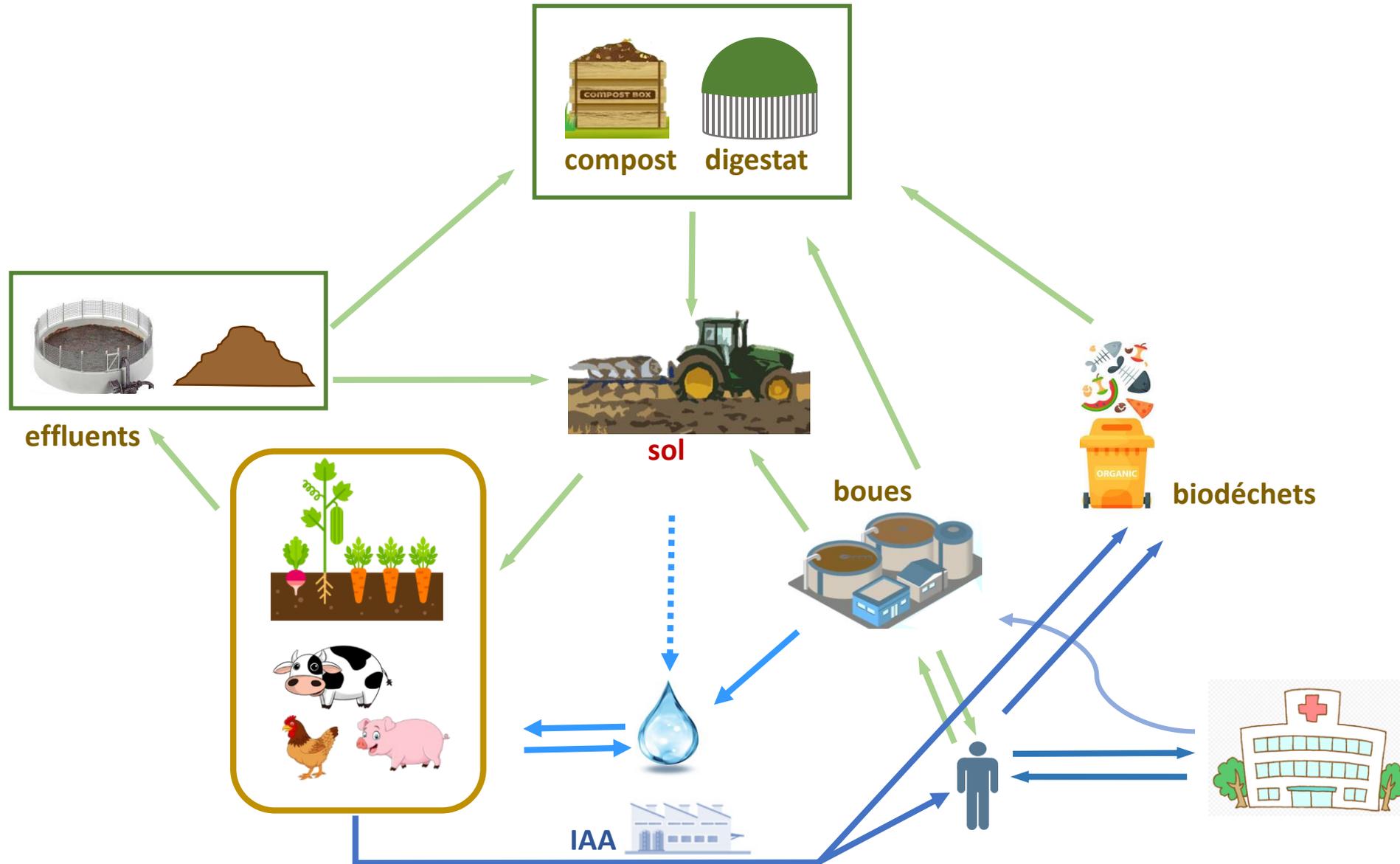




# Introduction de produits résiduaires organiques dans les pratiques de fertilisation : conséquence sanitaire et sur l'antibiorésistance dans les sols

*Sylvie Nazaret et Pascal Piveteau*

# Matières fertilisantes et supports de culture sources de contaminants?



## ➤ Données disponibles

Expérimentations en conditions de laboratoire



Données du terrain



Sites expérimentaux



Études longitudinales

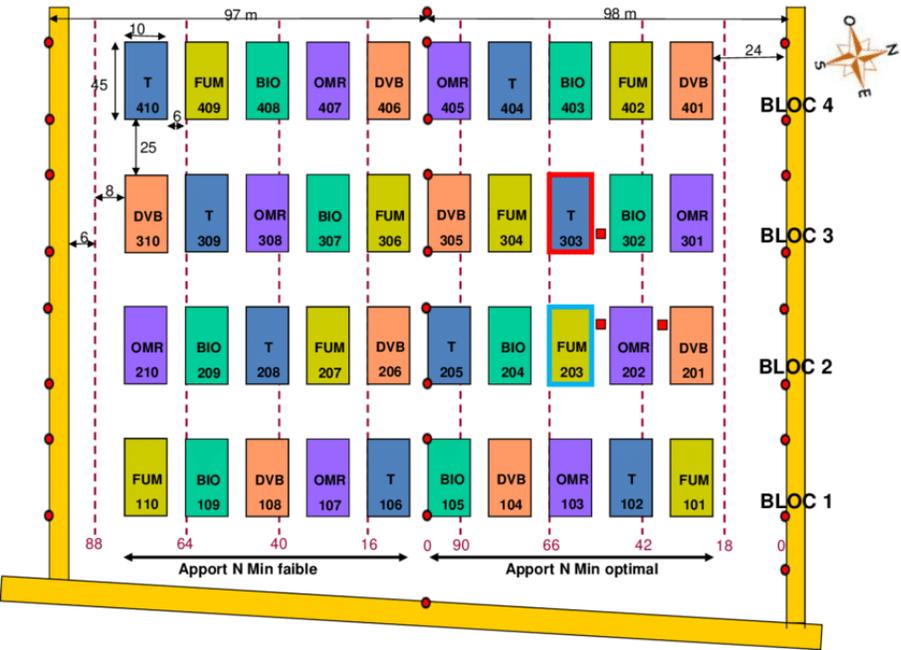
Majorité des données :  
coliformes, *E. coli* et ses pathotypes  
*Clostridium sp.*  
*Salmonella enterica*  
*Listeria monocytogenes*  
*Enterococcus sp.*  
*Campylobacter jejuni*

Manque de données sur :

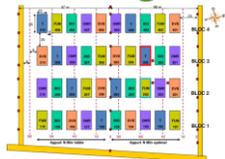
- ✓ Virus
- ✓ Parasites
- ✓ Microorganismes phytopathogènes
- ✓ Pathogènes d'intérêt vétérinaire (hors agents zoonotiques)

