



**HAL**  
open science

## Traitement des eaux ménagères par 1-Filtres plantés 2-Filtres à broyat de bois

Catherine Boutin, Florent Brun

► **To cite this version:**

Catherine Boutin, Florent Brun. Traitement des eaux ménagères par 1-Filtres plantés 2-Filtres à broyat de bois. Comite de suivi du PANANC, Jan 2020, Paris, France. hal-02893539

**HAL Id: hal-02893539**


**<https://hal.inrae.fr/hal-02893539v1>**

Submitted on 8 Jul 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**INRAE**

- 
- **Traitement des eaux ménagères par**
    - 1- **Filtres plantés**
    - 2- **Filtres à broyat de bois**

**Catherine BOUTIN, Florent BRUN**

## ➤ Contexte

Irstea a été sollicité par le ministère en charge de l'écologie pour fournir un **avis circonstancié** sur les propositions techniques faites par le sous GT « traitement des eaux ménagères » dans la perspective de les intégrer dans la réglementation (extrait CR CoSUIV PANANC, Déc. 2018).

Deux filières de traitement des eaux ménagères sont à analyser:

- **les filtres plantés à flux vertical.**
- **les filtres à broyat de bois.**



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Plan

- Eaux ménagères
- Filtres plantés à flux vertical
- Filtres à broyat de bois



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

➤ Eaux ménagères (EM) vs  
Eaux Usées Domestiques (EUD)

# Eaux Usées Domestiques

Eaux Vannes

Eaux  
ménagères

Eaux  
jaunes

Eaux  
brunes

Autres

Alimentation  
et nettoyage

Hygiène  
corporelle

Urine

Chasse  
d'eau

Fèces

Chasse  
d'eau  
et  
papier  
toilette

Entretien  
Nettoyage

Machine à  
laver

Lave  
vaisselle /  
Evier de  
cuisine

Bains /  
Douches

Lavabo

D'après Eme et Boutin, 2015



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Méthode

### QUESTIONS:

- Quel flux hydraulique journalier L/j ?
- Quelles charges organiques journalières (DCO, DBO<sub>5</sub>) en g/j ?

### 1- Analyse bibliographique

D'après Eme et Boutin, 2015 et Brun *et al.*, 2017

### 2- Résultats de mesures *in situ* en Eaux Usées Domestiques (EUD) conduites par Irstea:

Réflexion conduite à l'échelle du **ménage** par l'analyse de 15 ménages de 1 à 6 personnes (moyenne = 3,7habs / ménage)

D'après Olivier *et al.*, à paraître



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

# ➤ Eaux ménagères (EM) d'un ménage

*FLUX HYDRAULIQUE JOURNALIER L / J*

## 1- Bibliographie

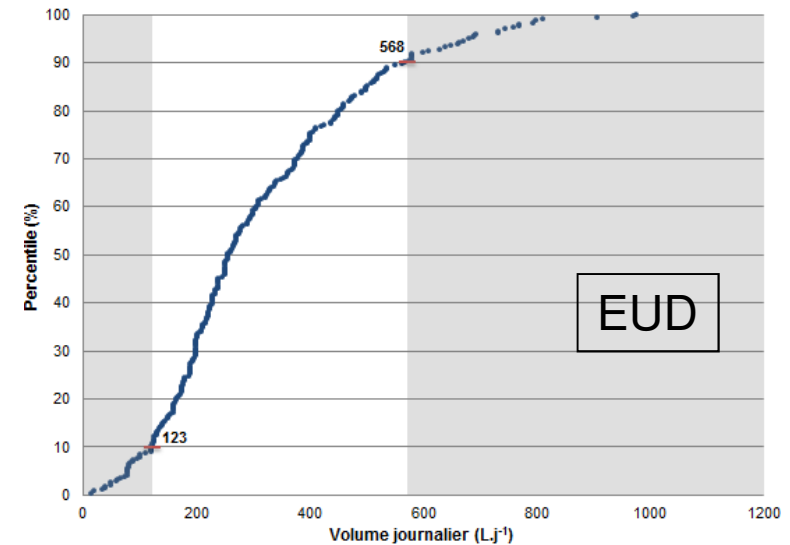
4 références:  $57\% < EM / EUD < 81\%$

Valeur retenue:  $EM / EUD = 80\%$

## 2- Caractérisation des Eaux Usées Domestiques (EUD)

- Min, max:  $14 < Q < 977$  L / j
- Percentiles 10% et 90%:  
 $123 < Q < 568$  L / j

EM	L / j
Valeur retenue	455
médiane	206
moyenne	249
maximum	782



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Eaux ménagères (EM) d'un ménage

