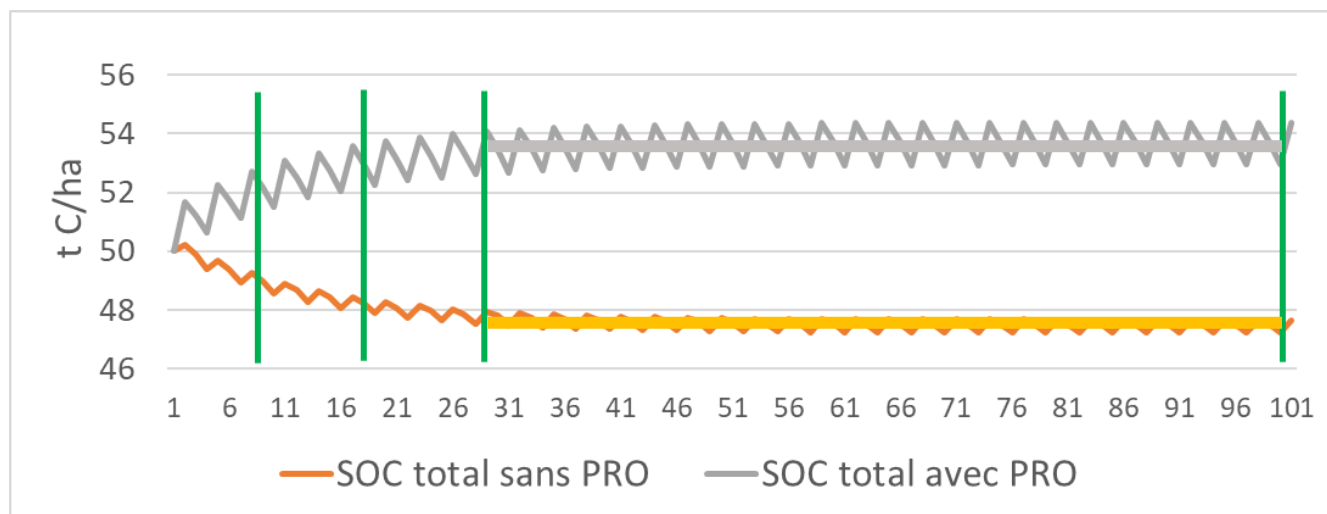


**Le taux de remplacement des engrais azotés** est un facteur déterminant pour expliquer la répartition des impacts observés

# ● Estimation du stockage de C par l'épandage de PRO

- Modèle AMG (Bouthier et al., 2014; Clivot et al., 2019; Levavasseur et al., 2020 et 2023)
- Approche retenue pour lisser les phases d'apport et sans apport à long terme
  - calcul des moyennes des stocks avec et sans apport de PRO
  - sur la période de l'année 36 à 100 ans
  - hypothèse du maintien des pratiques d'épandage sur toute la période