# ➤ Les sites utilisés

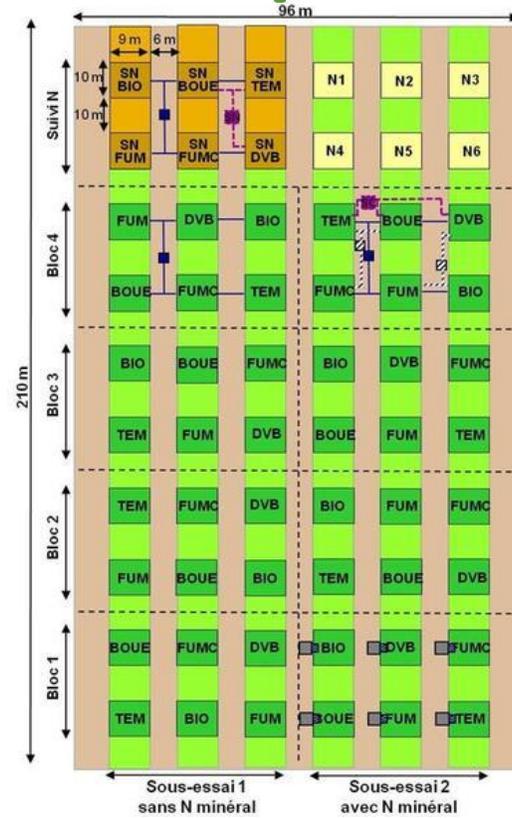
## Qualiagro



### Qualiagro



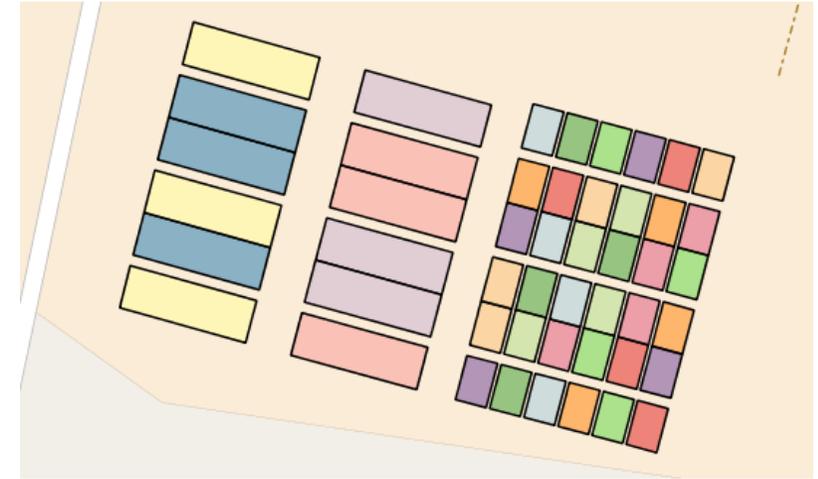
## PRO'spective



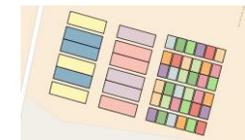
### PRO'spective



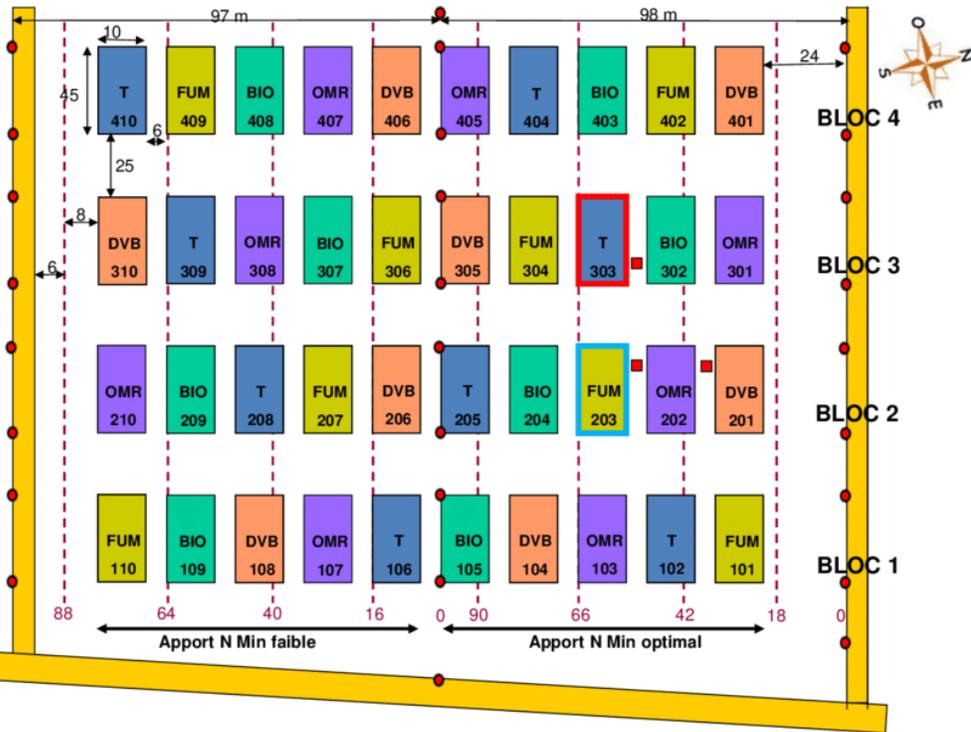
## EFELE



### EFELE



## ➤ Qualiagro : composts et suivis d'indicateurs sanitaires



Recherche de Bactéries indicatrices d'efficacité de traitement (BIET)

*E. coli*

*Enterococcus sp.*

*C. perfringens*

Recherche de pathogènes

*Salmonella enterica*

*Listeria monocytogenes*

Œufs d'helminthes

Agriculture, Ecosystems and Environment 160 (2012) 91–98

Contents lists available at ScienceDirect



ELSEVIER

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/agee](http://www.elsevier.com/locate/agee)



Compost ordures ménagères fermentescibles (MSW)  
Compost boues STEP + déchets verts (GWS)  
Compost biodéchets + déchets verts (BIO)  
Fumier bovin (FYM)  
Contrôle non amendé (CTR)

Occurrence of pathogens in soils and plants in a long-term field study regularly amended with different composts and manure

V. Brochier<sup>a,\*</sup>, P. Gourland<sup>a</sup>, M. Kallassy<sup>b</sup>, M. Poitrenaud<sup>a</sup>, S. Houot<sup>c</sup>