**CHARGE ORGANIQUE JOURNALIÈRE  $gDBO_5 / j$**

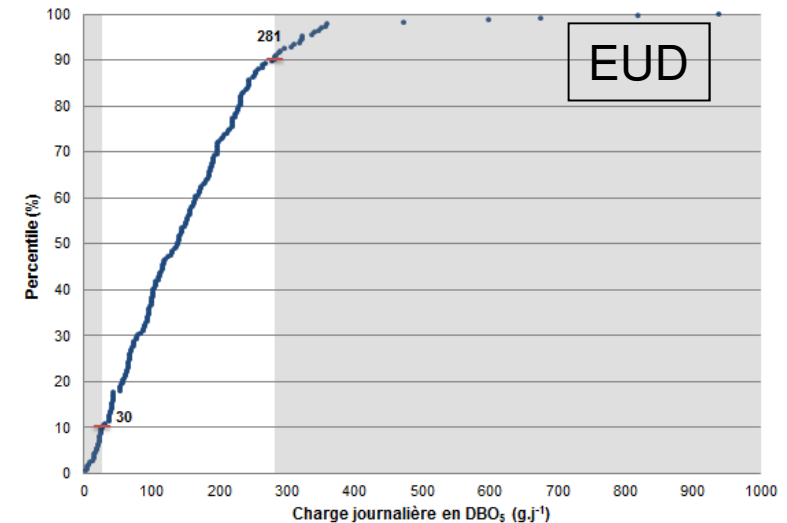
1- Bibliographie EM / EUD = 38%

Valeur retenue: EM / EUD = 50%

### 2- Caractérisation des Eaux Usées Domestiques (EUD)

- Min, max:  $3 < DBO_5 < 938 g DBO_5 / j$
- Percentiles 10% et 90%:  
 $30 < DBO_5 < 281 g DBO_5 / j$

EM	$g DBO_5 / j$
Valeur retenue	140
médiane	70
moyenne	77
maximum	469



**MÊME EXERCICE POUR LA DCO**



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN



## ➤ Bases pour dimensionner un dispositif de traitement des EM d'un ménage

Charges <sub>à traiter</sub>	L /j	g DBO <sub>5</sub> /j	g DCO /j
Valeur retenue percentile 90%	455	140	338
Valeur retenue percentile 10%	100	15	38
médiane	206	70	140
moyenne	249	77	177
maximum	782	469	1029

Grande amplitude de variations (facteurs 4 à 9)

Dispositif: - Dimensionnement sur la base du percentile 90%  
- Fonctionnement dans l'amplitude définie.

En complément, peu de MES des EM (EM/EUD= 24%)

D'après Eme et Boutin, 2015



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Plan

- Eaux ménagères
- **Filtres plantés à flux vertical**
- Filtres à broyat de bois



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Méthode

QUESTION: Quel dimensionnement proposer pour des filtres plantés ?

avec les conditions imposées suivantes:

- filtres plantés à flux vertical
- alimentation en eaux usées brutes
- alimentation alternée

**1- Analyse bibliographique internationale : EM et FP<sub>v</sub>**

**2- Expériences en ANC en France: EUD et FP<sub>v</sub>**

**3- Expériences internationales en Assainissement Collectif: EUD et FP<sub>v</sub>**



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Filtres plantés à flux vertical (FP<sub>v</sub>)

### 1- FP<sub>v</sub> ET EM À L'INTERNATIONAL

- 2 publications avec EM en pilote

### 2- FP<sub>v</sub> ET EUD EN ANC EN FRANCE

- Description des 1<sup>ers</sup> étages pour 5 EH, en absence de décantation préalable

Constructeur	Surface des 1 <sup>ers</sup> étages			Végétaux
	pour 5 EH		m <sup>2</sup> /EH	
	m <sup>2</sup>	X nbre de filtres		
Blueset	8,7	X 1	1,74	Non spécifié
Jean voisin	3,22	X 2	1,3	<i>Phragmites australis</i>
Aquatiris	5	X 2	2,0	<i>Phragmites australis</i>
	6,44 – 10 m <sup>2</sup>	1 ou 2 filtres	1,3 - 2,0	



## ➤ Filtres plantés à flux vertical (FP<sub>v</sub>)

### 3- FP<sub>v</sub> ET EUD EN AC ALIMENTÉS EN EAUX USÉES BRUTES

- Règles internationales de dimensionnement du 1<sup>er</sup> étage constitué de 3 filtres

D'après Dotro *et al*, 2017

Charges surfaciques à appliquer sur la surface du 1 <sup>er</sup> étage	hydraulique mm/j		organique g/m <sup>2</sup> /j		
	moyenne	maximale	DBO <sub>5</sub>	DCO	MES
du filtre en fonctionnement	375	600	150	350	150
des 3 filtres			50	117	50



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Filtres plantés à flux vertical (FP<sub>v</sub>) pour les EM

- Règles techniques internationales issues de l'AC,
- 2 filtres en fonctionnement alterné (facilité de gestion déjà utilisée en ANC) au lieu de 3 filtres,
- Surfaces minimales  $S_{\min} = \text{charges à traiter} / \text{charges surfaciques à appliquer}$

Charges à traiter	L /j	g DBO <sub>5</sub> /j	g DCO /j
Valeur retenue <small>percentile 90%</small>	455	140	338

