



Assemblée générale du SOERE PRO

*Mardi 24 novembre 2015
INRA de Colmar*





Assemblée générale du SOERE PRO

Mardi 24 novembre 2015, INRA de Colmar



Evaluation et réduction des risques de contamination par des polluants organiques dans le contexte de l'usage de produits résiduels organiques sur sols agricoles

Aemig Quentin, quentin.aemig@supagro.inra.fr, INRA Narbonne

Jimenez Julie, julie.jimenez@supagro.inra.fr, INRA Narbonne

Patureau Dominique, dominique.patureau@supagro.inra.fr, INRA Narbonne

Michel Julien, julien.michel@ineris.fr, INERIS

Molina Pauline, pauline.molina@ineris.fr, INERIS

Deschamps Marjolaine, marjolaine.deschamps@grignon.inra.fr, INRA Grignon

Ferhi Sabrina, sferhi@grignon.inra.fr, INRA Grignon

Houot Sabine, sabine.houot@grignon.inra.fr, INRA Grignon



Plan de la présentation



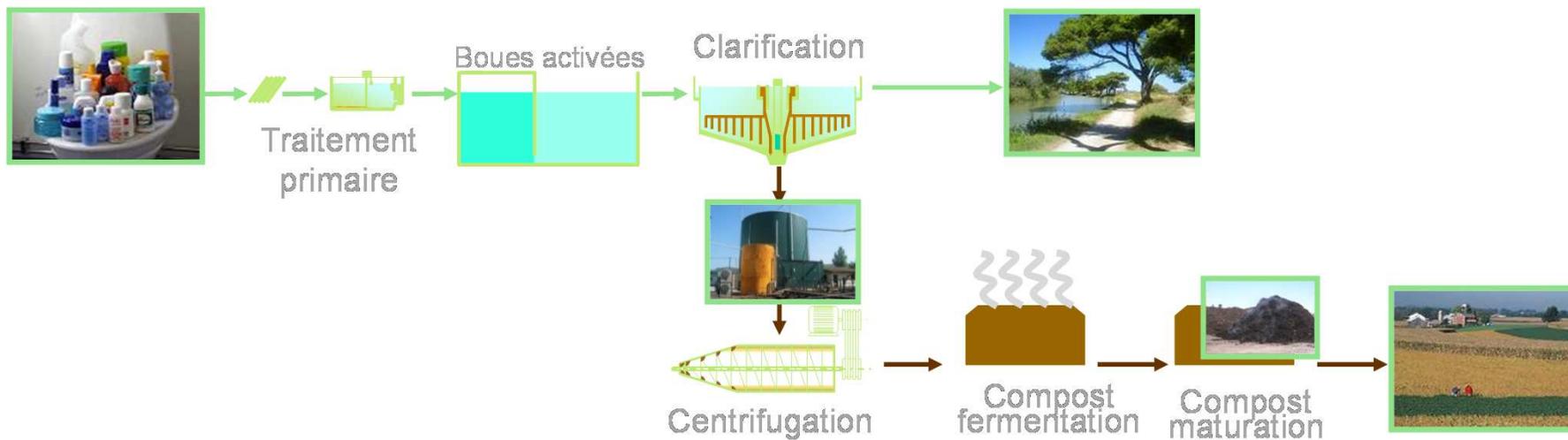
- Introduction
- Matériel et méthode
- Résultats et discussions
 - 1) : étude du devenir de la matière organique et des micropolluants organiques lors du traitement des boues d'épuration urbaines
 - 2) : impact des traitements appliqués sur le devenir après apport au sol des boues traitées
- Conclusions et perspectives

Plan de la présentation

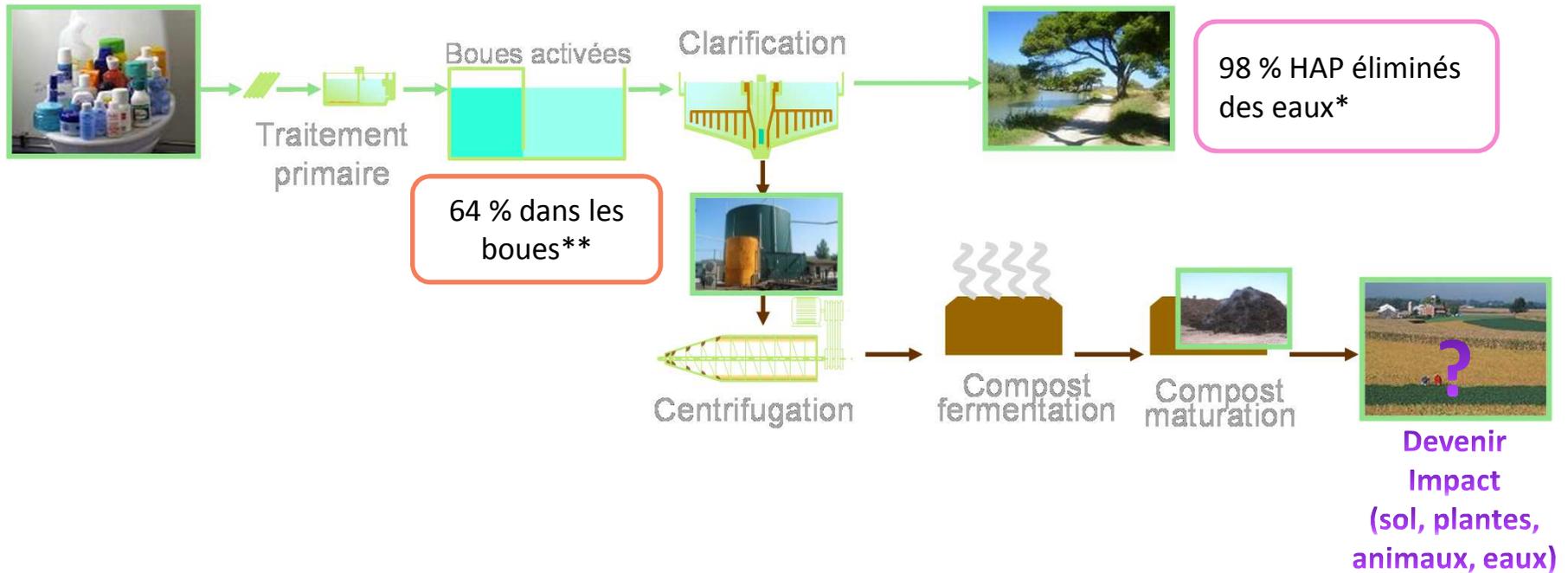


- **Introduction**
- **Matériel et méthode**
- **Résultats et discussions**
 - 1) : étude du devenir de la matière organique et des micropolluants organiques lors du traitement des boues d'épuration urbaines
 - 2) : impact des traitements appliqués sur le devenir après apport au sol des boues traitées
- **Conclusions et perspectives**

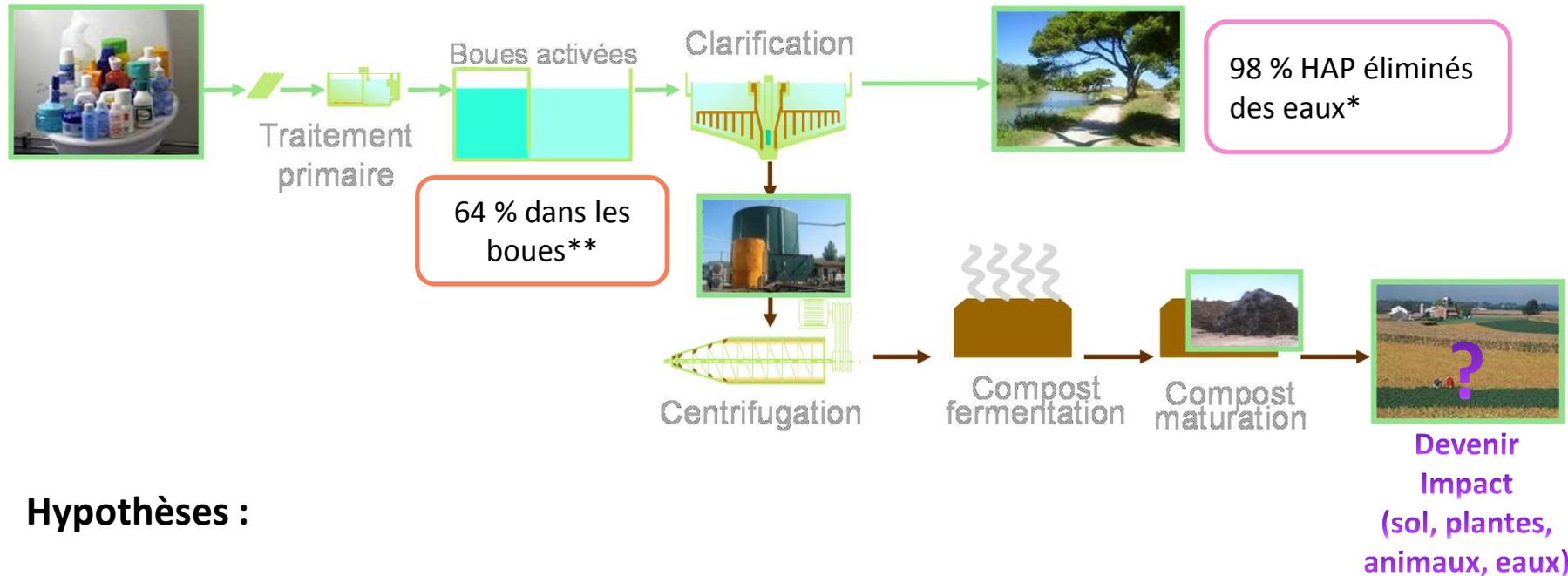
Introduction



Introduction



Introduction



Hypothèses :

- Le devenir des micropolluants organiques lors des traitements est lié au devenir de la matière organique : *aller plus loin que la concentration totale en micropolluants organiques.*
- Le devenir des micropolluants organiques dans l'environnement dépend de leur devenir lors des traitements.

Introduction



Boues = Σ de compartiments



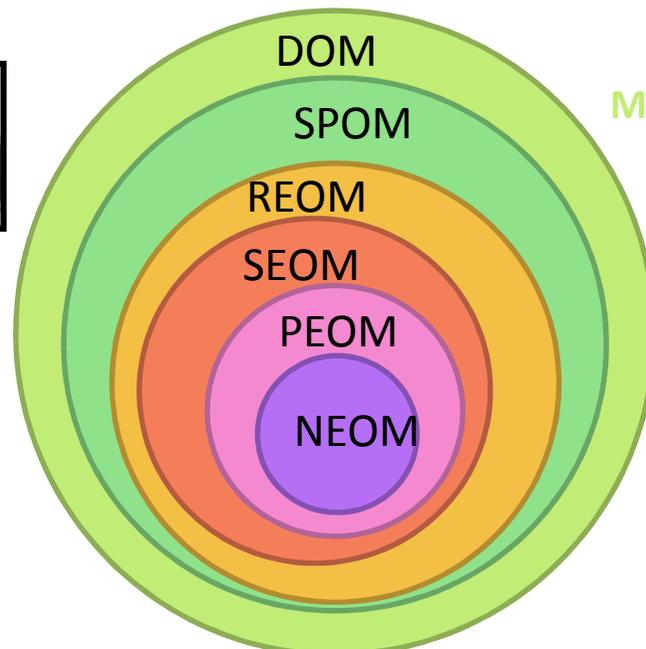
Introduction



Boues = Σ de compartiments



Solubilisation des compartiments matière organique par des extractants chimiques de plus en plus forts pour obtenir des compartiments de moins en moins accessible



Matière organique facilement accessible (phase aqueuse)

Matière organique particulaire soluble

Matière organique facilement extractible

Matière organique lentement extractible

Matière organique difficilement extractible

Matière organique non extractible

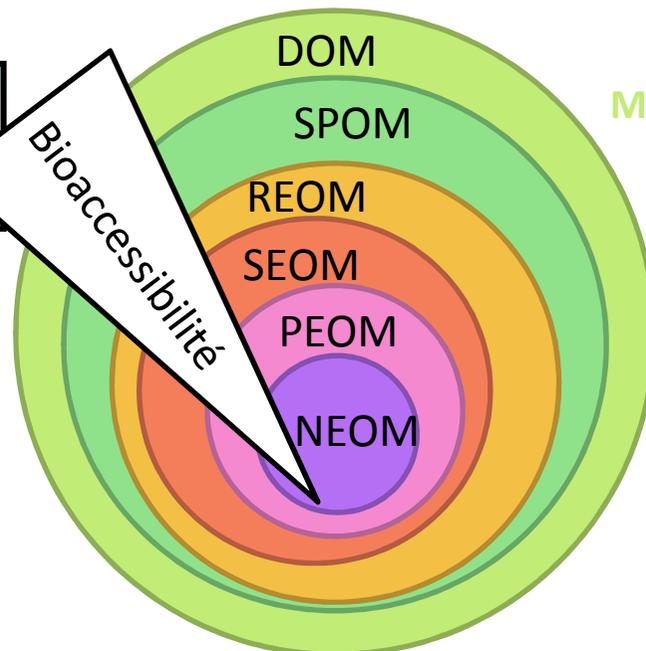
Introduction



Boues = Σ de compartiments



Solubilisation des compartiments matière organique par des extractants chimiques de plus en plus forts pour obtenir des compartiments de moins en moins accessible



Matière organique facilement accessible (phase aqueuse)

Matière organique particulaire soluble

Matière organique facilement extractible

Matière organique lentement extractible

Matière organique difficilement extractible

Matière organique non extractible



Liens entre :

Caractérisation de la boue et de ses compartiments matière
(physicochimique, spectrale)

+

Localisation des micropolluants organiques au sein des compartiments
matière (propriété de sorption)

+

Evaluation des performances aérobies et anaérobies d'élimination des
micropolluants organiques (données issues de réacteurs batch ou
continus)

Liens entre :

Procédés de traitement des boues

+

Devenir après apport aux sols (tests de lixiviation)

Matière organique non extractible

des
des

queuse)

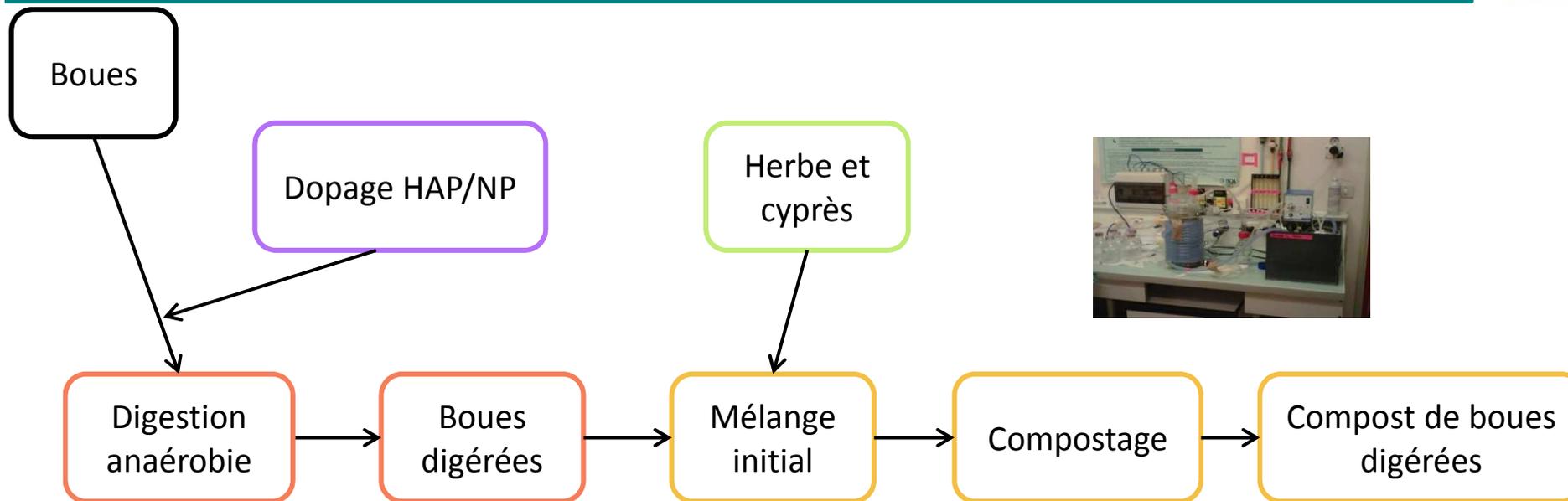
le

Plan de la présentation

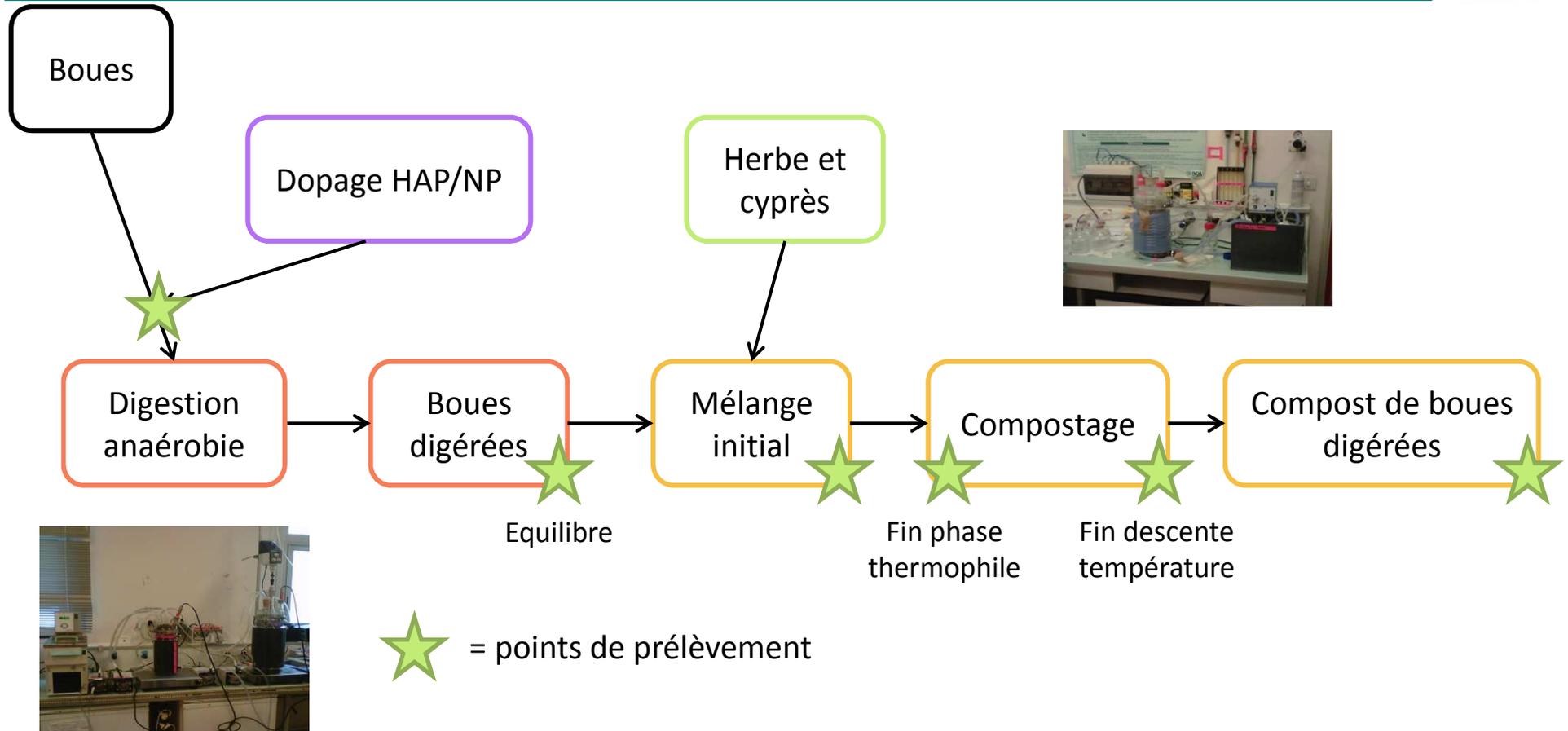


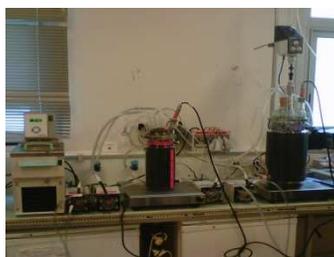
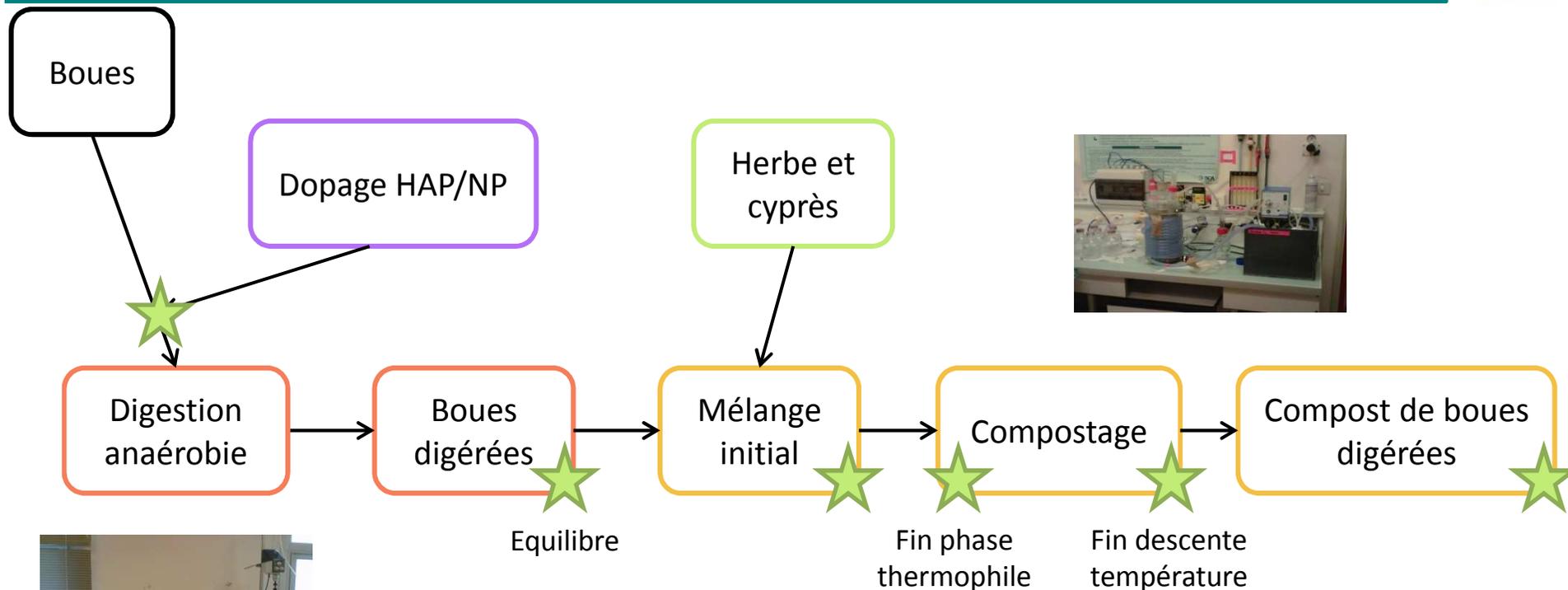
- Introduction
- **Matériel et méthodes**
- Résultats et discussions
 - 1) : étude du devenir de la matière organique et des micropolluants organiques lors du traitement des boues d'épuration urbaines
 - 2) : impact des traitements appliqués sur le devenir après apport au sol des boues traitées
- Conclusions et perspectives

