



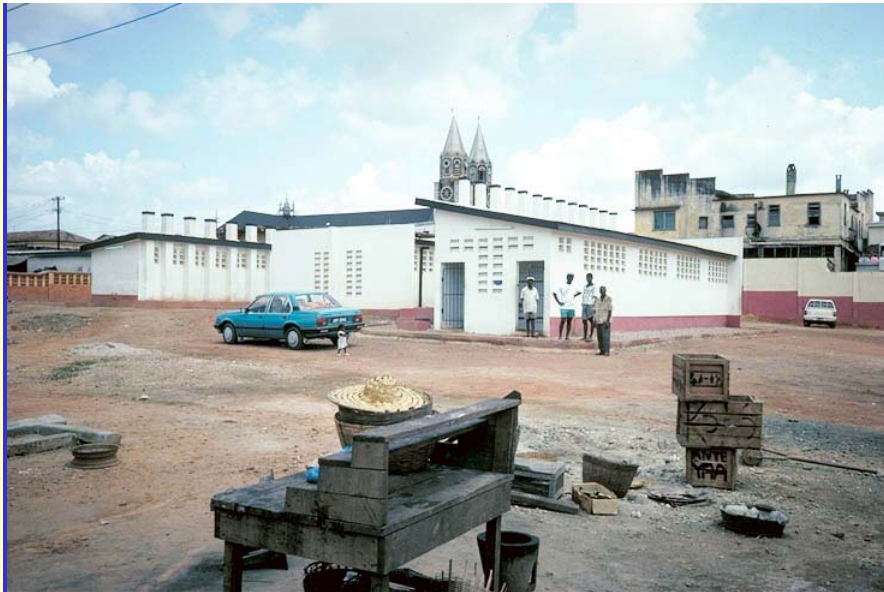
Traitement des boues de vidange

Performances et
challenges

Eawag - Sandec

www.sandec.ch/FaecalSludge
Tel. +41 - 44 - 823 55 53 / 54 20

- 1** Caractéristiques et quantités des BV
- 2** Objectifs de traitement, normes
- 3** Options de traitement

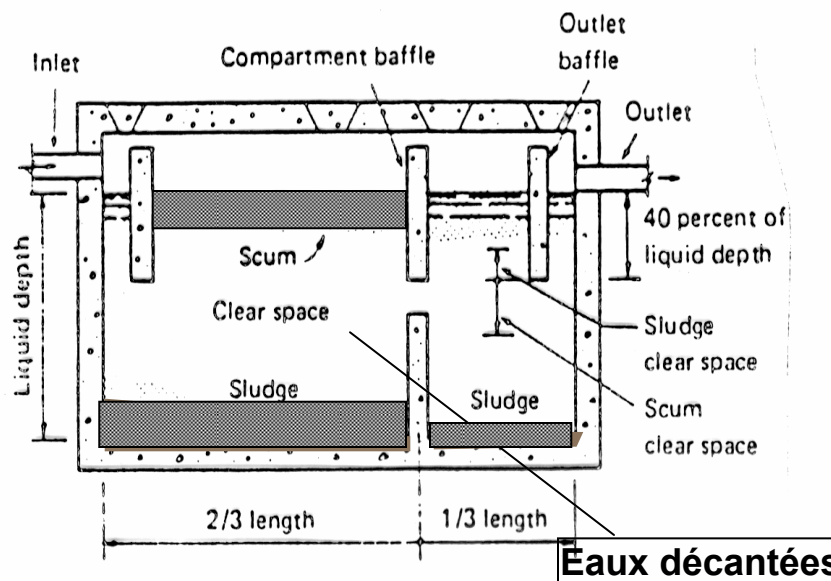


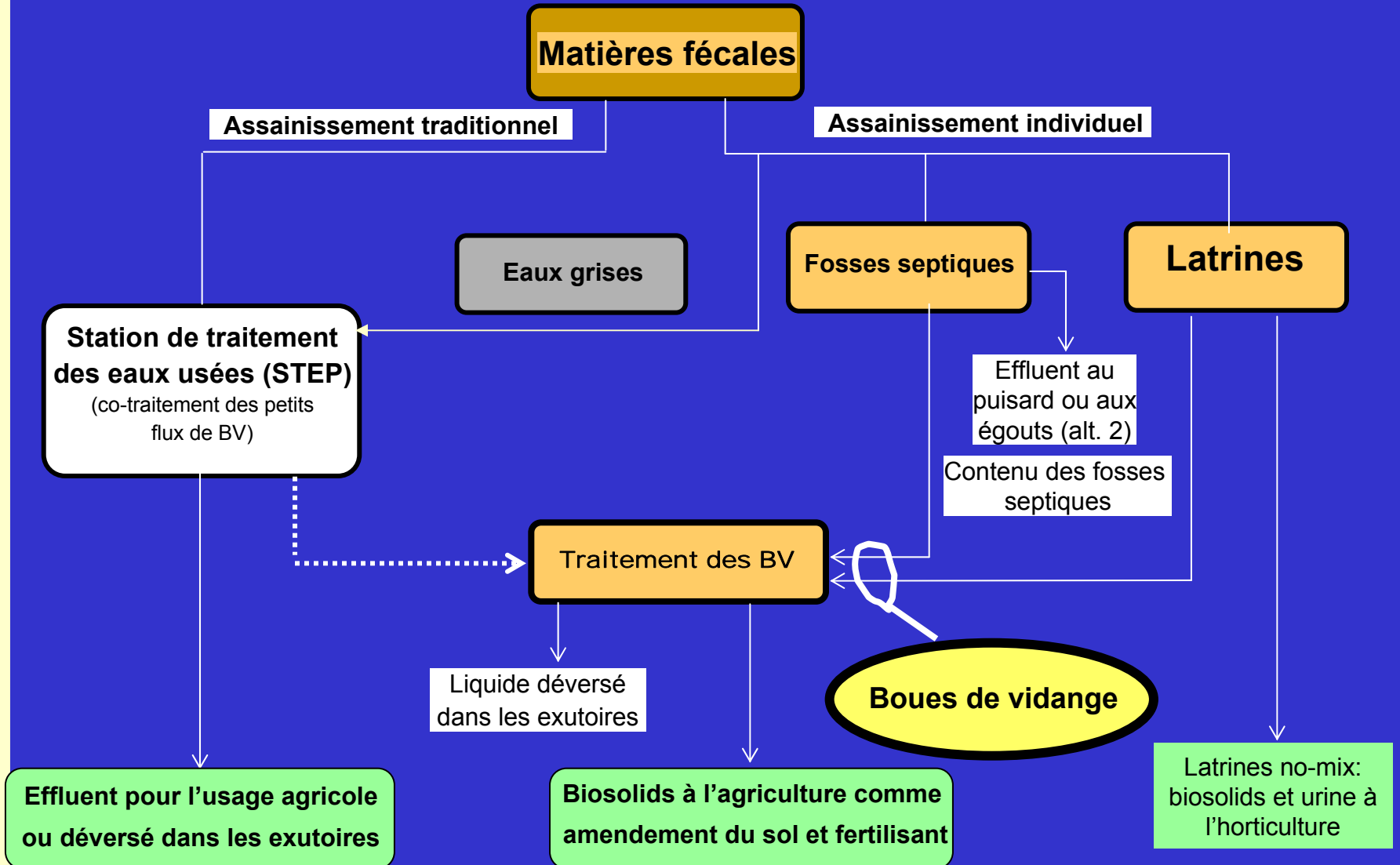
Boues de toilettes publiques (BTP)