Charges surfaciques à appliquer sur la surface du 1 <sup>er</sup> étage	hydraulique mm/j ou L/m <sup>2</sup> /j		organique g/m <sup>2</sup> /j		
	moyenne	maximale	DBO <sub>5</sub>	DCO	MES
du filtre en fonctionnement	375	600	150	350	150
des 2 filtres			50	117	50



## ➤ Filtres plantés à flux vertical (FP<sub>v</sub>) pour les EM

### ***SURFACE MINIMALE POUR UN MÉNAGE***

Surface minimale d'1 <sup>er</sup> seul étage en m <sup>2</sup>	vs hydraulique	vs organique	
		DBO <sub>5</sub>	DCO
du filtre en fonctionnement	0,77		
des <b>2</b> filtres		2,80	2,89

Pour un ménage,  
 $S_{\min} = 2,89 \text{ m}^2$  arrondie à  $3 \text{ m}^2$  en 2 filtres de  $1,5 \text{ m}^2$ .

$EH_{\text{supplémentaire}} = 0,6 \text{ m}^2$  en 2 filtres de  $0,3 \text{ m}^2$ .



➤ **Composition du massif filtrant:**  
FPR<sub>V</sub>-EM = 1<sup>er</sup> étage de FPR<sub>V</sub> AC + couche superficielle

Couche superficielle de répartition	10 cm maximum	matière organique (type BRF)
Couche de traitement	30 cm minimum	gravier 2 - 6 mm
Couche de transition	10 cm	gravier 5 - 10 mm
Couche d'aération (et drainage si K < 15 mm/h)	15 cm	gravier grossier 10 – 40 mm

Plantes : *phragmites australis* sauf impossibilité

Pour plus d'informations, voir:

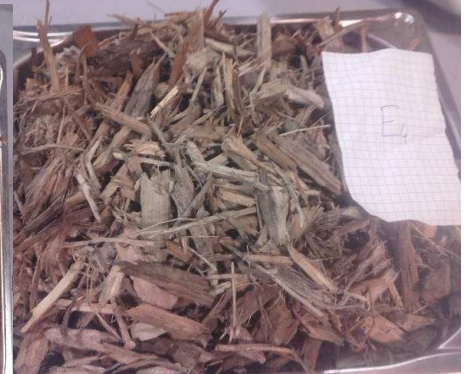
Brun F., Dubois V., Boutin C. 2019. *Note sur le filtre planté à flux vertical pour le traitement des eaux ménagères*. Rapport de la convention 2019 DEB Irstea, Action n°3, 25p.





## ➤ Plan

- Eaux ménagères
- Filtres plantés à flux verticaux
- **Filtres à broyat de bois**



## ➤ Méthode

**QUESTION:** En quoi le broyat de bois pourrait être le support (media) de bactéries responsables de l'épuration, au même titre que le gravier dans les FP<sub>v</sub> ou le sable dans le filtre à sable?

**1- Qu'est ce qu'un broyat de bois? Quels usages? Quelles expériences en traitement des EM?**

**2- Caractérisation physique et compositions chimiques du broyat de bois**

**3- Visites de sites**



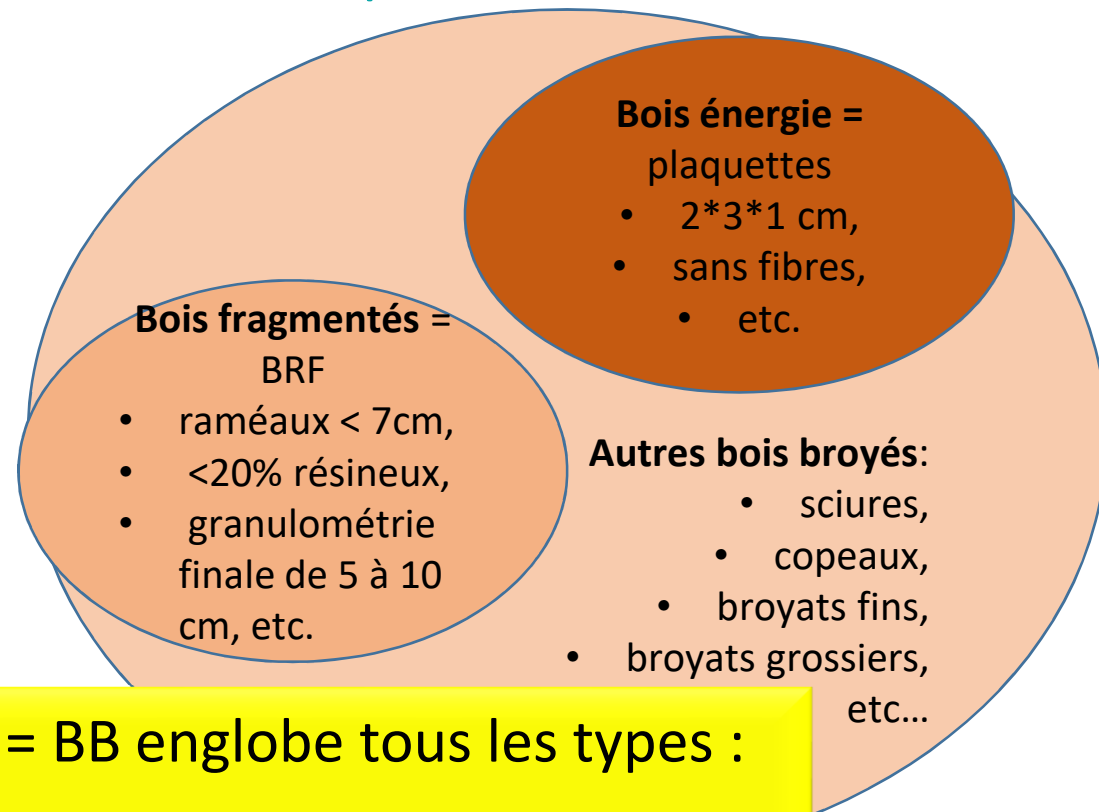
**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Broyats de bois : sémantique

