



Section interrégionale de
Haute et Basse-Normandie

**Journée scientifique et technique
OPTIMISATION DU TRAITEMENT BIOLOGIQUE
DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DES DÉCHETS NON DANGEREUX**

ZOOM SUR LA TECHNIQUE DU BIORÉACTEUR

**Les différents traitements biologiques
de la matière organique des déchets**

**Emmanuel ADLER, Professeur à l'Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris
animateur du groupe de travail « gestion biologique des déchets » de l'ASTEE
emmanuel.adler@eivp-paris.fr**



Les différents traitements biologiques de la matière organique des déchets



A- Qu'est-ce que la matière organique ?

B- Finalités des traitements biologiques

C- Typologie des traitements biologiques

D- Perspectives

Auscultier les immondices : une attitude courageuse



une poubelle,
c'est pas pire
qu'un pot !

consultation des vidanges par le médecin
(gravure de Pigal en 1825)

A1- Qu'est-ce que la matière organique ?

➤ une composition chimique *organique*

= C,H,O,N,S + P, K...

➤ une teneur en eau non négligeable

➤ une relative biodégradabilité/putrescibilité

déchet biodégradable -> dégradé par voie BIOLOGIQUE

bactéries (*ou autres*) + déchet biodégradable -> CO₂/CH₄ + H₂O

biodégradabilité = **notion toute relative**

(composition du déchet, prétraitements, température et humidité, redox, cinétique...)

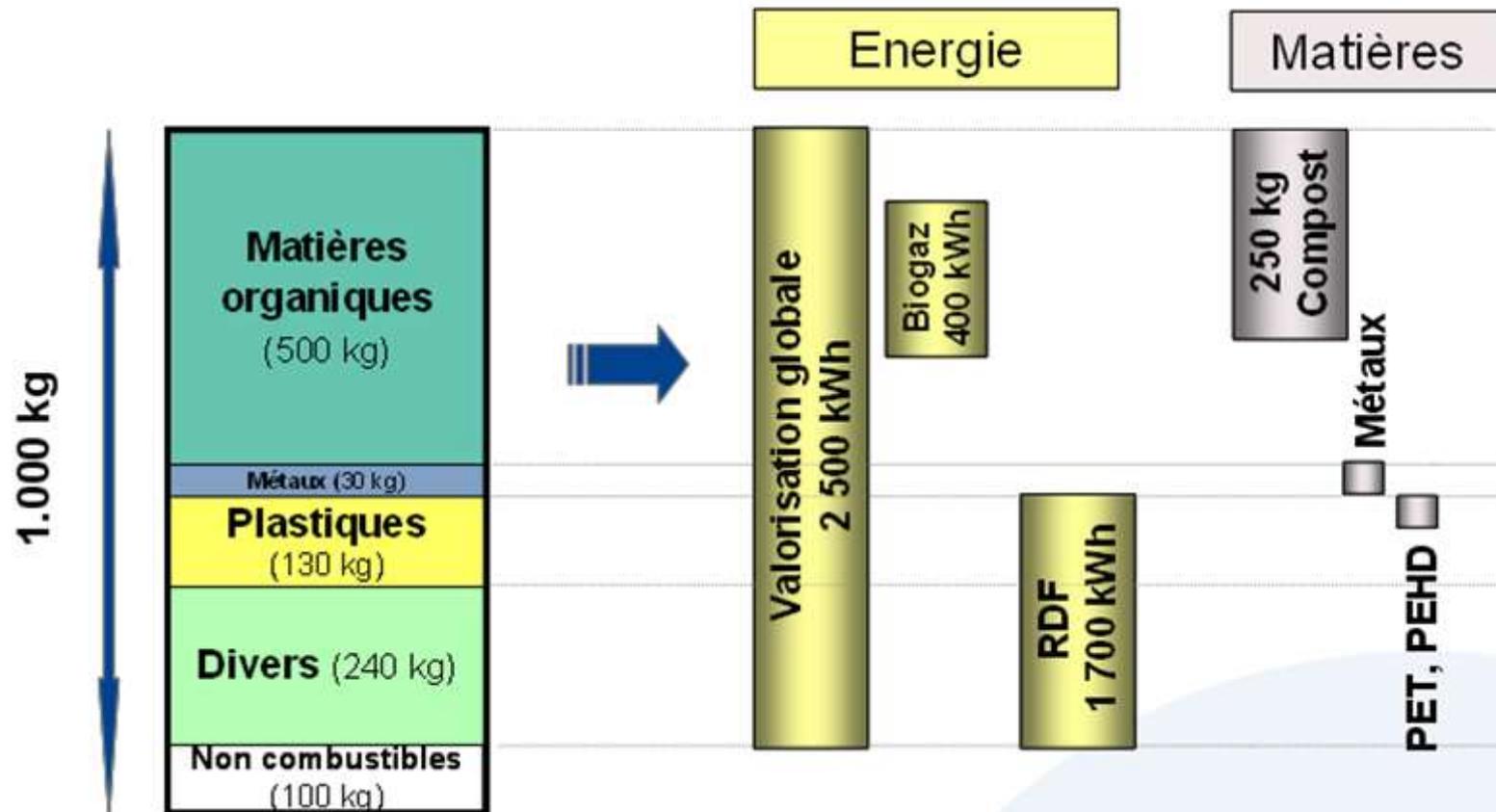
Le polyéthylène, organique par sa composition, élaboré à partir de substrat biodégradable (le pétrole) n'est pas biodégradable

Dans les ordures : Matière Organique Non Synthétique (MONS)



A2- La matière organique des OMR

- la matière organique biodégradable n'est pas pure
- La matière organique a un pouvoir énergétique
- la préparation de la matière organique des déchets peut permettre de valoriser les emballages à valeur ajoutée



B- Finalités des traitements biologiques



1- fabriquer du compost de qualité « produit », c'est-à-dire conforme à la norme NFU44051,

2- valoriser l'énergie du biogaz et le PCI des combustibles de substitution recyclés,

3-valoriser sous forme matière les recyclables (verre, métaux, plastiques...),

4- fabriquer du déchet ultime pour stockage en ISDND / réduire le volume et le pouvoir de nuisances des ordures,

C- Typologie des traitements biologiques des déchets

1- Épuration biologique naturelle par le sol
bioréacteur (décharge contrôlée)

2- Procédés biologiques artificiels

- **Compostage** (processus microbologique en présence d'air)

Déchets + O_2 + micro-organismes \rightarrow CO_2 + H_2O + **chaleur** + COMPOST

- **Méthanisation** (processus microbologique en absence d'air)



3- Autres filières (pour mémoire)

- **Ressource nutritive** (digeste) pour alimentation animale (fruits, légumes, restes alimentaires, produits du grain, lactosérum...).
- **Traitements chimiques**
- **Combustion directe** (faible humidité) - chaudières, incinération...