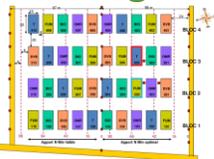
<sup>a</sup> Veolia Environment Research & Innovation, 291 av Dreyfous Ducas, F-78520 Limay, France

<sup>b</sup> Veolia Environmental Services, F-92000 Nanterre, France

<sup>c</sup> INRA, UMR Environment and Arable Crops, F-78850 Thiverval-Grignon, France

# ➤ Qualiagro : composts et suivis d'indicateurs sanitaires

## Qualiagro

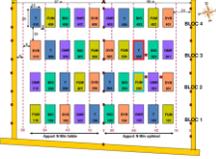


### Intrants

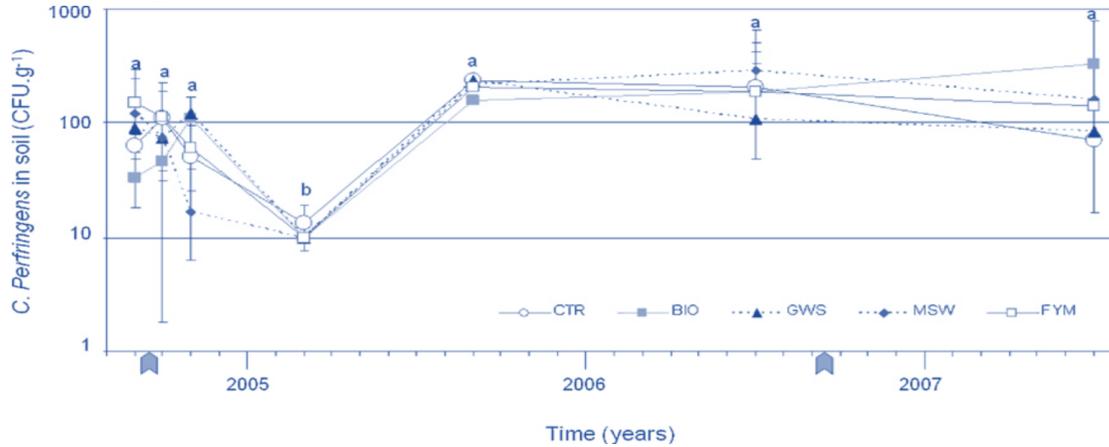
intrant	Année	<i>E. coli</i> cfu/g	<i>C. perfringens</i> cfu/g	<i>Enterococcus</i> (MPN/g)	<i>S. enterica</i>	<i>L. monocytogenes</i>	Œufs helminthes
Compost ordures ménagères (MSW)	2004	< 10	10	<b>10<sup>6</sup></b>	Non détectée	Non détectée	Non détectés
	2006	< 10 <sup>2</sup>	<b>2,7 10<sup>2</sup></b>	<b>1,3 10<sup>5</sup></b>			
	2007	< 10 <sup>2</sup>	<b>1,9 10<sup>2</sup></b>	<b>3,1 10<sup>4</sup></b>			
Compost biodéchets (BIO)	2004	< 10	<b>1,5 10<sup>2</sup></b>	<b>1,8 10<sup>4</sup></b>	Non détectée	Non détectée	Non détectés
	2006	< 10 <sup>2</sup>	<b>2,0 10<sup>2</sup></b>	9,3 10 <sup>2</sup>			
	2007	< 10 <sup>2</sup>	<b>2,9 10<sup>2</sup></b>	7,9 10 <sup>3</sup>			
Compost biodéchets (BIO)	2004	10	<10	<b>4,0 10<sup>4</sup></b>	Non détectée	Non détectée	Non détectés
	2006	< 10 <sup>2</sup>	<10	2,8 10 <sup>2</sup>			
	2007	< 10 <sup>2</sup>	27	1,2 10 <sup>2</sup>			
Fumier bovin (FYM)	2004	17	<10	<b>2,2 10<sup>5</sup></b>	Non détectée	Non détectée	Non détectés
	2006	< 10 <sup>2</sup>	<b>4,2 10<sup>3</sup></b>	<b>3,6 10<sup>5</sup></b>			<b>Détectés</b>
	2007	< 10 <sup>2</sup>	<b>1,5 10<sup>4</sup></b>	<b>5,0 10<sup>4</sup></b>			Non détectés

# ➤ Qualiagro : composts et suivis d'indicateurs sanitaires

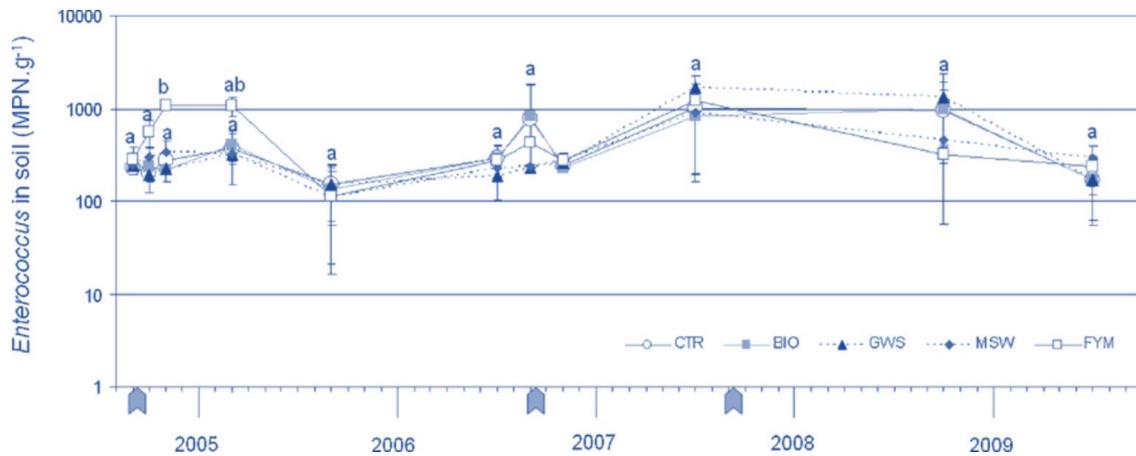
## Qualiagro



Parcelles amendées – recherche de bactéries indicatrices

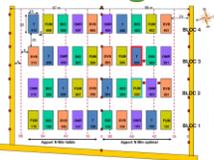


Pas de détection d'*E. coli*



# ➤ Qualiagro : composts et suivis d'indicateurs sanitaires

Qualiagro

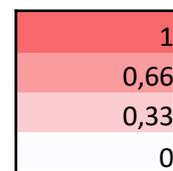


## Parcelles amendées – recherche de pathogènes

Épandage 2004	Temps après épandage (mois)	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. enterica</i>	Œufs helminthes
<b>Control (CTR)</b>	1			0,33
	2			
	6			
	12			
	22			
Compost ordures ménagères ( <b>MSW</b> )	1			
	2			0,33
	6			0,66
	12			
	22			
Compost biodéchets ( <b>BIO</b> )	1			0,33
	2		0,33	
	6			
	12			
	22			
Compost boues de STEP et déchets verts ( <b>GWS</b> )	1			
	2			
	6			0,33
	12			
	22			
Fumier bovin ( <b>FYM</b> )	1			
	2			0,33
	6			1
	12			
	22			