BV extrêmement concentrées et fraîches, stockées que qq jours ou semaines

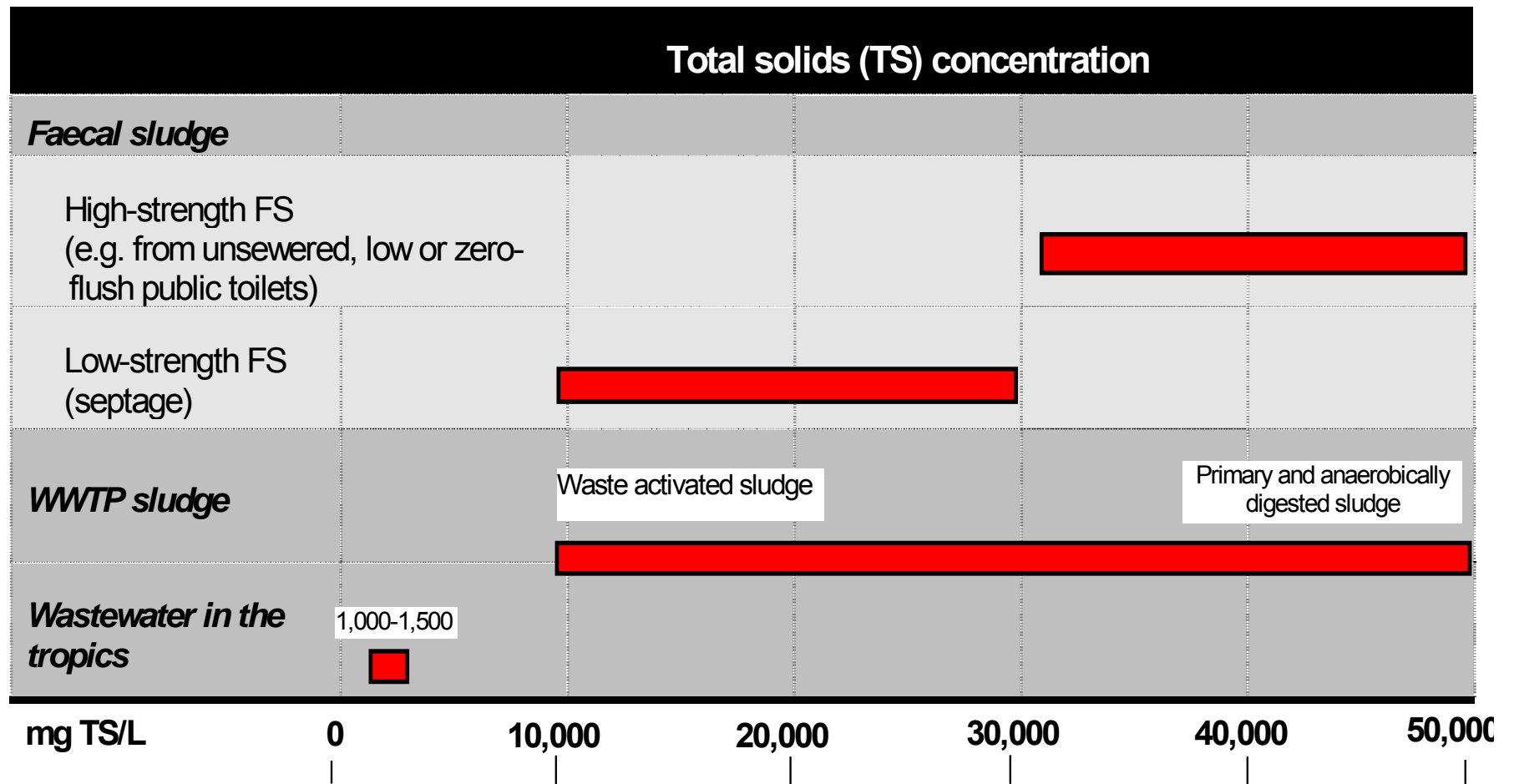
Boues de fosses septiques, différentes de celles des latrines

BV de faible concentration, normalement stockées pendant plusieurs années, donc plus stabilisées que des BTP. La partie liquide, décantée, est facilement aspirée par pompage

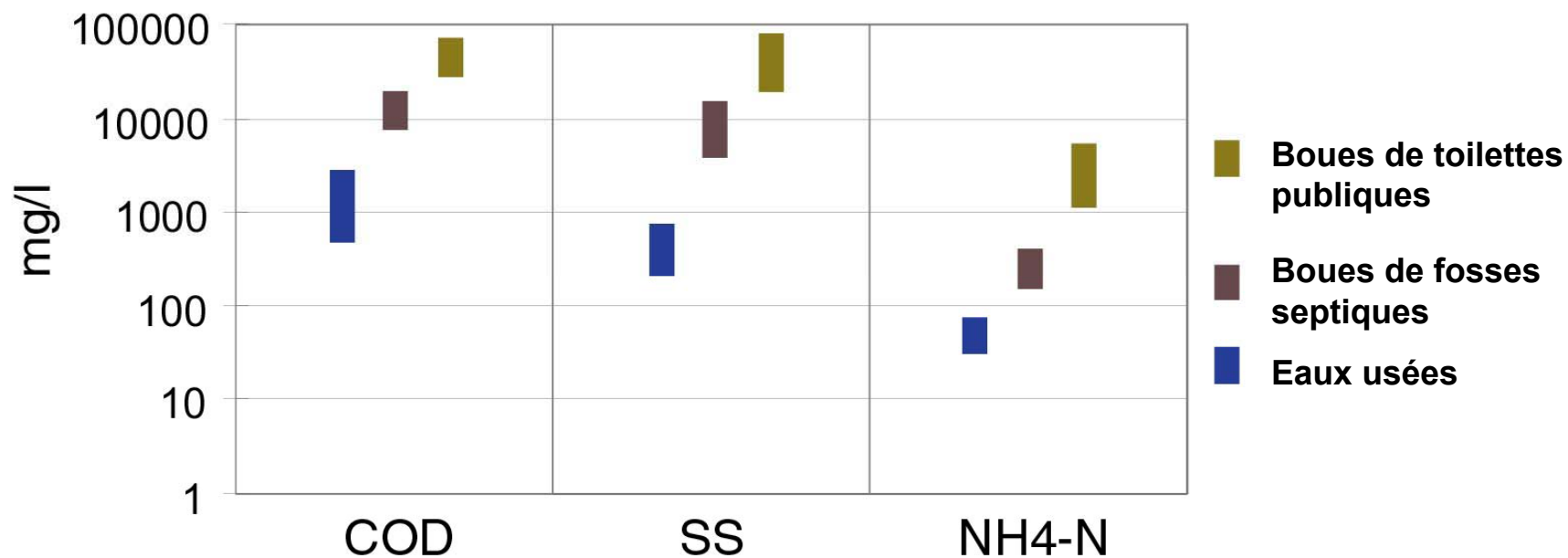




Comparaison des boues de vidange aux boues de STEP



Comparaison entre les caractéristiques des boues de toilettes publiques, de fosses septiques et des eaux usées*



* Gamme de valeurs moyennes de différentes villes en Asie, en Afrique et en Amérique Latine

Comparaison entre les caractéristiques des boues de toilettes publiques, de fosses septiques et des eaux usées

1 Caractéristiques et quantités des BV

Désignation	Type "A" (Très concentrées)	Type "B" (Moy. concentrées)	Rejets d'égouts- (à titre de comparaison)
Exemple	Boue de toilette public	Boue de fosse septique	Eaux usées (pays tropicaux)
Caractérisation	Très concentrées Temps de stockage court : qq jours/semaines	Boues de faible concentration; stockées pendant plusieurs années, digérées; + stabilisées que le Type "A")	
DCO mg/l	20, - 50,000	< 10,000	500 - 2,500
DCO/DBO	2 : 1 5 : 1	5 : 1 10 : 1	2 : 1
NH ₄ -N mg/l	2, - 5,000	< 1,000	30 - 70
Matière Sèche (MS)	≥ 3.5 %	< 3 %	< 1 %
MES mg/l	≥ 30,000	≈ 7,000	200 - 700
Helminth eggs, no./litre	20, - 60,000	≈ 4,000	300 - 2,000

Variable	Boues de fosses septiques ¹	Boues de toilettes publiques ¹	Boues de latrine à fosse ²	Excréta frais
• DBO (g/hab·j)	1	16	8	45
• MS (g/hab·j)	14	100	90	110
• NTK (g/hab·j)	0,8	8	5	10
• Volume (l/hab·j)	1	2 (comprend l'eau pour le nettoyage des toilettes)	0,15 - 0,20	1,5 (fèces et urine)

1 Ces évaluations sont basées sur une étude des boues de vidange réalisée à Accra, Ghana.

2 Les valeurs ont été estimées pour un procédé de décomposition hypothétique se déroulant dans les latrines à fosse. Selon la pratique fréquemment observée, il est vraisemblable que les camions-citernes de vidange aspirent uniquement les couches supérieures des latrines à fosse (~ 0,7 ... 1 m) étant donné que les couches inférieures sont souvent solidifiées ce qui empêche leur vidange. Par conséquent, les volumes collectés et caractéristiques par habitant sont plus élevés que les volumes/caractéristiques correspondant à la couche solidifiée ayant subi une décomposition plus étendue.

Comparaison des BV dans qq villes de PVD

Location	Accra (Ghana)	Accra (Ghana)	Alcorta (Argentina)	Ouagadougou (Burkina Faso.)	Bangkok (Thailand)
Type de BV	Boues toilettes Publiques	Boues fosse septique		Boues fosse septique	
MS (mg/L)	52,500	12,000	(6,000 – 35,000 SS)	19,000	15,350 (2,200 – 67,200)
DCO (mg/L)	49,000	7,800	4,200	13,500	15,700 (1,200 – 76,000)
NH ₄ -N (mg/L)	3,300	330	150	-	415 (120 – 1,200)