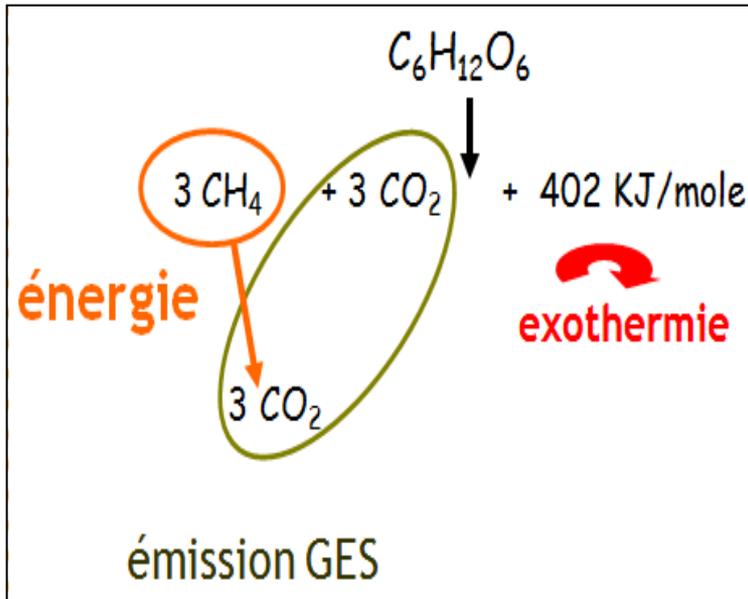


C- Typologie des traitements biologiques

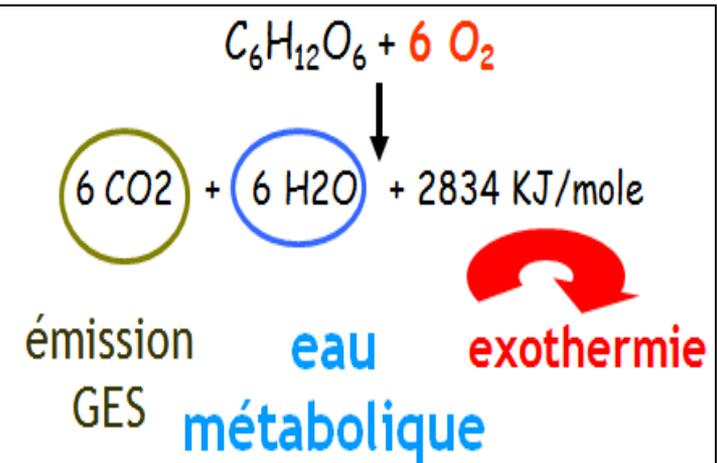
- Anaérobie : absence d'O₂
- Méthanisation / digestion anaérobie réacteur fermé

- Aérobie : présence d'O₂
- Boues activées, biofiltres aérés
- Compostage à l'air libre ouvert ou fermé/ventilé

Combustion du carbone :