épandage 2006	Temps après épandage (mois)	Œufs helminthes
<b>Control (CTR)</b>	2	
	10	
Compost ordures ménagères ( <b>MSW</b> )	2	
	10	
Compost biodéchets ( <b>BIO</b> )	2	
	10	
Compost boues de STEP et déchets verts ( <b>GWS</b> )	2	
	10	0,33
Fumier bovin ( <b>FYM</b> )	2	
	10	

épandage 2007	Temps après épandage (mois)	Œufs helminthes
<b>Control (CTR)</b>	2	
	10	
Compost ordures ménagères ( <b>MSW</b> )	2	
	10	
Compost biodéchets ( <b>BIO</b> )	2	
	10	
Compost boues de STEP et déchets verts ( <b>GWS</b> )	2	
	10	0,33
Fumier bovin ( <b>FYM</b> )	2	
	10	

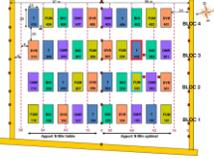


Ratio de parcelles positives

# Projet européen ECOSOM: Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services



Qualiagro



Intrants

Intrants utilisés pour le 8<sup>ème</sup> épandage (2011)

Recherche de bactéries BIET

*E. coli*

*Enterococcus faecalis*

Recherche de pathogènes

*Listeria monocytogenes*

Bactéries porteuses de *bla<sub>ctx-M1</sub>*

Intrants	Détection moléculaire (copies/g)			
	<i>E. coli</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>L. monocytogenes</i>	Bactéries porteuses de <i>bla<sub>ctx-M1</sub></i>
Compost ordures ménagères (MSW)	3,6 10 <sup>5</sup>	1,4 10 <sup>5</sup>	nd	nd
Compost biodéchets (BIO)	6,9 10 <sup>4</sup>	nd*	nd	nd
Compost boues de STEP et déchets verts (GWS)	8,2 10 <sup>3</sup>	1,1 10 <sup>5</sup>	nd	nd
Fumier bovin (FYM)	5,3 10 <sup>2</sup>	nd	nd	nd

\* < 5 10<sup>3</sup> copies/g



# Projet européen ECOSOM: Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services



Parcelles amendées – recherche de bactéries indicatrices

## *E. coli*

## *E. faecalis*

Parcelle	Détection moléculaire (copies/g)			Culture
	Avant amendement	1 mois après amendement	6 mois après amendement	6 mois après amendement
Control		0,25	0,5	0,5
Compost ordures ménagères (MSW)		1	1	0,75
Compost biodéchets (BIO)	0,5	0,75	0,25	0,5
Compost boues de STEP et déchets verts (GWS)		0,25	1	0,75
Fumier bovin (FYM)	1	0,25	1	0,75

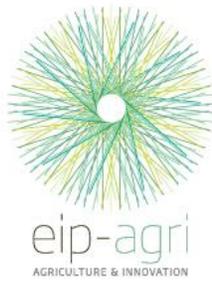
Parcelle	Détection moléculaire (copies/g)		
	Avant amendement	1 mois après amendement	6 mois après amendement
Control			
Compost ordures ménagères (MSW)			0,25
Compost biodéchets (BIO)			0,25
Compost boues de STEP et déchets verts (GWS)			
Fumier bovin (FYM)			0,25



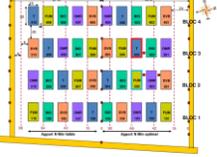
Ratio de parcelles positives



# Projet européen ECOSOM: Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services



Qualiagro



Parcelles amendées – recherche de pathogènes

*L. monocytogenes*

Bactéries porteuses de *bla*<sub>ctx-M1</sub>

Parcelle	Détection moléculaire (copies/g)		
	Avant amendement	1 mois après amendement	6 mois après amendement
Control	0,25		
Compost ordures ménagères (MSW)			0,25
Compost biodéchets (BIO)			
Compost boues de STEP et déchets verts (GWS)			
Fumier bovin (FYM)			0,25

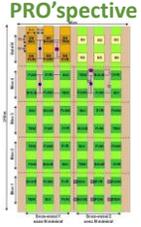
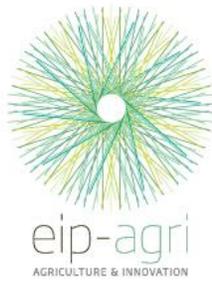
Parcelle	Détection moléculaire (copies/g)			Méthode culturale
	Avant amendement	1 mois après amendement	6 mois après amendement	6 mois après amendement
Control	0,25			
Compost ordures ménagères (MSW)	0,5	0,25	0,25	
Compost biodéchets (BIO)		0,25		
Compost boues de STEP et déchets verts (GWS)	0,25		0,5	
Fumier bovin (FYM)		0,25	0,75	



Ratio de parcelles positives



# Projet européen ECOSOM: Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services



Intrants

Intrants utilisés pour le 6<sup>ème</sup> épandage (2013)

Intrants	Détection moléculaire (copies/g)			
	<i>E. coli</i>	<i>E. faecalis</i>	Bactéries porteuses de <i>bla<sub>ctx-M1</sub></i>	Bactéries porteuses de <i>bla<sub>ctx-M9</sub></i>
Compost biodéchets (BIO)	1,1 10 <sup>5</sup>	nd*	nd	nd
Boue STEP (SS)	4,0 10 <sup>6</sup>	9,8 10 <sup>6</sup>	2,0 10 <sup>7</sup>	2,8 10 <sup>6</sup>
Compost boues de STEP (GWS)	3,3 10 <sup>4</sup>	nd	4,6 10 <sup>4</sup>	nd
Fumier bovin (FYM)	1,8 10 <sup>5</sup>	2,8 10 <sup>6</sup>	2,2 10 <sup>5</sup>	nd
Compost fumier bovin (FYMC)	3,0 10 <sup>5</sup>	9,1 10 <sup>5</sup>	4,1 10 <sup>4</sup>	nd

\* < 5 10<sup>3</sup> copies/g

Recherche de BIET

*E. coli*

*Enterococcus faecalis*

Recherche de bactéries antibiorésistantes

Bactéries porteuses de *bla<sub>ctx-M1</sub>*

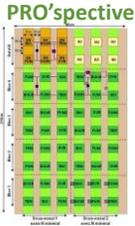
Bactéries porteuses de *bla<sub>ctx-M9</sub>*