Matériel et méthodes : filière de traitement de boues en laboratoire



Matériel et méthodes : filière de traitement de boues en laboratoire



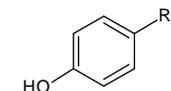
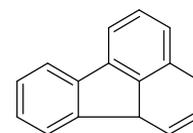


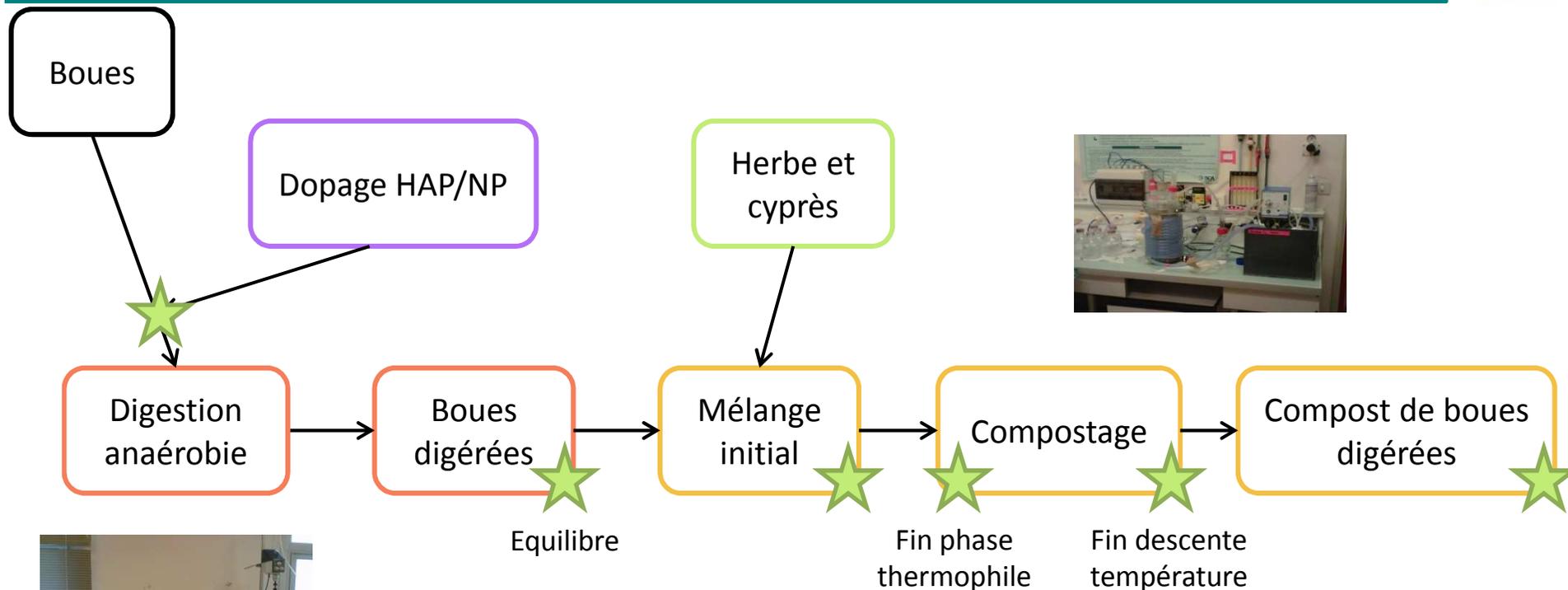
★ = points de prélèvement

Caractérisation de la matière organiques :

- Fractionnement de la matière organique
- Fluorescence 3D

Quantification des micropolluants organiques dans les compartiments matière





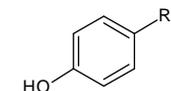
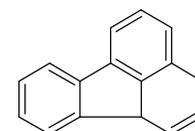
★ = points de prélèvement

Caractérisation de la matière organiques :

- Fractionnement de la matière organique
- Fluorescence 3D

Lien ?

Quantification des micropolluants organiques dans les compartiments matière



Fractionnement de la matière organique



Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »

Fractionnement de la matière organique



Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »

Séparation de la
phase aqueuse

A blue water drop icon with a white highlight and a soft shadow below it.

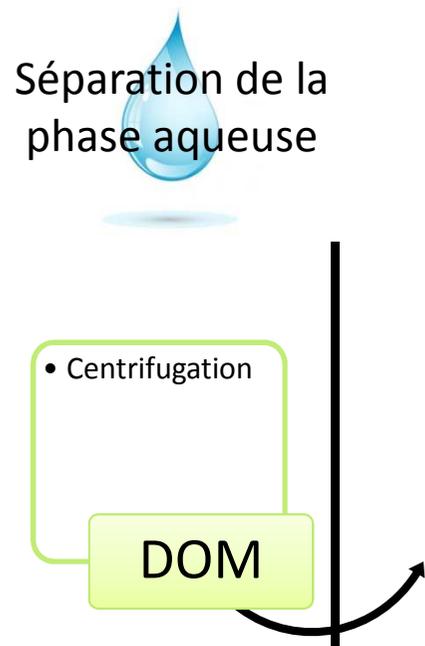
- Centrifugation

DOM

Fractionnement de la matière organique



Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »



Fractionnement chimique de la phase particulaire



Fractionnement de la matière organique

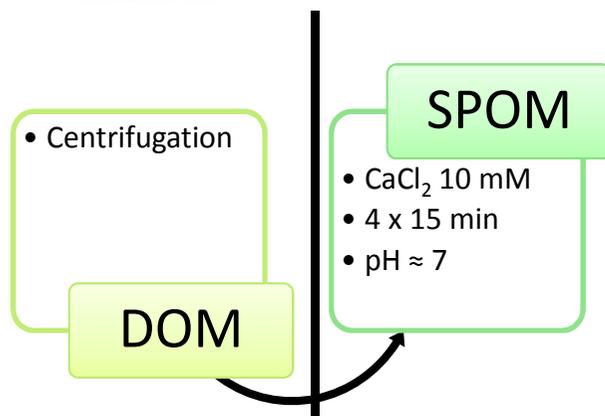


Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »

Séparation de la phase aqueuse



Fractionnement chimique de la phase particulaire



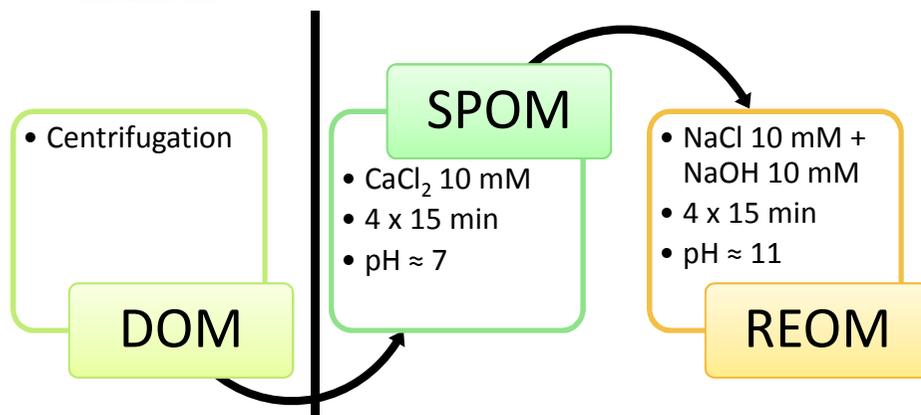
Fractionnement de la matière organique



Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »

Séparation de la phase aqueuse

Fractionnement chimique de la phase particulaire



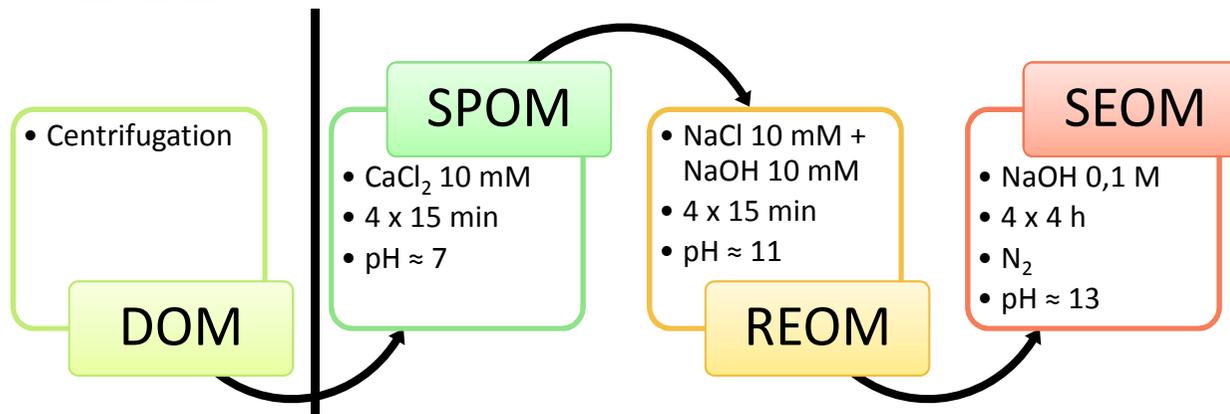
Fractionnement de la matière organique



Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »

Séparation de la phase aqueuse

Fractionnement chimique de la phase particulaire



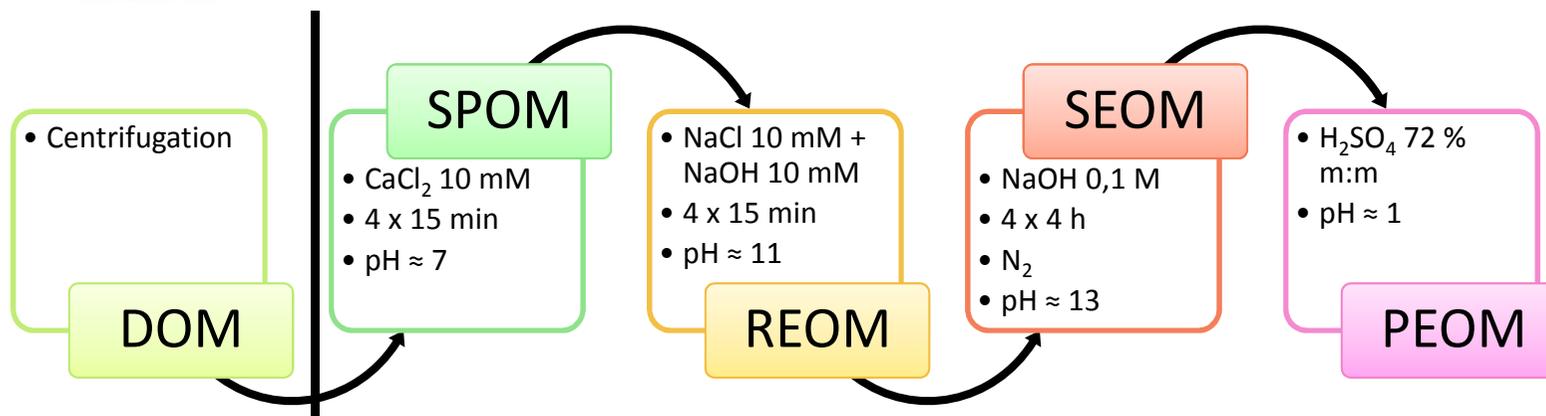
Fractionnement de la matière organique



Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »

Séparation de la phase aqueuse

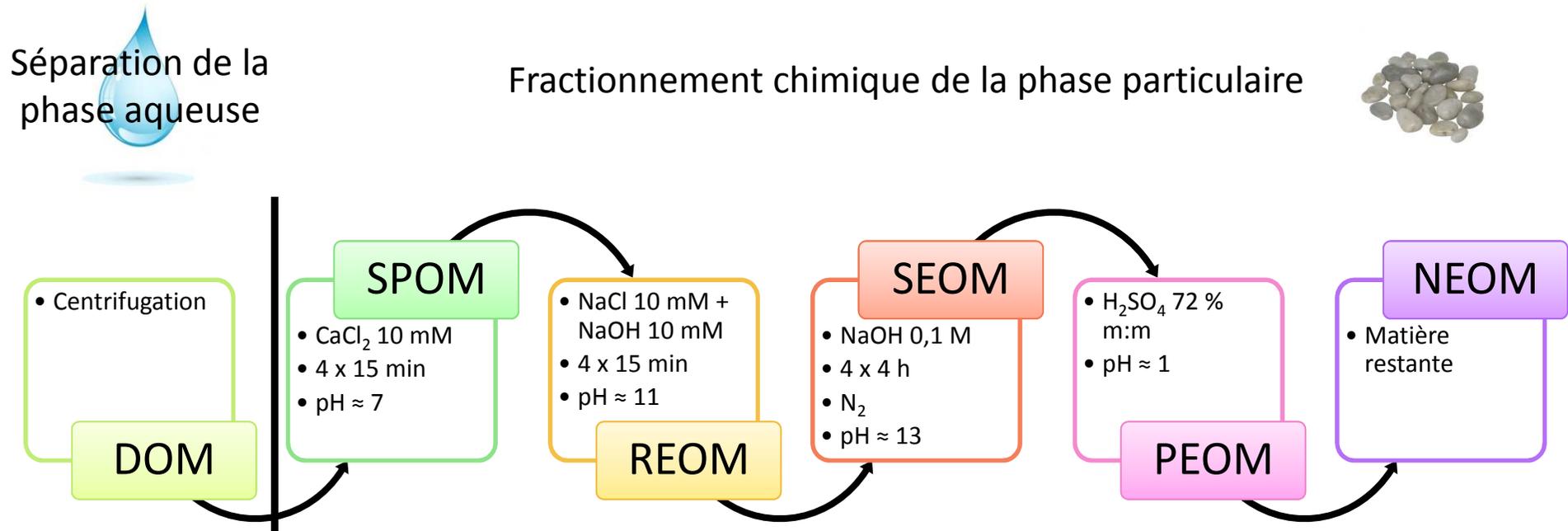
Fractionnement chimique de la phase particulaire



Fractionnement de la matière organique

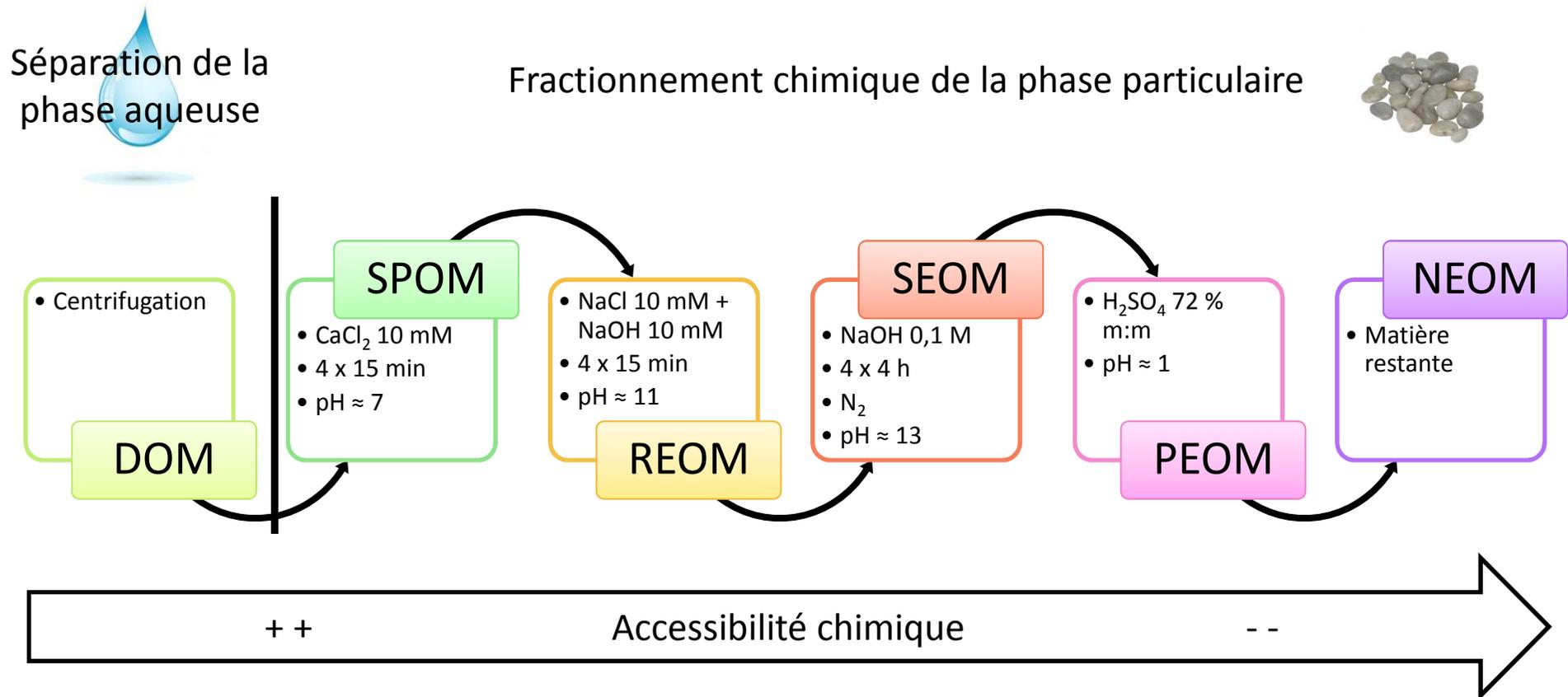


Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »



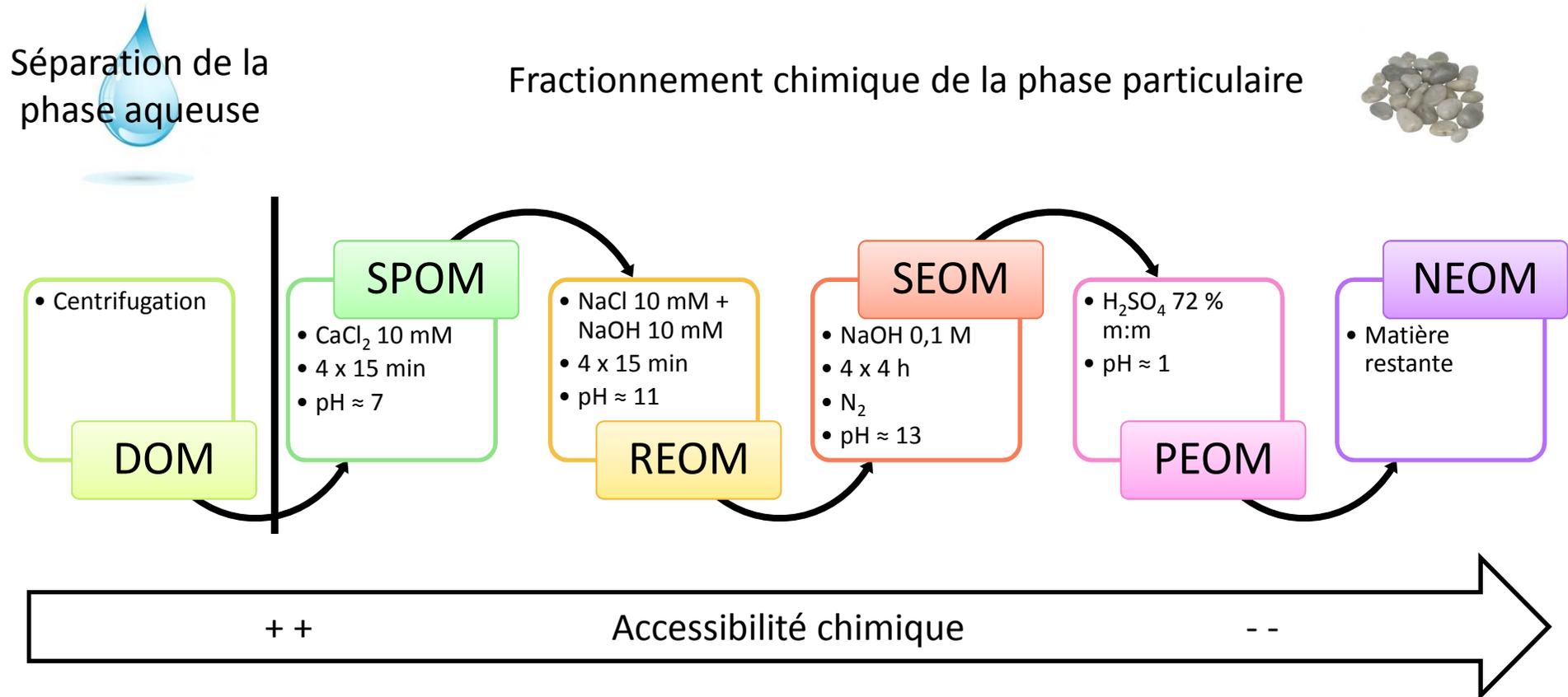
Fractionnement de la matière organique

Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »



Fractionnement de la matière organique

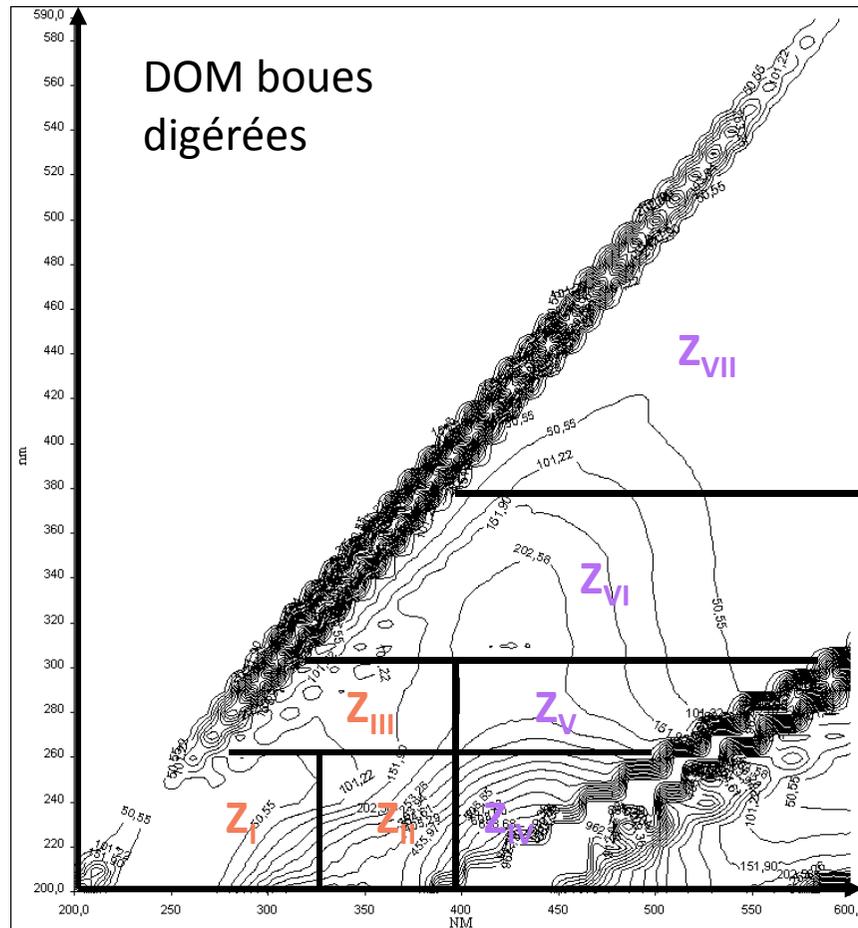
Division de la matière en plusieurs fractions de moins en moins accessibles par l'utilisation de solutions de plus en plus « agressives »



- Quantification de la matière organique extraite : mesure de la DCO ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)
- Caractérisation de la matière organique extraite : fluorescence 3D

Fluorescence 3D

Longueur d'onde excitation (nm)



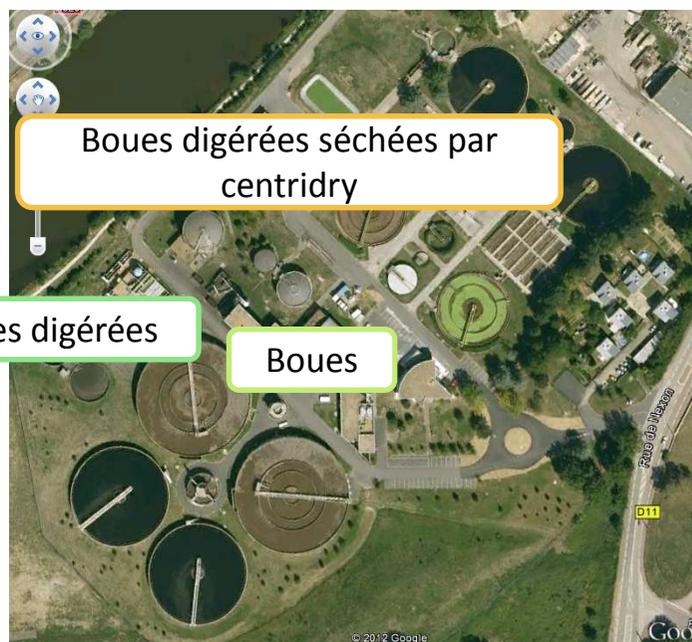
Longueur d'onde émission (nm)

- I. Protein-like (Tyrosine)
- II. Protein-like (Tryptophane)
- III. Protein-like (Tyrosine, Tryptophane, produits microbiens)
- IV. Fulvic-acid like
- V. Inner filter, glycolated protein-like
- VI. Melanoidin-like & lignocellulose-like
- VII. Humic acid-like

Normalisation par la DCO de l'échantillon caractérisé

Tests de lixiviation : échantillonnage

Les prélèvements sont effectués sur une chaîne de traitement des boues de STEP avec une étape de digestion anaérobie suivie d'un compostage en mélange avec des déchets verts



- Boues = BE (boues épaissies)
- Boues digérées = BD
- Boues séchées par centrifugation = BDC
- Compost = C

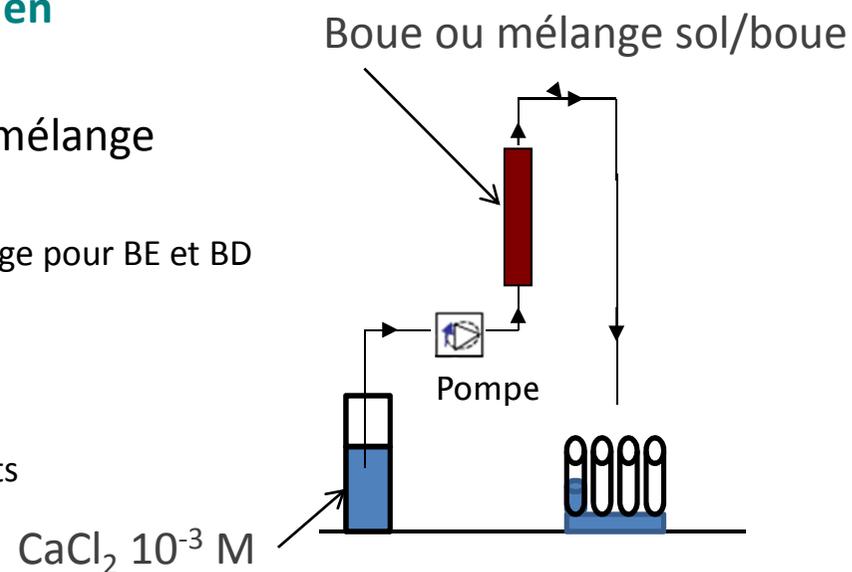
Tests de lixiviation

Expérience de percolation (colonne) : relargage en conditions dynamiques

- Evaluation de l'émission des contaminants : mélange sol/boues

Colonnes GE Health Care, D.I. = 26 mm, h = 30 cm, séchage pour BE et BD

- Saturation à 0,3 mL/min (+ mise à l'équilibre 3 jours)
- Percolation à 1 mL/min
- Dosages micropolluants organiques dans les percolats



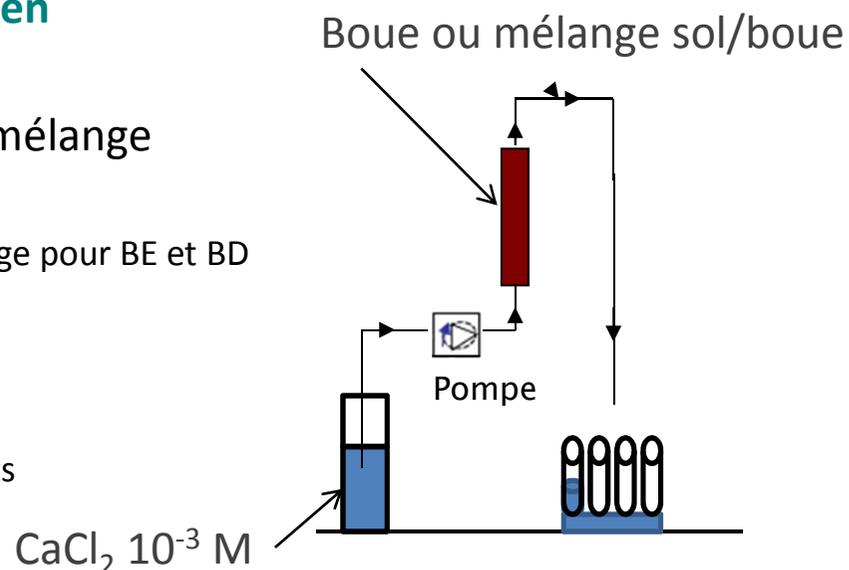
Tests de lixiviation

Expérience de percolation (colonne) : relargage en conditions dynamiques

- Evaluation de l'émission des contaminants : mélange sol/boues

Colonnes GE Health Care, D.I. = 26 mm, h = 30 cm, séchage pour BE et BD

- Saturation à 0,3 mL/min (+ mise à l'équilibre 3 jours)
- Percolation à 1 mL/min
- Dosages micropolluants organiques dans les percolats

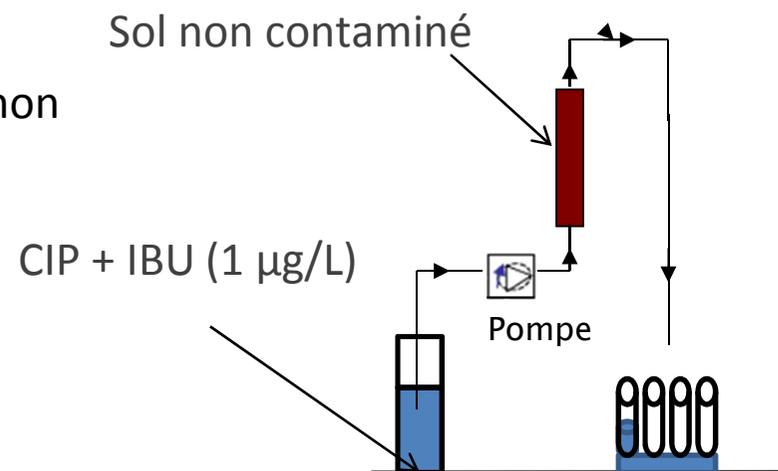


Expérience de percolation (colonne) : relargage en conditions dynamiques

- Evaluation du transfert des contaminants : sol non contaminé

Colonnes GE Health Care, D.I. = 26 mm, h = 8 cm

- Dosage micropolluants organiques dans les percolats

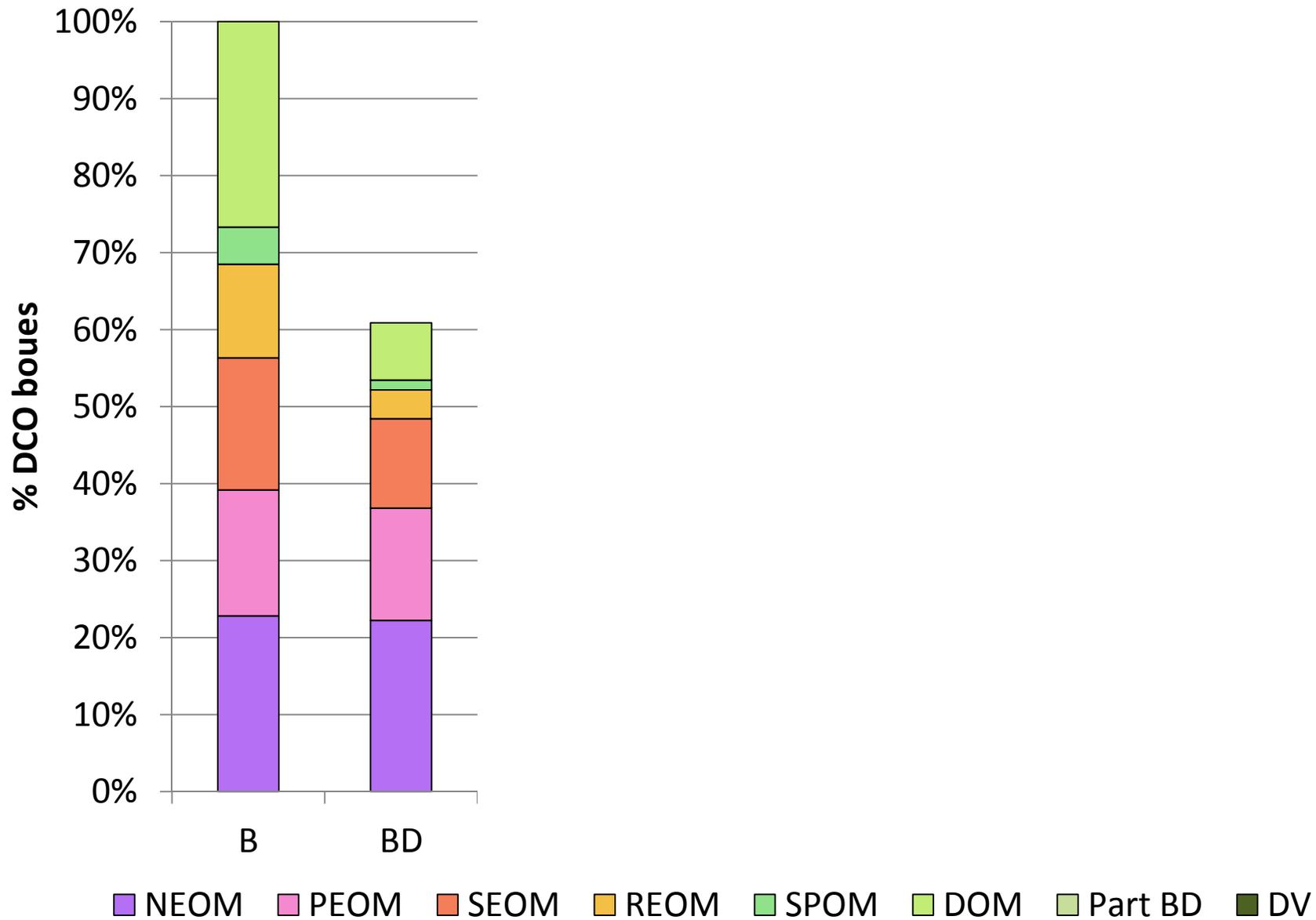


Plan de la présentation

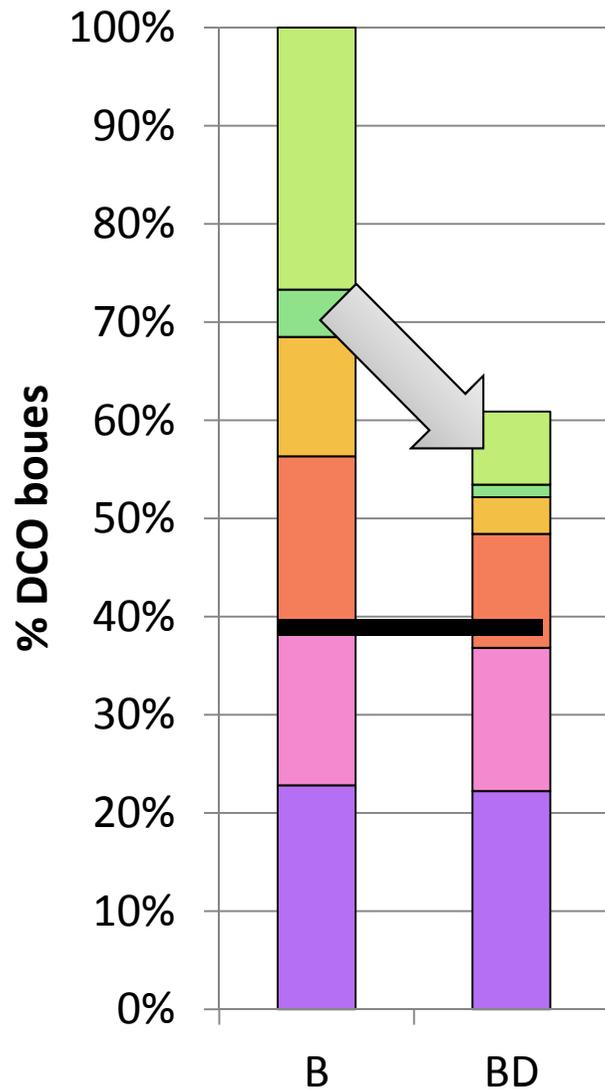


- Introduction
- Matériel et méthode
- **Résultats et discussions**
 - **1) : étude du devenir de la matière organique et des micropolluants organiques lors du traitement des boues d'épuration urbaines**
 - 2) : impact des traitements appliqués sur le devenir après apport au sol des boues traitées
- Conclusions et perspectives

Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



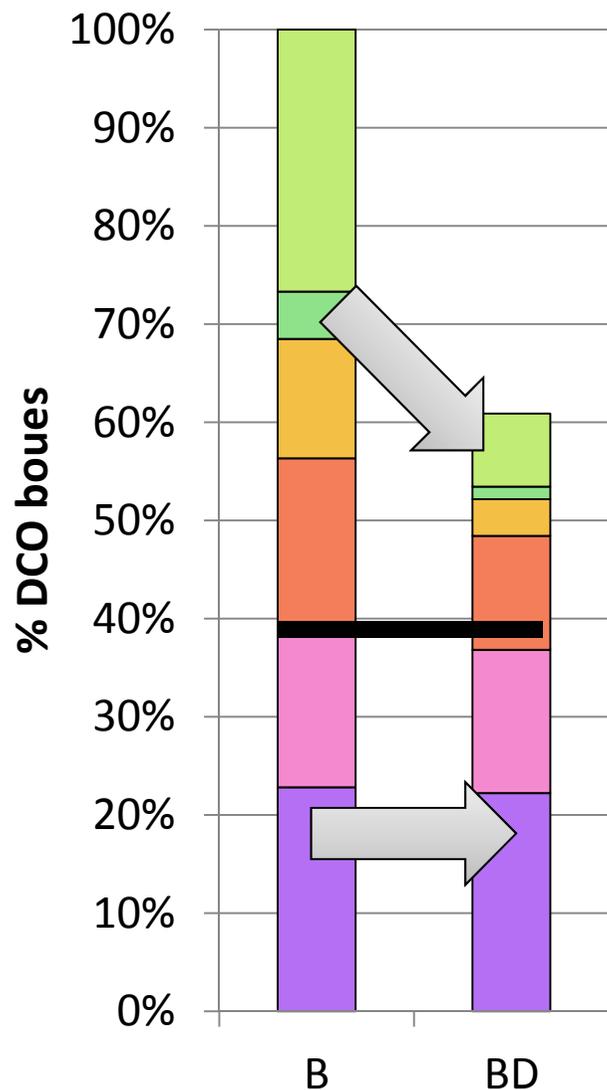
Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