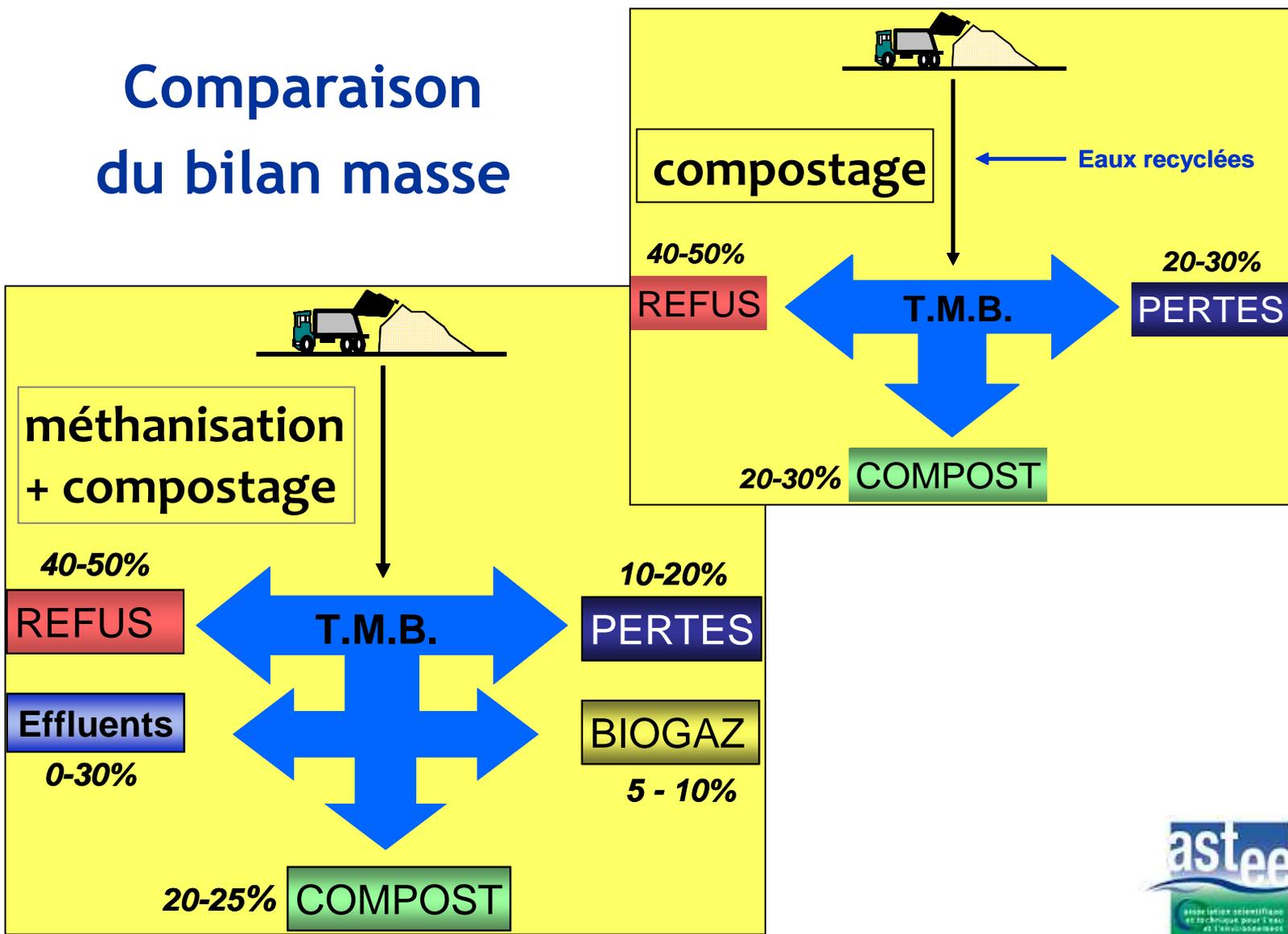


Oxydation du carbone :