### Définition

- sémantique aléatoire: Mulch, wood-chips,
- une définition précise du BRF (Lemieux G., 1978)



Le terme de "broyat de bois" = BB englobe tous les types :

- BRF,
- bois énergie,
- broyats industriels,
- broyats autoproduits,....

## ➤ Broyats de bois : usage en agriculture

Type d'effet	Effet sur un sol
Physique (Ph)	Diminuer le ruissellement et l'altération du sol
	Augmenter la capacité de rétention d'eau
	Améliorer la structuration du sol
Chimique (C)	Augmenter le taux de matière organique
	Augmenter les nutriments dans le sol
Biologique (B)	Augmenter l'activité biologique
(Ph) - (B)	Réguler la température du sol
	Bloquer la pénétration des UV
(Ph) - (B) - (C)	Améliorer la circulation de l'air dans le sol
Agronomique	Favoriser la végétation semée ou plantée
	Défavoriser la végétation concurrentielle

Le broyat de bois: un déchet, considéré comme un produit « miracle » en agriculture



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Broyats de bois : expérience avec des EM

### RENDEMENTS DE FILTRES À BB AUX CARACTÉRISTIQUES VARIÉES

D'après Dalahmeh et al., 2011

Des collectivités  
précurseurs;  
  
San Francisco  
recommande  
techniquement et  
réglementairement  
l'usage du BB pour le  
traitement des EM.

Type of material	SS	BOD <sub>5</sub>	COD	TN	TP	Reference
Bark	18	70–95	40	–	–	Lightsey <i>et al.</i> (1976)
Bark	73	97	63	35	–	Lens <i>et al.</i> (1993)
Compost	51	55	51	–	–	Aslam <i>et al.</i> (2007)
Compost	–	78	–	–	–	Savage & Tyrrel (2005)
Kenaf and corncob	71	90	69.9	91	90	Attanadana <i>et al.</i> (2000)
Mixture of peat, wood chips and calcite	–	99.9	83–98	75–84	–	Gilbert <i>et al.</i> (2008)
Mulch	62	NR	37	–	79 <sup>b</sup>	Bongumusa <i>et al.</i> (2007)
Mulch	71	68 <sup>a</sup>	–	–	–	Ridderstolpe & Olofsson (2007)
Peat	91	99	50	38	–	Lens <i>et al.</i> (1993)
Peat	65	90	–	69	NR	Hu & Gagnon (2006)
Wheat straw	–	–	81	–	–	Saliling <i>et al.</i> (2007)
Wood chips	89	91	–	35	–	Lens <i>et al.</i> (1993)
Wood chips	–	–	84	–	–	Saliling <i>et al.</i> (2007)
Wood chips	–	70	–	–	–	Savage & Tyrrel (2005)

- no data reported, NR no removal, <sup>a</sup>BOD<sub>7</sub>, <sup>b</sup>maximum removal



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtrés plantés ou Filtrés à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Broyat de bois et EM: Situation en France

~ 100 installations de filtre à BB (technique en provenance de Californie) suite à la venue en France de L. Allen (Allen *et al.*, 2012)