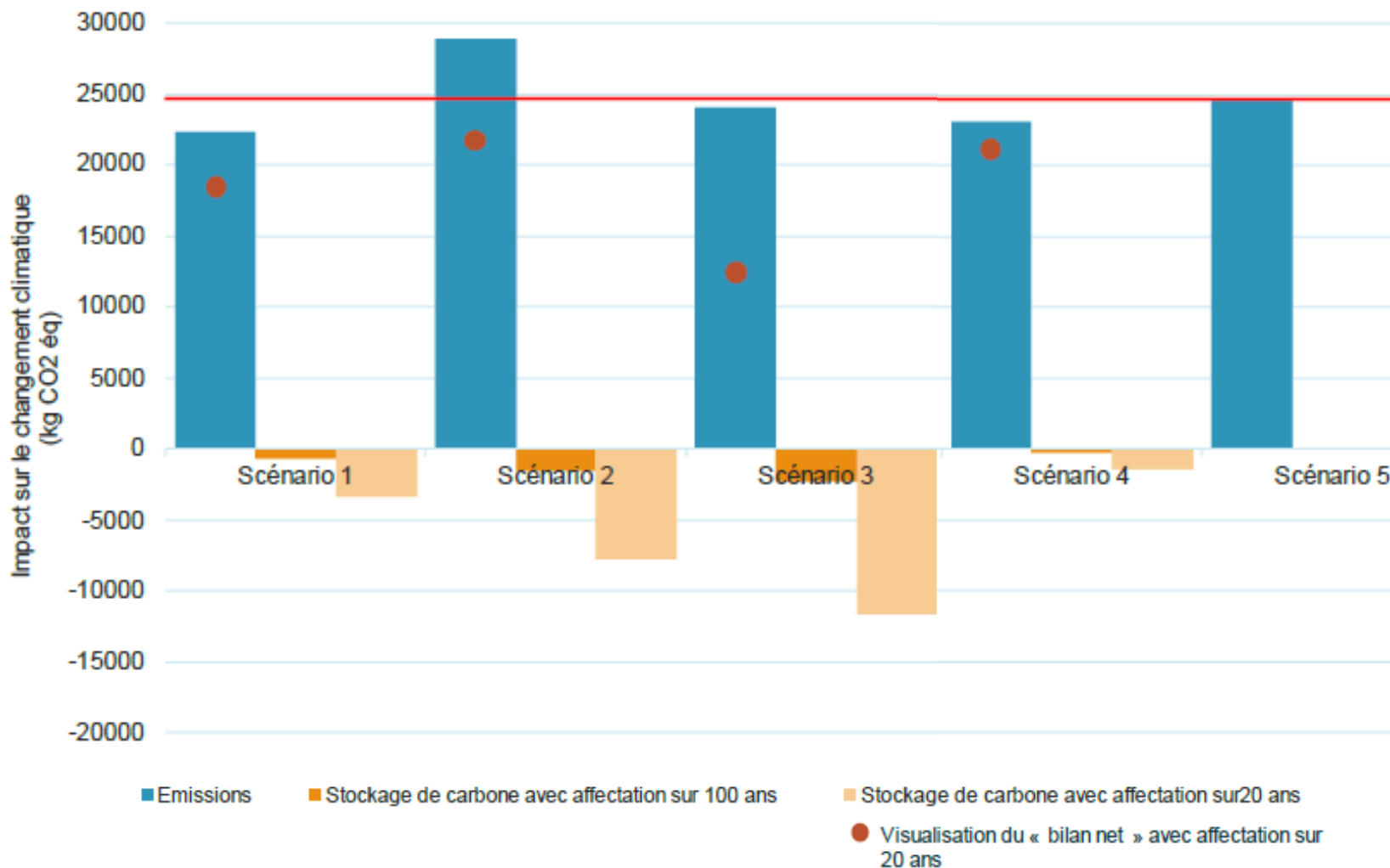
Sc3  
77 % ISMO



Différence de stock après stabilisation :  
flux additionnel de carbone avec maintien  
des pratiques

➤	Cumul total de C après stabilisation :	5,7 t C	sur les 100 ans
	Soit un cumul total en CO <sub>2</sub> eq :	21 t CO <sub>2</sub> = Cumul total / 12 x 44	sur les 100 ans
	Cumul CO <sub>2</sub> sur 10 ans (flux affecté sur 100 ans) :	2,1 t CO <sub>2</sub> = 21 / 100 x 10	sur 10 ans
	Cumul CO <sub>2</sub> sur 10 ans (flux affecté sur 20 ans) :	10,5 t CO <sub>2</sub> = 21 / 20 x 10	sur 10 ans

## ● Représentation du potentiel de stockage de carbone pour l'indicateur « changement climatique »



- Résultats équivalents en termes d'émissions générées
- La prise en compte du carbone nuance fortement les résultats pour les Sc. 2 et 3 (« atténuation » de 25 à 75% des résultats si amortissement sur 20 ans)
- Méthodologie d'amortissement déterminante