C- Typologie des traitements biologiques

Comparaison du bilan masse



C- Typologie des traitements biologiques

Comparaison des procédés

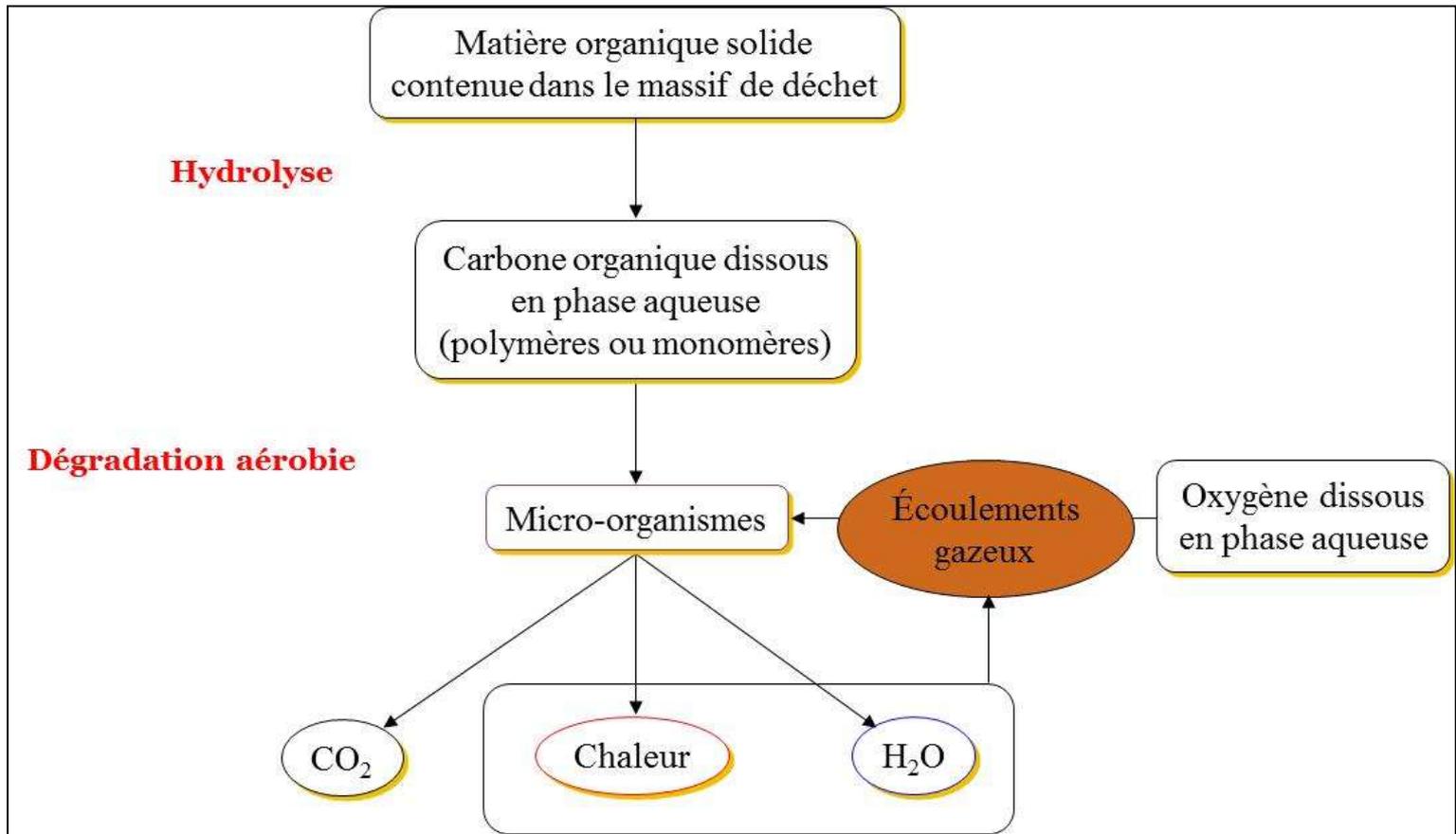
- intensif / extensif



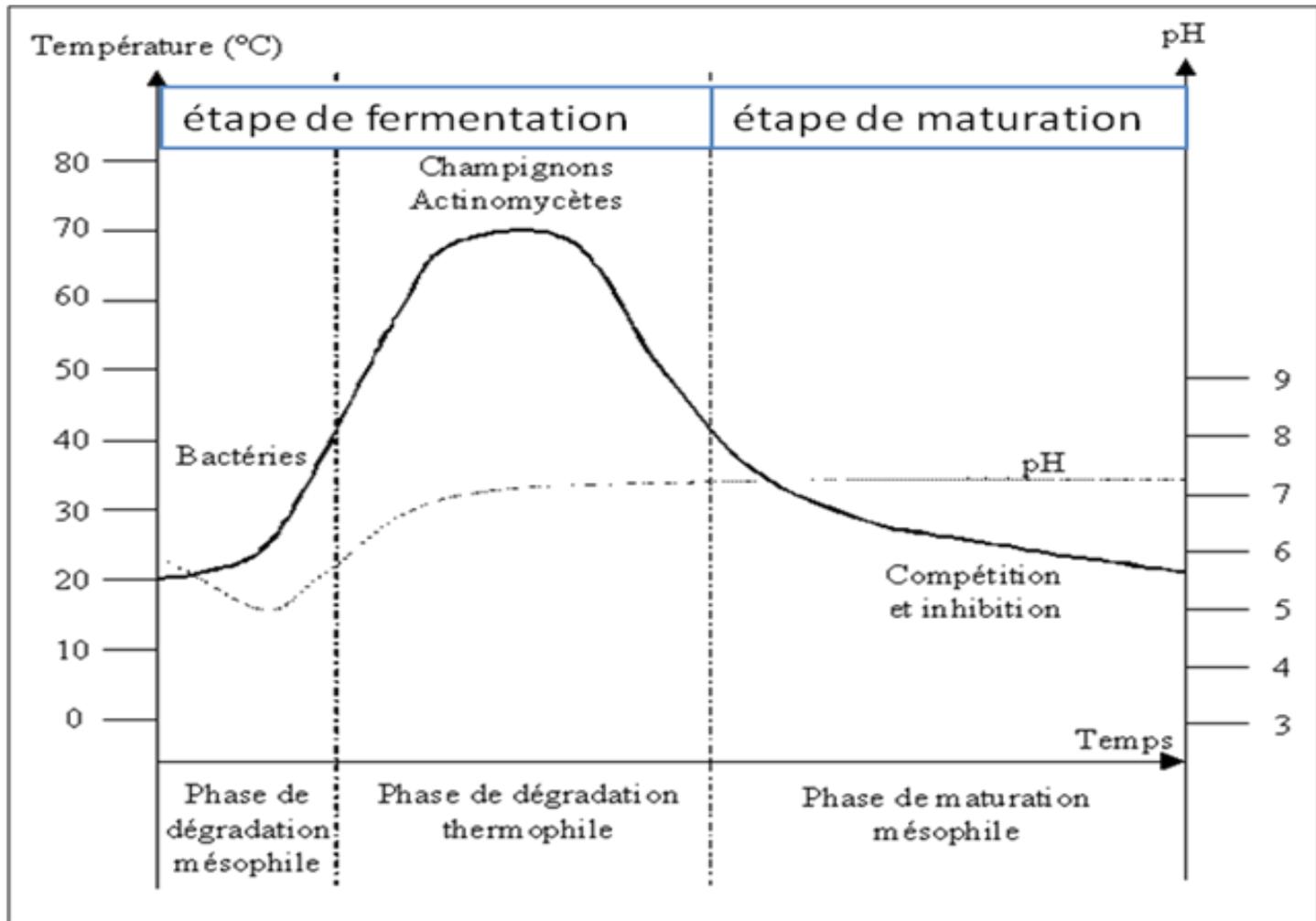
- discontinu / continu



C1- Le process de compostage

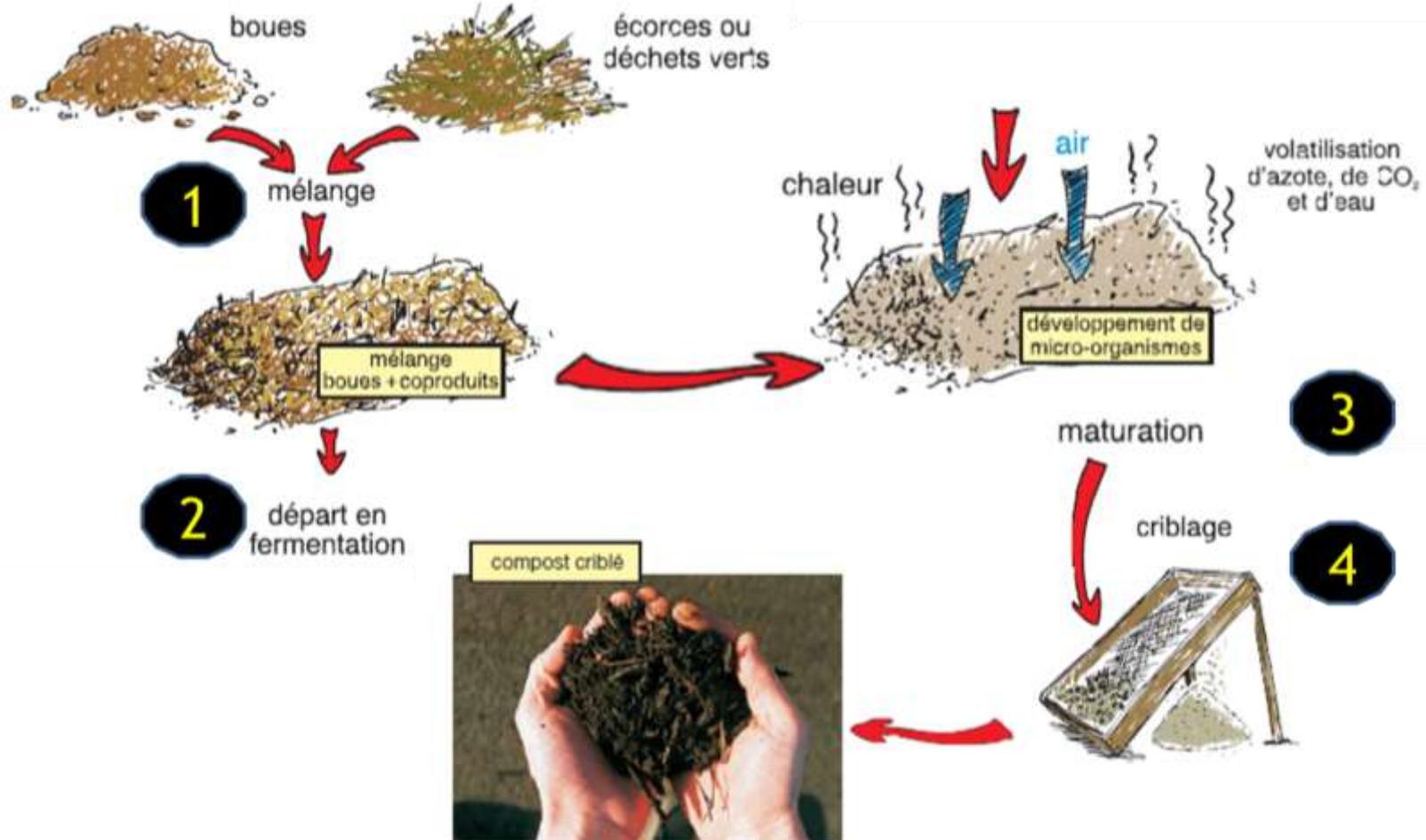


C1- Le process de compostage



évolution de la température
et du pH au cours du compostage

C1- Le process de compostage



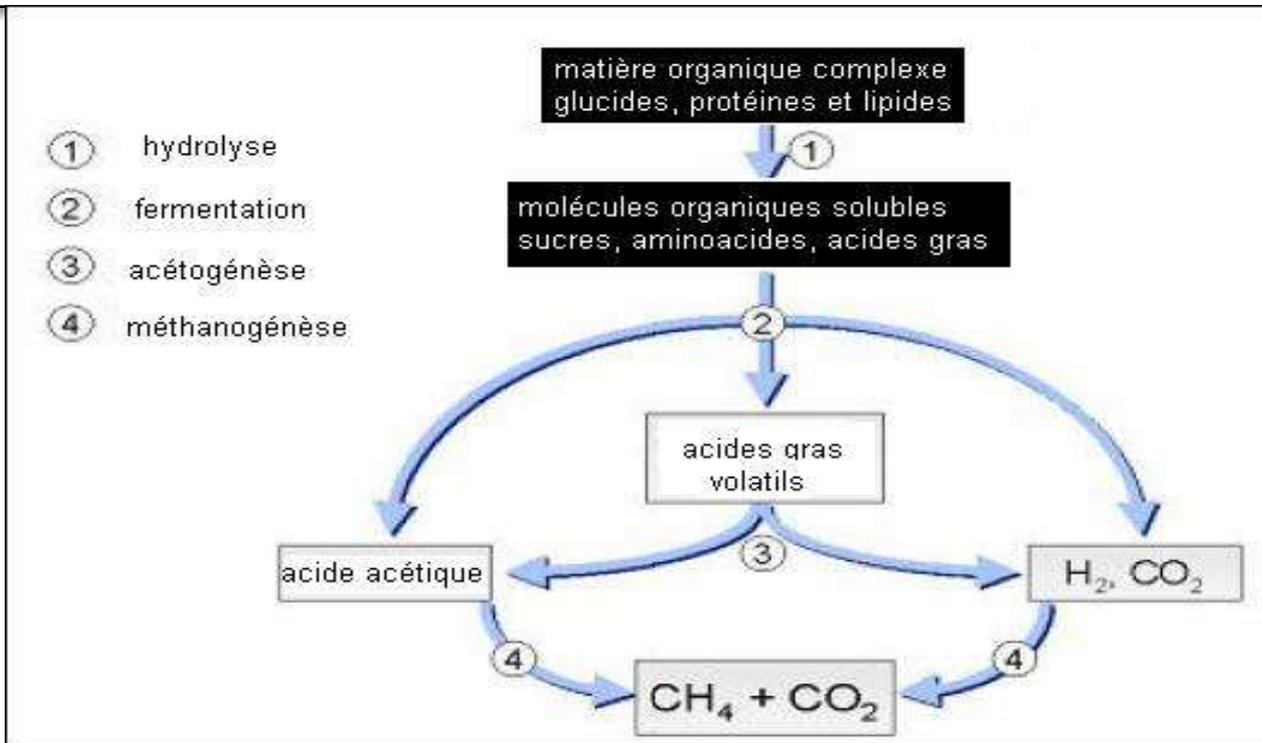
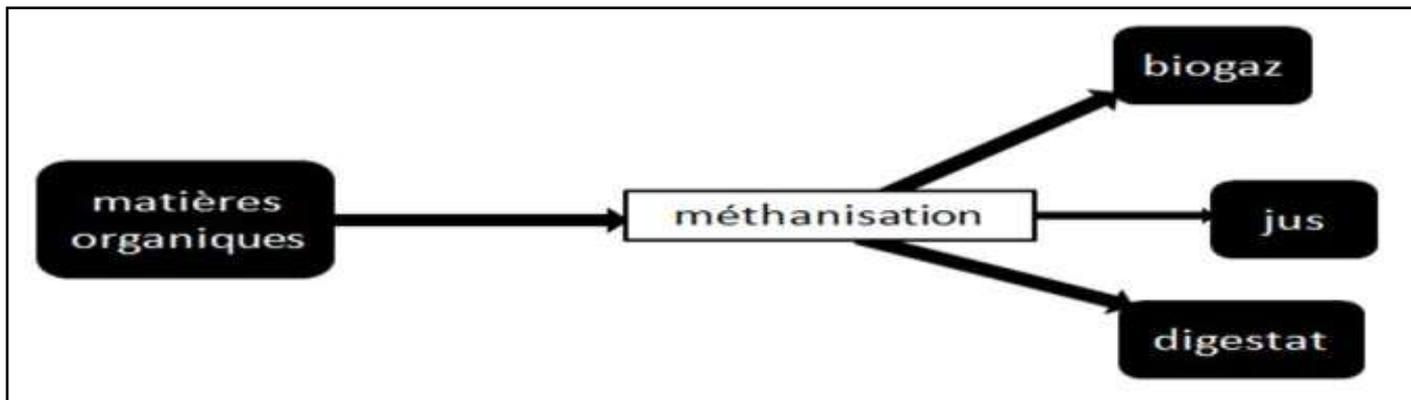
C1- Le process de compostage



Procédés de compostage	Process
par retournements	<ul style="list-style-type: none">- 3 semaines de fermentation- 3 retournements au minimum- 3 jours entre chaque retournement- 55 °C au moins pendant 72 h
par aération forcée	<ul style="list-style-type: none">- 2 semaines de fermentation- 1 retournement au minimum- 3 jours entre chaque retournement- 55 °C au moins pendant 72 h

arrêté du 22 avril 2008 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de compostage ou de stabilisation biologique aérobie soumises à autorisation

C2- Le process de méthanisation



C2- Le process de méthanisation



	Méthanisation par voie humide (<15% matières sèches)	Méthanisation par voie sèche (15-40% matières sèches)
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - homogénéisation du substrat - optimisation du transfert de matière et de chaleur - amélioration production de biogaz 	<ul style="list-style-type: none"> - flux de matière limité - taille réduite du méthaniseur - taux de matière sèche équivalent à celui de déchets entrants
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - flux de matière élevé (car dilution) - coût de déshydratation du digestat - production forte de jus et lixiviats - important volume des réacteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - conditions moins favorables des transferts matière et chaleur