- Dégradation des compartiments les plus accessibles + SEOM

■ NEOM ■ PEOM ■ SEOM ■ REOM ■ SPOM ■ DOM ■ Part BD ■ DV

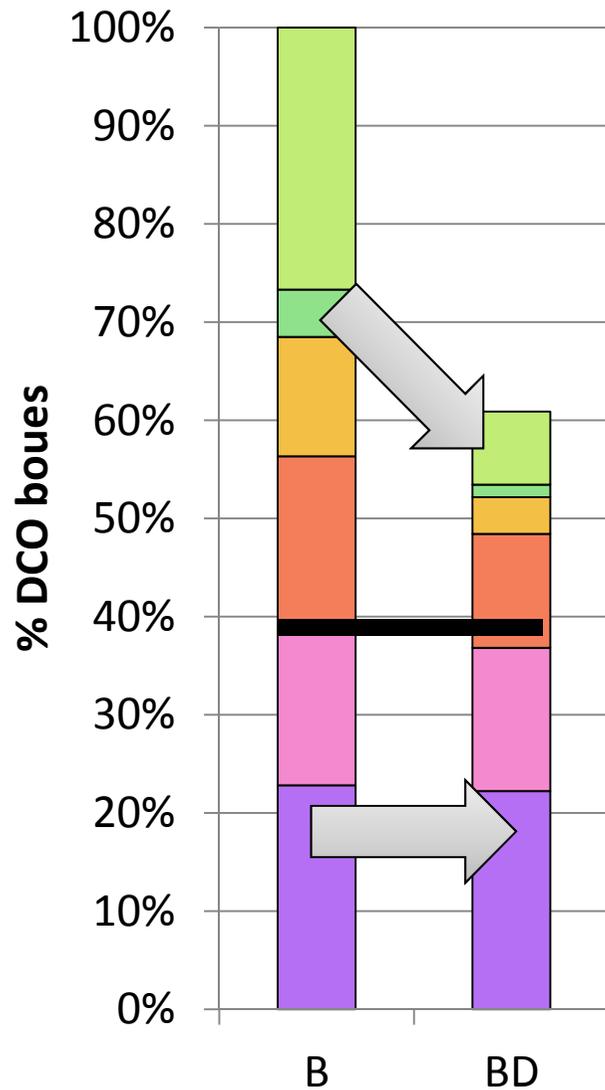
Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



- Dégradation des compartiments les plus accessibles + SEOM
- Pas de dégradation des compartiments très peu accessibles

■ NEOM
 ■ PEOM
 ■ SEOM
 ■ REOM
 ■ SPOM
 ■ DOM
 ■ Part BD
 ■ DV

Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues

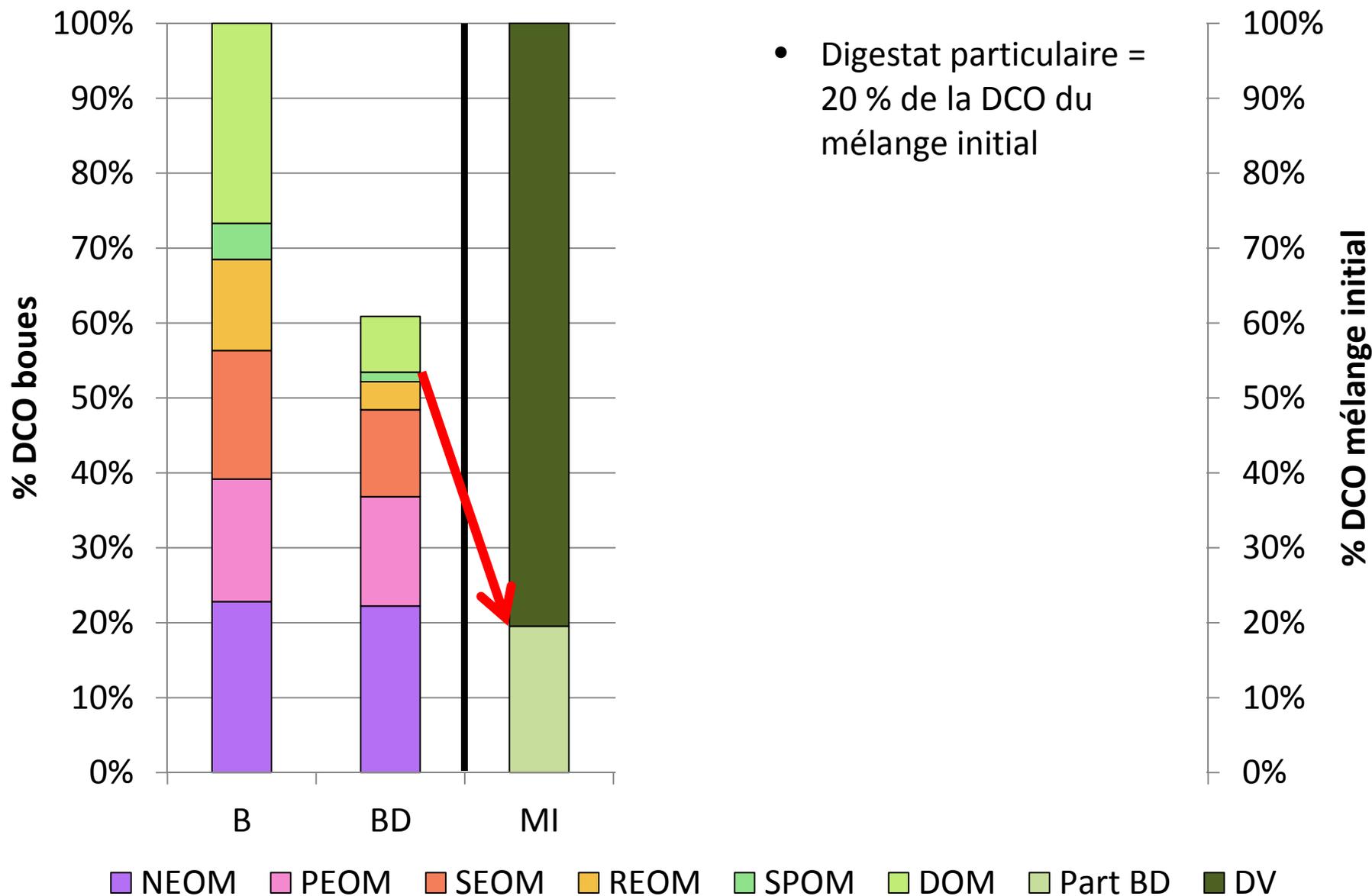


- Dégradation des compartiments les plus accessibles + SEOM
- Pas de dégradation des compartiments très peu accessibles

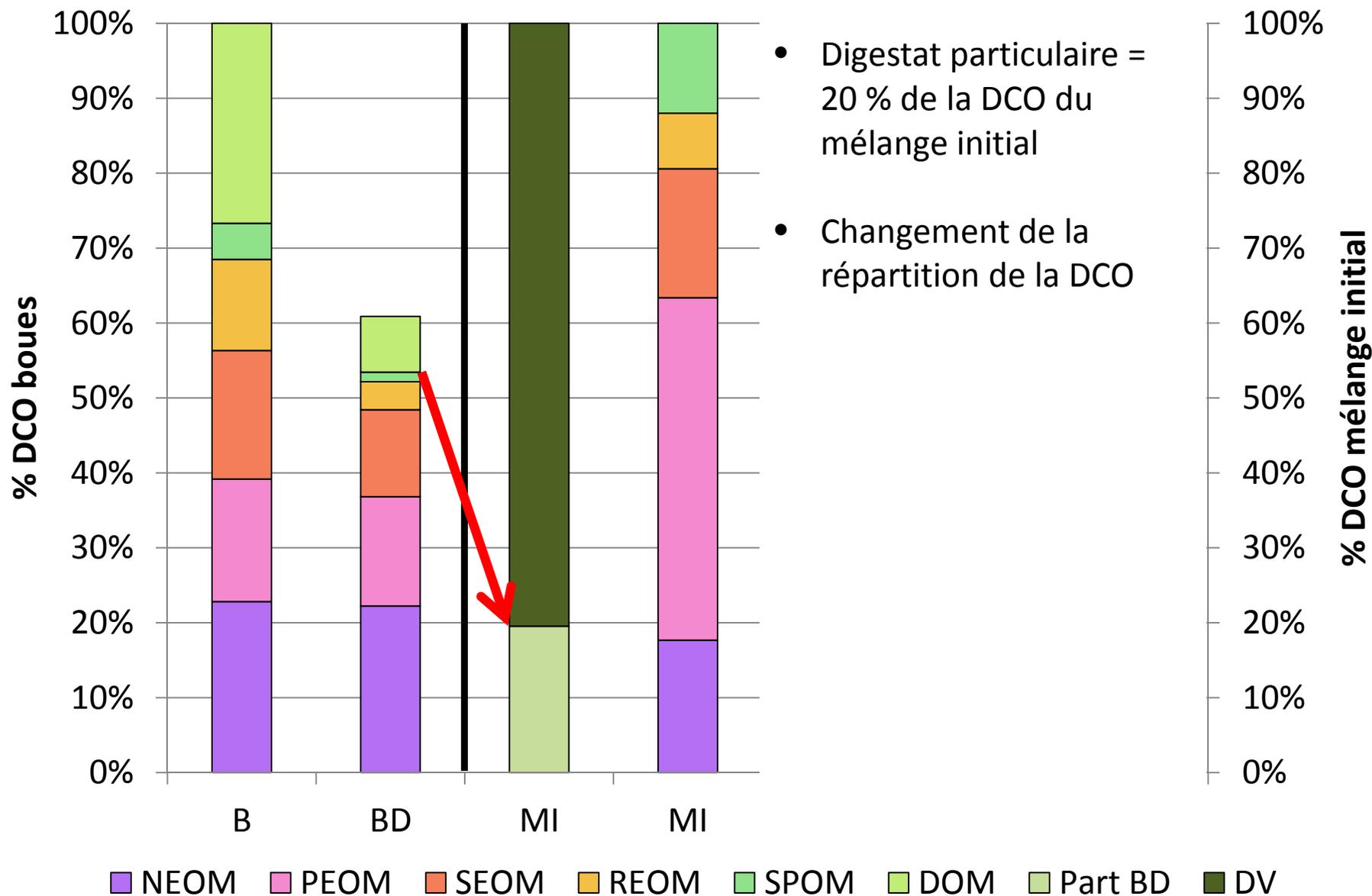
Lien entre accessibilité chimique et accessibilité biologique en digestion anaérobie

■ NEOM
 ■ PEOM
 ■ SEOM
 ■ REOM
 ■ SPOM
 ■ DOM
 ■ Part BD
 ■ DV

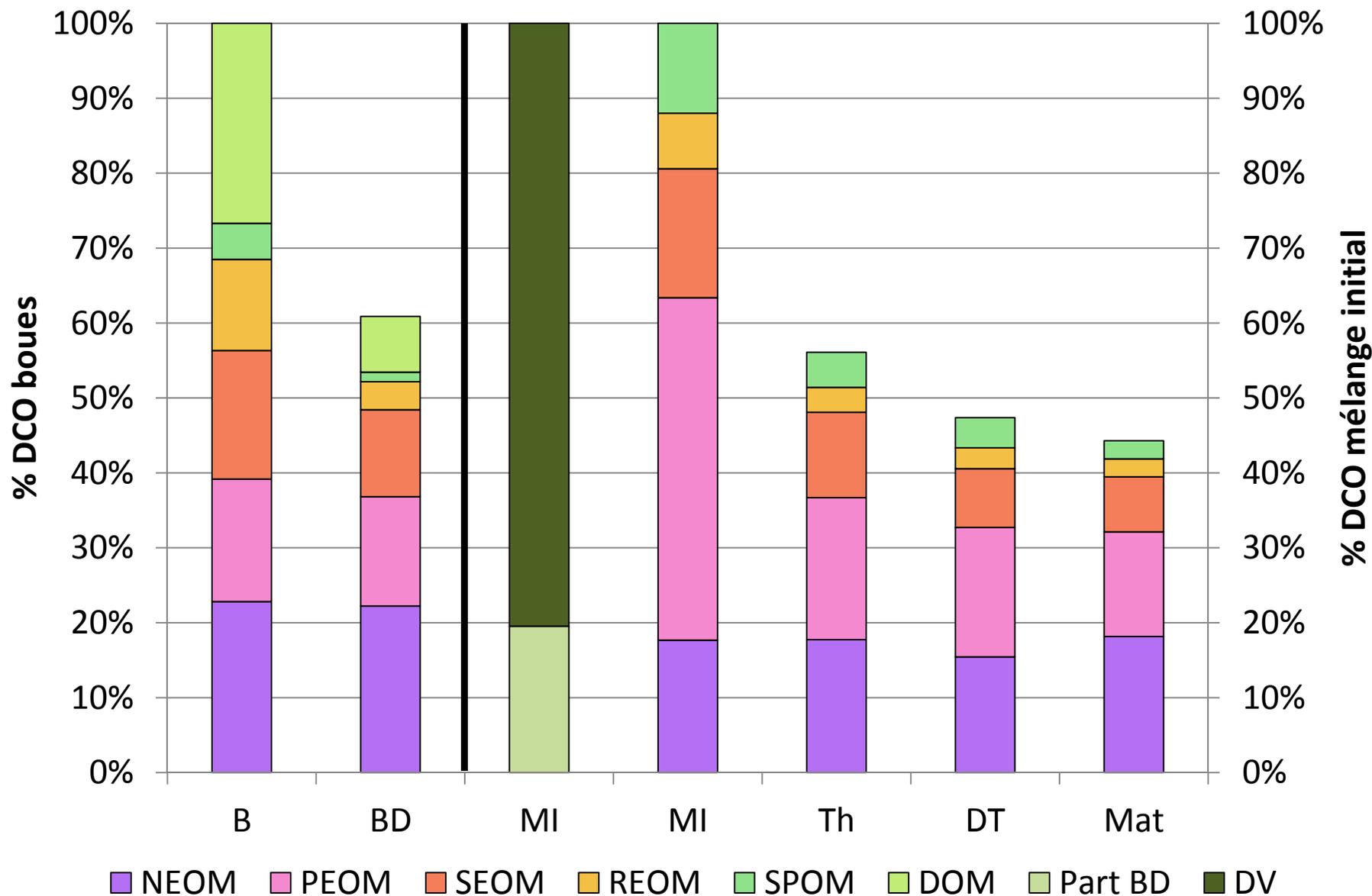
Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



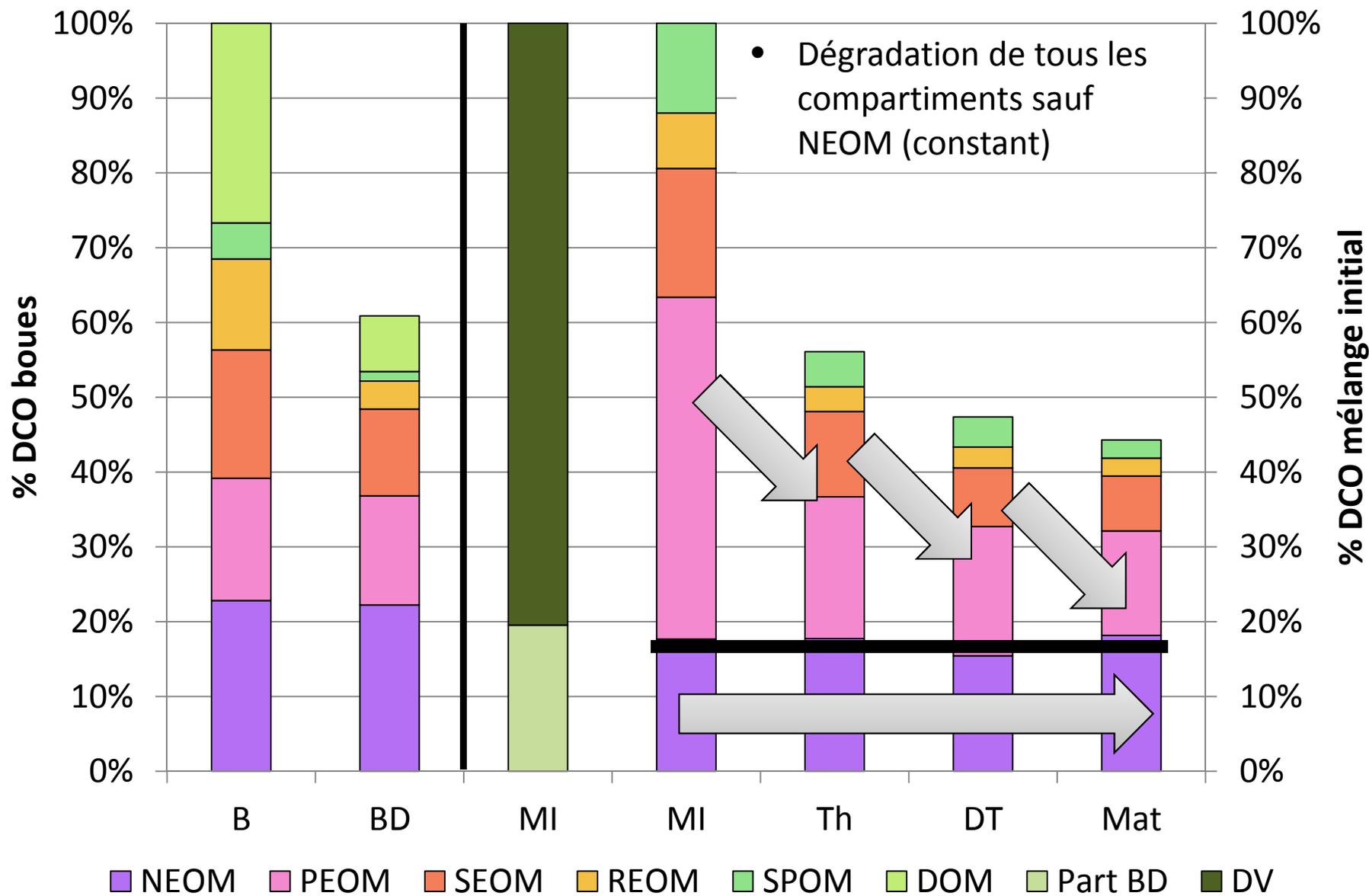
Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



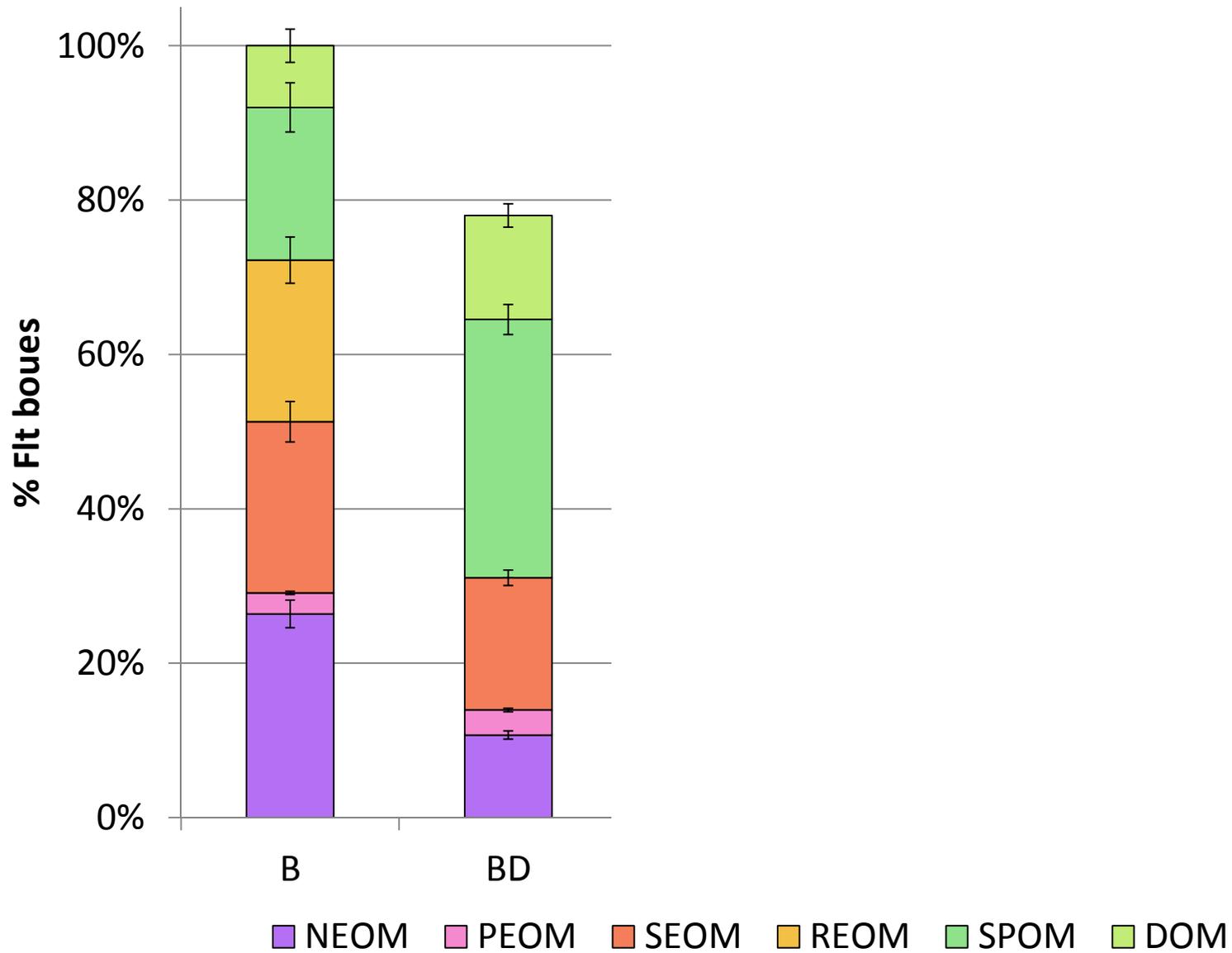
Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