Une décharge anarchique d'un camion
= 5,000 pers. déféquant à ciel ouvert

**Boues de Vidange = eaux usées ↻ hors jeu !
1 litre BV = 100 litres eaux usées !**

BV ≠ eau usée

- **Différents systèmes de traitement et critères de dimensionnement**

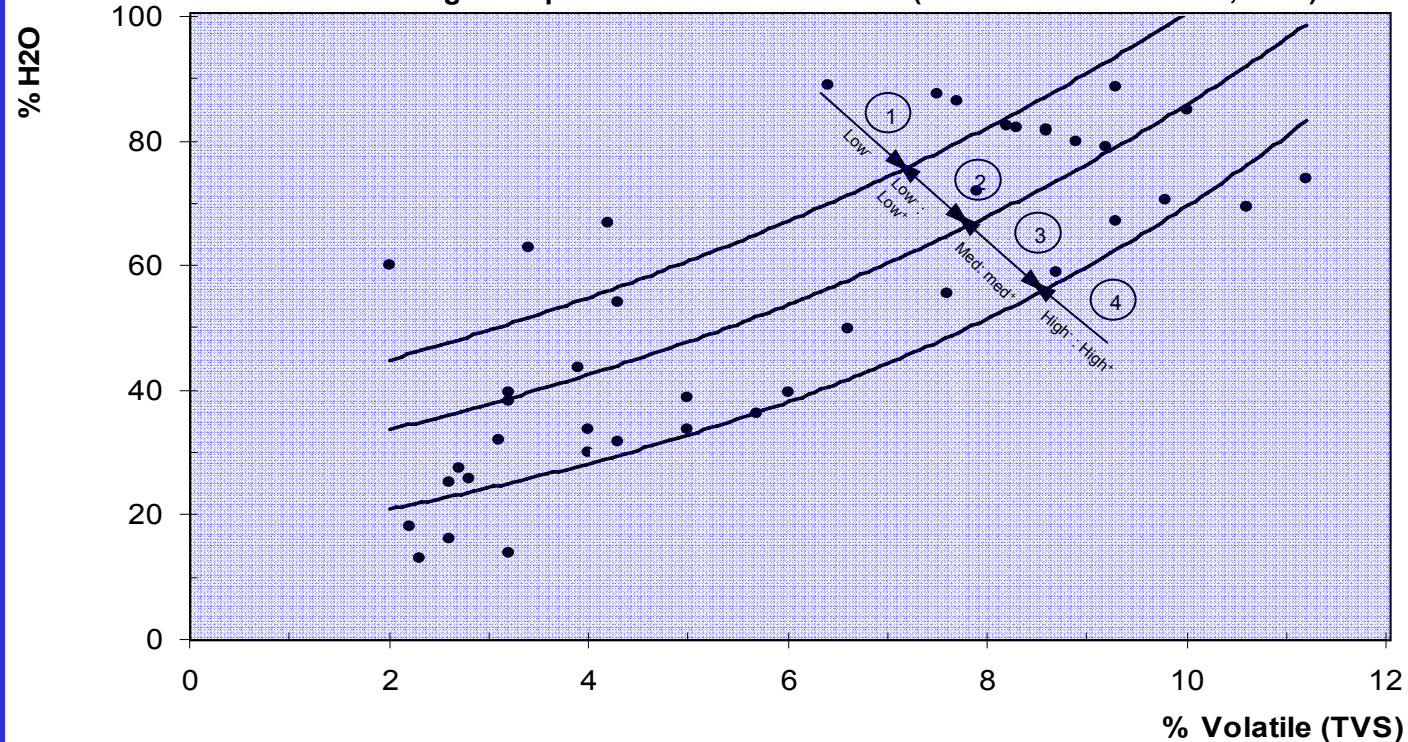
Variabilité en caractéristiques des BV

- **Base de dimensionnement: moyenne d'un grand nombre d'analyses**
- **Aucune caractéristique-type; analyse selon les cas (y inclus répartition types d'installations)**

Classification des BV, et moyens de collecte

3 Options de traitement

Sludge composition - Flow Behaviour (Bösch & Schertenleib, 1985)

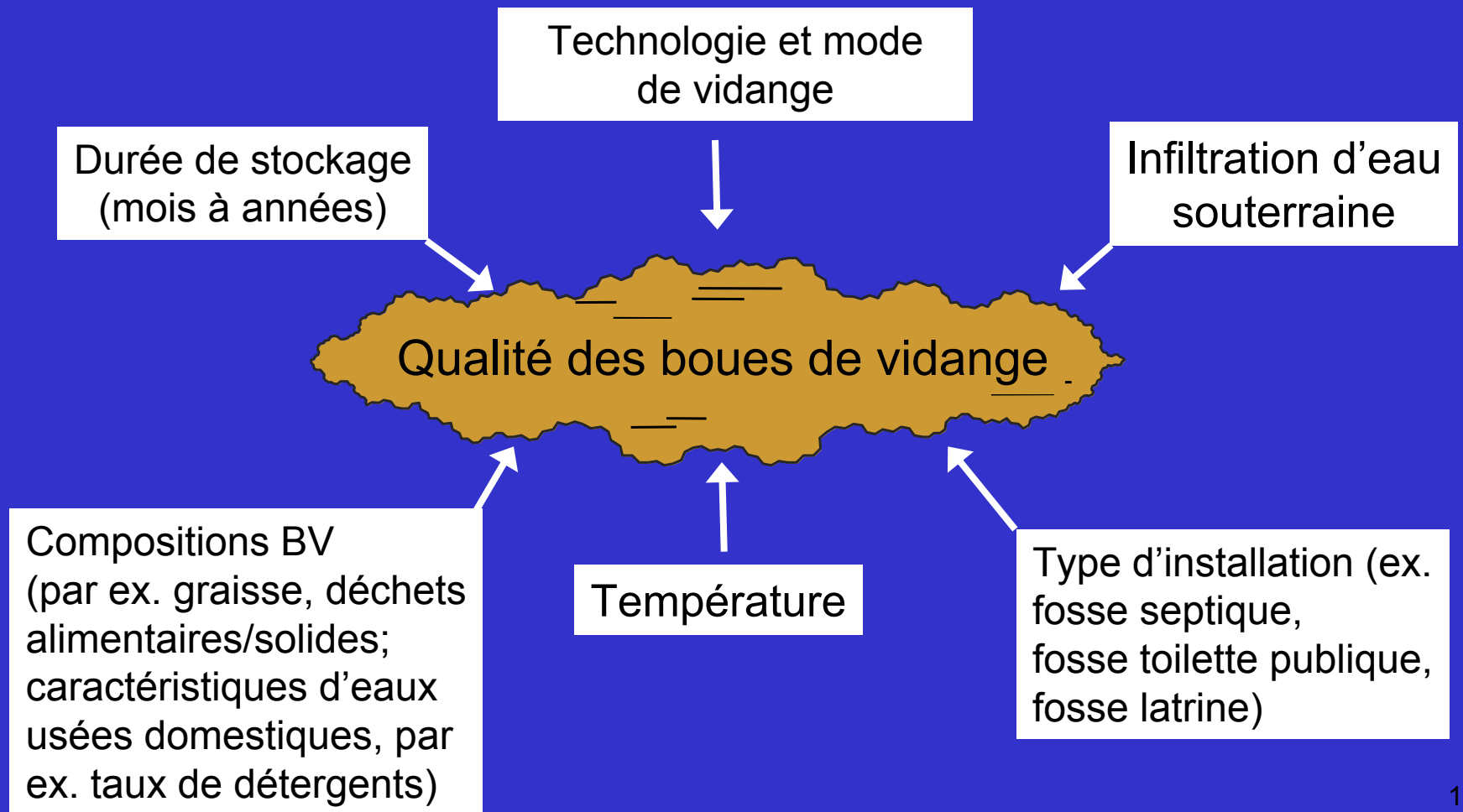


1. low- viscosity zone
2. low- : low+ viscosity zone

3. med : med+ viscosity zone
4. high- : high+ viscosity zone

Le type de latrine influence les caractéristiques des BV et déterminent les moyens (équipement de collecte et de transport)

Facteurs influençant la qualité des BV



Normes de traitement des BV *

Ghana DBO 50 MES 50 NH4-N 1
CF 10 NPP/100 mL (toutes décharges)

Afrique du Sud Aucun œuf d'Ascaris viable/10g MS,
0 salmonelles/10g MS, ≤ 1000 CF/10g MS

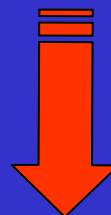
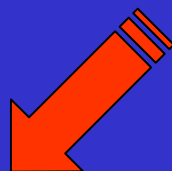
Chine ≥ 95% d'élimination d'œufs d'helminthes (OH)

Argentine DBO=50mg/l, MES=60mg/l, CF=10⁵/100ml
(Santa Fé) valorisation agricole des biosolides: ≤1OH/4g MS

* Mêmes normes que pour les eaux usées dans la plupart des pays

Établissement de normes appropriées dans les pays en développement

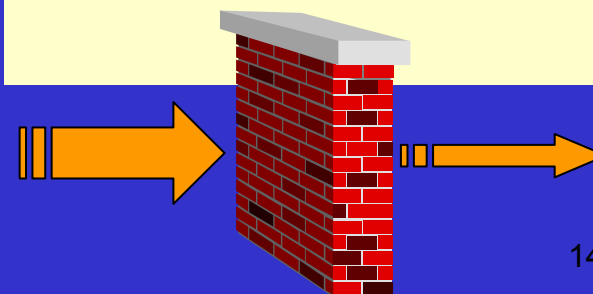
Contrôle et application
ont encore du retard



La réglementation
environnementale
doit être basée sur
la technologie
disponible et sur
les ressources
économiques et
institutionnelles
(locales)