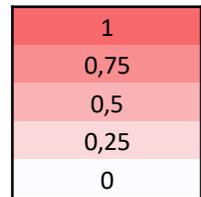
# Projet européen ECOSOM: Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services



Parcelles amendées – recherche dans le sol



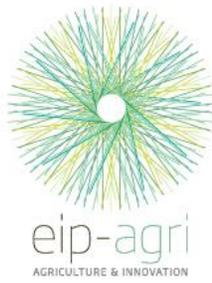
Parcelle	Détection moléculaire (copies/g)					
	<i>E. coli</i>		<i>E. faecalis</i>		Bactéries porteuses de <i>bla<sub>ctx-M1</sub></i> et <i>bla<sub>ctx-M9</sub></i>	
	<i>Avant amendement</i>	<i>3 semaines après</i>	<i>Avant amendement</i>	<i>3 semaines après</i>	<i>Avant amendement</i>	<i>3 semaines après</i>
Control	0,5	0,75				
Control + azote minéral	0,5	0,5				
Compost biodéchets (BIO)	0,5	0,5				
Boue STEP (SS)	0,25	0,25	0,25			0,25
<b>Compost boues de STEP (GWS)</b>	0,5	1	0,25			
Fumier bovin (FYM)	0,25	0,25	0,25		0,25	
Compost fumier bovin (FYMC)	0,25	0,75	0,25			



Ratio de parcelles positives



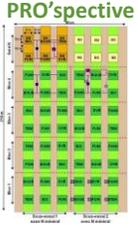
# Projet européen ECOSOM: Soil organic matter as a key factor in the provision of soil ecosystem services



Parcelles amendées – recherche dans les lixiviats 3 mois après épandage

Parcelle	Détection moléculaire (copies/L)	
	<i>E. coli</i>	Bactéries porteuses de <i>bla<sub>ctx-M1</sub></i>
Control + azote minéral	<b>1,8 10<sup>3</sup></b>	nd
Compost biodéchets (BIO)	<b>1,9 10<sup>3</sup></b>	nd
Boue STEP (SS)	nd*	nd
<b>Compost</b> boues de STEP (GWS)	<b>9,57 10<sup>3</sup></b>	nd
Fumier bovin (FYM)	nd	nd
Compost fumier bovin (FYMC)	nd	nd

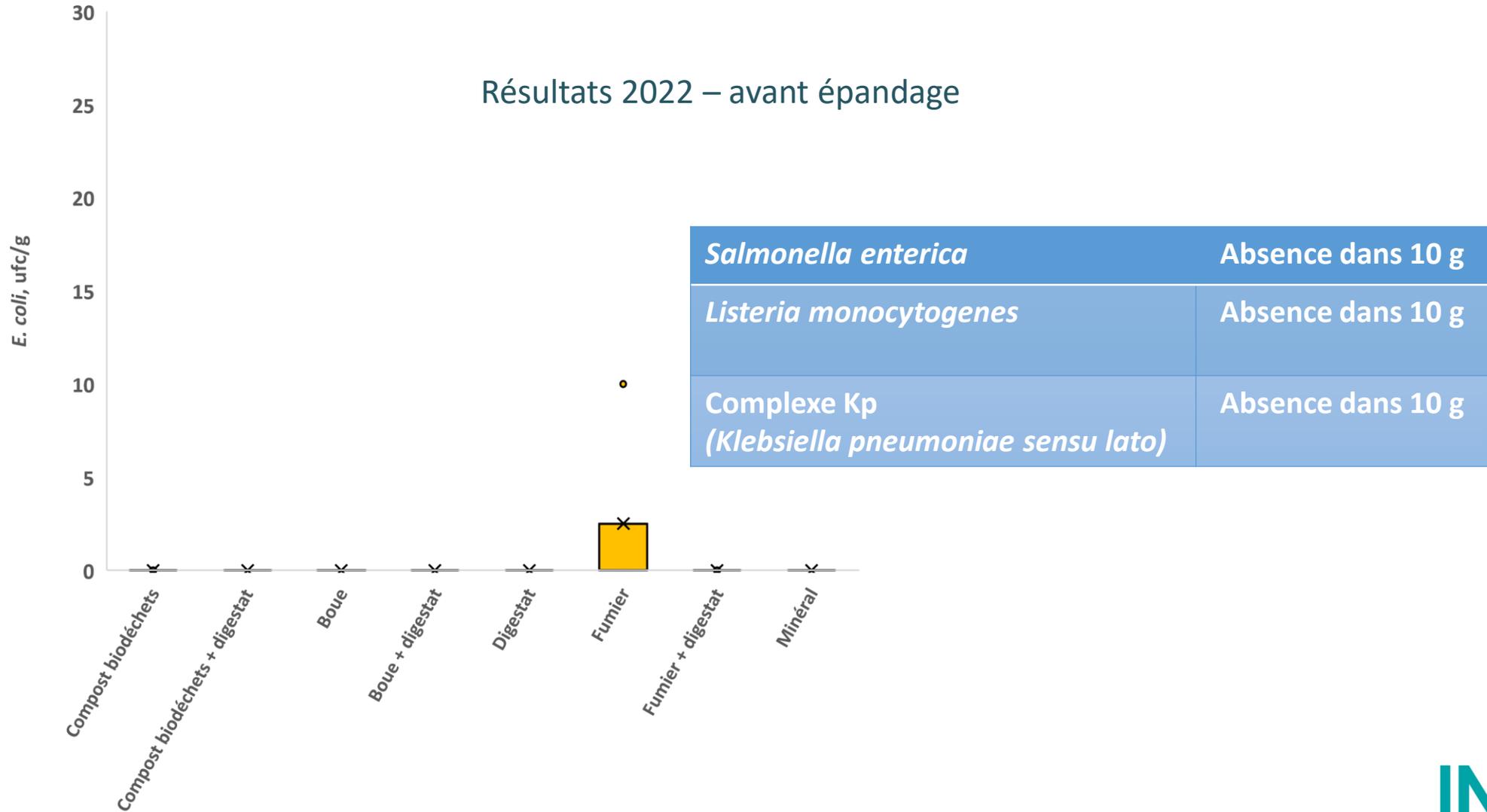
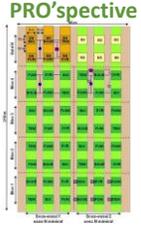
\* < 10<sup>3</sup>/L





# Projet Metha-BioSol

## Impact des digestats sur la qualité biologique des sols



## ➤ Site EFELE : effluents traités/non traités et suivis d'indicateurs sanitaires



Lisier de porc  
Fumier de volailles  
Fumier de porc  
Compost de Fumier de porc  
Digestat de lisier de porc  
Témoin fertilisation minérale