C2- Le process de méthanisation



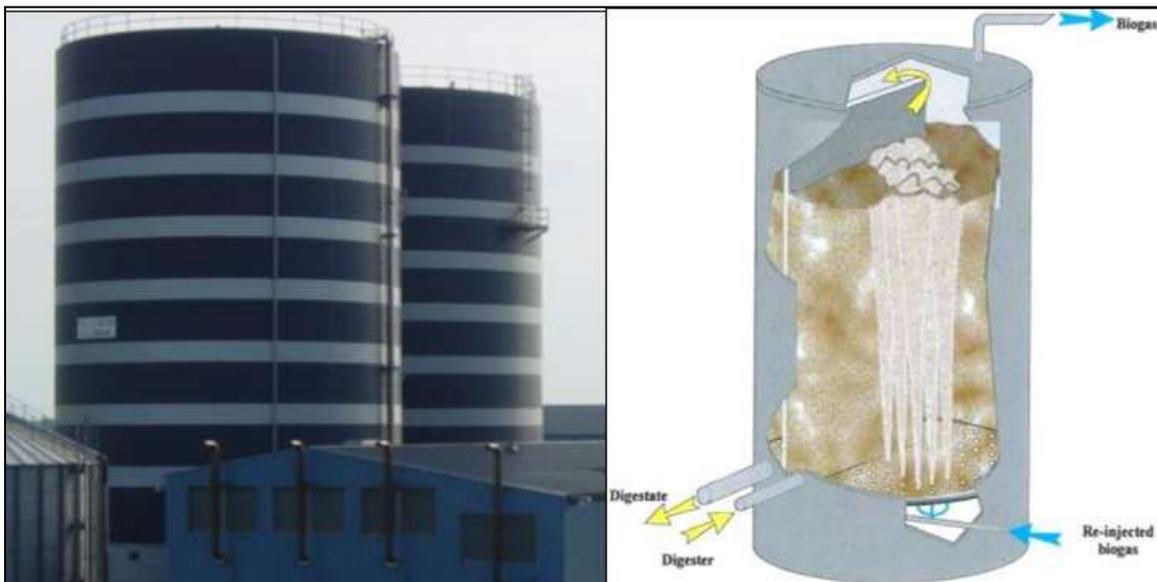
	Régime mésophile (± 35 °C)	Régime thermophile (± 55 °C)
Avantages	<p>Faible énergie mise en œuvre</p> <p>Faible production d'ammoniaque</p> <p>Fermentation lente de l'ordre de 4 à 6 semaines</p>	<p>Degré d'hygiénisation élevé</p> <p>Rendement élevé de dégradation</p> <p>Fermentation rapide de l'ordre de 2 à 3 semaines</p>
Inconvénients	<p>Hygiénisation limitée</p> <p>Dégradation moyenne</p>	<p>Consommation énergétique élevée</p> <p>Production forte d'ammoniaque</p>

C2- Le process de méthanisation

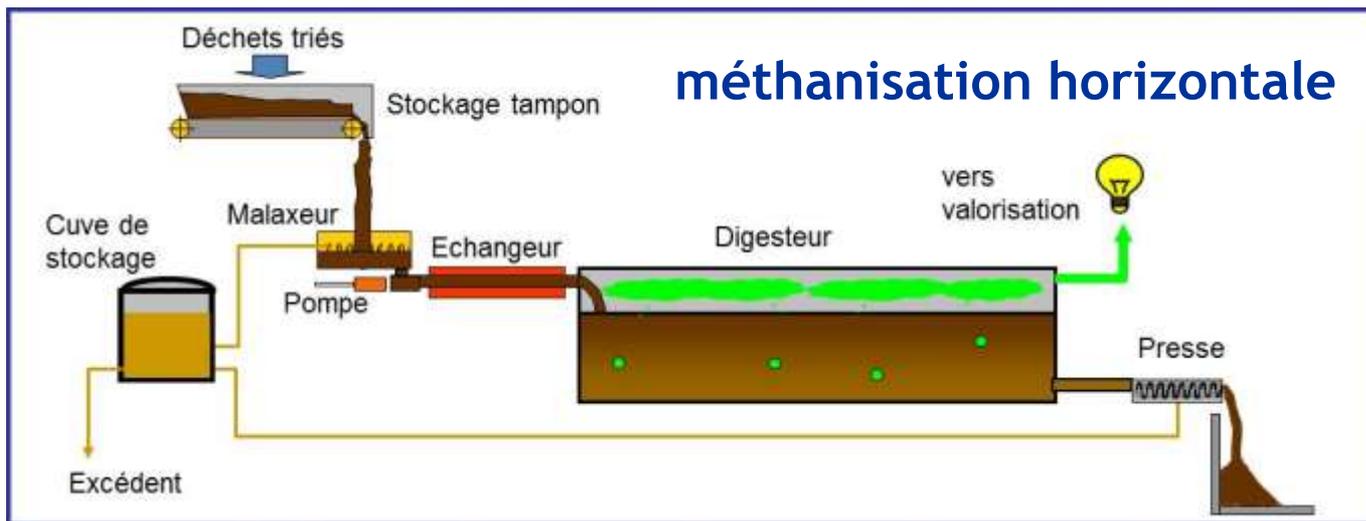


Nature des déchets	Volume de CH ₄ produit en m ³	Equivalents énergétiques en kWh
OMR	65 - 75	200 - 260 électriques 300 - 450 thermiques
OMR + papiers & cartons	75 - 85	240 - 300 électriques 350 - 500 thermiques
Biodéchets + déchets verts	50 - 60	160 - 210 électriques 230 - 360 thermiques