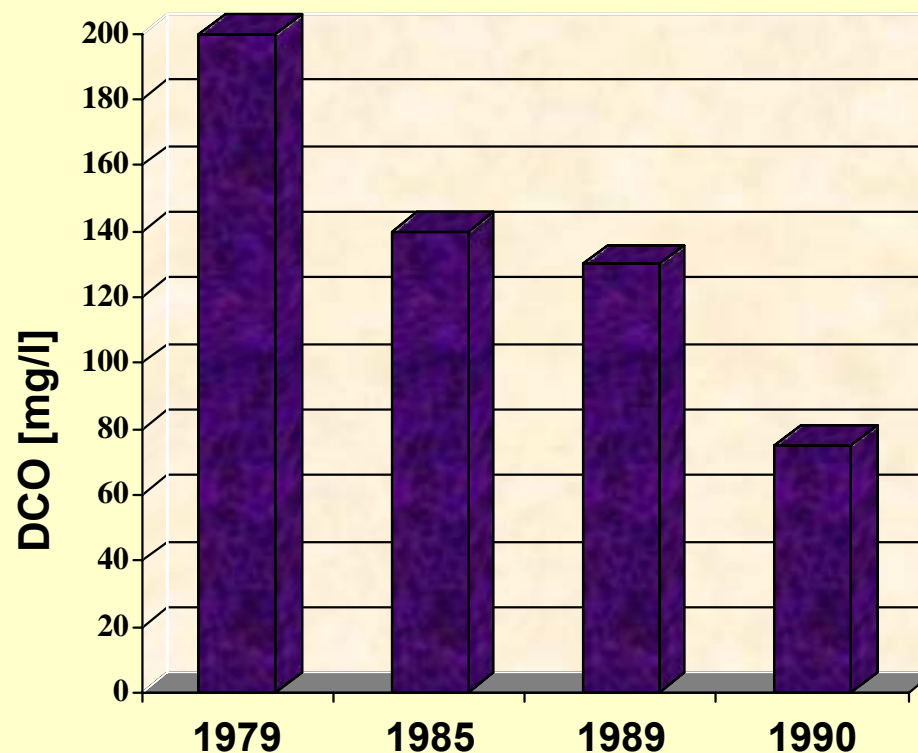
Sélection d'une
approche échelonnée

Définition et création
d'une série de
barrières («points de
contrôle critiques»)



Établissement de normes dans les pays industrialisés ...

.... par une approche
échelonnée



*Développement progressif de la norme sur le
déversement des eaux usées en Allemagne.*

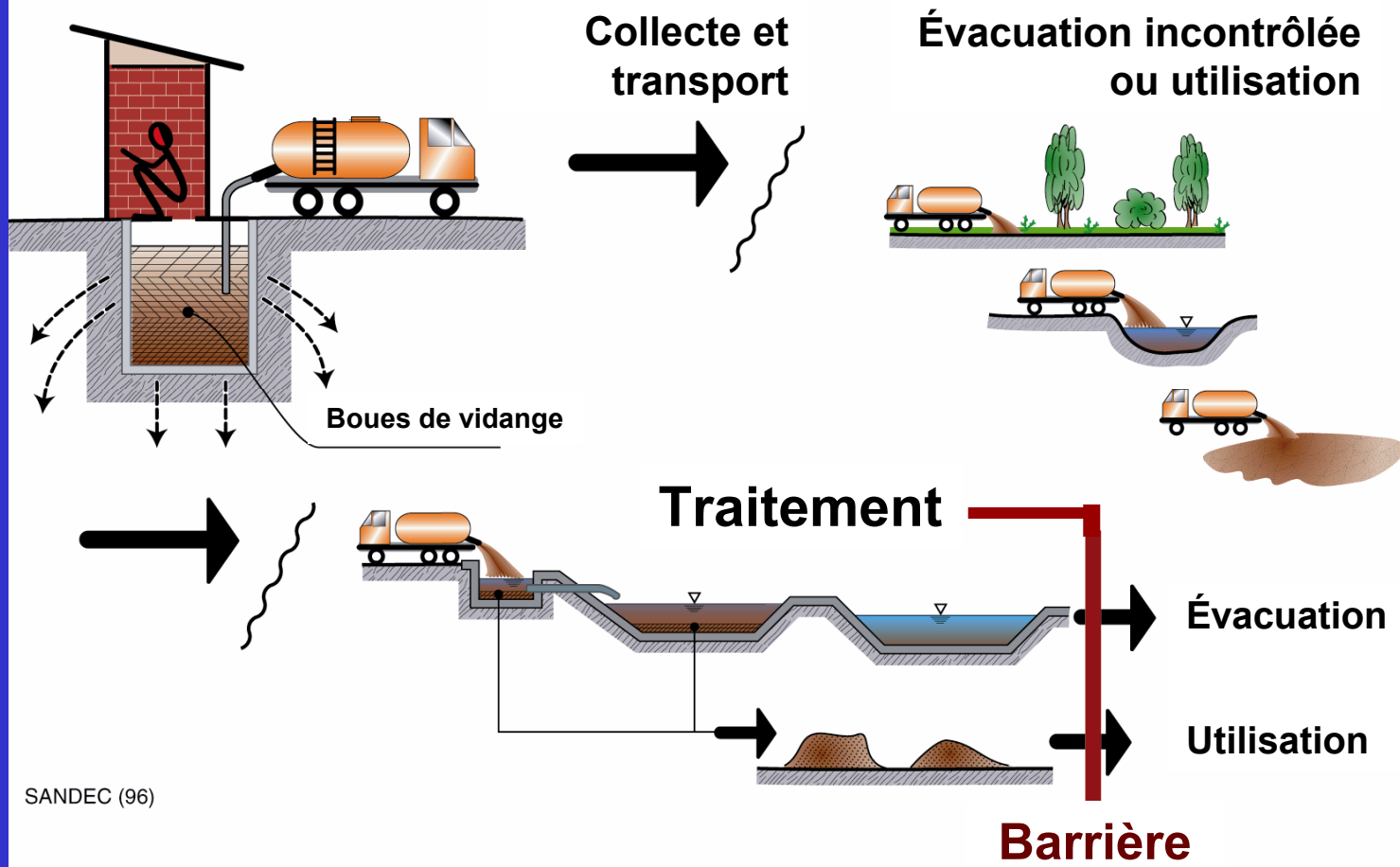
Pour stations de traitement des eaux usées > 100,000 p.e.
(Bode, 1998)

Normes appropriées suggérées

	DBO [mg/l]		NH ₄ -N [mg/l]	Œufs d'helminthes [N°/litre]	CF [N°/100 ml]
	total	filtré			
A: Effluent liquide					
1. Déversement dans les exutoires:					
• Cours d'eau ou estuaire saisonnier	100-200	30-60	10-30	≤ 2-5	≤ 10 ⁴
• Rivière pérenne ou mer	200-300	60-90	20-50	≤ 10	≤ 10 ⁵
2. Réutilisation:					
• Irrigation restreinte	p.c.		1)	≤ 1	≤ 10 ⁵
• Irrigation non-restreinte (crudités)	p.c.		1)	≤ 1	≤ 10 ³
B: Boues d'épuration					
• Usage agricole	p.c.		p.c.	≤ 3-8/ g MS 2)	3)
<p>1) ≤ demande végétale d'azote (100 - 200 kg N/ha·an)</p> <p>2) Basé sur la charge d'œufs de nématodes par unité de surface et dérivé des directives OMS d'irrigation des eaux usées (OMS, 1989) et sur un taux de fumier de 2-3 tonnes de matière sèche/ha·an (Xanthoulis et Strauss, 1991)</p> <p>3) Niveau sûr s'il répond aux critères d'œufs</p>					
			p.c. = pas critique		

