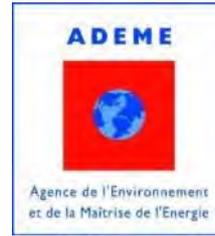




NF EN ISO 9001



CRITT MATERIAUX ALSACE



# *Evaluation de l'écotoxicité et de la dégradation de matériaux d'emballage en plastique dits « biodégradables » et compostés*

## *BioPlasTox*

Etude suivie par:

RITTMO Agroenvironnement (Pascale CHENON)

CRITT Matériaux Alsace (Josselin MAYINGI)



# Contexte

- **Contexte environnemental**

- Impact direct de ces matériaux : usage agricole
- Impact indirect des produits de dégradation de ces matériaux via
  - Molécules monomères ou oligomères
  - Antioxydants, colorants,...
- Évaluation des polymères et des produits de dégradation par des méthodes biologiques & chimiques

- **Contexte scientifique**

- Peu de recherches et de publications disponibles sur les aspects innocuité
- Enrichir les informations de la communauté scientifique

## Évaluer les dangers pour l'environnement des plastiques dits « biodégradables » par compostage

1. Mise en place du compostage de déchets verts + plastique biodégradable
2. Suivi de la dégradation des matériaux plastiques et du procédé de compostage
3. Évaluation écotoxicologique des composts produits
4. Utilisation du compost pour la fertilisation de sols destinés à la culture maraîchère

# Déroulement du projet

3 procédés de compostage (DEWAR – pilote – PFC) en parallèle pour suivre le procédé de compostage et la qualité du compost (innocuité, conformité normes, efficacité/culture plantes)



6 litres  
52 jours



100 litres  
5,5 mois



Andain 15 m<sup>3</sup>  
6 mois

# Déroulement du projet

Paramètres suivis :

- La minéralisation du carbone
- L'évolution de la température
- L'évolution des matériaux
- Écotoxicité des composts
- Culture maraichère (haricots et carottes)



# Matériaux et doses testés

Témoin = déchets verts frais



5%  
5%

2,5% et 5%  
2,5% et 5%

2,5%



DV + PLA (2,5%)



DV + PLA (5%)



DV + sacs (2,5%)



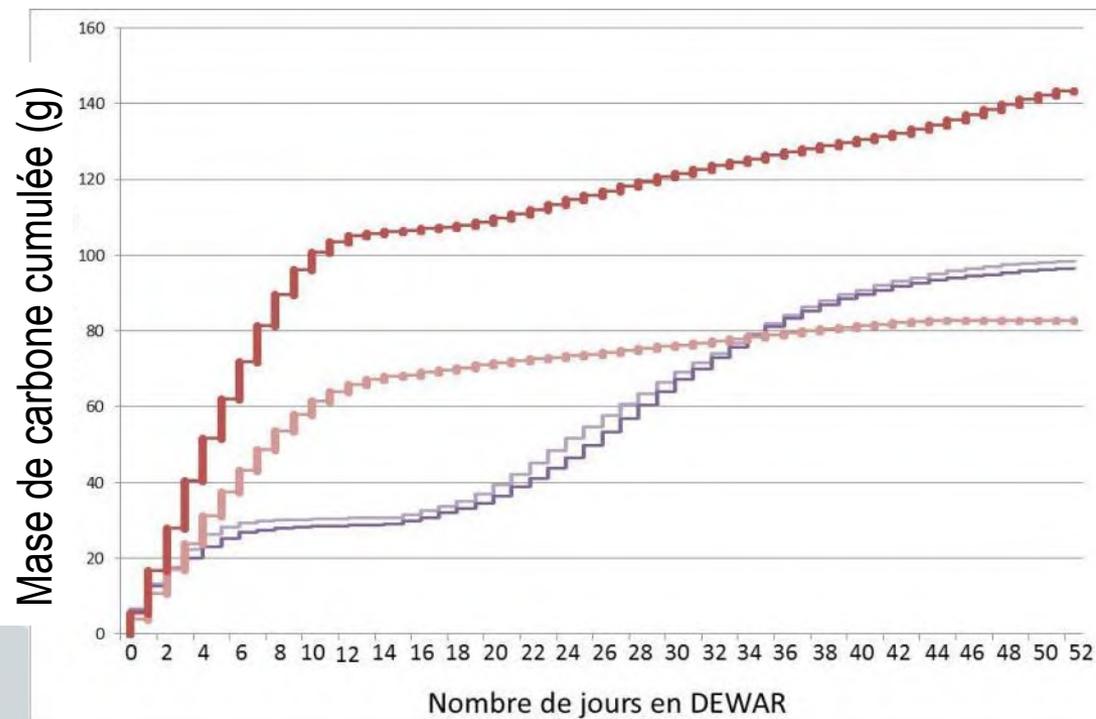
DV + sacs (5%)