**EFFETS AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX, SUR LE LONG TERME, D'APPORTS DE PRODUITS ORGANIQUES ISSUS DES ELEVAGES**

Plateforme EFELE DU SOERE pro  
Période 2017-2021

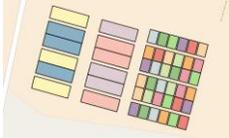
**RAPPORT FINAL**

Aout  
2022

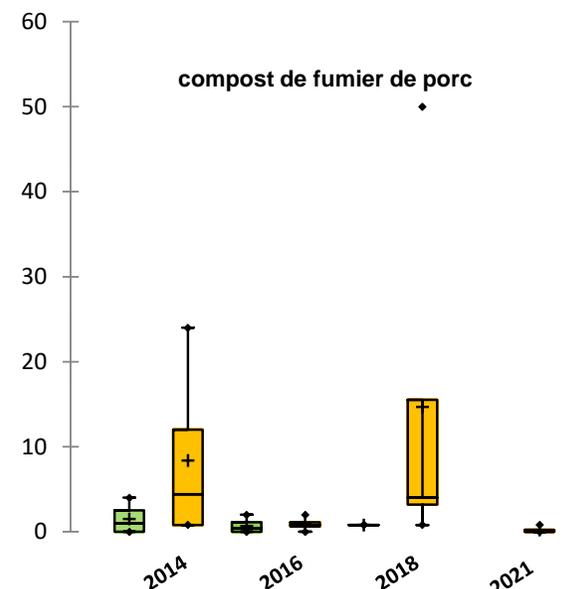
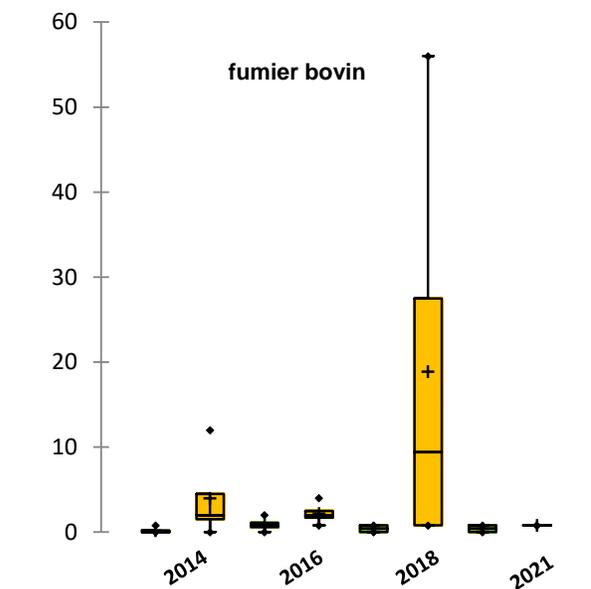
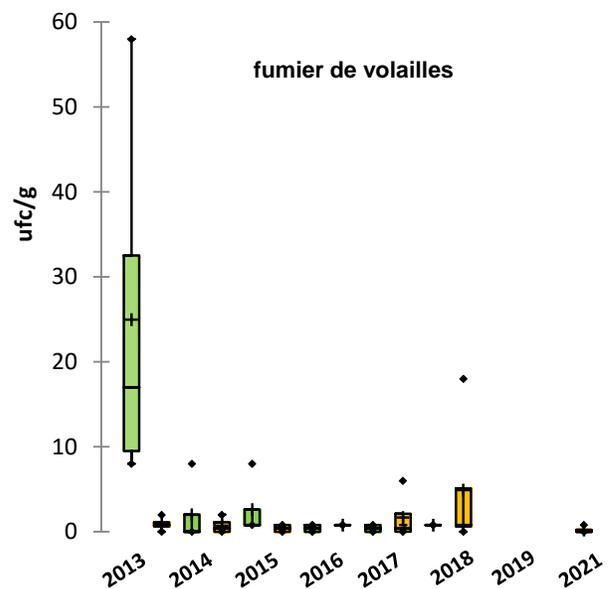
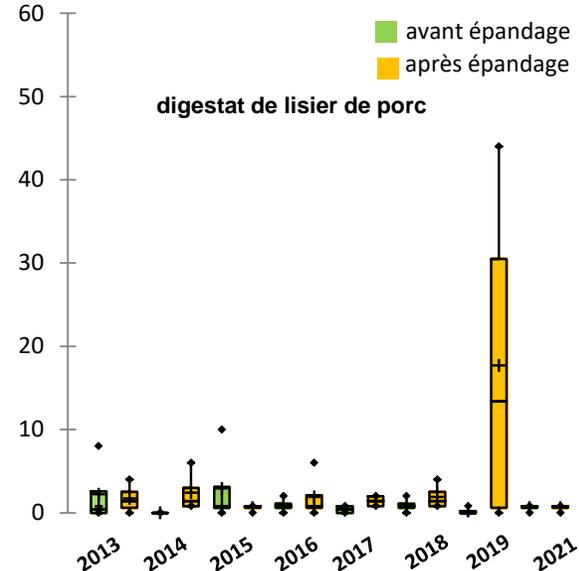
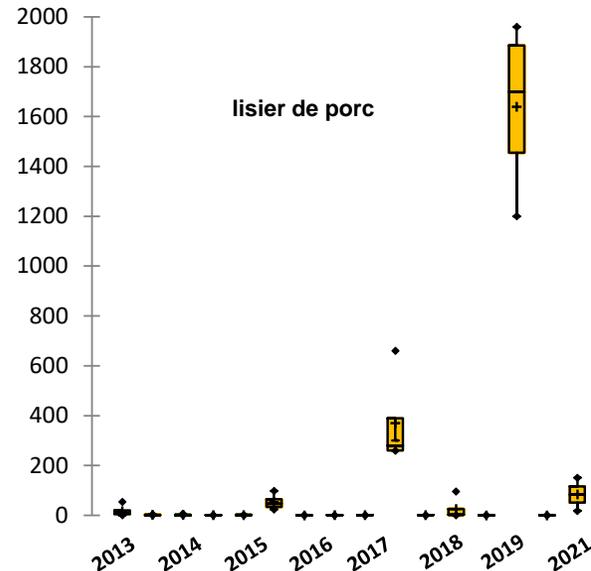
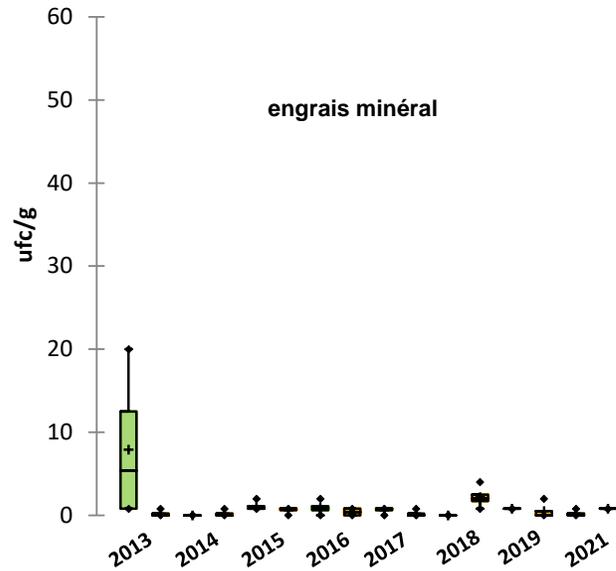