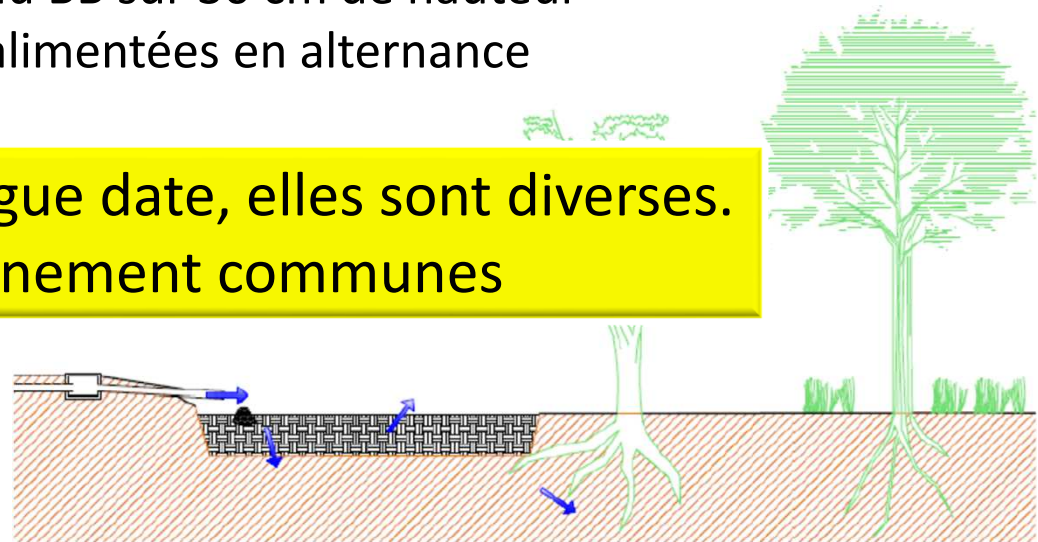
### **ETUDE DE SUIVI IN SITU DU RAE (2017)**

- suivi de 6 filtres à BB (non étanchés)
- complexité de la réalisation de prélèvements représentatifs du traitement

### **PRINCIPES**

- Garnissage des tranchées par du BB sur 30 cm de hauteur
- 4 m<sup>2</sup>/ ménage en 4 tranchées alimentées en alternance

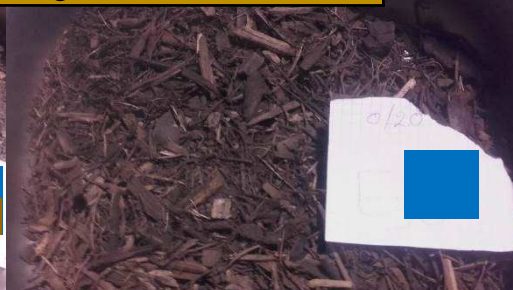
Des expériences existent de longue date, elles sont diverses.  
Absence de bases de dimensionnement communes



# ➤ Broyats de bois: Caractérisation de 33 échantillons (frais et usagés)



Broyats de bois frais	Sciures	
	Broyat industriel	plaquette bois énergie
	Broyat industriel	grossier 20/40: palettes/grumes
	Broyats industriel et de particuliers	fin 0/20: "dit BRF"
Composts		
Broyats de bois usagés		



## ➤ Broyats de bois: Caractérisation d'échantillons

- **ANALYSE PHYSIQUE :COMPORTEMENT HYDRAULIQUE**
- **ANALYSE CHIMIQUE :VIEILLISSEMENT DU BB**

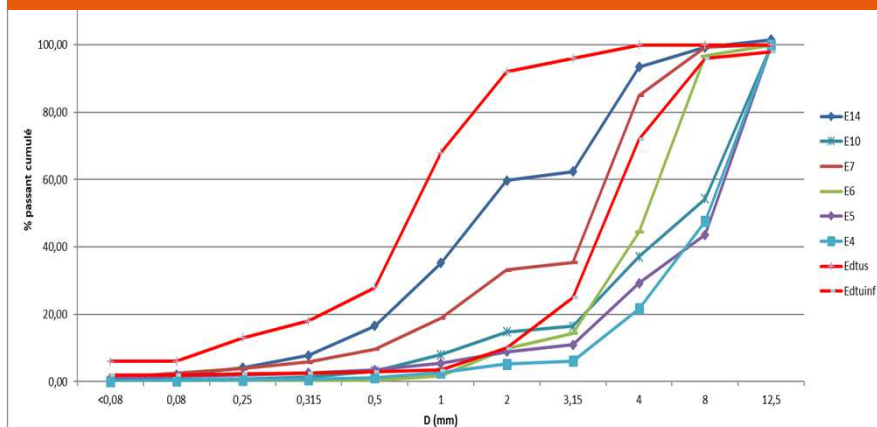
	Type d'analyses	Avancement	
33 échantillons frais et usagés	Analyse physique	granulométrie	Terminé
		capacité d'absorption d'eau	Interprétation en cours
		porosité	Interprétation en cours
		perméabilité à saturation	Impossible à réaliser: dispositif analytique inapproprié
8 échantillons frais et usagés comparables 2 à 2	Analyse chimique	Matière organique: <ul style="list-style-type: none"> <li>• extractibles</li> <li>• lignine,</li> <li>• cellulose,</li> <li>• hémicellulose</li> </ul>	Analyses en cours
		C, N, P et K	Analyses en cours