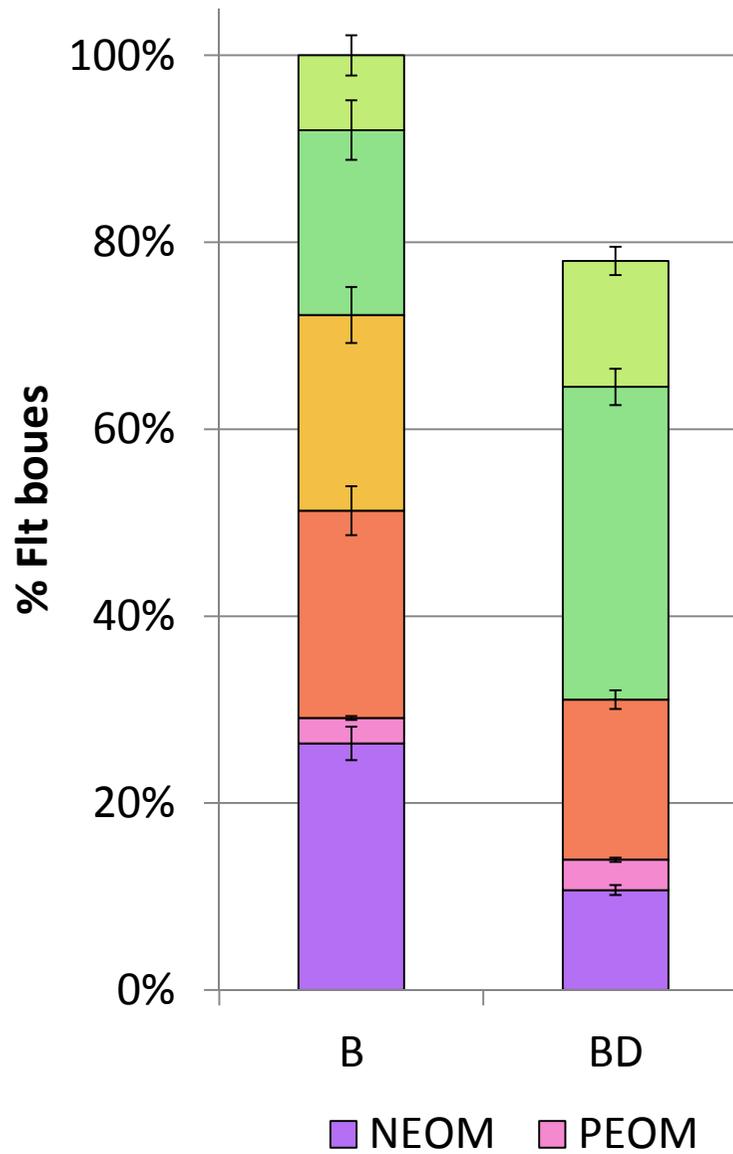
Evolution de la matière organique au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues

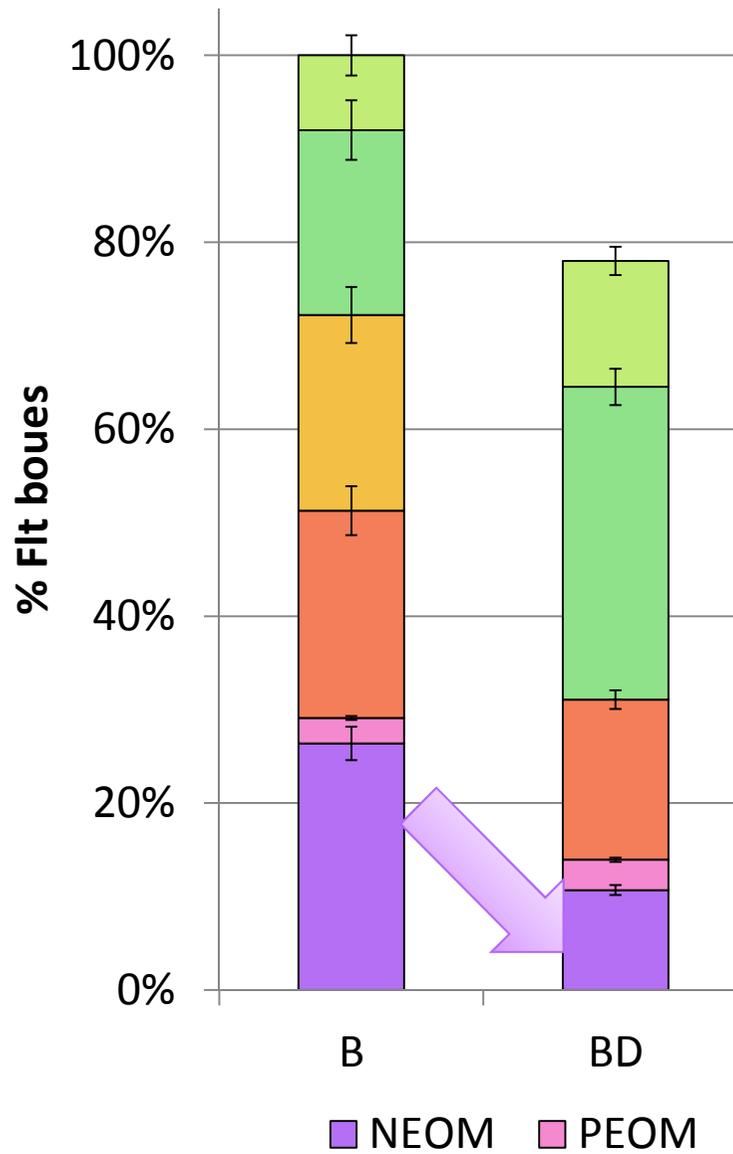


Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



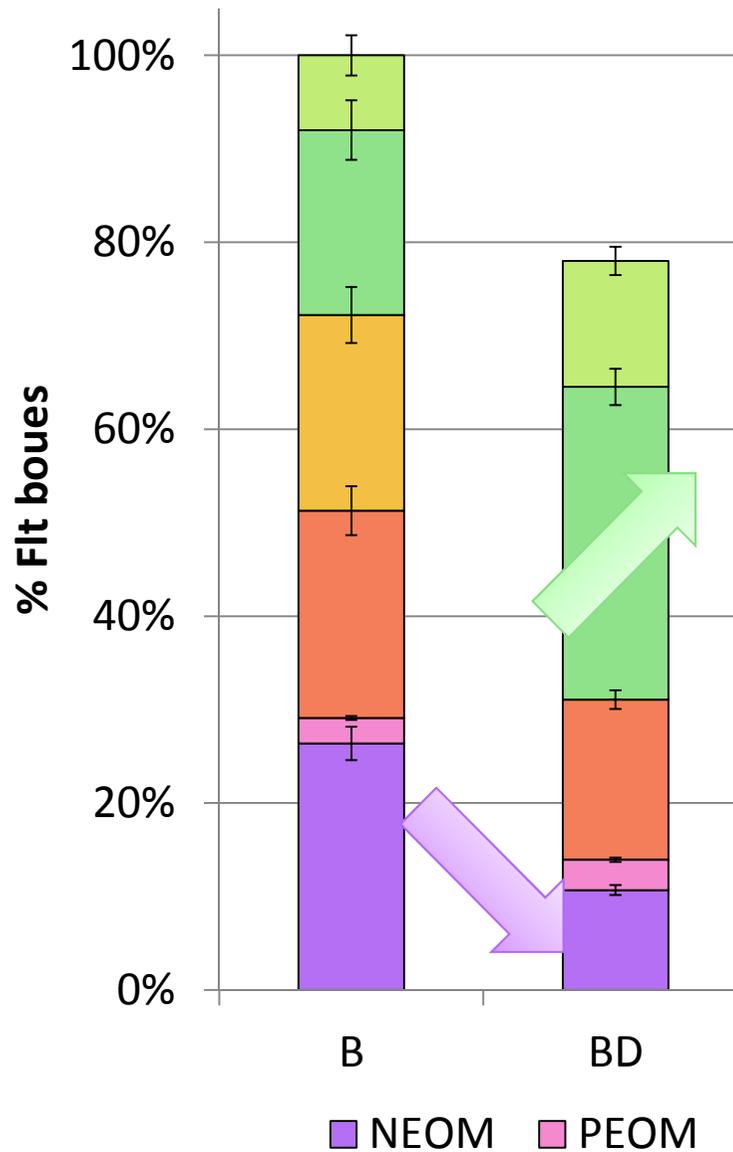
- Dissipation du fluoranthène durant la digestion anaérobie

Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



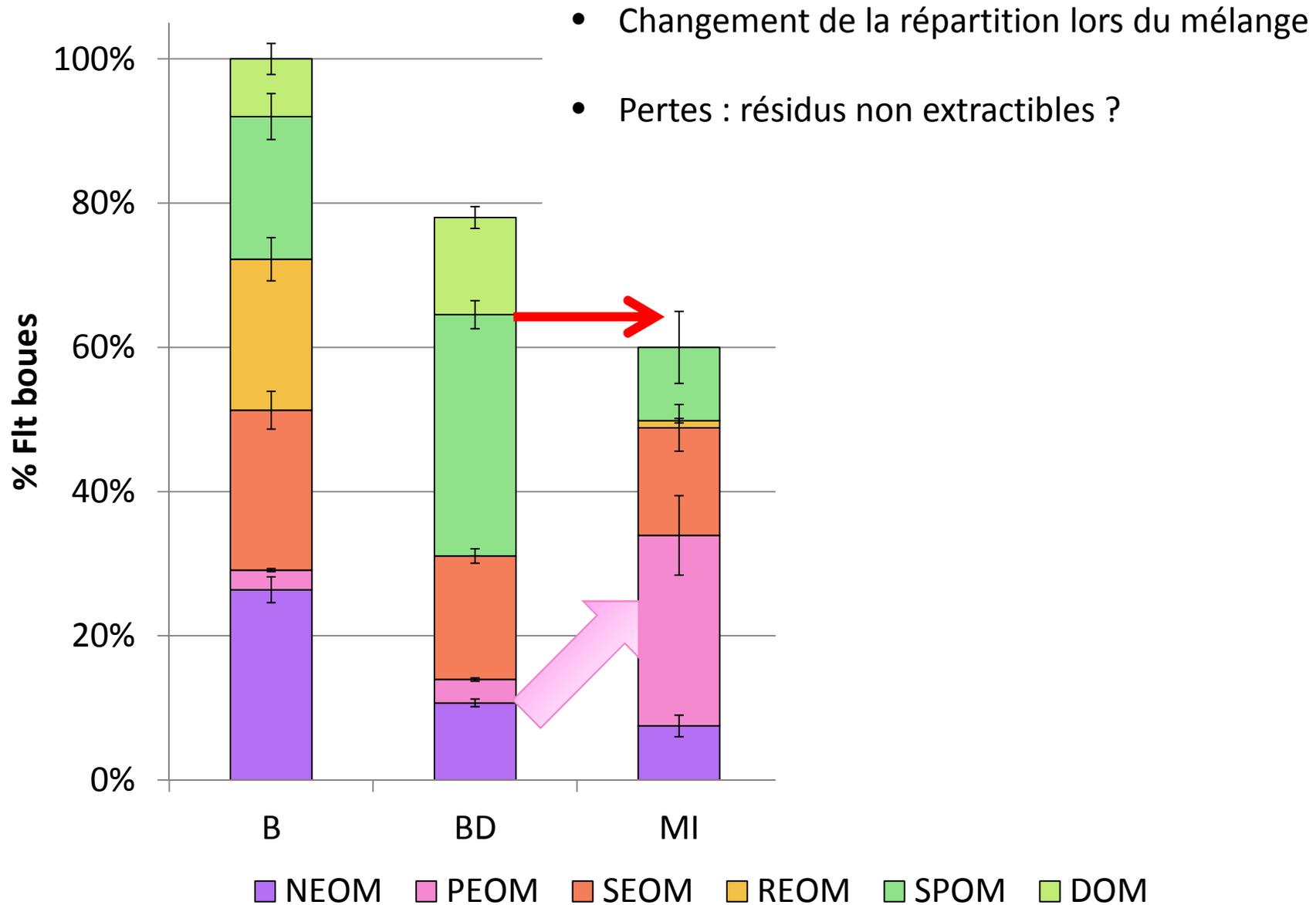
- Dissipation du fluoranthène durant la digestion anaérobie
- Diminution de la fraction très peu accessible

Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues

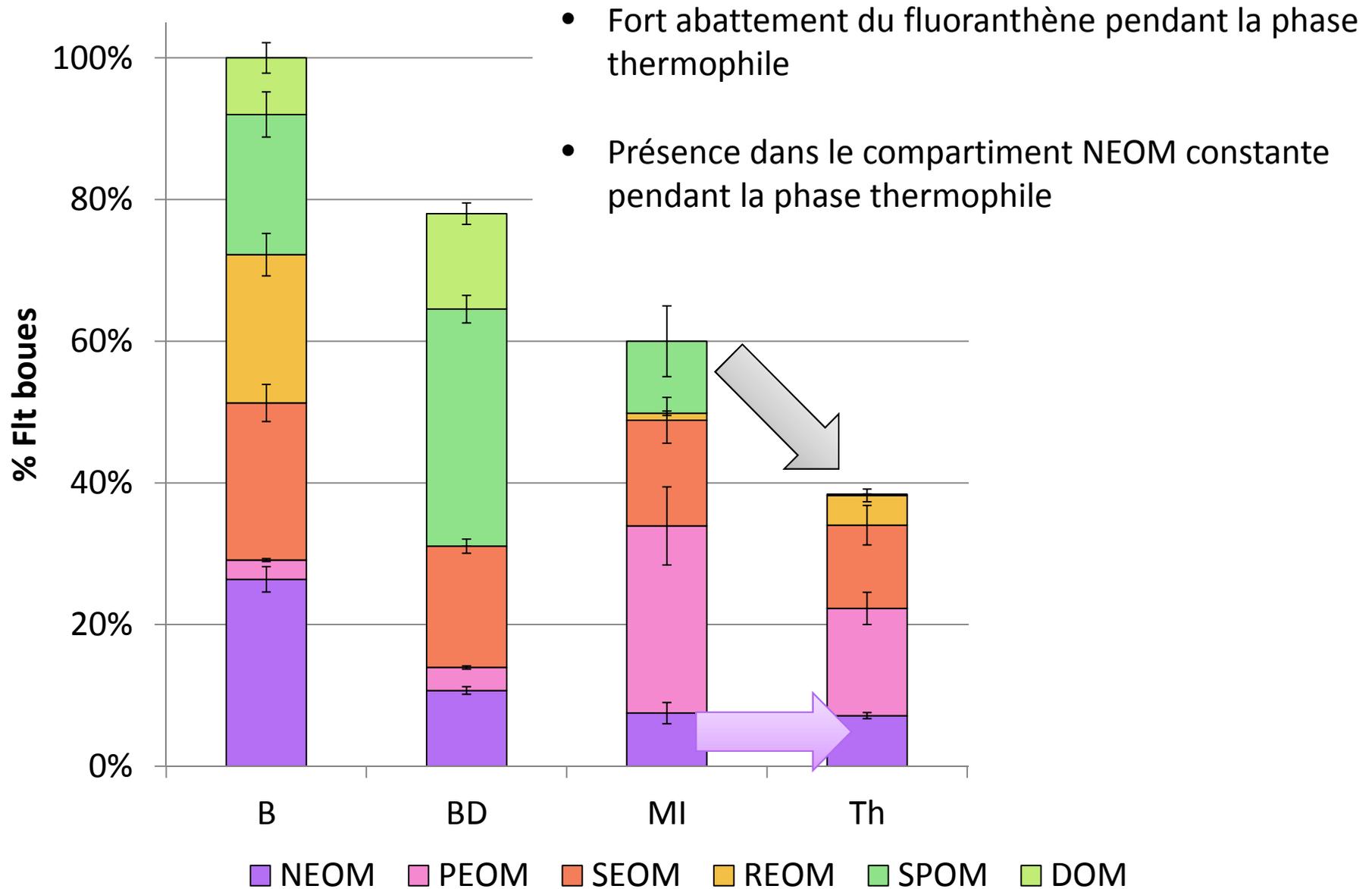


- Dissipation du fluoranthène durant la digestion anaérobie
- Diminution de la fraction très peu accessible
- Augmentation des fractions dans les compartiments les plus accessibles

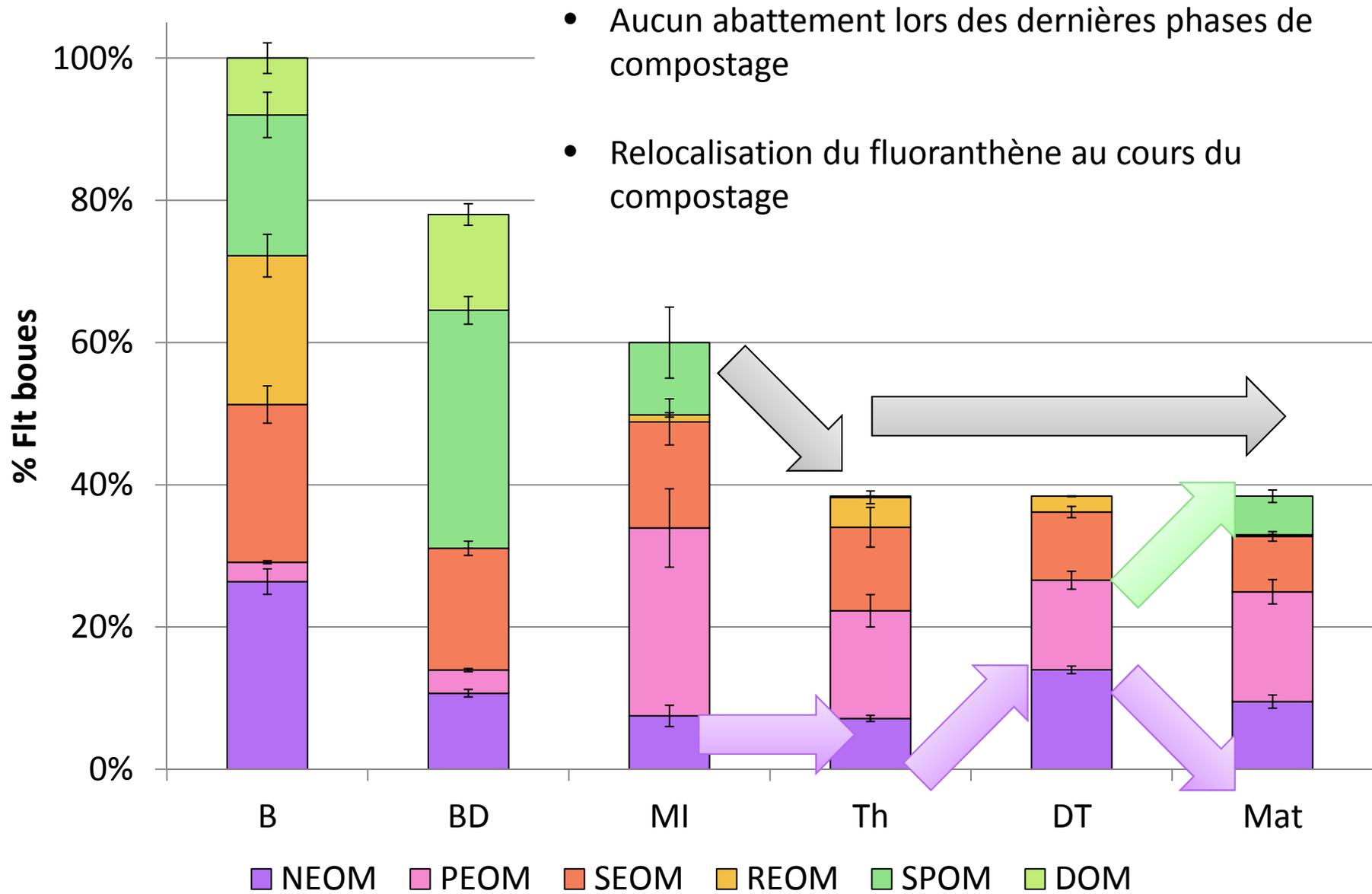
Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