# ➤ EFELE : effluents traités/non traités et suivis d'indicateurs sanitaires

EFELE



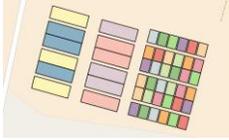
Dénombrement d'*E. coli* : 2013-2021



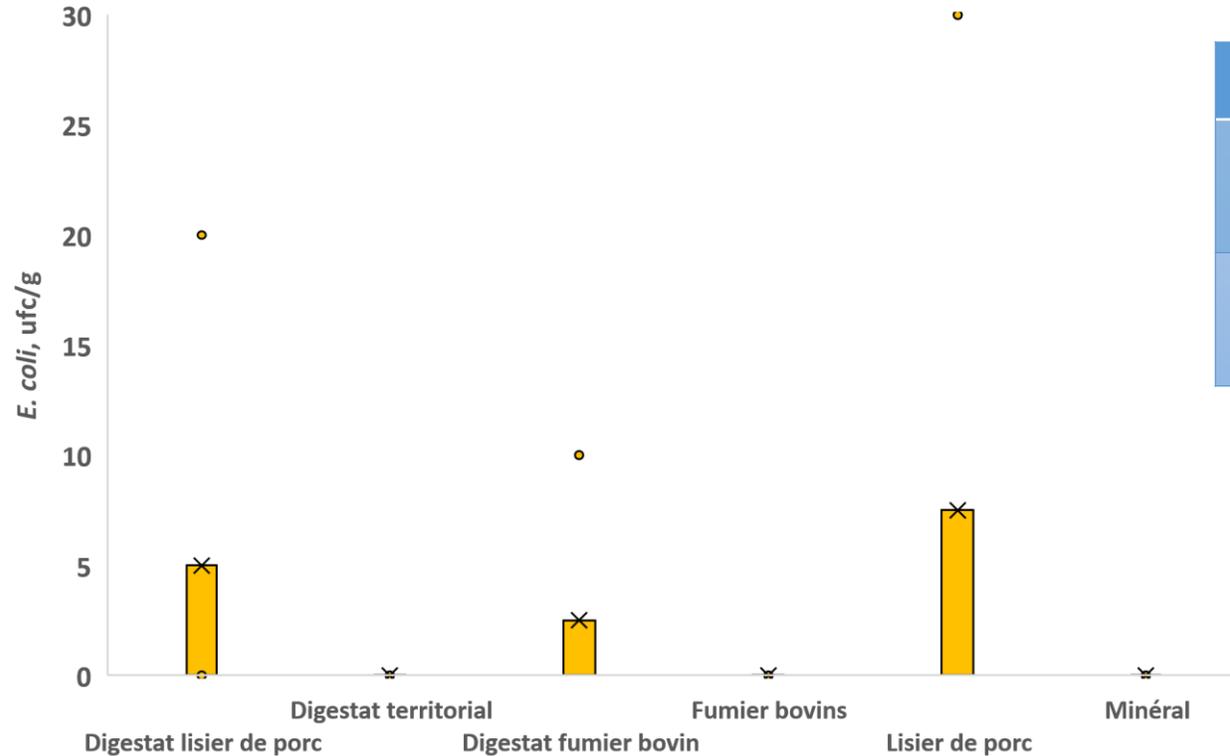
# Projet Metha-BioSol

## Impact des digestats sur la qualité biologique des sols

EFELE



Résultats 2022. Nouveau dispositif – avant épandage



<i>Salmonella enterica</i>	Absence dans 10 g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Absence dans 10 g
Complexe Kp ( <i>Klebsiella pneumoniae sensu lato</i> )	Présence de <i>K. variicola</i> (1 échantillon sur 24)

## ➤ Des données difficiles à interpréter

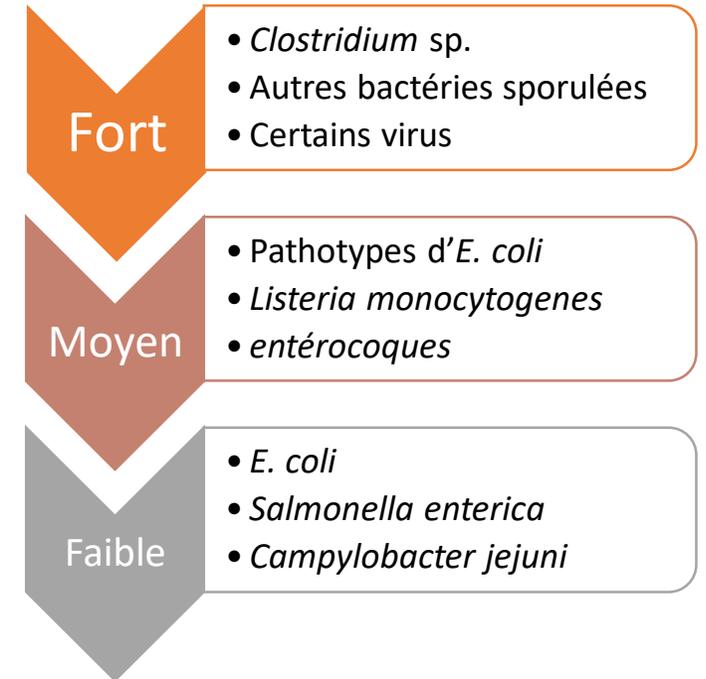
- ✓ Détection sporadique de BIET et de pathogènes
- ✓ Difficulté de corrélérer avec la nature des intrants

## ➤ Importance des caractéristiques intrinsèques des pathogènes

✓ Résultats variables selon l'espèce

- Formes de persistance
- Compétitivité (registre métabolique, antibiose...)
- Diversité génomique