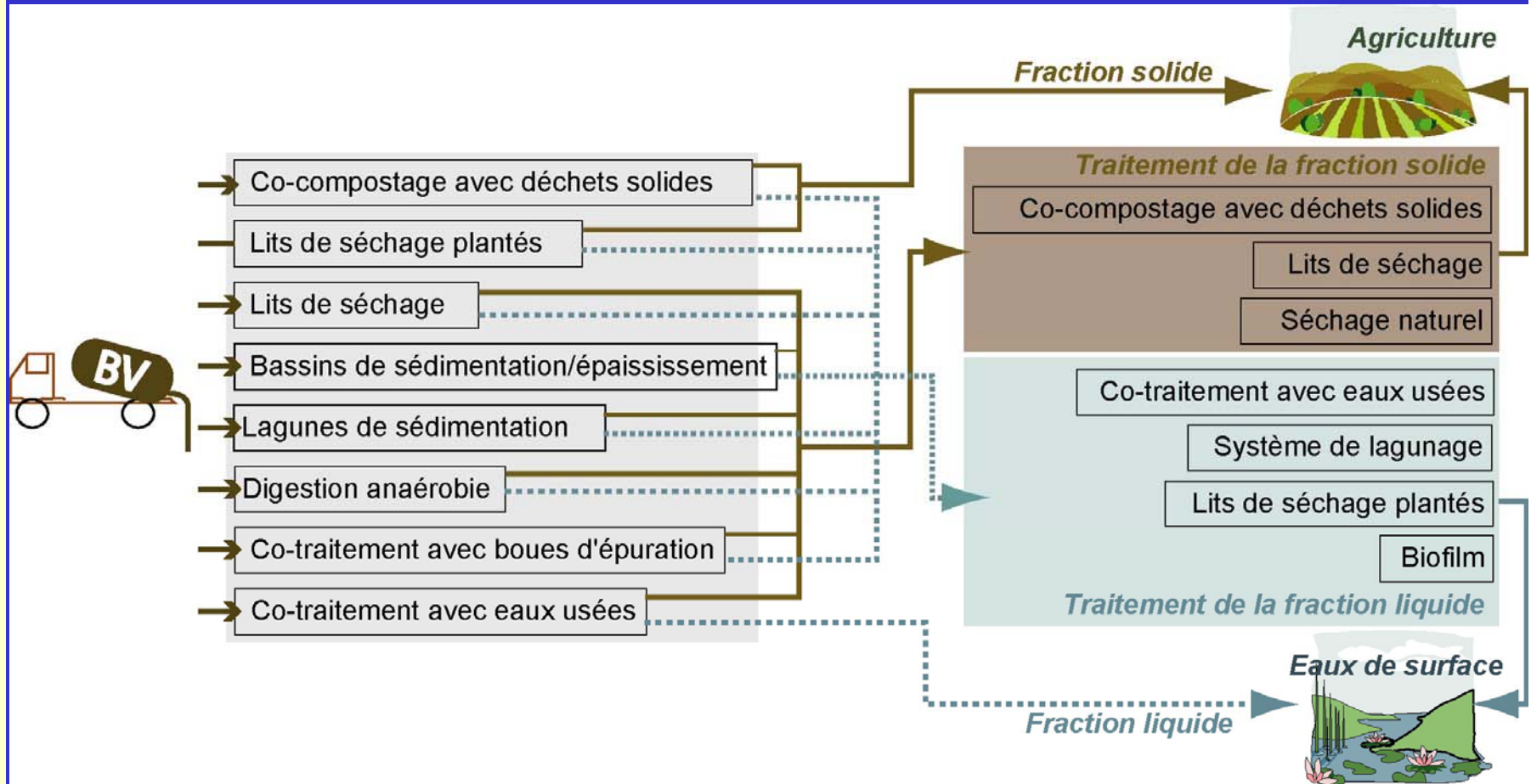
Traitement des BV (= barrière)

I. ASSAINISSEMENT «sec» SUR PLACE



Options de traitement des BV: aperçu

3 Options de traitement



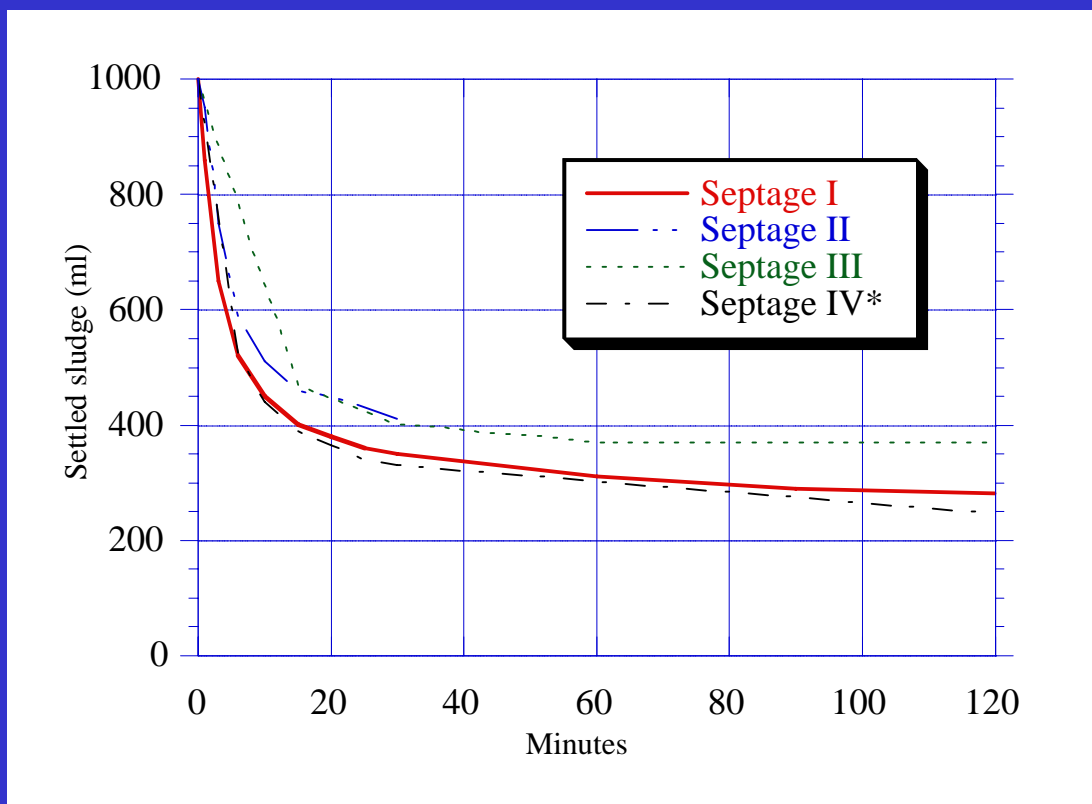
Exercice

Choisir une option de traitement de BV

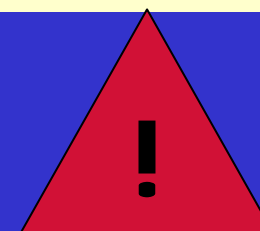
Quels types ou catégories de critères appliqueriez-vous pour faire un choix parmi un nombre d'options de traitement de BV jugées faisable ?

Le traitement, à faible coût, commence par la séparation solide-liquide

Essai de décantation dans un cone cylindrique (Septage I-III)
et dans une colonne de 20 cm de diamètre et 2 m de hauteur (Septage IV*)



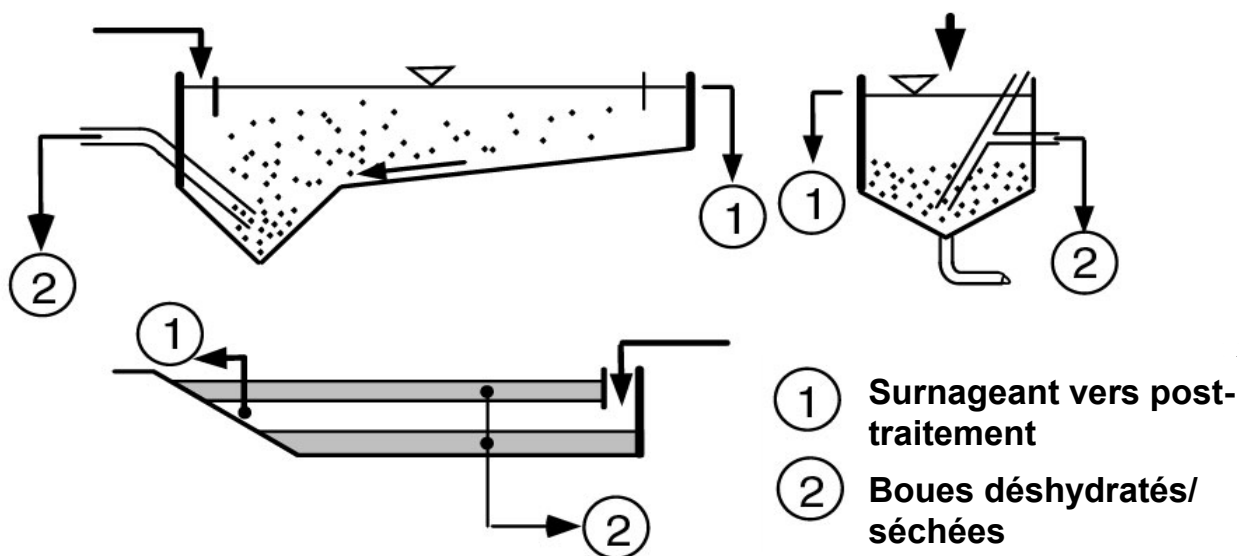
**Volume des boues
décantées = 30-35%
volume initial !**



Temps optimal de décantation = 60 min., expérience Accra

Les boues de toilettes publiques ne décantent pas facilement

Bassins de sédimentation/épaississement non mécanisés



3 Options de traitement

- 2 unités de sédimentation/épaississement exploitées alternativement (sémi-batch, par ex. 4 semaines de chargement / 4 semaines de séchage)
- L'efficacité des bassins dépend de l'état d'entretien et d'exploitation des installations
- Problème lors du traitement des boues fraîches de toilettes publiques: mauvaise sédimentation