## Evolution du procédé de compostage par le suivi du CO2 et de la température

# Résultats obtenus

Evolution du procédé de compostage par le suivi du CO2 et de la température



DV + PLA 5%

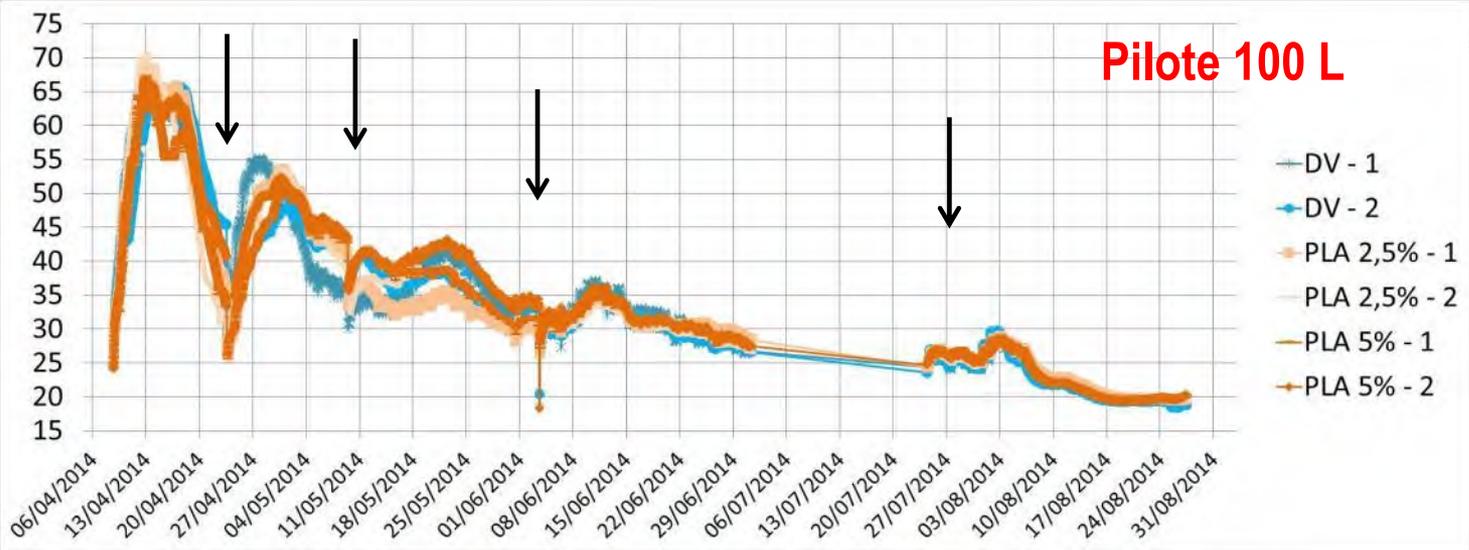
DV + sac 5%

DV

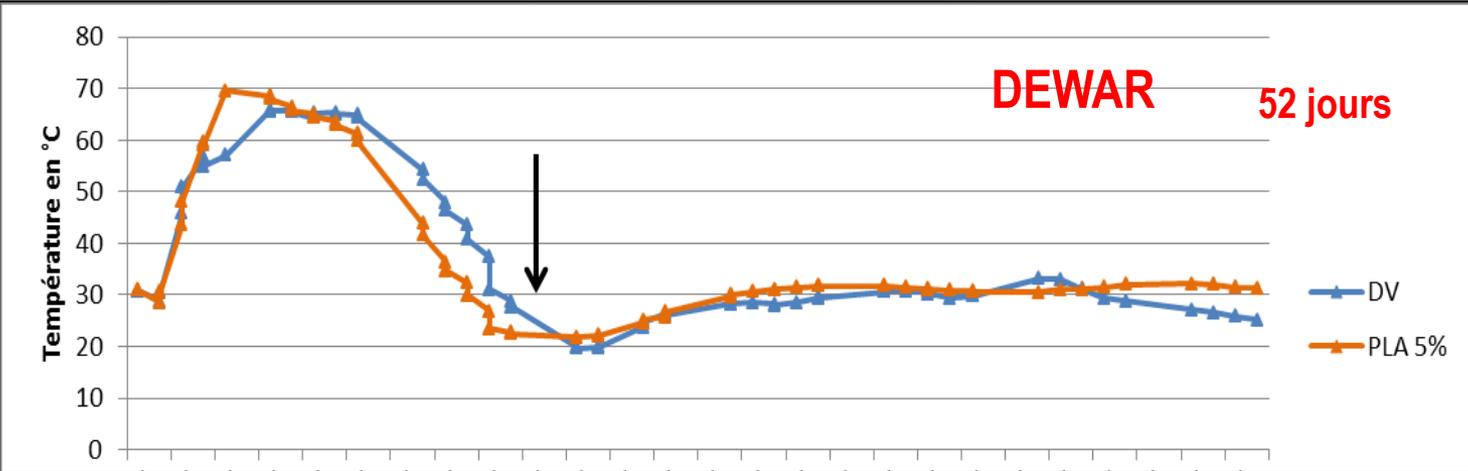
	Nbre jours	Flux cumulé (L)	Masse Carbone (g)	% gain minéralisation /Témoin		Nbre jours	Flux cumulé (L)	Masse Carbone (g)	% gain minéralisation /Témoin
DV-S	52	9 207	98			43	7 474	93	
SAC		7 474	96	-2		52		96	4
DV-P		8 464	83			37		79	
PLA		11 531	143	42		30		121	34