Temps de survie après épandage



# ➤ Importance des caractéristiques du milieu receveur

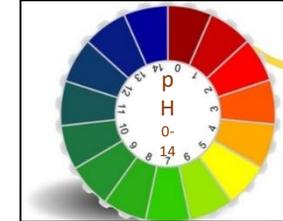
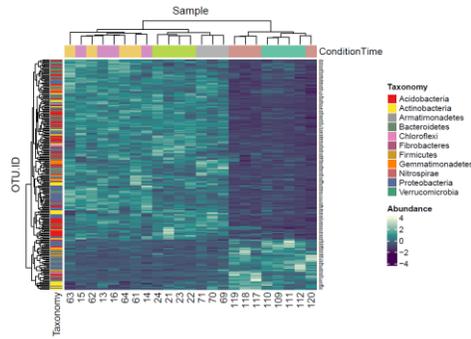
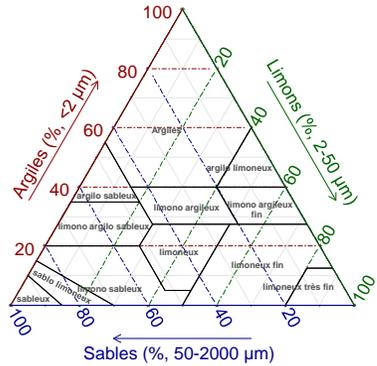
Texture

Diversité microbienne

Teneur en eau

pH

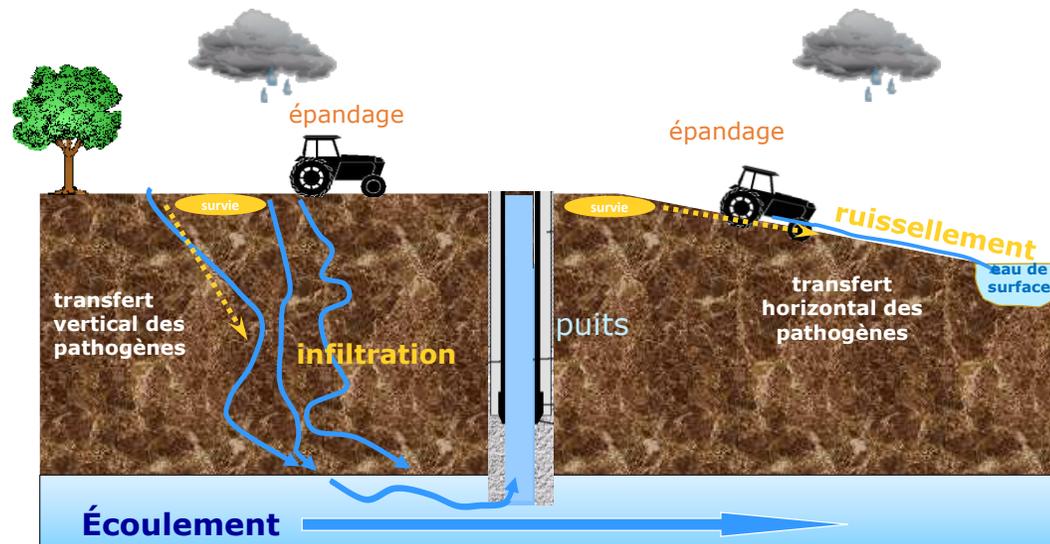
Teneur en matière organique



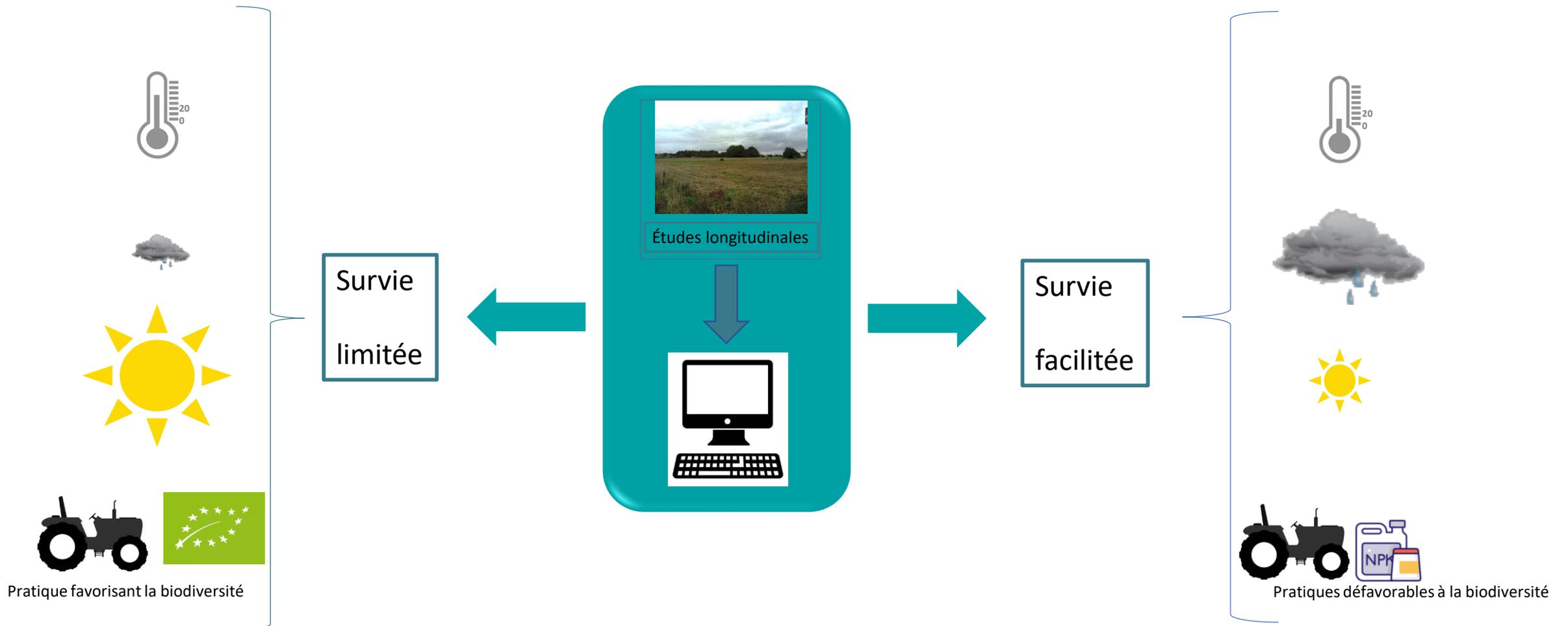
Géologie

Profondeur de sol

Pente



# ➤ Importance des pratiques culturales et de la météorologie



## ➤ Conclusions/réflexions

- ✓ Production d'intrants organiques sans indésirables peu envisageable
- ✓ Nécessité de gestion des risques
- ✓ Prise en compte des caractéristiques du milieu receveur nécessaire
- ✓ Meilleure connaissance de l'écologie des pathogènes dans les agroenvironnements
- ✓ Penser flux/transferts