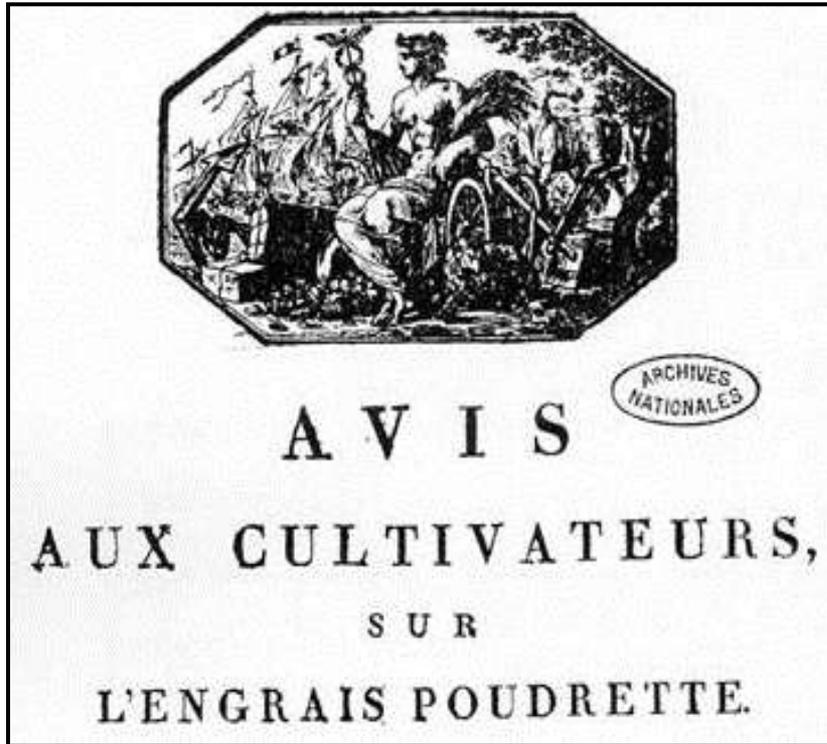
C2- Le process de méthanisation



méthanisation
verticale



Recycler les immondices : une démarche ancienne



fertiliser les champs avec les vidanges
séchées des citadins (Paris, 1790)





MÉMOIRE
sur LES ENGRAIS
TIRÉS DES IMMONDICES
ET DES
LATRINES DE GRENOBLE;
 PAR M. BERRIAT-SAINT-PRIX;
 Inséré dans l'Annuaire de l'aère de 1808.



Grenoble, 1808

GRENOBLE,
 Chez J. ALLIER, Imprimeur, 1808.



L'engrais
DIOR
 c'est de l'Or

*Tous produits Chimiques
 pour l'Agriculture et l'Industrie*

DIOR FILS & C^{ie}
 7 RUE d'Athènes PARIS

4 USINES :
 ST-NICOLAS (près Granville)
 ST-MARC (près Brest)
 LANDERNEAU
 RENNES

fertiliser les champs avec les vidanges séchées des citadins



Valoriser les gadoues en agriculture (Narbonne - 1932)



VILLE DE  NARBONNE

RÉGIE MUNICIPALE

Exploitation des Ordures Ménagères

USINE SAINTE-ROSE
NARBONNE

◆

TRAITEMENT
des Ordures Ménagères
par fermentation en cellules closes
Procédé "ZYMOS"

NARBONNE
Imprimerie-Papeterie. M. DEMEULENÈRE - 36, Rue Adrien Nonier

1939

Principe de la Récupération

Une fois résolu par une collectivité le problème de la collecte des ordures ménagères, se pose celui de leur destruction.

Le but à atteindre est double :

1^o Laisser le moins possible au contact de l'air et aux risques d'ambiance les GADOUES VERTES, porteuses de germes nocifs et sources d'odeurs nauséabondes.

2^o Retirer le plus grand profit possible de leur transformation.

Deux méthodes se partagent la faveur des municipalités appelées à résoudre ce problème :

1^o La méthode de l'INCINÉRATION ;

2^o La méthode de FERMENTATION ACCÉLÉRÉE.

C'est à la deuxième méthode que s'est arrêtée la Municipalité de NARBONNE, qui a pensé ainsi retirer le plus grand profit possible de la transformation des gadoues en un produit STERILE, utilisable sous forme d'un excellent engrais, à une époque où la raréfaction des fumures organiques pose à l'agriculture un problème délicat.

Valoriser les gadoues en agriculture (Narbonne - 1932)



Caractères principaux et utilisation du Terreau de Gadoues

Nous avons indiqué déjà que le terreau de gadoues, sans être l'unique produit de récupération provenant de l'usine, en est le produit essentiel.

Il se présente sous la forme d'une matière pulvérulente à peu près inodore, stérile-l'aseptie du terreau de gadoues est un des principaux avantages - de couleur noirâtre, légèrement humide, d'un poids spécifique pouvant varier de 650 à 800 kgs.

Ses constituants principaux, ainsi que nous l'avons précédemment noté sont:

L'AZOTE TOTAL	0,55 p. cent
L'ACIDE PHOSPHORIQUE	0,50 à 0,60 p. cent
La POTASSE	0,60 à 0,75 p. cent
La CHAUX	7 à 9 p. cent

Produire électricité et chaleur avec le biogaz des boues d'épuration (1922)