# Résultats obtenus

## Evolution du procédé de compostage par le suivi du CO2 et de la température

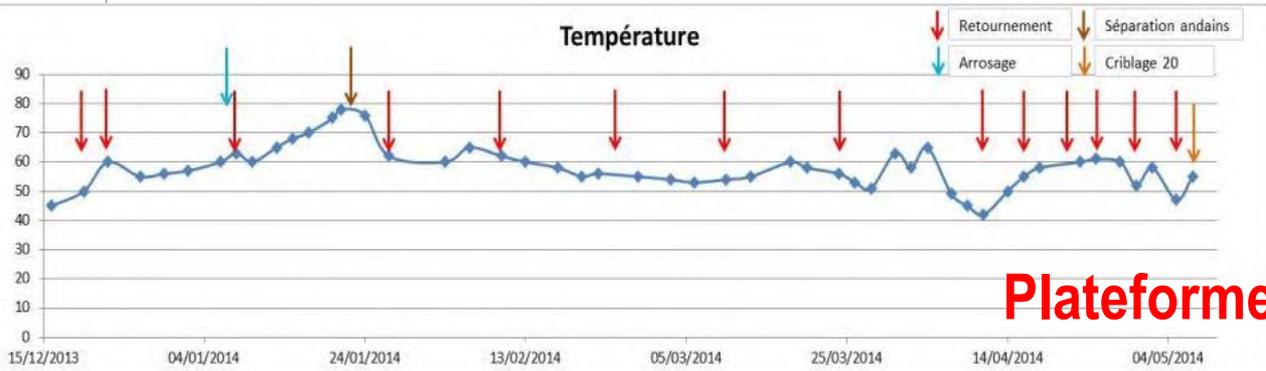
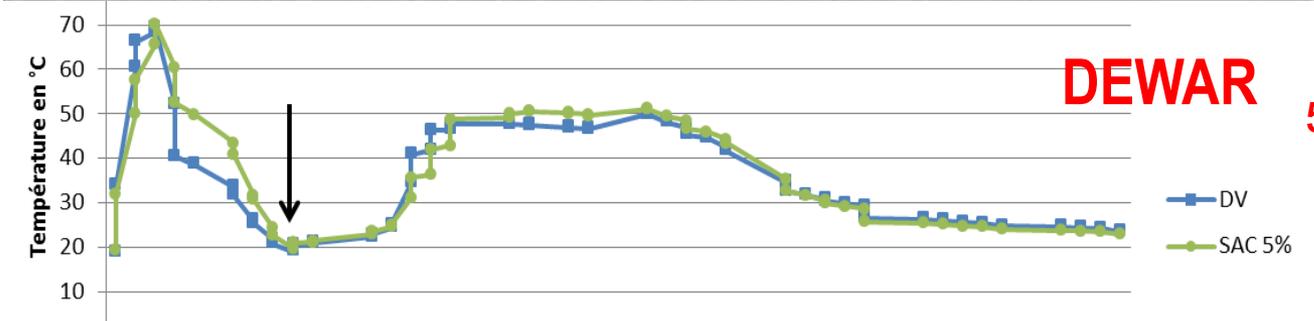
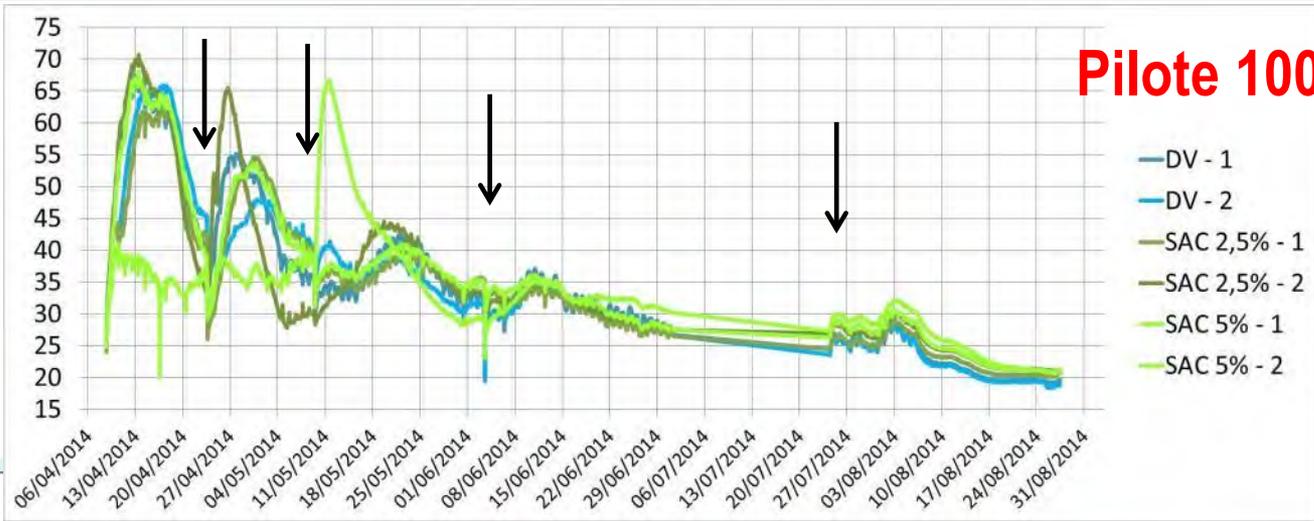


**PLA**



# Résultats obtenus

## Evolution du procédé de compostage par le suivi du CO2 et de la température



# Résultats obtenus

Evolution du procédé de compostage par le suivi du CO2 et de la température

Pilote 100L	Déchets verts seuls		SAC				PLA				Enceinte
			2,5%		5%		2,5%		5%		
Dose											
Répétition	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
T°C max	67,4	65,9	63,7	70,7	41,0	68,1	68,7	70,8	67,3	66,6	38,3
T°C min	19,0	18,3	20,1	20,9	20,1	20,6	19,4	19,0	19,6	18,3	11,4

**Compostage conforme à la réglementation ICPE pour les plateformes de compostage**

"3 semaines de fermentation aérobie au minimum - au moins 3 retournements - 3 jours au moins entre chaque retournement - 55 °C au moins pendant une durée minimale totale de 72 heures"

DEWAR	Témoin SAC	SAC 5%	Témoin PLA	PLA 5%
T°C max	69,4	70,2	65,7	69,6
T°C min	18,9	19,3	19,7	21,8

Conformité vis-à-vis des normes

**EN 13432 : OK biodégradabilité, OK désintégration**

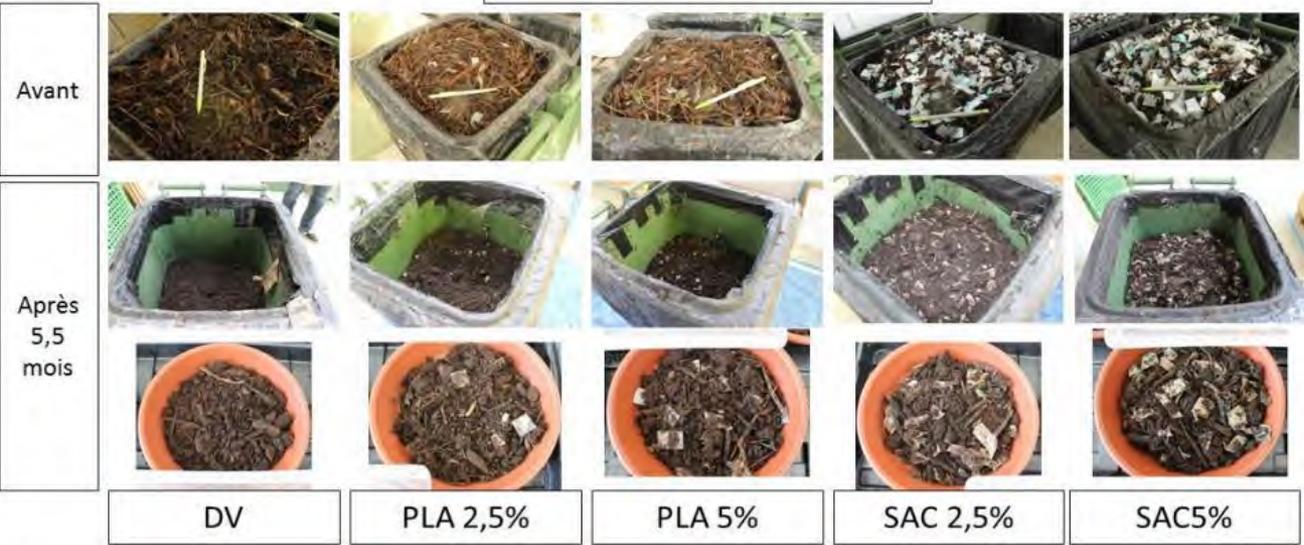
**NFU44-051 : OK composition et flux (10 t MB/ha)**