Bassins de sédimentation/épaississement - Accra/Ghana

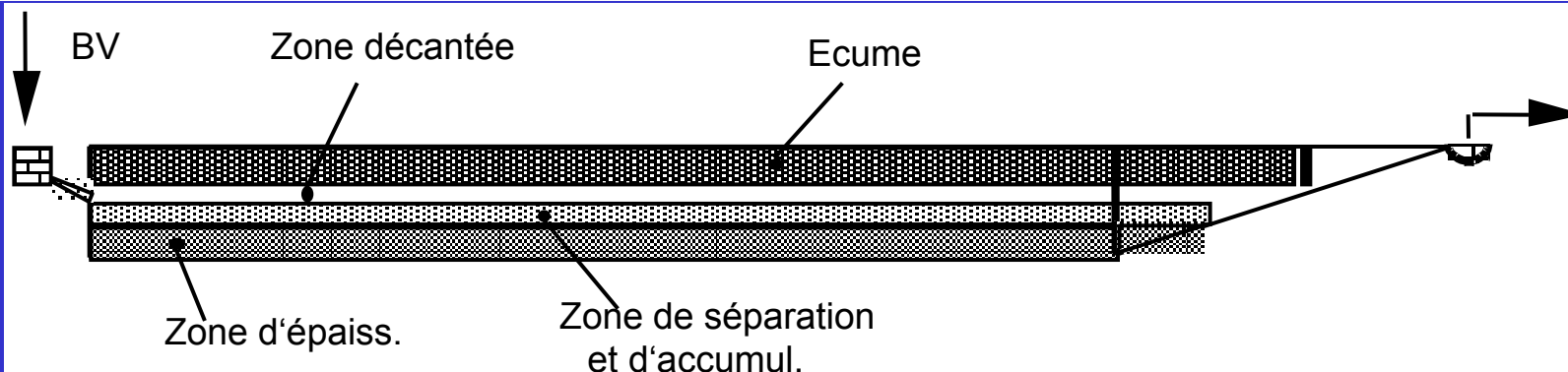
3 Options de traitement







Bassins de sédimentation/épaississement - Accra/Ghana

3 Options de traitement





 Scum SS = 160 g/l	 Zone de séparat. + accumul SS = 60 g/l
 Zone d'épaississement SS = 140 g/l	 Zone décantée SS < 5 g/l

Design criteria

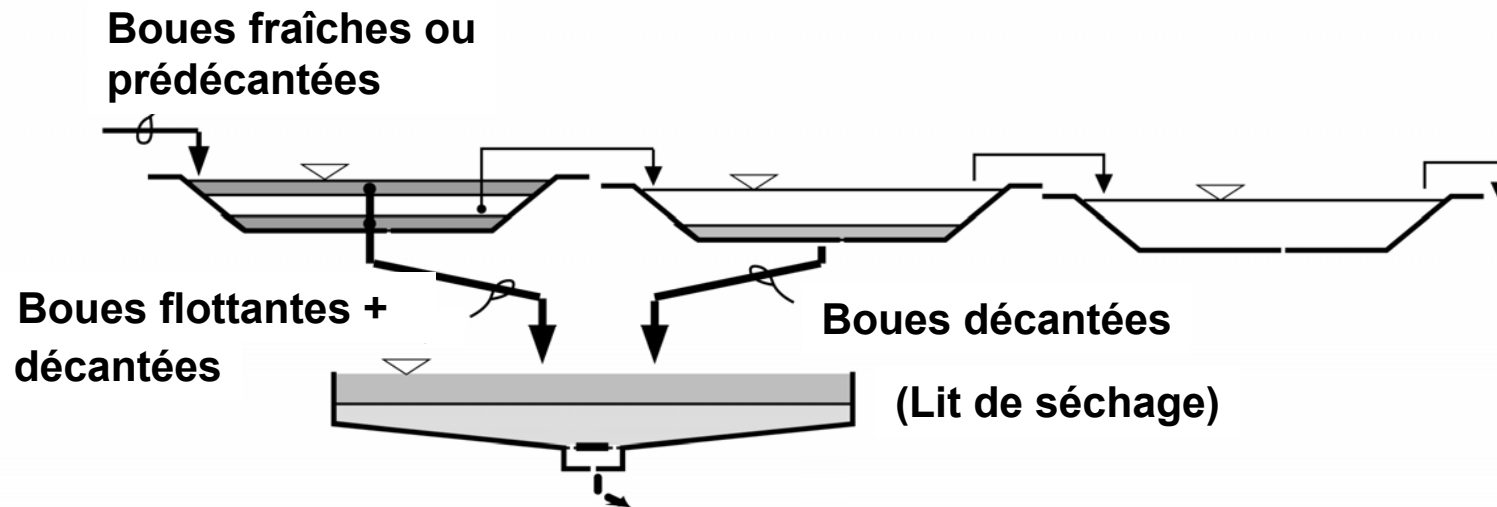
- Bassin allongé, Longueur \geq 30m, Largeur 4-10m
- Surface ~ 0.006 m²/habt.
- Profondeur ~ 3 m
- Hauteur de la zone de décantation ~ 0.5 m
- Temps de séjour dans la zone décantée \geq 4 h
- Elimination de la matière sèche ~ 80%
- MS de la boue épaissie ~ 10-15%
- Taux d'accumulation de boue ~ 0.15m³/m³ BV