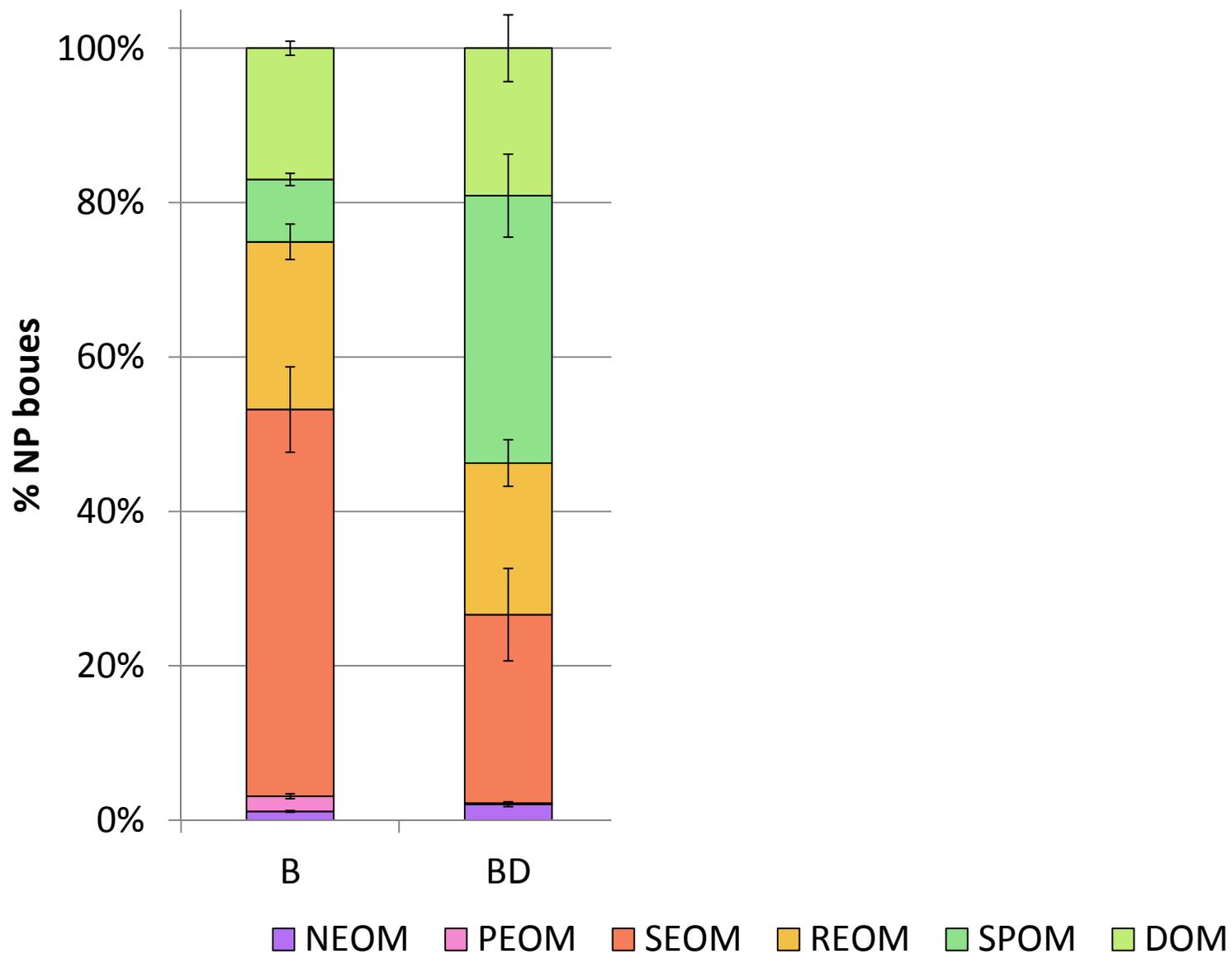
Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



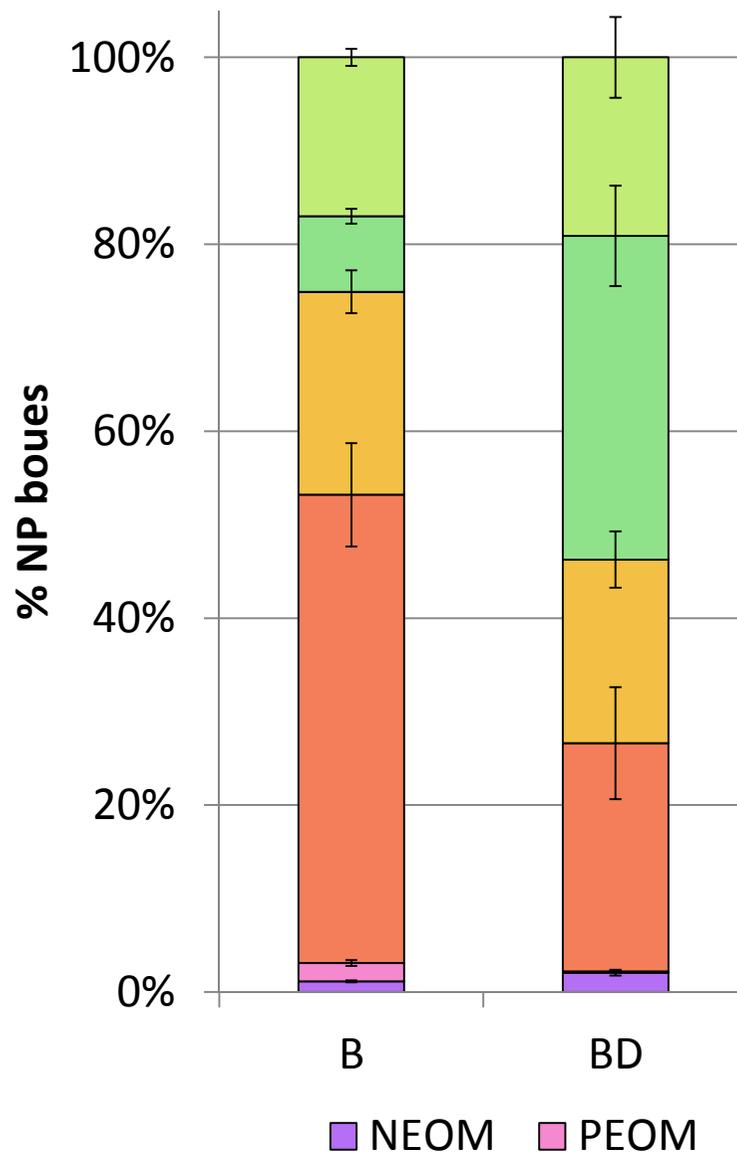
Evolution du fluoranthène au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



Evolution du nonylphénol au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues

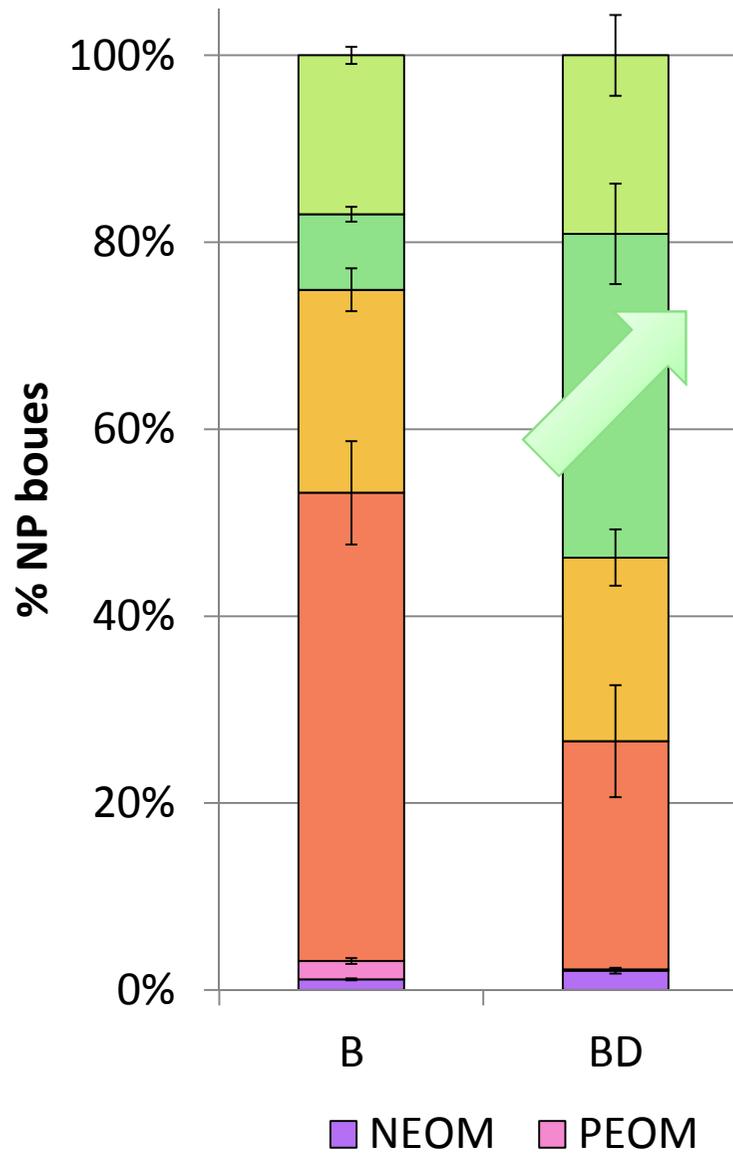


Evolution du nonylphénol au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



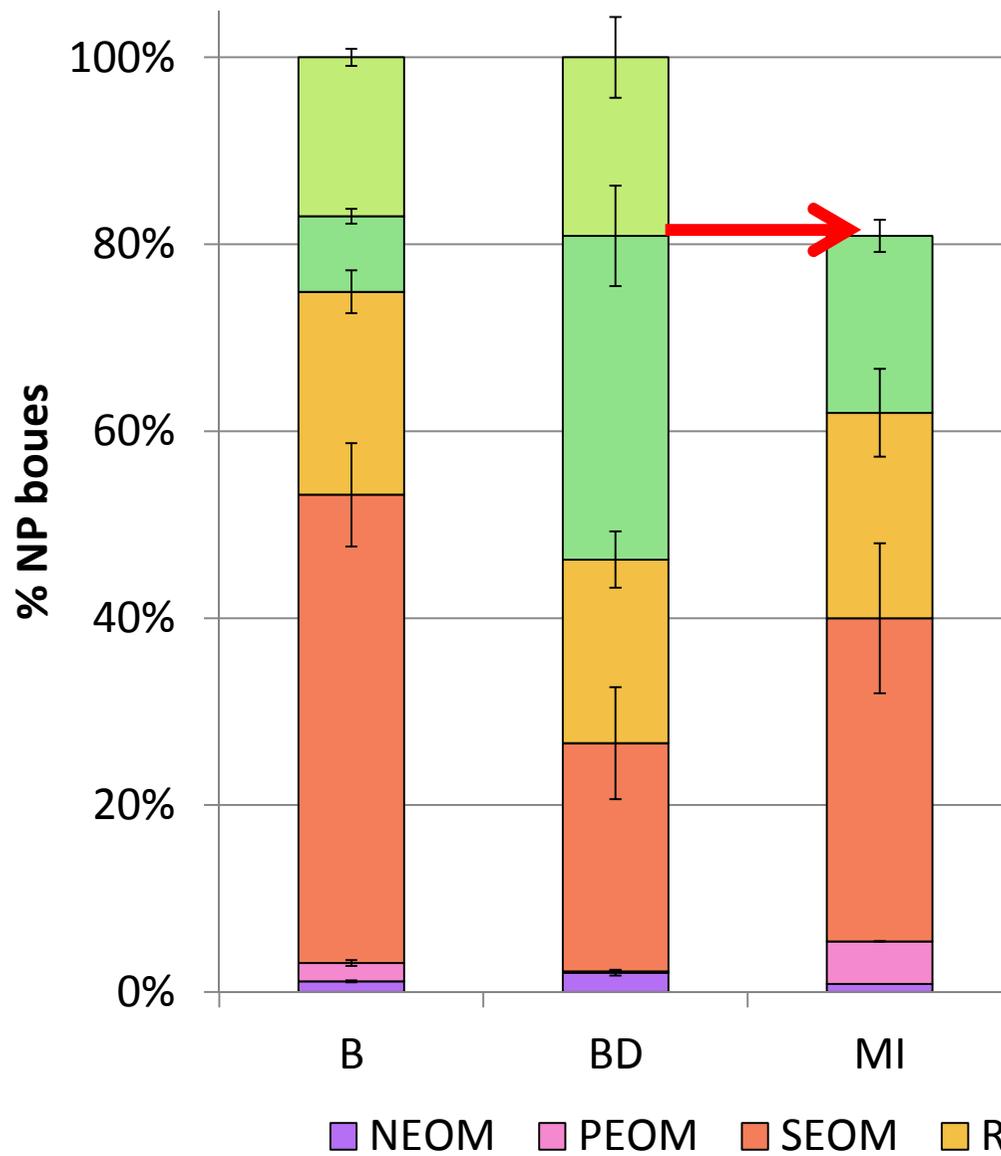
- Pas de dissipation du NP durant la digestion anaérobie

Evolution du nonylphénol au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



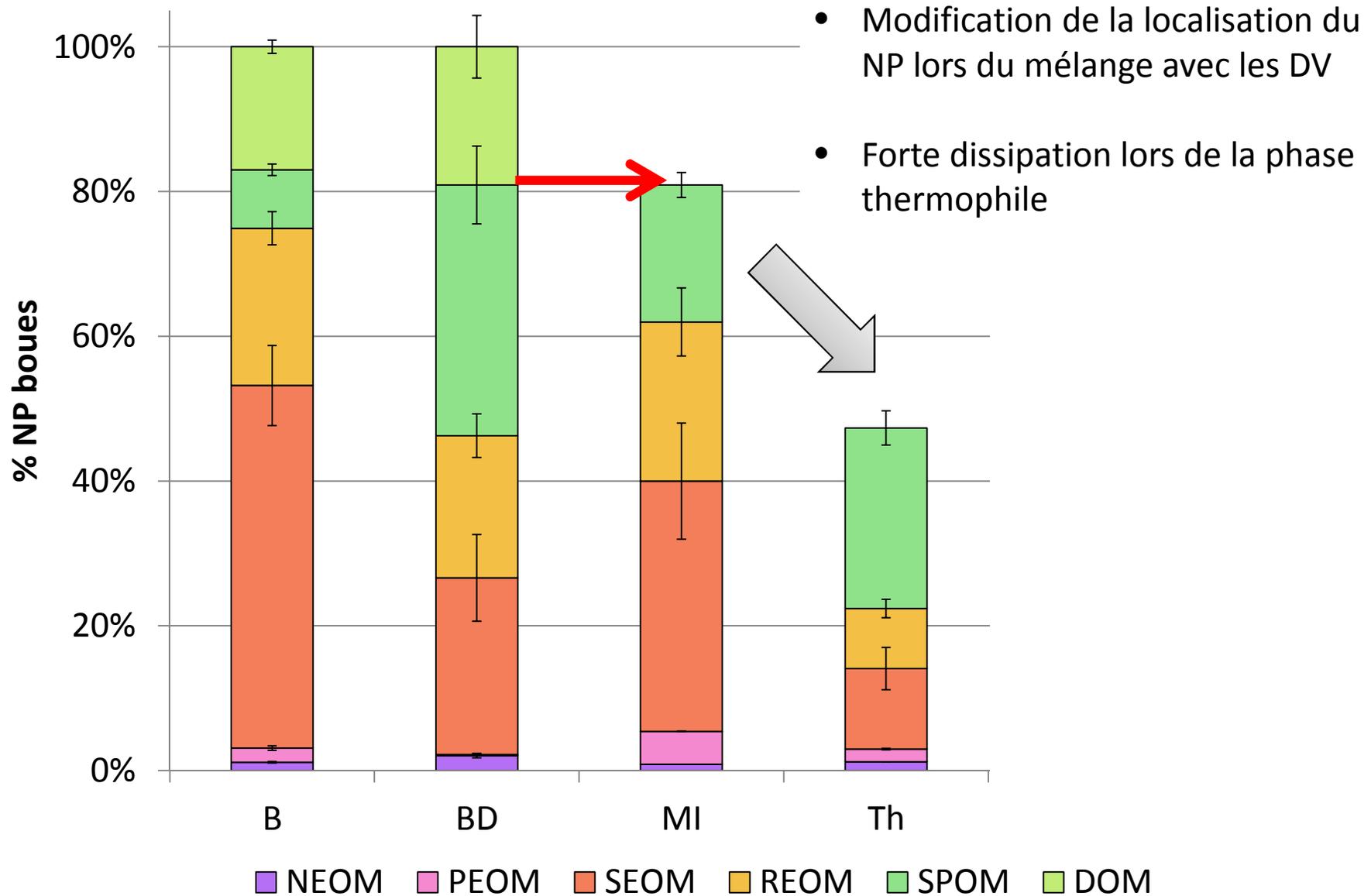
- Pas de dissipation du NP durant la digestion anaérobie
- Relocalisation du NP vers des compartiments plus accessibles au cours de la digestion anaérobie

Evolution du nonylphénol au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues

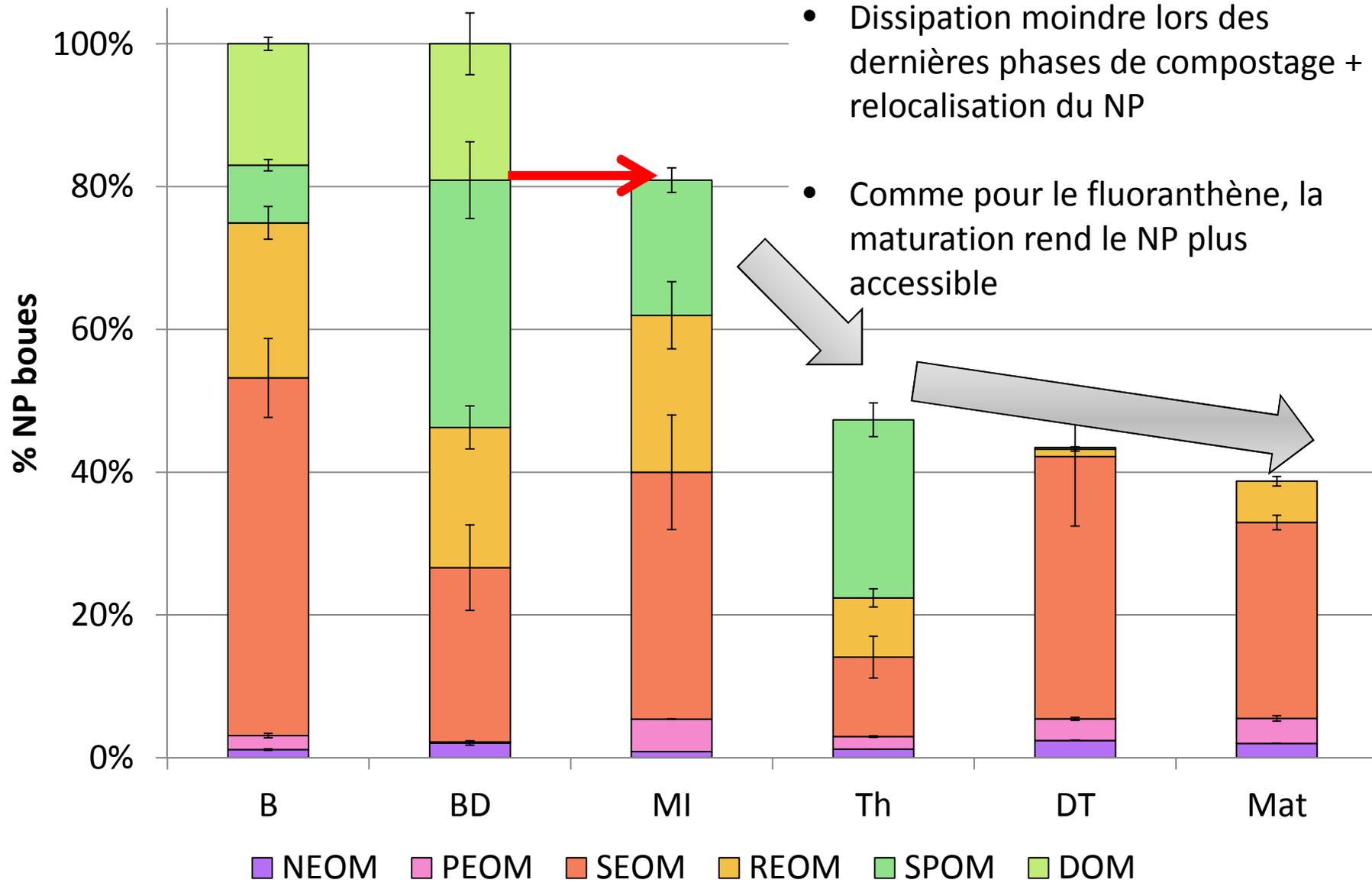


- Modification de la localisation du NP lors du mélange avec les DV

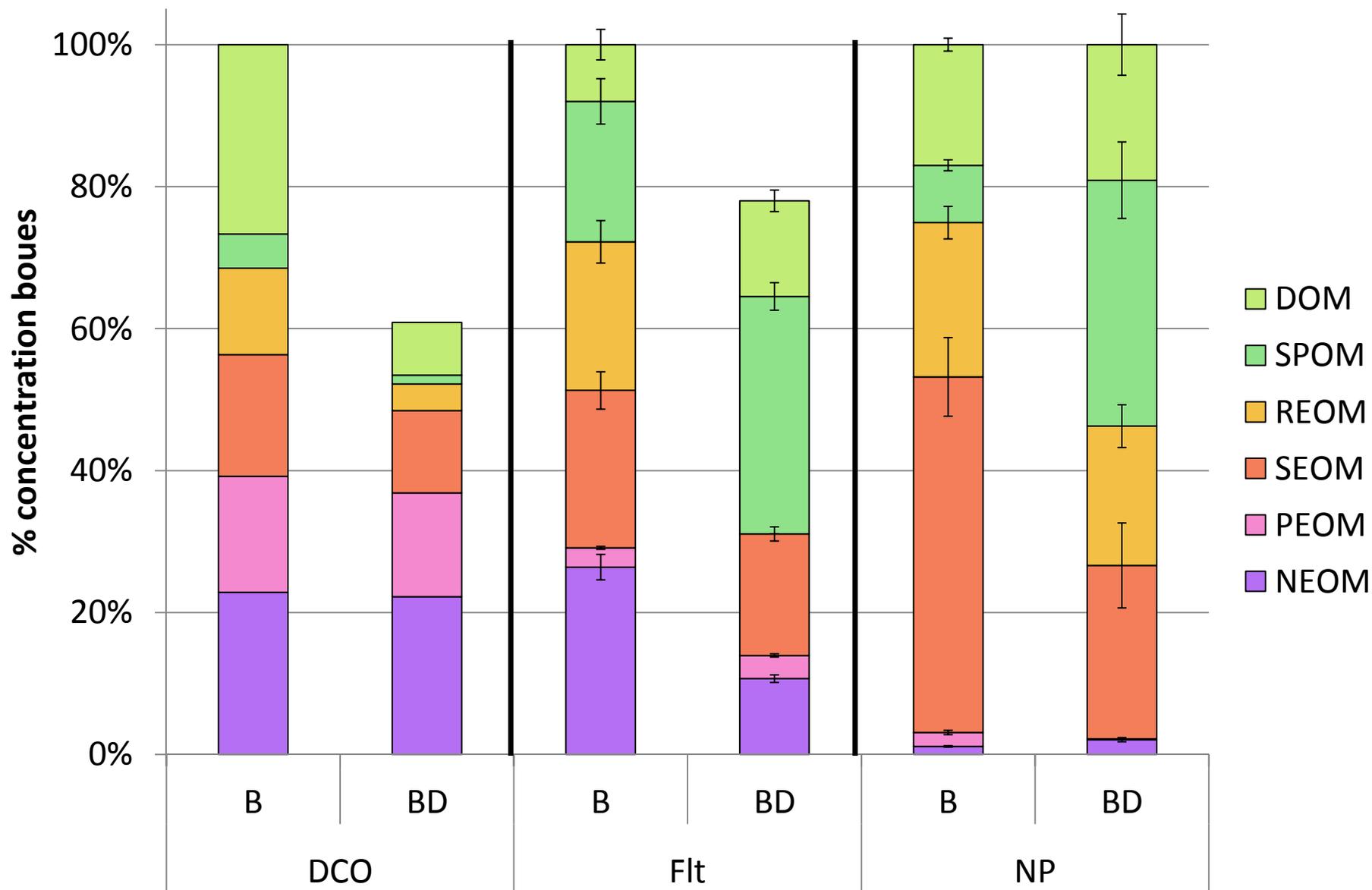
Evolution du nonylphénol au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



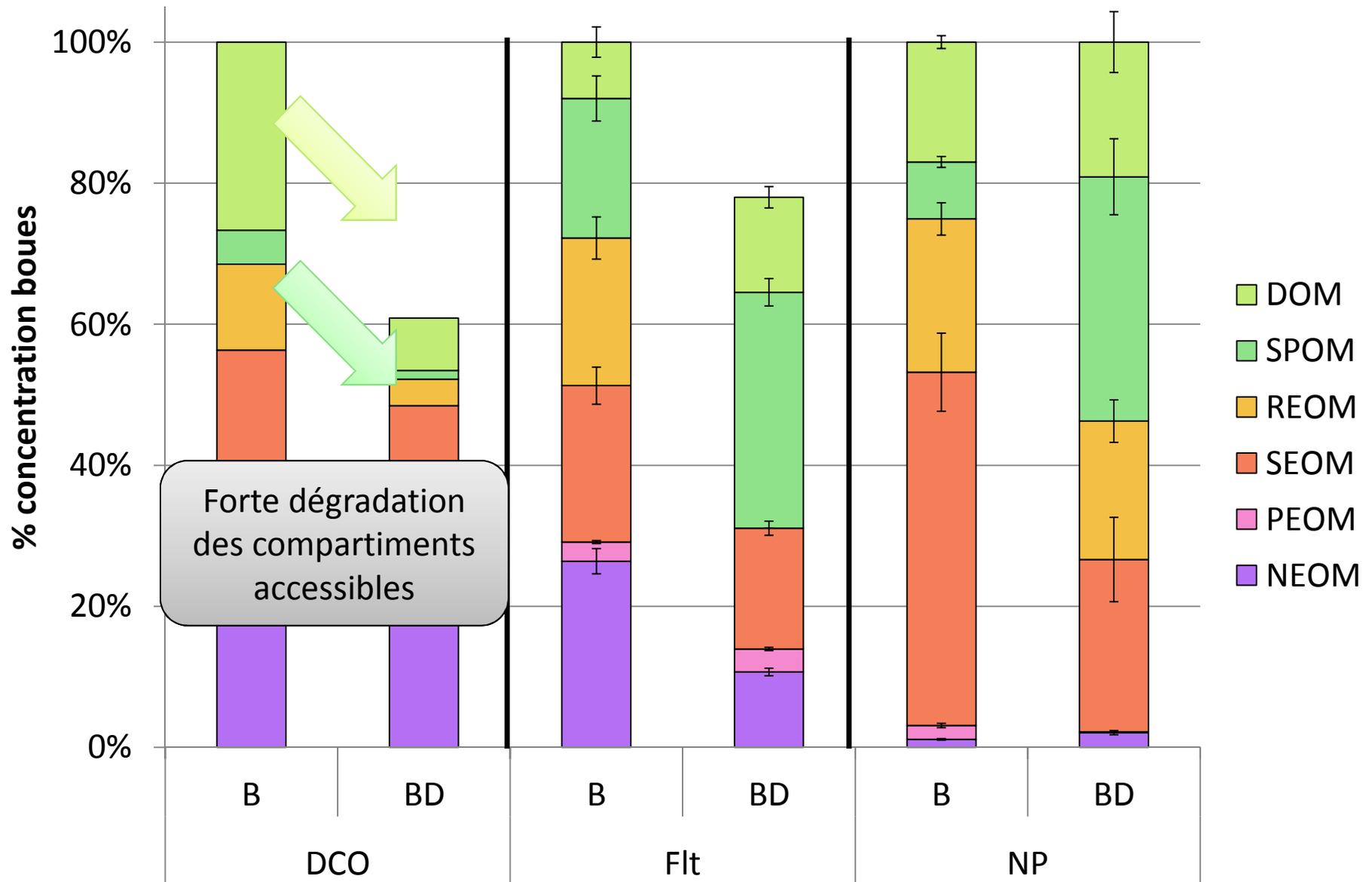
Evolution du nonylphénol au cours de la digestion anaérobie et du compostage des boues



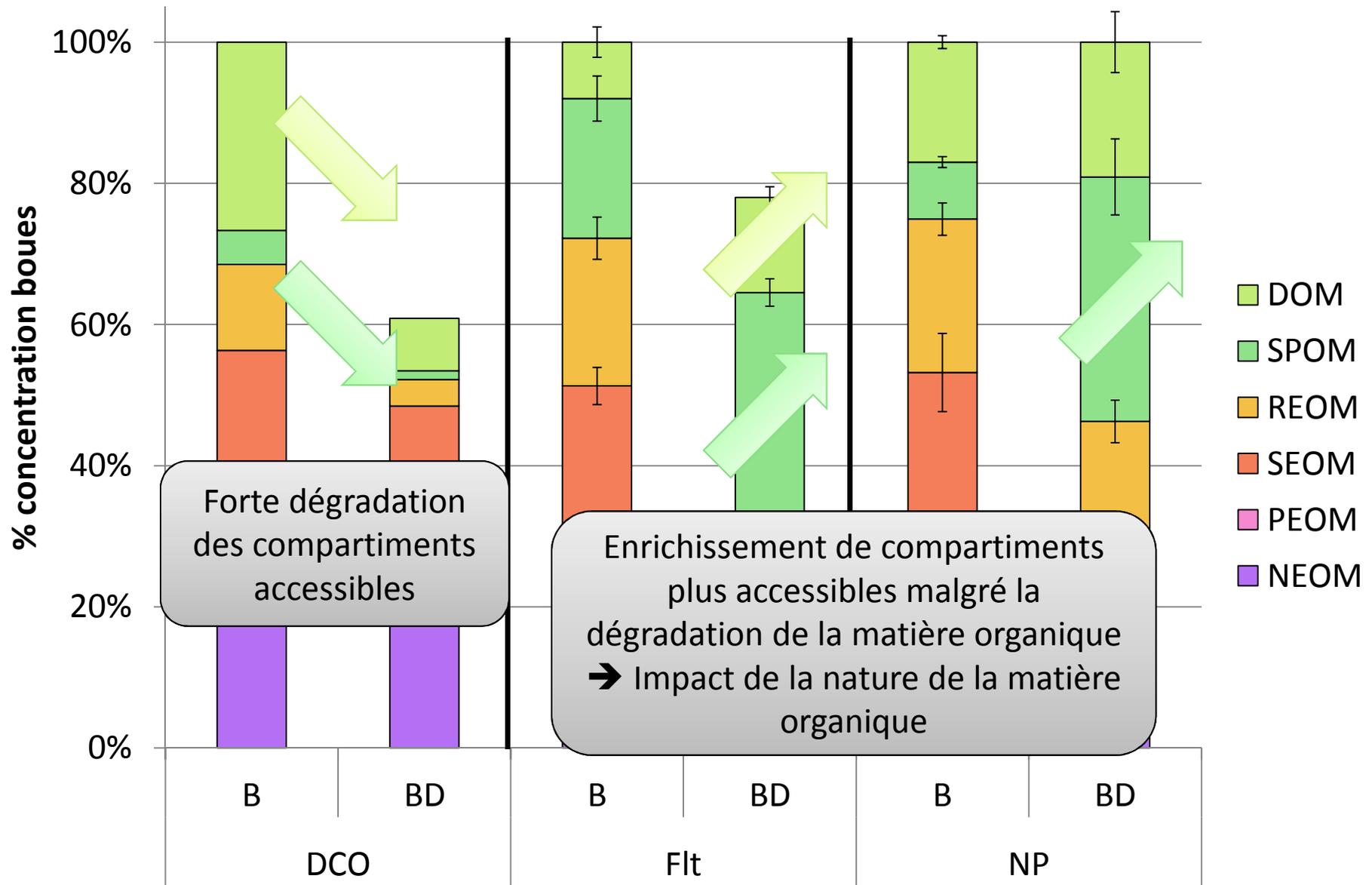
Comparaison du devenir de la matière organique et du devenir des micropolluants organiques au cours de la digestion anaérobie



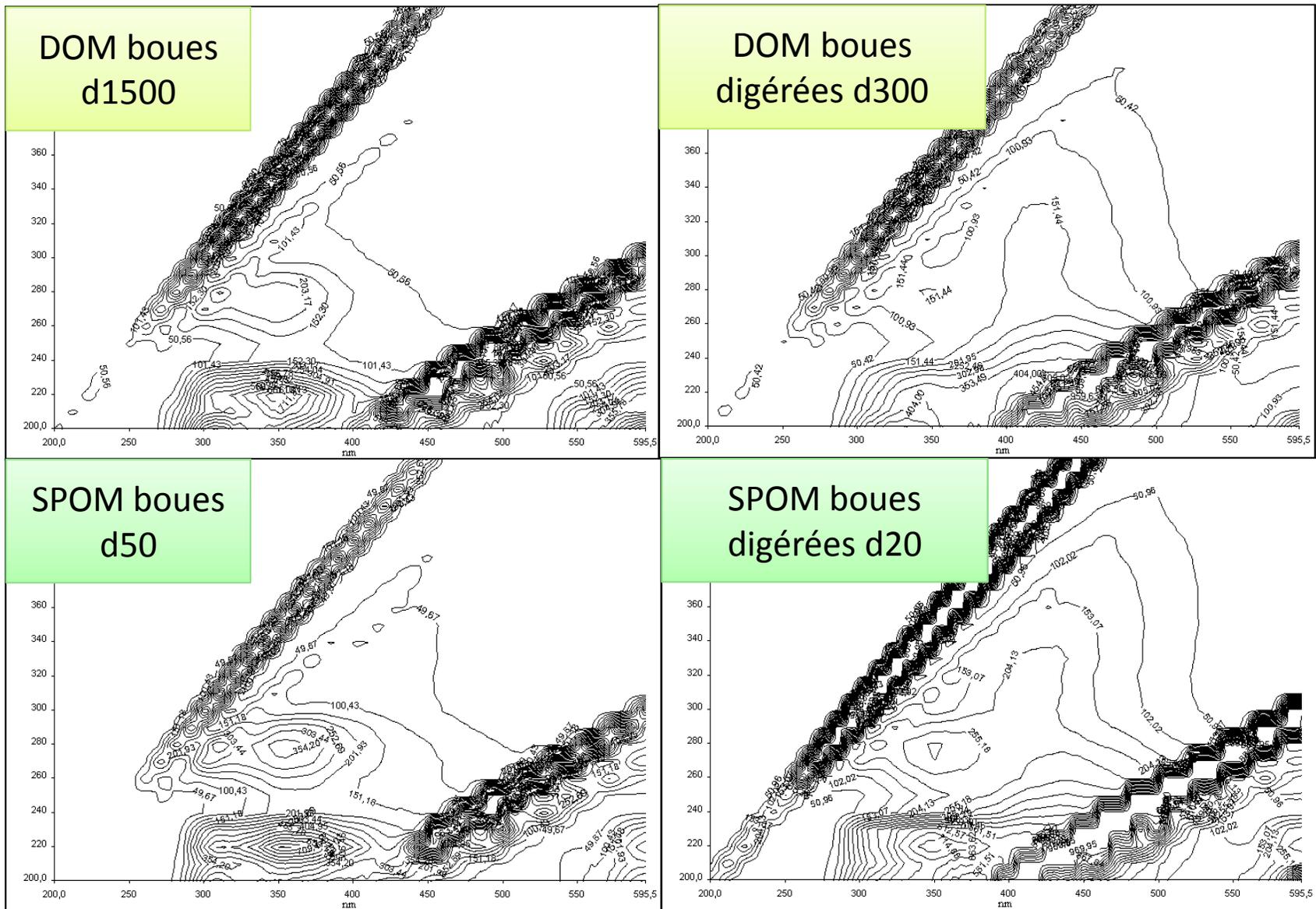
Comparaison du devenir de la matière organique et du devenir des micropolluants organiques au cours de la digestion anaérobie



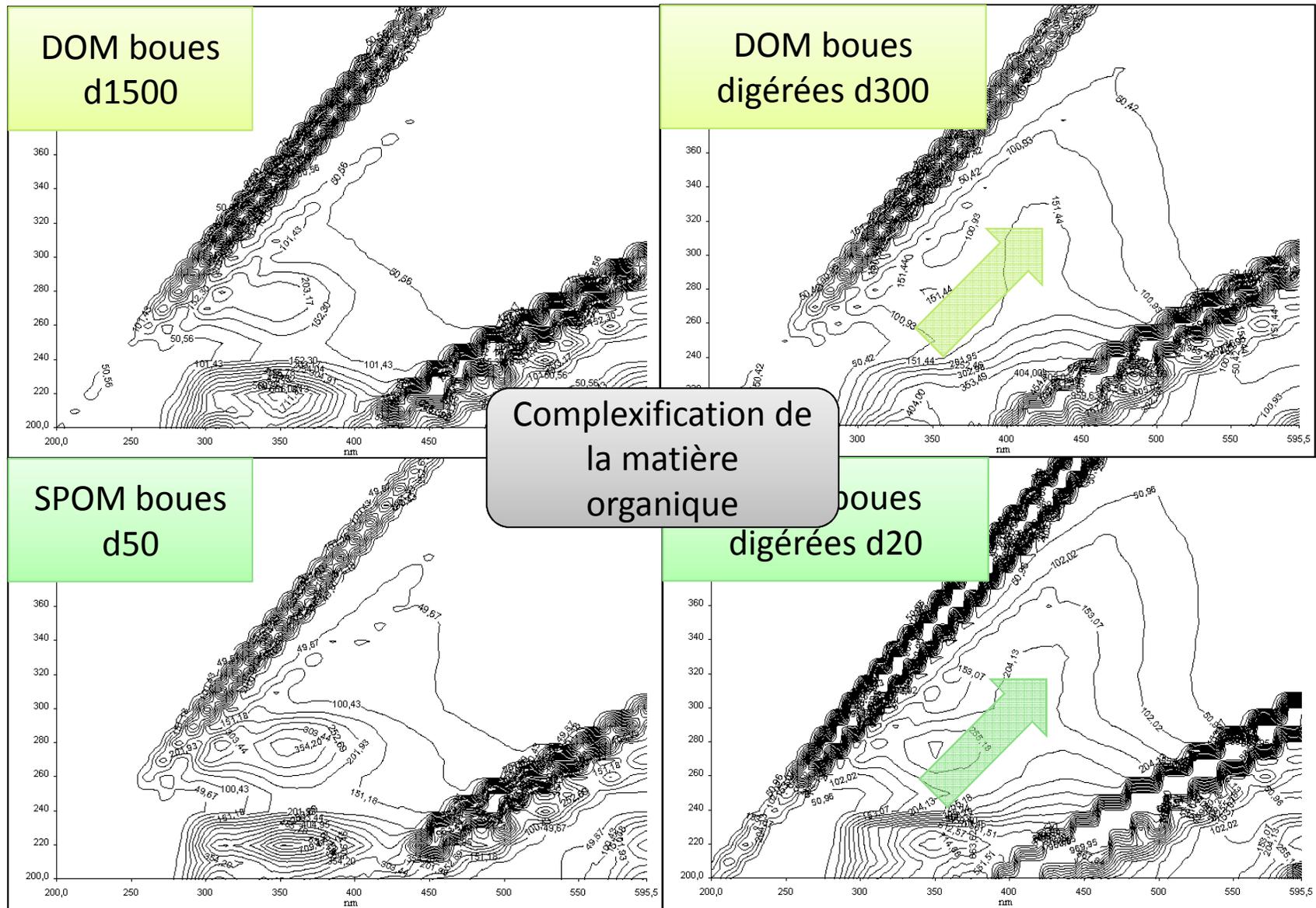
Comparaison du devenir de la matière organique et du devenir des micropolluants organiques au cours de la digestion anaérobie



Comparaison du devenir de la matière organique et du devenir des micropolluants organiques au cours de la digestion anaérobie



Comparaison du devenir de la matière organique et du devenir des micropolluants organiques au cours de la digestion anaérobie