**Indésirables :**

***OK pour composts plateformes (criblage à 40 mm en fin d'essai)***

***NON CONFORME pour composts pilotes 100 L***

Pilotes de 100 litres



Pilotes de 6 litres



## Evolution des matériaux

Composition chimique avant et après le procédé de compostage dans les différents outils

- DEWAR (6L)
- Pilotes 100 L
- Compostage industriel

# Résultats obtenus

## Evolution des matériaux Composition chimique avant et après dans les condensats des DEWAR

	<u>Avant</u>	<u>Après</u>
Sac 5%	<ul style="list-style-type: none"><li>• Amidon</li><li>• PLA</li><li>• Autre Polyester</li><li>• + déchets verts</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alcool secondaire et tertiaire</li></ul>
Film de PLA 5%	<ul style="list-style-type: none"><li>• PLA</li><li>• + déchets verts</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alcool secondaire et tertiaire</li></ul>

→ Aucun composé volatil écotoxique identifié

#### Sac de collecte :

#### Avant

- Amidon
- PLA
- Autre Polyester

#### Après

- PLA à bas poids moléculaire
- Composés de type alcool et ester

- Solubilisation de certains composés dans le compost (molécules de petite tailles sous forme d'alcool et d'ester) générant des composés aromatiques ou amines
- Début de dégradation (PLA à bas poids moléculaire)

➔ Ecotoxicité du PLA dégradé, des groupements chimiques aromatiques et amines à évaluer



### Sac de collecte :

#### Avant

- Amidon
- PLA
- Autre Polyester

#### Après

- PLA à bas poids moléculaire
- Composés de type ester d'acide gras

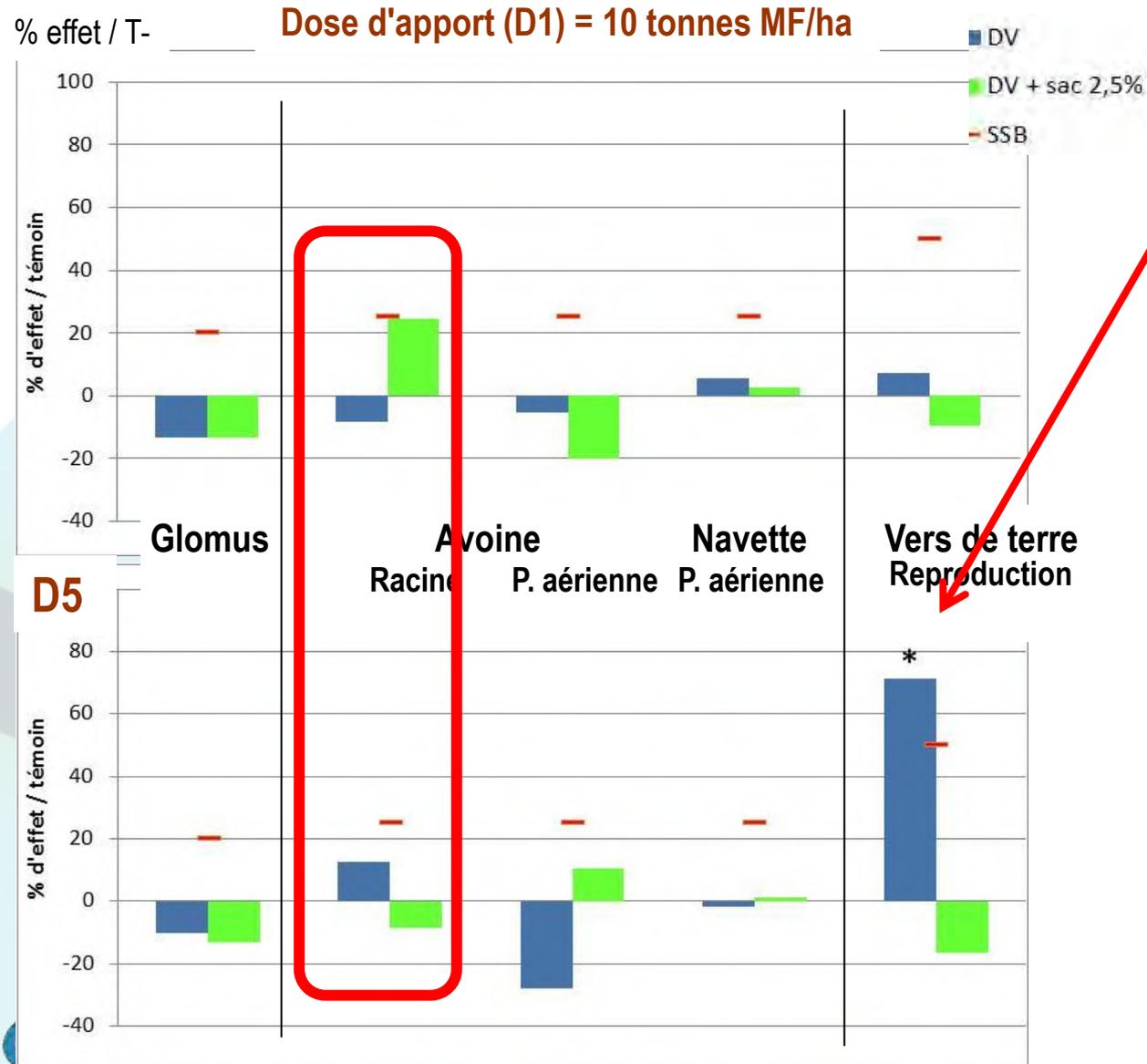
- Présence de molécules de tailles intermédiaires (ester d'acide gras) pouvant être générées par la solubilisation / dégradation des composés initiaux
- Présence de groupement chimiques de type aromatique et amine
- Début de dégradation (PLA à bas poids moléculaire)



➔ Ecotoxicité du PLA dégradé, des groupements chimiques aromatiques et amines à évaluer

## Innocuité des composts vis-à-vis de l'environnement

- Ecotoxicité terrestre
- Ecotoxicité aquatique
- Composts issus du procédé industriel
- Compost issus des pilotes de 100 litres



D1: RAS

D5 : écotoxicité vis-à-vis de la repro vdt des DV

Croissance racinaire :  
D1= DV+sac ?  
D5 = DV seul ?