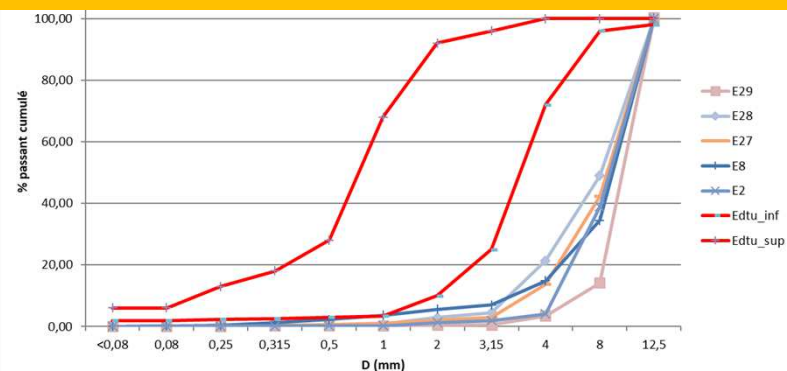


## ➤ Broyats de bois: Granulométrie

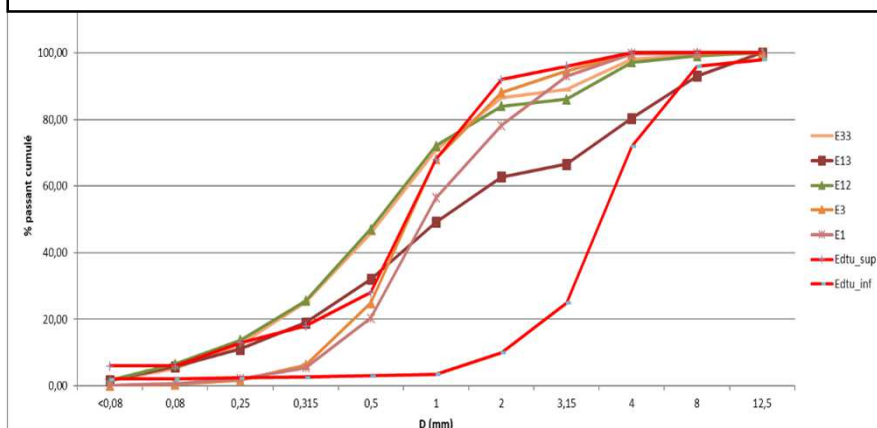
### Broyat industriel grossier



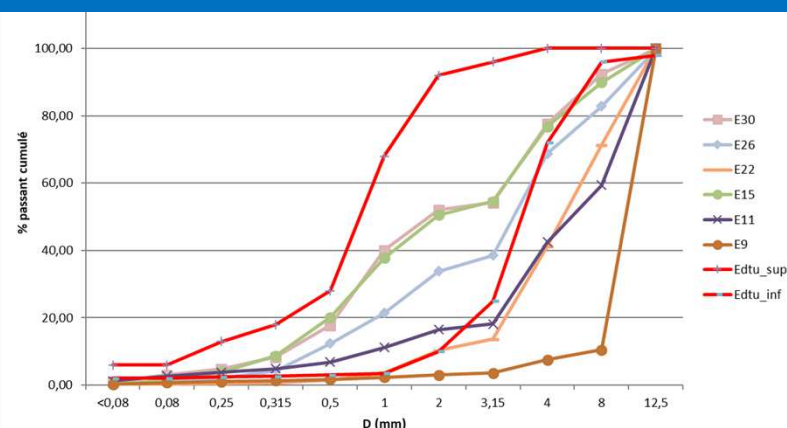
### Broyat industriel « plaquettes - énergie »