Plan de la présentation

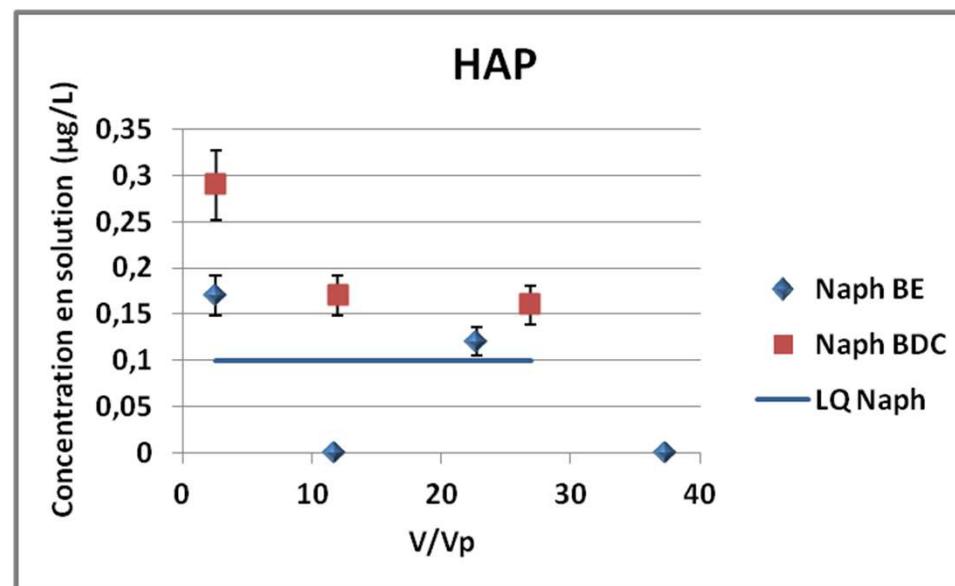


- Introduction
- Matériel et méthode
- **Résultats et discussions**
 - 1) : étude du devenir de la matière organique et des micropolluants organiques lors du traitement des boues d'épuration urbaines
 - **2) : impact des traitements appliqués sur le devenir après apport au sol des boues traitées**
- Conclusions et perspectives

Tests de lixiviation : émission

Percolations avec mise à l'équilibre – boues +sol – HAP

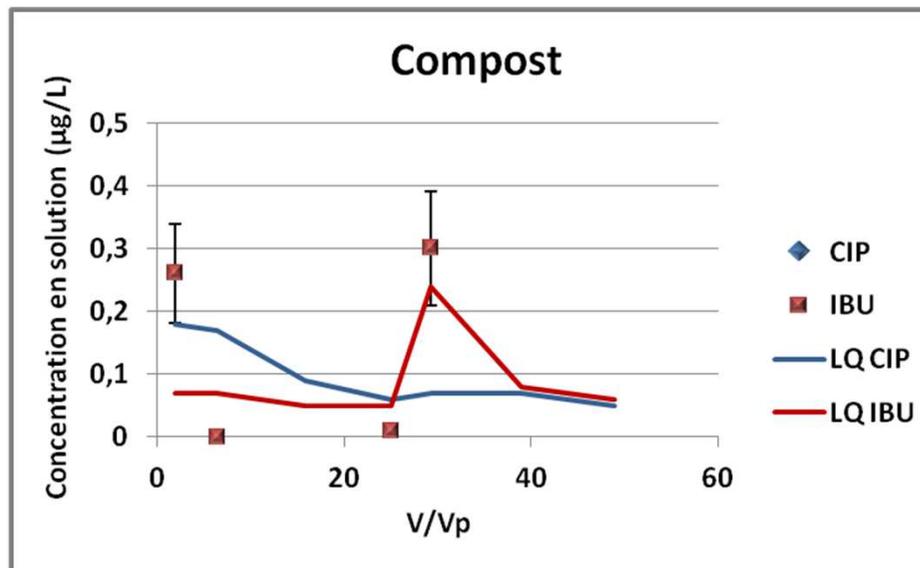
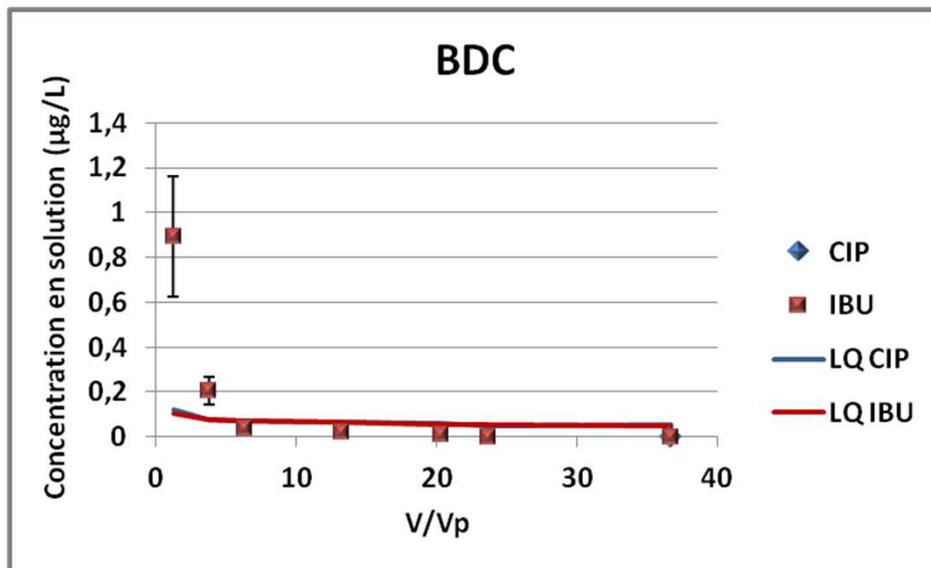
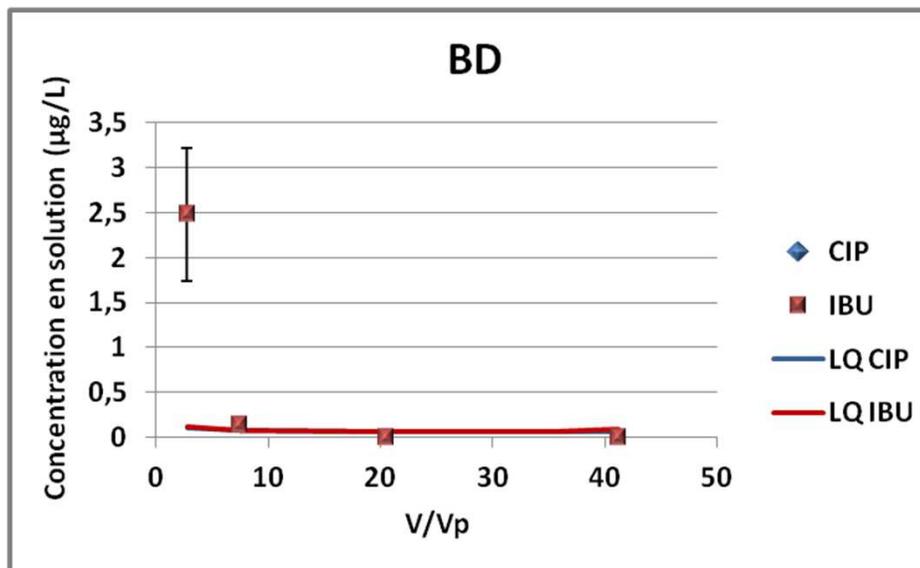
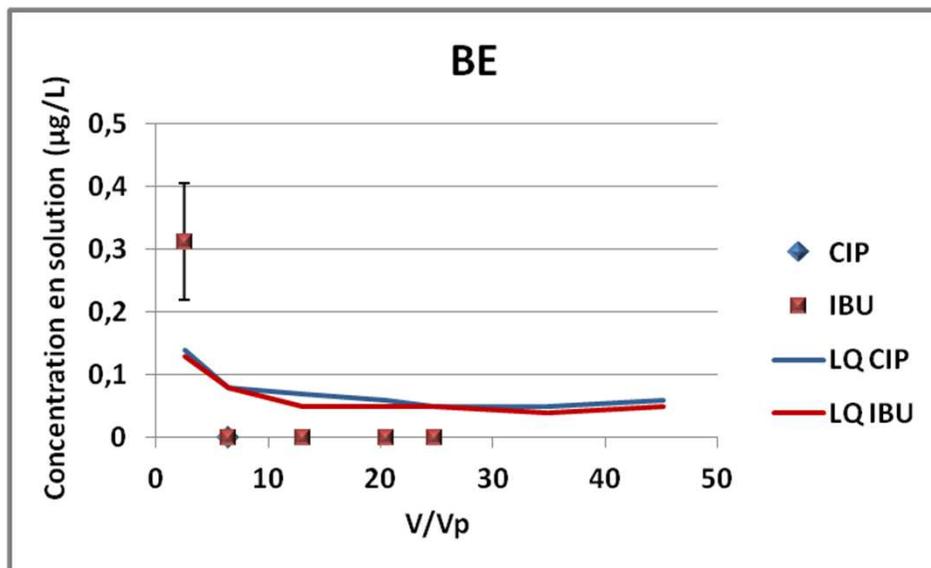
- BE et BDC



- BD et C : pas de HAP dans les percolats

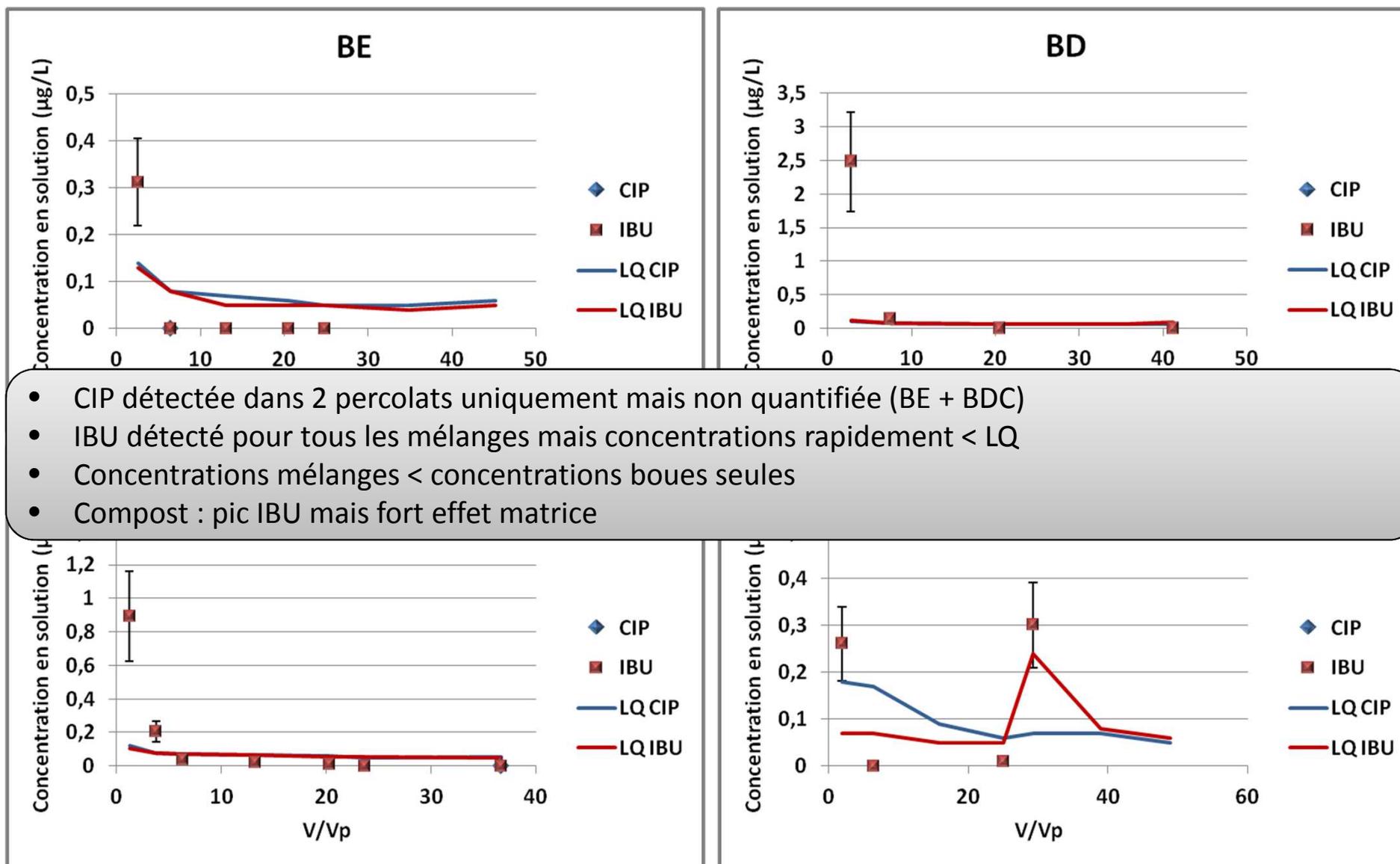
Tests de lixiviation : émission

Percolations avec mise à l'équilibre – boues + sol – composés pharmaceutiques



Tests de lixiviation : émission

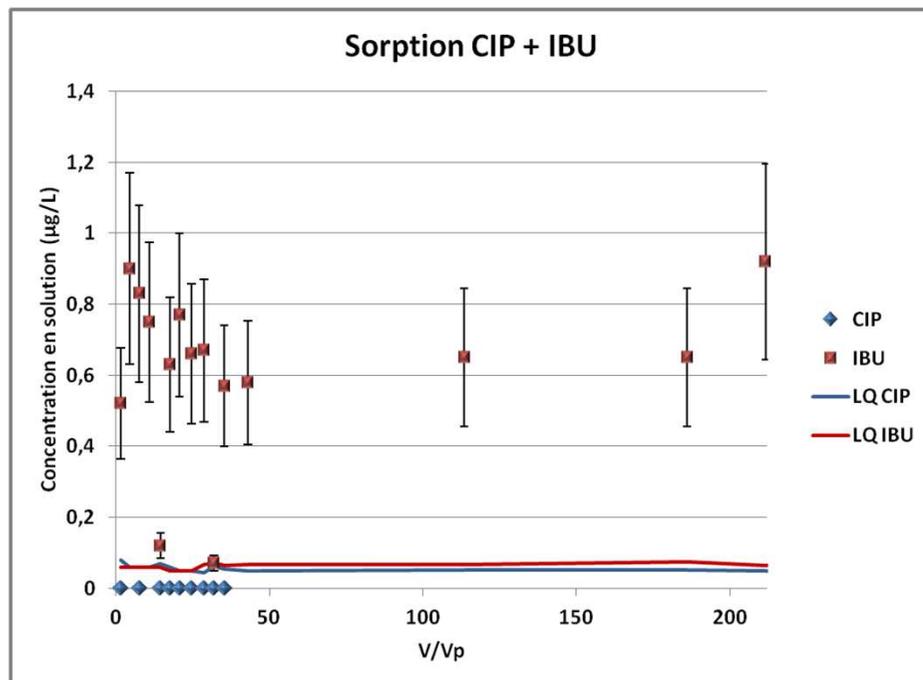
Percolations avec mise à l'équilibre – boues + sol – composés pharmaceutiques



- CIP détectée dans 2 percolats uniquement mais non quantifiée (BE + BDC)
- IBU détecté pour tous les mélanges mais concentrations rapidement < LQ
- Concentrations mélanges < concentrations boues seules
- Compost : pic IBU mais fort effet matrice

Tests de lixiviation : transfert

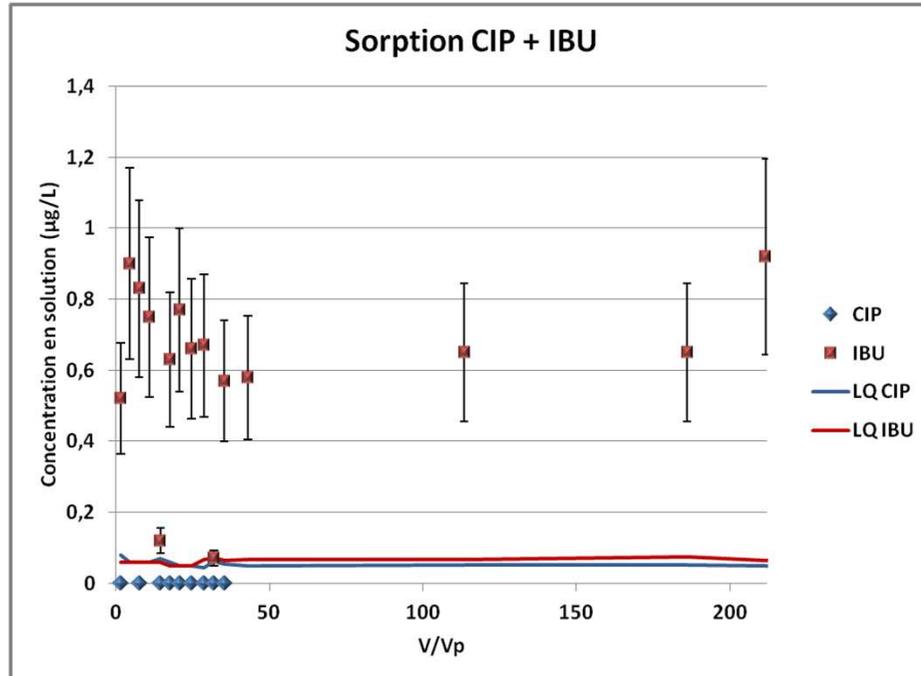
Sorption



- Forte sorption de CIP : non détectée dans les percolats
- Faible sorption de l'IBU : détecté dès le premier percolat

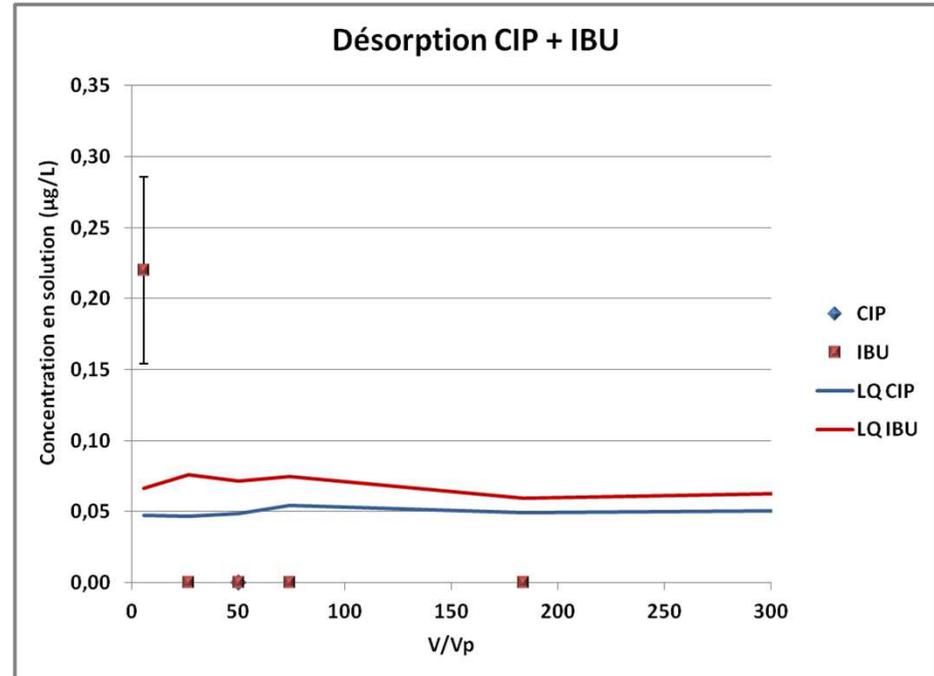
Tests de lixiviation : transfert

Sorption



- Forte sorption de CIP : non détectée dans les percolats
- Faible sorption de l'IBU : détecté dès le premier percolat

Désorption



- Masse IBU sorbée = 3,7 µg
- Masse IBU désorbée = 0,05 µg

➔ phénomène d'hysteresis

Plan de la présentation



- Introduction
- Matériel et méthode
- Résultats et discussions
 - 1) : étude du devenir de la matière organique et des micropolluants organiques lors du traitement des boues d'épuration urbaines
 - 2) : impact des traitements appliqués sur le devenir après apport au sol des boues traitées
- **Conclusions et perspectives**

Conclusions



- Le fractionnement de la matière organique couplé à la localisation des micropolluants organiques permet de comprendre le devenir des micropolluants organiques lors de la digestion anaérobie et du compostage
- Le transfert des composés du sol vers l'eau est faible et dépend plus fortement des propriétés physicochimiques des micropolluants organiques que des traitements appliqués. Le compost semble retenir plus les micropolluants organiques.

- Etendre l'approche du fractionnement à d'autres types de micropolluants organiques (molécules pharmaceutiques notamment), d'autres types de matrices (fumiers, lisiers, etc.) et d'autres types de traitement (chaulage, etc.).
- Faire le lien entre fractionnement et devenir après apport au sol (minéralisation, lixiviation, etc.)
- Validation de modèles couplant à la fois le devenir de la matière organique mais aussi des micropolluants organiques au cours de la filière « complète » :

Digestion anaérobie → compostage → sol

Merci de votre attention !