Origine des DV : particuliers

Pas de différence significative entre les 2 modalités (compost DV / compost DV+sac) sauf pour :  
- Vers de terre - reproduction



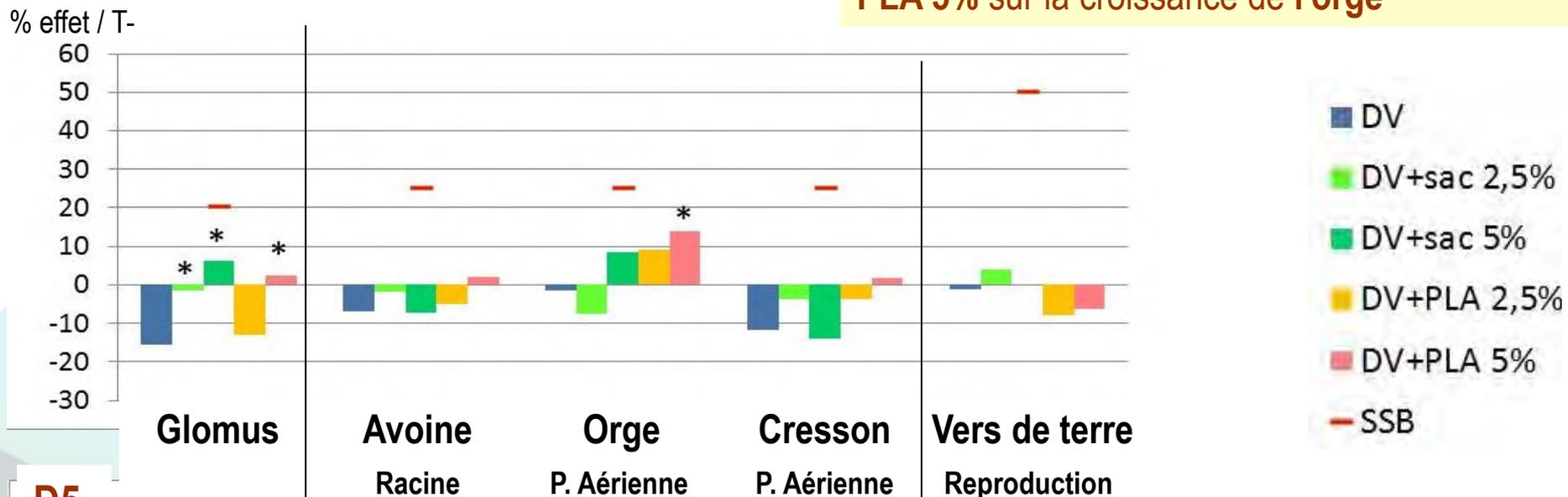
# Résultats obtenus

## Ecotoxicité - terrestres compost pilote 100 L

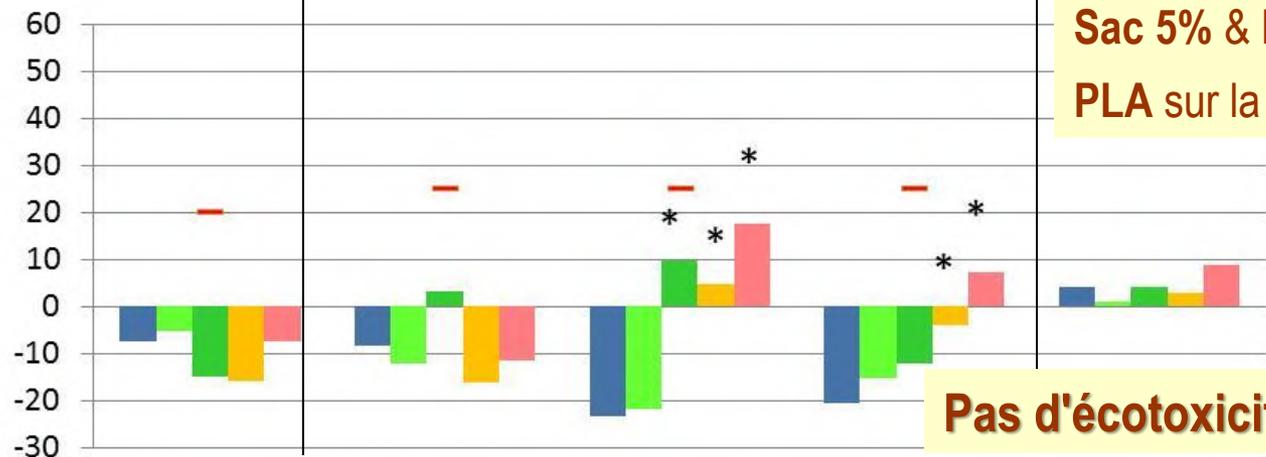
**D1** Dose d'apport (D1) = 10 tonnes MF/ha