Vidange des bassins de sédimentation/épaississement - Accra/Ghana

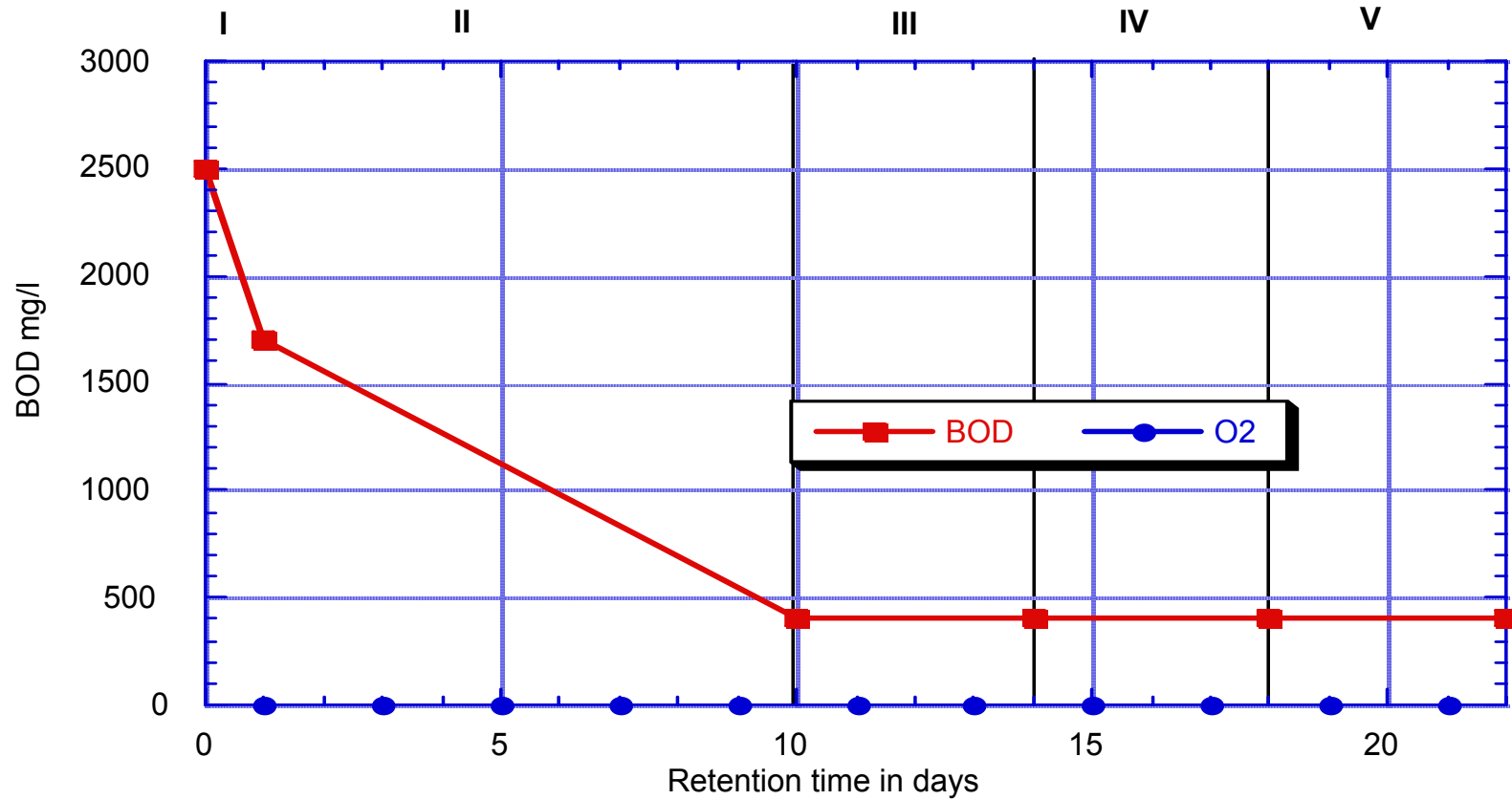
3 Options de traitement



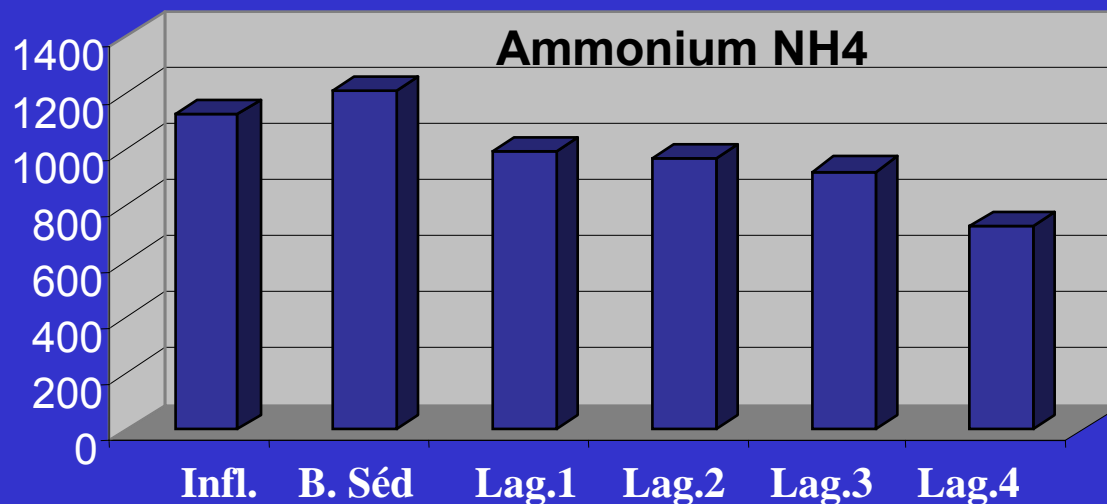
Systeme de lagunage



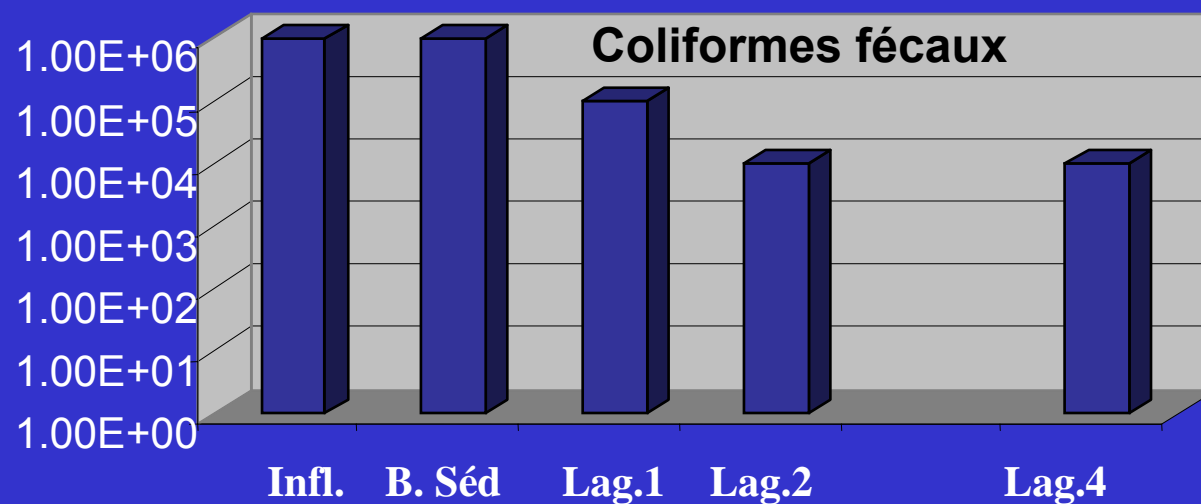
- Grande surface requise
- Entretien minime
- Traitement des boues fraîches (de toilettes publiques)
⇒ concentration élevée de NH_3
- ⇒ aucun développement d'algues (NH_3 -toxicité et opacité)
aucun apport d'oxygène



**Pas d'amélioration après élimination de la DBO particulaire
Charge élevée, toxicité de NH₃ inhibe la croissance d'algues**

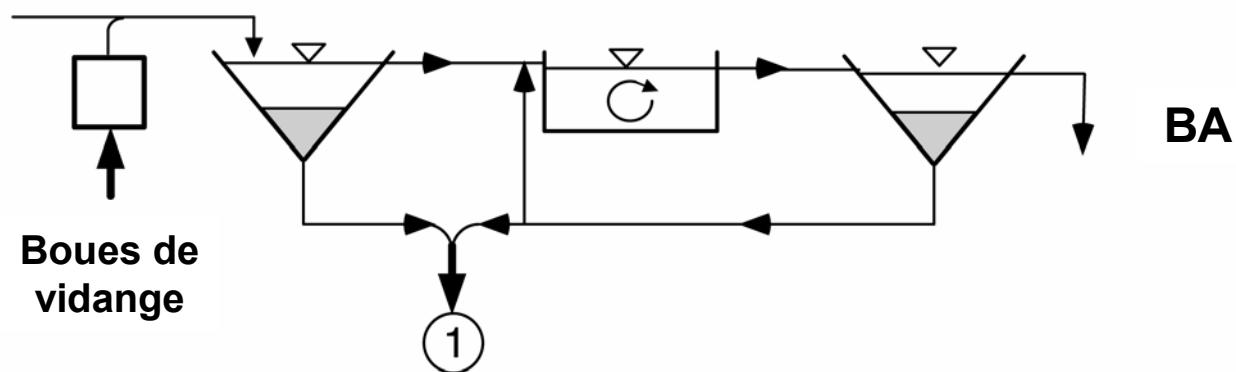
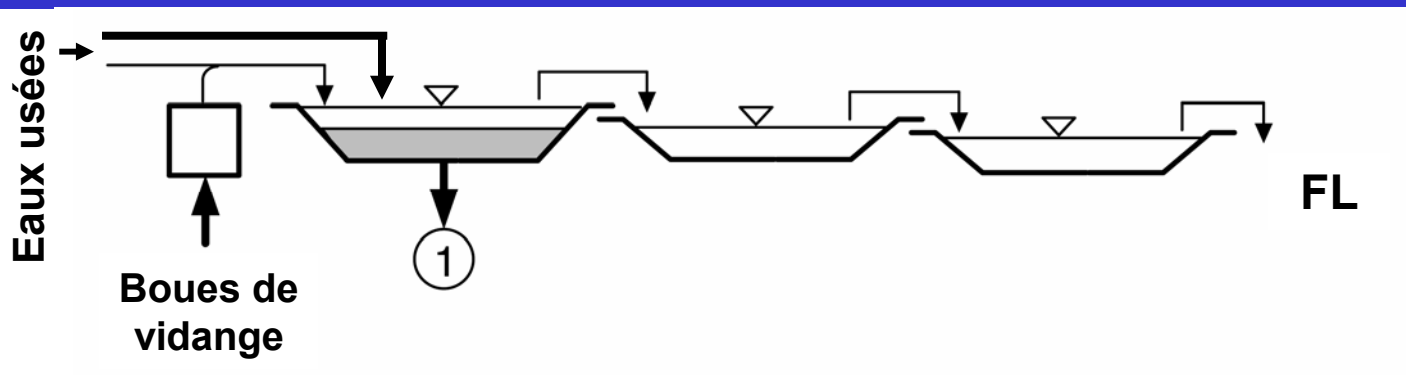