Gas from Sewage Waste Runs City Power Plant

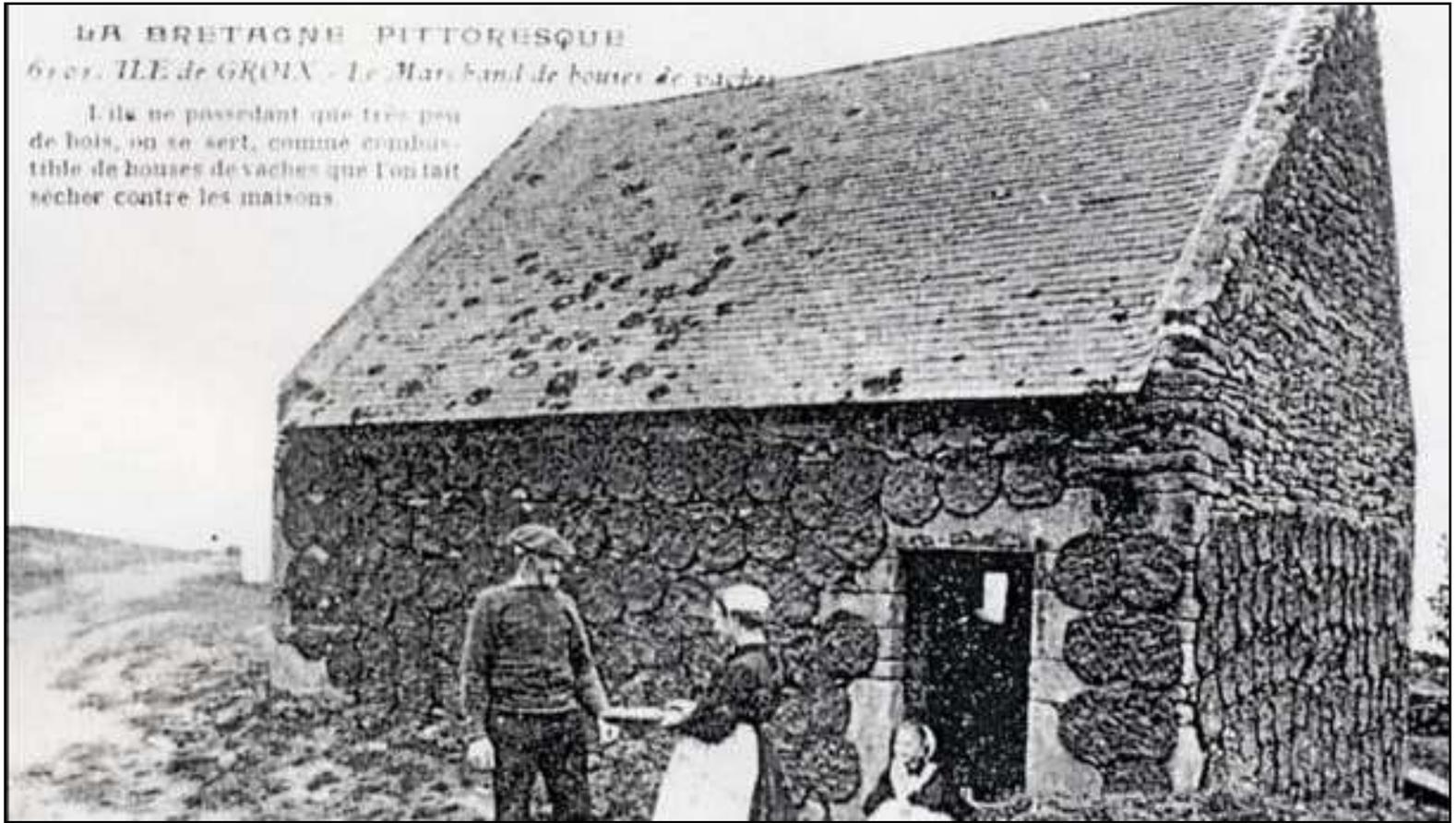


How the sewage disposal plant at Birmingham, England, supplies its own power is described in the illustration. Gas from the sewage drives an engine of 20 brake horsepower, which operates a centrifugal sludge pump

Véhicule biogaz

(Institut d'agronomie d'Alger, 1940)





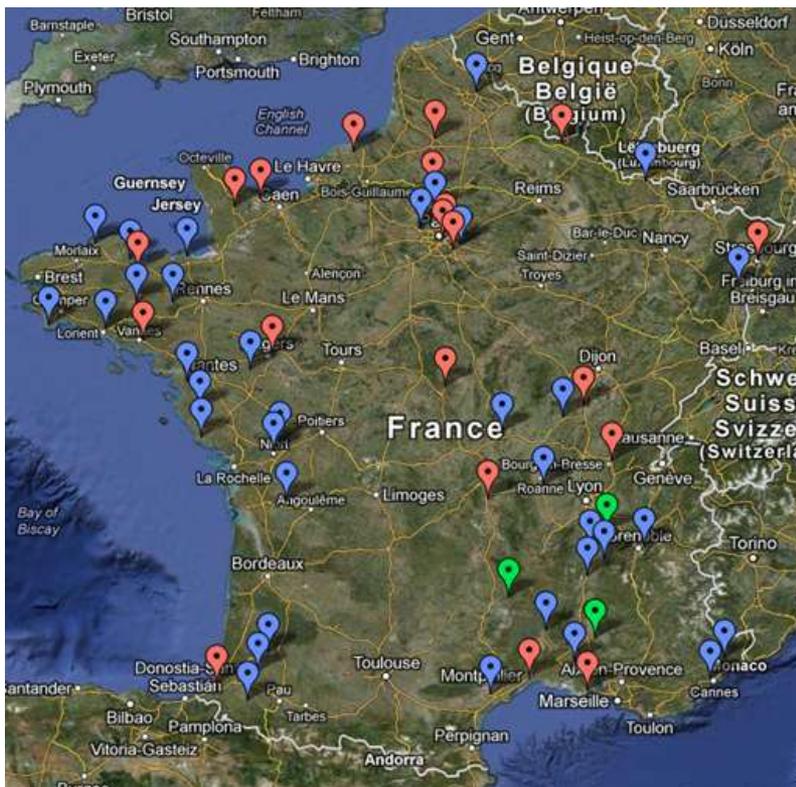
**Une solution alternative ?
se chauffer avec la bouse
(Bretagne, 1900)**

Produire de la nourriture avec les ordures (Berne, Suisse - 1922)



Fig. 37. — Déversement à Witzwil des ordures ménagères de Berne.

Recensement des installations de TMB



 TMB – Compostage

 TMB – Méthanisation/Compostage

 TMB – Stabilisation aérobie /
Enfouissement

- 60 installations avec méthanisation à court terme (35% en nb) qui traiteront 56% des flux admis (3,2 MT/an)

- réciproquement, 65% des usines avec compostage seul



Le vade-mecum des TMB en bref



- un travail engagé en 2007 à la demande du SYCTOM et publié en juillet 2012



- une quinzaine de contributeurs et relecteurs dont l'ADEME et le Ministère de l'Ecologie



- plus de 250 pages avec de nombreuses illustrations et retours d'expériences



- des connaissances théoriques accompagnées de données industrielles





Vade-mecum des Traitements Mécano-Biologiques des déchets ménagers



Les différents traitements biologiques

D- Perspectives

- Une diversité des solutions techniques
- Un rejet quasi-généralisé de toute nouvelle installation et d'extension
- Une prime à l'énergie verte (métha)
- Des exigences contradictoires (usine bon marché et performante, bon compost et peu de refus etc...)
- Des restrictions budgétaires...



Merci de votre attention



Des questions ?