Sac & PLA 2,5% sur la germination de **Glomus**

PLA 5% sur la croissance de **l'orge**



**D5**



Sac 5% & PLA sur la croissance de **l'orge**

PLA sur la croissance du **cresson**

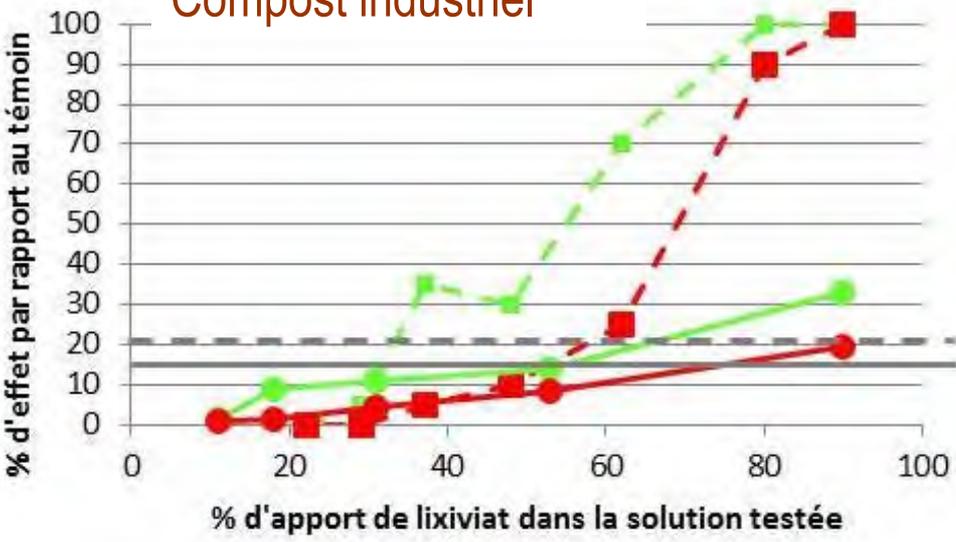
**Pas d'écotoxicité significative**



# Résultats obtenus

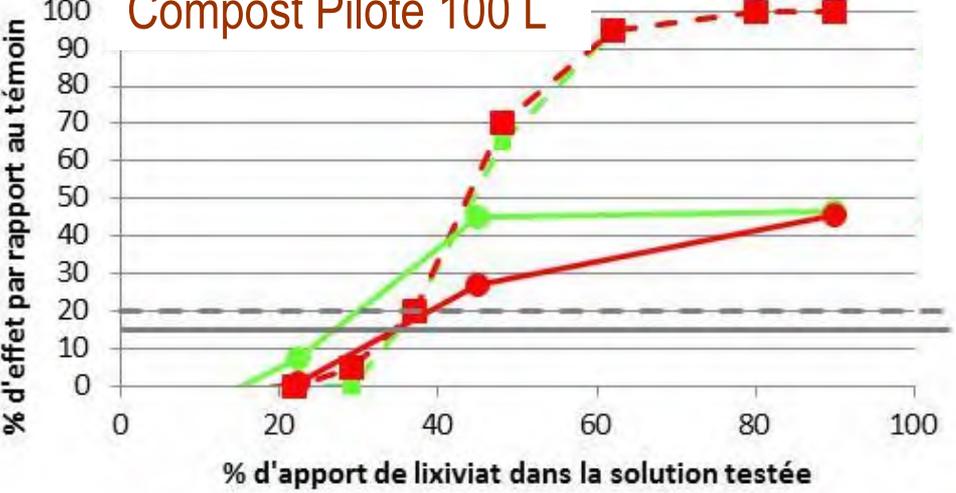
## Ecotoxicité aquatique compost industriel et pilote 100 L

Compost industriel

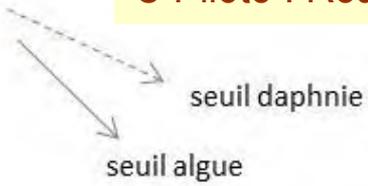


- Daphnie - lixiviat compost DV
- Daphnie - lixiviat compost DV+Sac2,5%
- Algue - lixiviat compost DV
- Algue - lixiviat compost DV+Sac2,5%

Compost Pilote 100 L



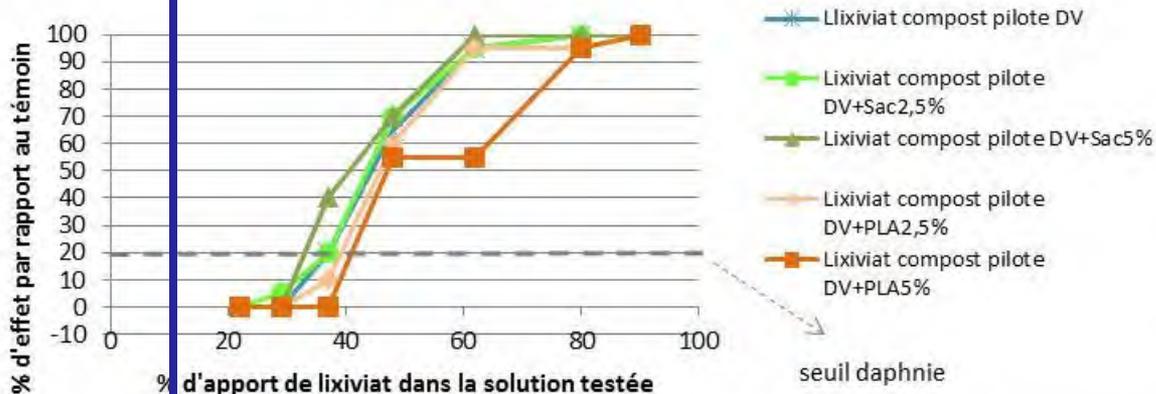
Effet sur daphnies >> algues  
C. Indus : DV > DV+sac  
C Pilote : Réaction différente



# Résultats obtenus

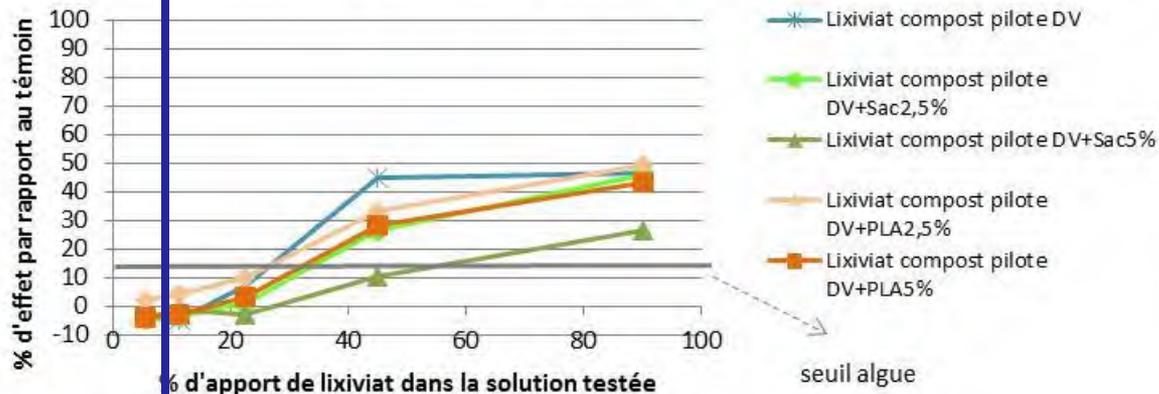
## Ecotoxicité aquatique compost pilote 100 L