### Sciures et compost

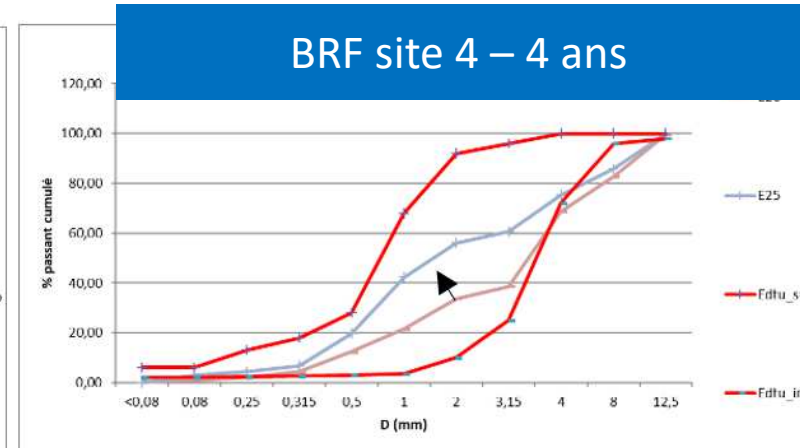
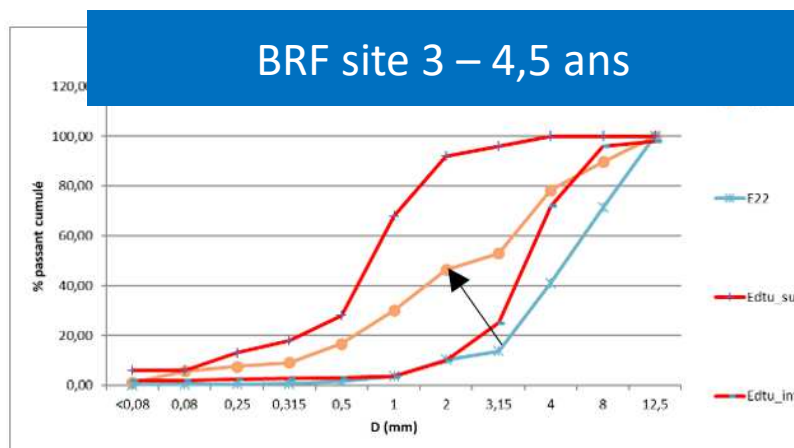
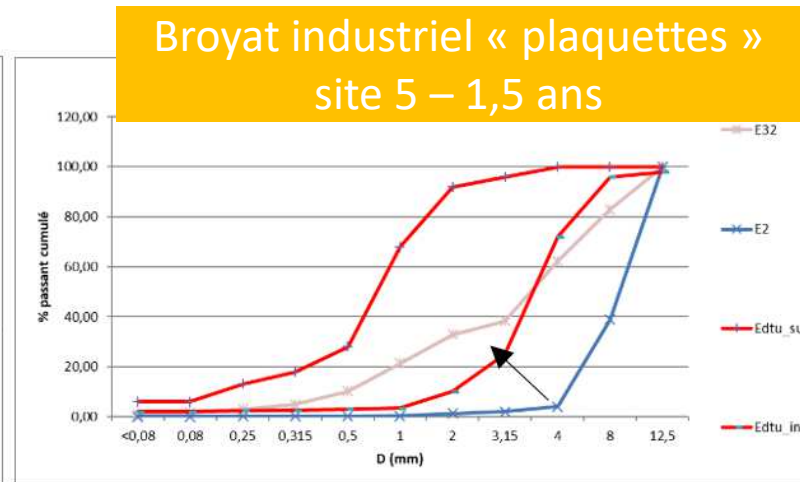
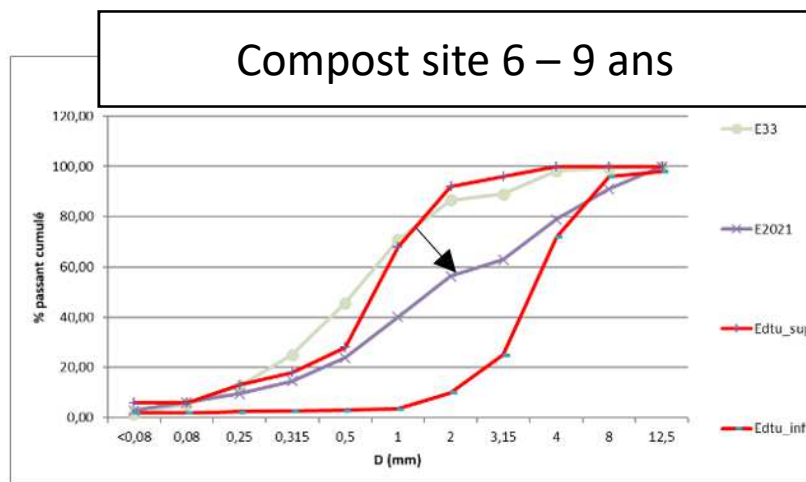


### BRF



INRAE

## ➤ Broyats de bois: Evolutions granulométriques en 1,5 à 9 ans



**La granulométrie initiale n'est pas un critère de choix du BB**



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Broyats de bois: Visites de sites

Apport  
EM



Site 3,  
Broyat de DV autoproduit,  
4,5 ans

Canalisation de  
transport vers filtre  
suivant



Site 5,  
plaquettes,  
1,5 ans

Canalisations  
d'apport  
filtre 1, filtre 2



Site 1,  
Broyat de DV autoproduit,  
2 ans



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Broyats de bois: Visites de 6 sites (8 filtres; 7 prélèvements)

	Habitat	Age	Coût	Conso EP m <sup>3</sup> /an	Type de sol	Nature du broyat frais
Site 5	Foyer (2 ad + 2 enf)	1,5 ans	500 €	Faible 48	Sol granitique K = 66,2 mm/h	Plaquettes
Site 2	Foyer (2 ad + 3 enf)	4 ans	1 375 €	Classique 96	Sol limoneux argileux K < 5mm/h	Broyat de DV de déchetterie
Site 4	Foyer (2 ad + 3 enf)	4 ans	916 €	Faible 45	Sol argileux	Broyat de DV autoproduit
Site 3	Foyer (2 ad + 2 enf)	4,5 ans	897 €	Classique 84	Sol argileux	Broyat de DV autoproduit
Site 6	Foyer (2 ad + 2 enf)	9 ans	250 €	Classique 116	Sol argileux	Compost de toilettes sèches
<b>Synthèse</b>	<b>5 Foyers</b>	<b>1,5 - 9 ans</b>	<b>250 à 1375 €</b>	<b>faible à classique</b>	<b>Sol argileux sauf 1 sol granitique</b>	<b>3 types (parmi 5)</b>
Site 1	6 ad + 2 enf	2 ans	2 415 €	127	Sol hétérogène: remblais	Broyat de DV autoproduit
	Accueil de groupes				Sol argileux	