# ● Concept du point de bascule entre traitement des déchets et production de PRO

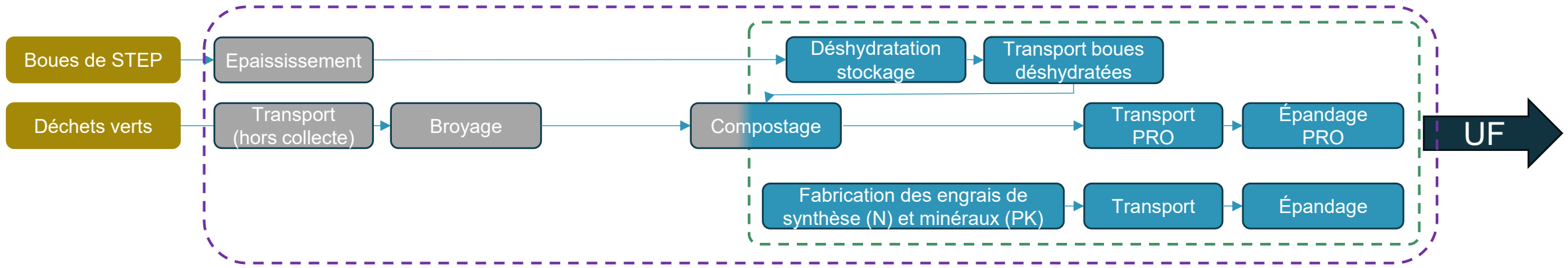


Étapes à inclure pour un périmètre « coupure intermédiaire le long de la chaîne de traitement » (recommandations GIS REVALIM pour Agribalyse)

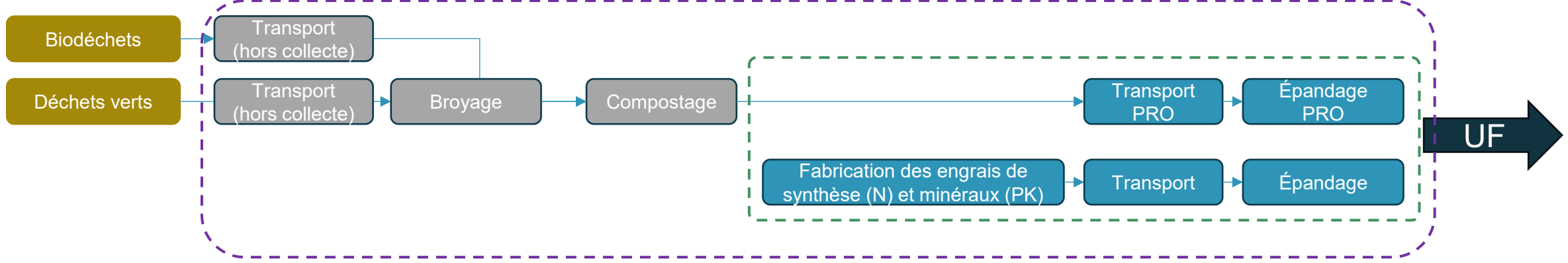


Étapes à inclure pour le périmètre « fardeau aval »

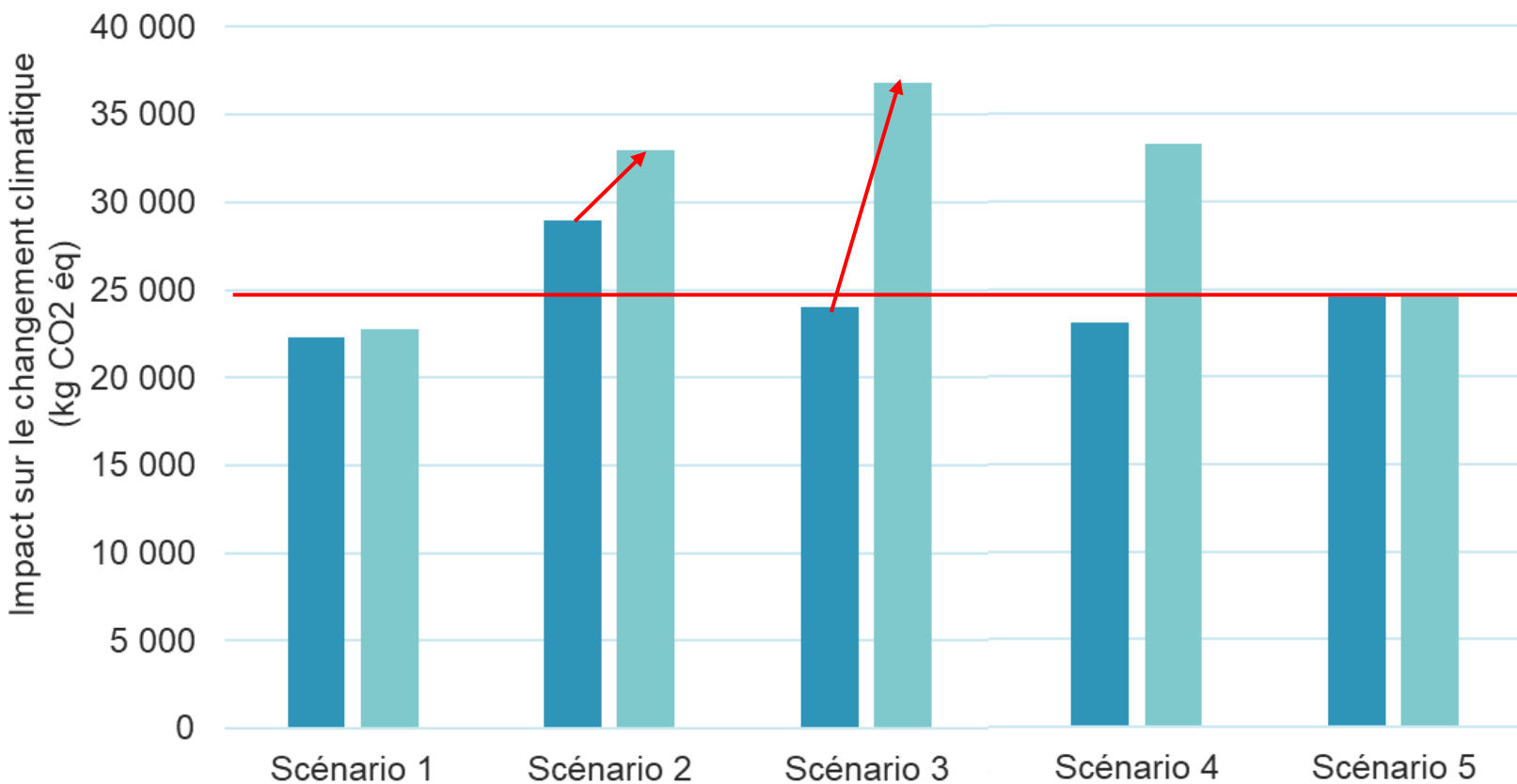
## Exemple pour un scénario « boues »