### Daphnie : Lixiviats des composts pilotes



Effet sur daphnies >> algues  
Pas d'effet net emballage

### Algues : Lixiviats des composts pilotes



Réaction légèrement différente pour :  
- daphnie : PLA 5%  
- algue : Sac 5%



# Résultats obtenus

## Ecotoxicité aquatique compost industriel et pilote 100 L

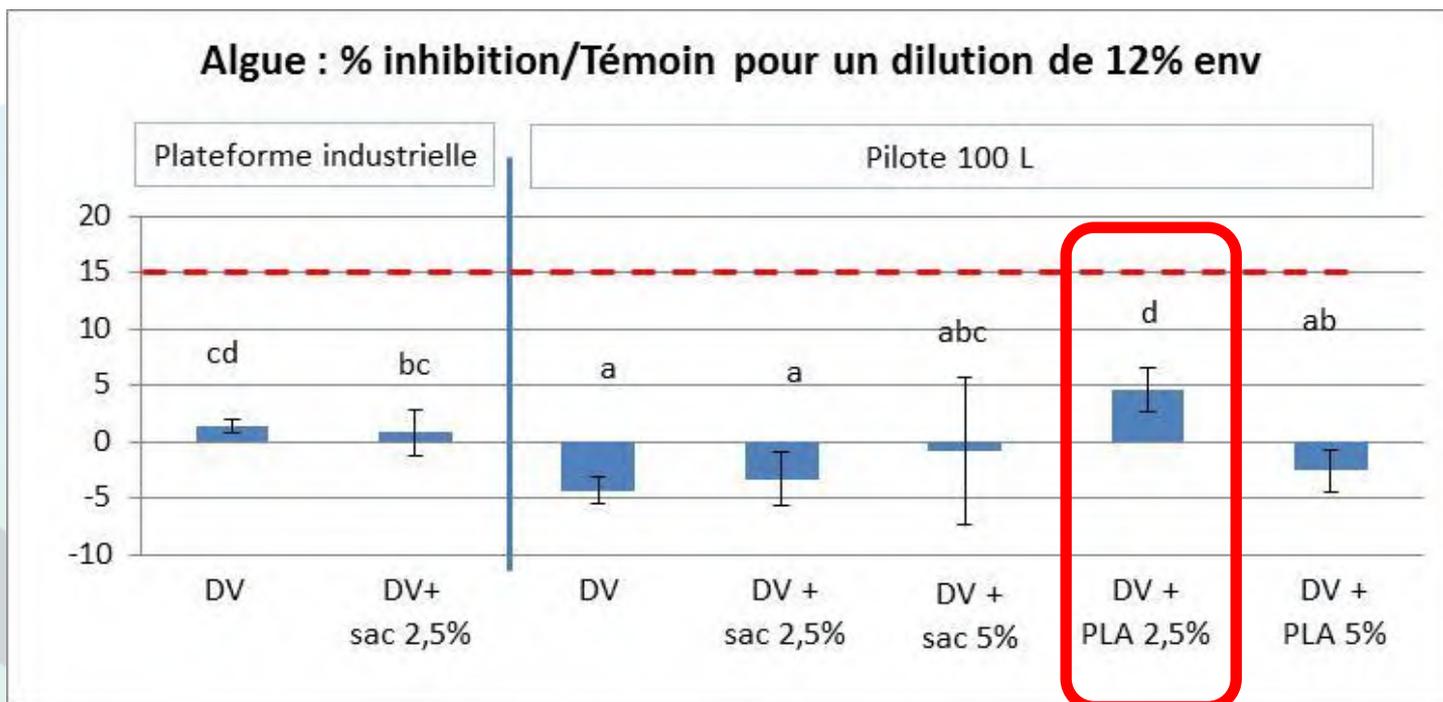
Daphnies



Aucune mortalité

Simulation : dilution à 12%

Algues



Si les lixiviats se trouvent dilués à environ 12% dans les écosystèmes aquatiques → pas de risque écotoxique

Effet négatif de l'apport de PLA à 2,5% sur la croissance des algues par rapport au témoin (DV seuls)

## Effet agronomique

### Cultures maraichères carottes et haricots

*Compost industriel – sac 2,5%*

# Résultats obtenus

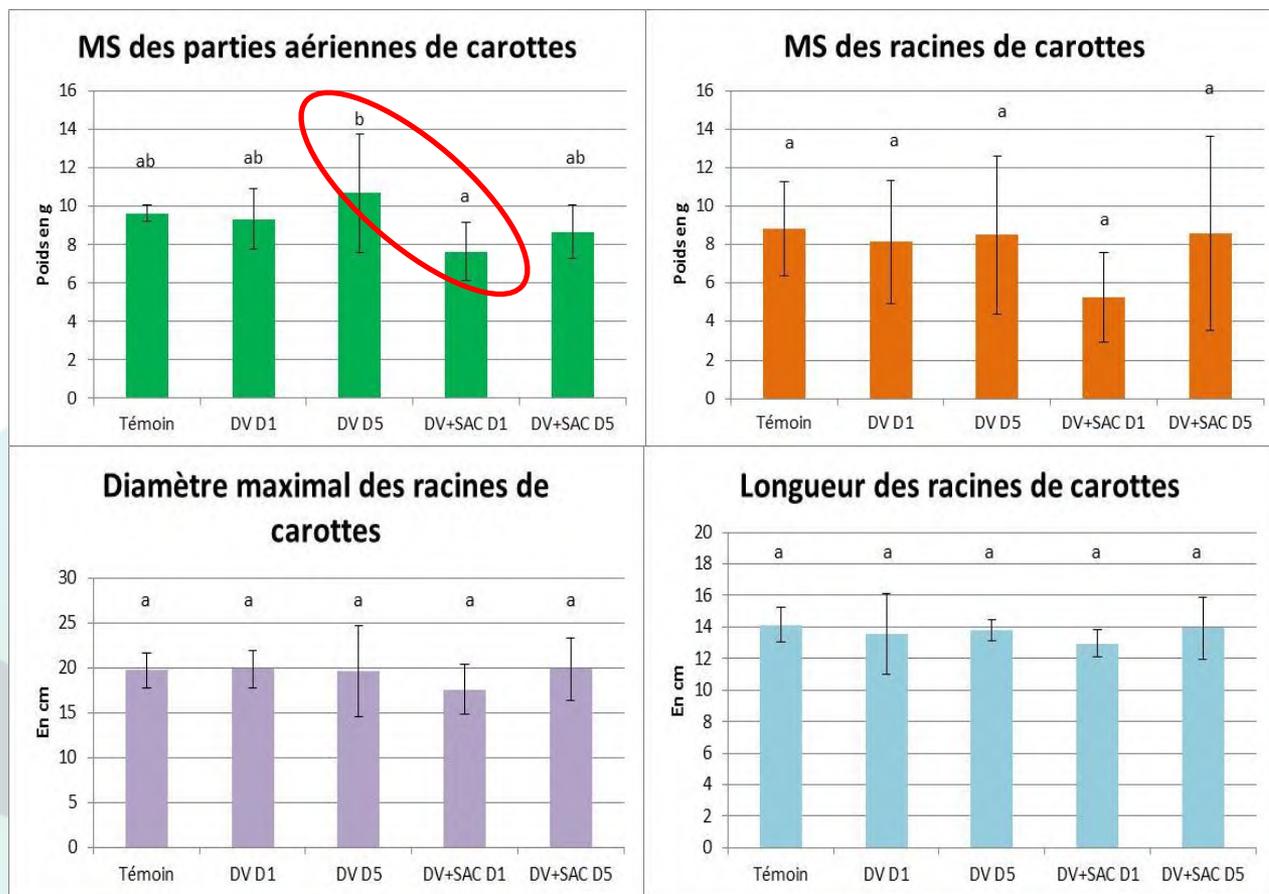
## Cultures maraichères carottes et haricots