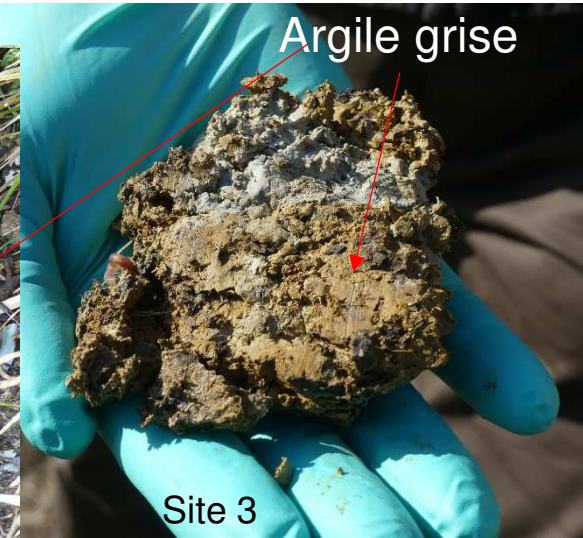
➤ Broyats de bois: dimensions des filtres visités pour un foyer

	Nombre de filtres	Surface totale		Surface du filtre en fonctionnement en m <sup>2</sup>
		en m <sup>2</sup>	en m <sup>2</sup> / habitants	
Site 5	2	4	1	2
Site 2	4	8	1,6	2
Site 4	5	5	1	1
Site 3	5	5	1	1
Site 6	1	2	0.5	2
<b>Synthèse des 4 sites les plus récents</b>	<b>2 – 5</b>	<b>4- 8</b>	<b>1– 1,6</b>	<b>1 - 2</b>

Les dimensionnements ne sont pas stabilisés;  
l'alternance est systématique depuis ~ 7 ans



## ➤ Broyats de bois: les sols des sites visités



Bien que les sols soient parfois très argileux, il n'y a ni débordement, ni eaux stagnantes au fond des filtres: existence d'une « interaction biologique » entre le BB et le sol ???

Argile

Racine



INRS

Traite

20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

29

## ➤ Filtre à Broyat de Bois: éléments de synthèse

Les analyses se poursuivent et le rendu de l'étude est fixé en fin du T1 2020

### **1-** *QU'EST CE QU'UN BROyat DE BOIS? QUELS USAGES? QUELLES EXPÉRIENCES POUR LE TRAITEMENT DES EM?*

- Vocabulaire à retenir: broyat de bois
- Le BB est un déchet "miracle" pour le sol en agriculture (propriétés chimiques, physiques, biologiques, agronomiques, .....)
- La Collectivité de San Francisco recommande l'usage du BB pour le traitement des EM depuis 30 ans.

### **2-** *CARACTÉRISATION PHYSIQUE ET COMPOSITIONS CHIMIQUES DU BB*

La granulométrie n'est pas un facteur pour le choix de ce type de media.



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN

## ➤ Filtre à Broyat de Bois: éléments de synthèse

### 3- VISITES DE SITES

- Propriétaires satisfaits
- Dimensionnements non stabilisés
- Création d'un « sol » / « humus »
- Absence de renouvellement de BB mais apport d'un complément annuel
- Absence de nuisances (odeurs, insectes, débordement,...)
- Ecoulement même dans des sols très argileux



La compréhension fine des mécanismes à l'interface avec le sol, mais aussi la mesure de la performance d'un tel filtre nécessitent des méthodologies complexes et longues.

Quels risques prendraient les ministères  
à autoriser le traitement des EM par des filtres à BB?



INRAE

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN



## ➤ Conclusions

La fiche technique proposée par le sous GT « traitement des eaux ménagères » portant sur les filières de traitement des EM :

- **les filtres plantés à flux vertical.**

est modifiée/complétée; les conclusions sont rédigées sous forme d'un texte qui pourrait s'intégrer dans la réglementation.

Brun F., Dubois V., Boutin C. **2019.**

*Note sur le filtre planté à flux vertical pour le traitement des eaux ménagères.* Rapport de la convention 2019 DEB Irstea, Action n°3, 25p.

La fiche technique proposée par le sous GT « traitement des eaux ménagères » portant sur les filières de traitement des EM :

- **les filtres à broyat de bois.**

est en cours de modification.

Brun F., Dubois V., Boutin C. **à venir, 2020**

*Note sur le filtre à broyat de bois pour le traitement des eaux ménagères.* Rapport de la convention 2019 DEB Irstea, Action n°3.



Merci pour votre attention



**INRAE**

Traitement des eaux ménagères par Filtres plantés ou Filtres à broyat de bois  
20 janvier 2020 / CoSuiv du PANANC / Catherine BOUTIN, Florent BRUN