## Exemple pour un scénario « composts »

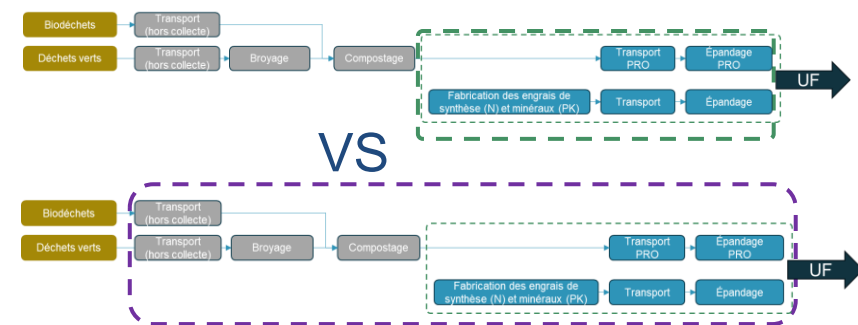


## ● Analyse de l'influence du choix du fardeau aval vs amont (GIS Revalim)



■ Coupe intermédiaire (périmètre recommandé par le GIS REVALIM)

■ Coupe fardeau aval



Le choix du point de bascule avec fardeau amont ou aval influence fortement les résultats, en particulier lorsqu'une étape de compostage intervient.

# ● Conclusion

- Le faible taux de remplacement de l'azote de synthèse par les PRO explique une part importante des tendances des résultats observés
- Certaines options techniques et les modèles d'émissions (compostage, volatilisation, pouvoir fertilisant, etc.) peuvent limiter les résultats d'impacts liés à la volatilisation de l'ammoniac
- La prise en compte de la fonction d'amendement nuance fortement les résultats, notamment par rapport à un scénario de fertilisation sans PRO
  - Notion d'amortissement et durée de rotation
  - Maintien des pratiques de land management à long terme
- Le périmètre d'analyse, tel que recommandé par le GIS REVALIM, influence fortement les résultats : inclusion ou exclusion du compostage selon le type de PRO modifie les impacts estimés



**Ces résultats soulignent l'importance de choix méthodologiques et de l'usage de modèles complémentaires pour une évaluation des enjeux environnementaux de la fertilisation organique.**



Merci de votre  
attention !

---

[a.esnouf@evea-conseil.com](mailto:a.esnouf@evea-conseil.com)

>EVEA  
11 rue Arthur III  
44200 Nantes  
02 28 07 87 00

<https://evea-conseil.com/>



> Suivez-nous sur LinkedIn