# Résultats obtenus

## Cultures maraichères carottes et haricots

Apport des composts industriels  
D1 = 10 tonnes MB/ha  
D5 = 5 x D1



Pas d'effet significatif de l'apport des sacs sur la croissance des carottes ni sur les teneurs en ETM dans les racines.

Seule différence observée : réduction de la croissance aérienne en présence des sacs par rapport à un fort apport de compost de DV seuls (D5)

## Analyse ETM : RAS

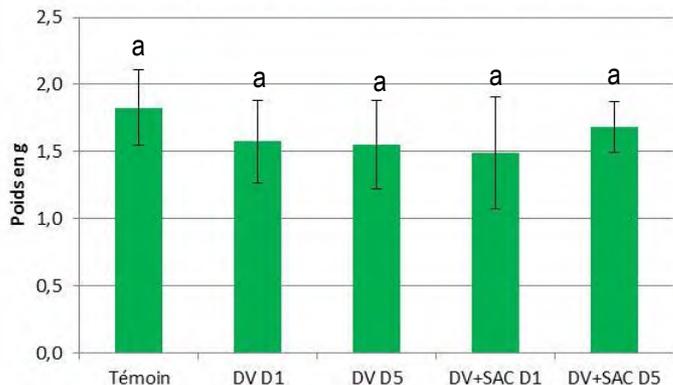


# Résultats obtenus

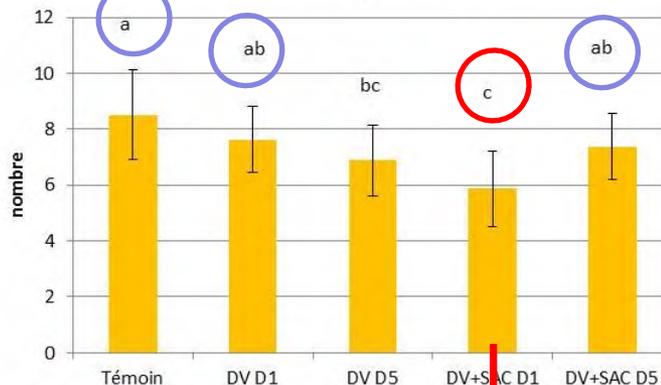
## Cultures maraichères carottes et haricots

Apport des composts industriels  
D1 = 10 tonnes MB/ha  
D5 = 5 x D1

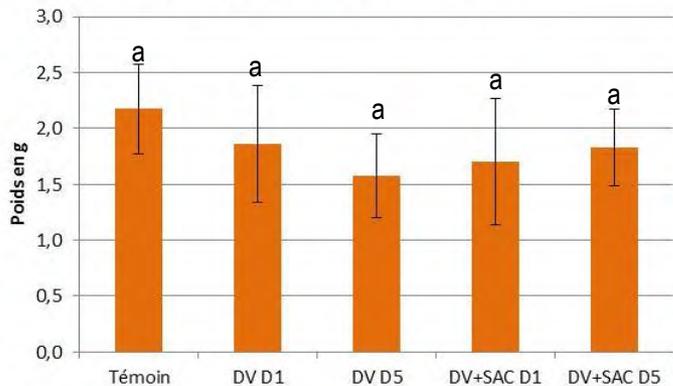
### MS des parties aériennes des haricots



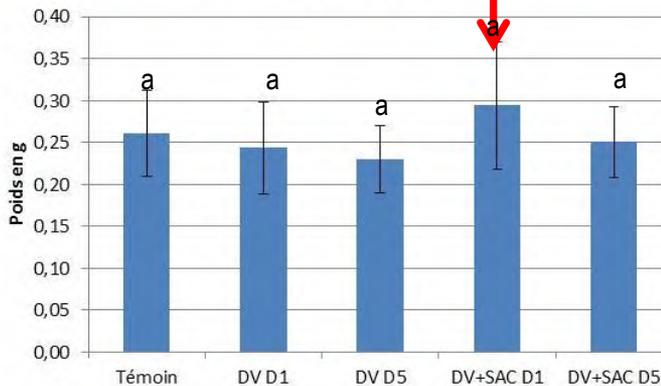
### Nombre de gousses



### MS des gousses des haricots



### MS / gousse en g



**Effet significatif** de l'apport des sacs entraînant la réduction du nombre de gousses de haricots. En parallèle on observe une **tendance** à l'augmentation de la matière sèche des gousses pour la même modalité. L'apport des sacs n'a pas d'effet significatif sur les autres paramètres mesurés.

# Conclusion

## Evolution des matériaux

- Pas de biodégradation totale quel que soit le procédé : présence physique après 6 mois même en compostage industriel
- Compost DV+Sac : Présence de fonctions chimiques pouvant présenter un risque écotoxique

## Innocuité

- Pas d'effet écotoxique sur les écosystèmes terrestres et aquatiques
  - Pas d'effet significatif sur la croissance des carottes et des haricots verts (racines, PA), effet négatif sur le nombre de gousses en présence des sacs
  - Effets négatifs sur certains organismes en lien avec la présence des emballages
- 
- Validité de la norme EN 13432/réalité terrain ?
  - Nécessité de comprendre les effets en lien avec la présence des emballages
  - Pilotes de 100 L permettent de mimer un compostage industriel
- ➔ **outils pertinent pour évaluer la compostabilité de plastiques biodégradables en compostage**

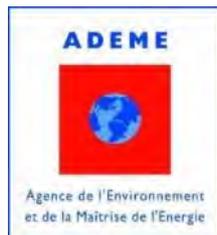




NF EN ISO 9001



CRITT MATERIAUX ALSACE



*Merci de votre attention*

[pascale.chenon@rittmo.com](mailto:pascale.chenon@rittmo.com)