**Mauvaise
élimination de NH₄,
risque de
volatilisation de NH₃**



**Mauvaise
élimination des CF,
Effluents opaques,
pas d'action d'UV**

Co-traitement avec des eaux usées

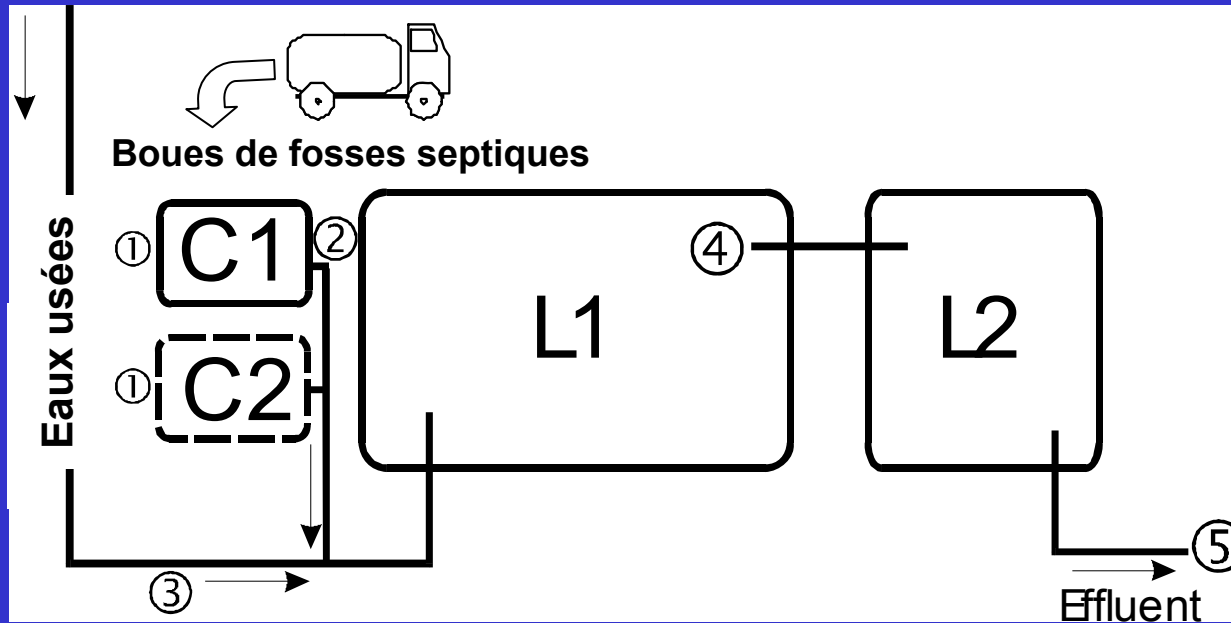


① Boues vers la digestion anaérobie et/ou déshydratation/séchage

FL Filière de lagunage

BA Boues activées

Co-traitement avec des eaux usées - Alcorta/Argentine



3 Options de traitement

- **Prétraitement des boues de fosses septiques dans deux bassins de sédimentation/stabilisation non-mécanisés et exploités en sémi-batch**
- **Effluents des bassins BV ~ caractéristiques des eaux usées**
- **Stabilisation et hygiénisation partielle des biosolides dans les bassins de sédimentation (déshydratation pendant période de repos)**

Co-traitement avec des eaux usées - Alcorta/Argentine

3 Options de traitement



Décharge des BV brutes
dans le bassin de
sédimentation

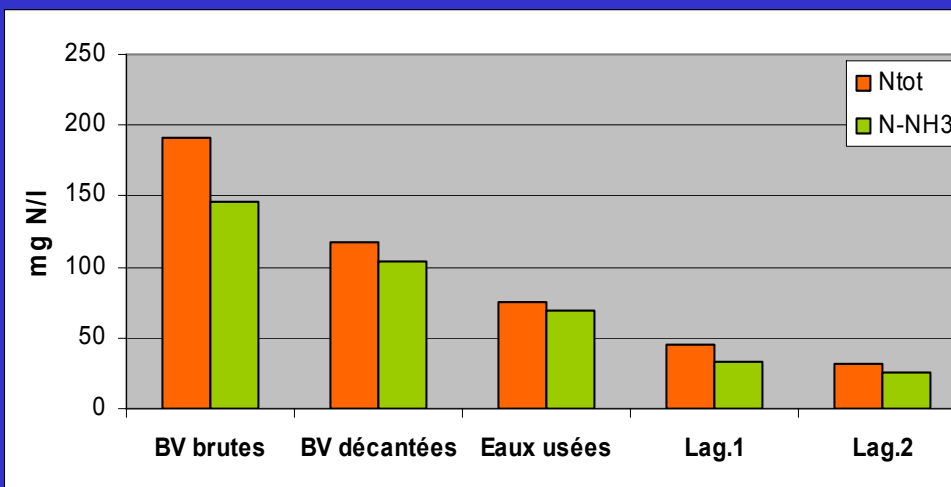
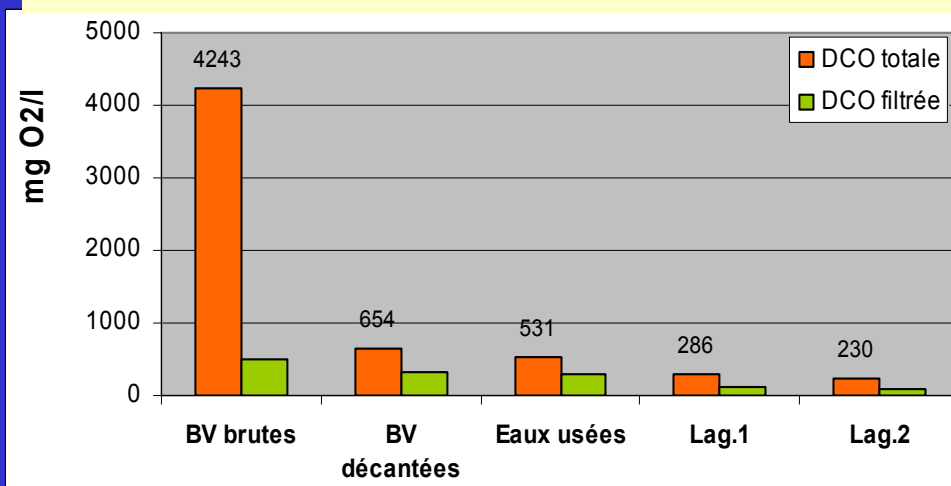
Lagune facultative pour eaux
usées et surnageants BV



Conditions de Co-traitement, Alcorta

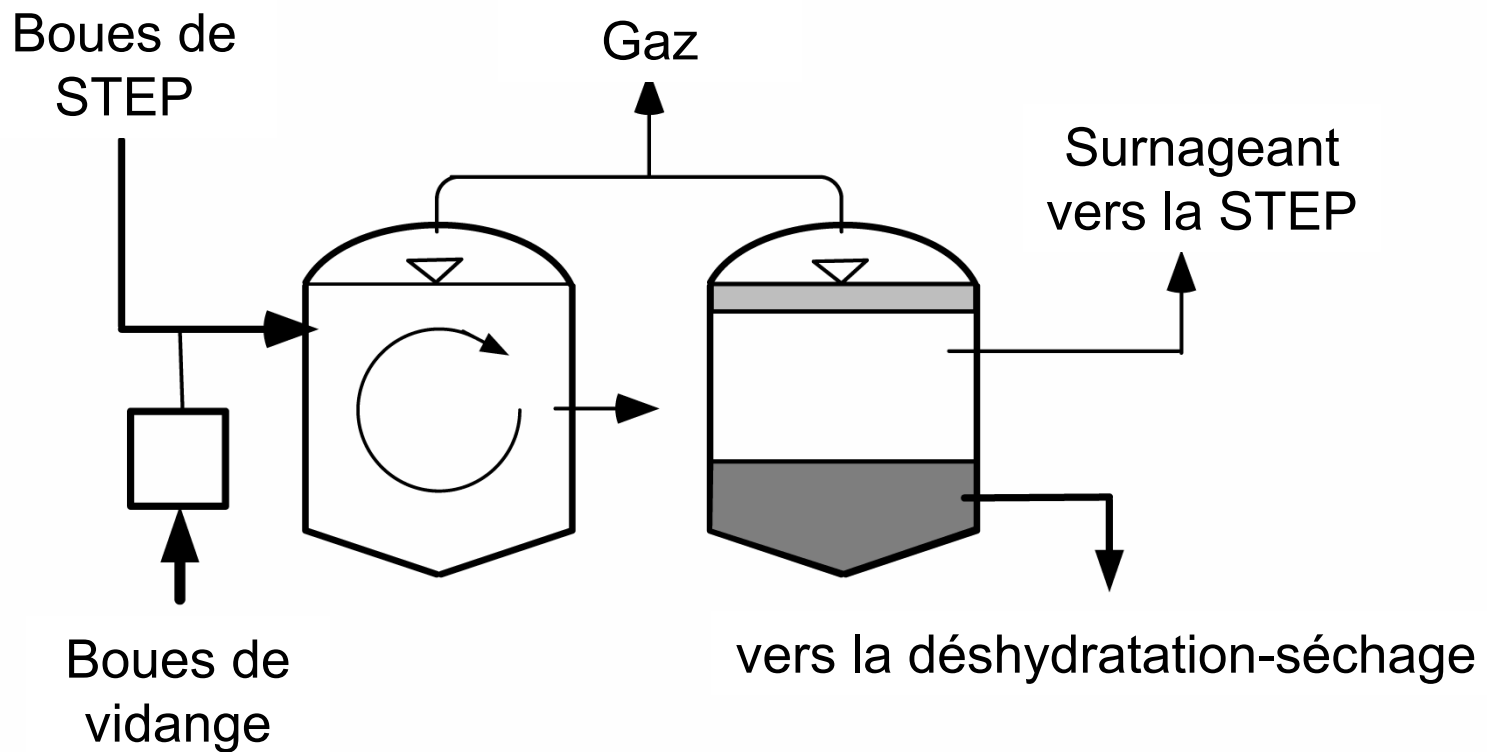
Paramètres	BV brutes (kg/j)	Effl. BV décantées (kg/j)	Eaux usées (kg/j)	Charges Boues/charges Eaux usées	Charges Effl. BV décantées/charges Eaux usées
DBO totale	18.1	3.0	4.8	3.8	0.6
DBO filtrée	5.1	1.9	2.7	1.9	0.7
DCO totale	101.8	13.1	12.7	8.0	1.0
DCO filtrée	11.8	6.5	7.0	1.7	0.9
MS	142.4	4.7	3.7	38.8	1.3
MSV	72.8	4.1	3.1	23.7	1.3
PH	8.0	8.0	8.0	1.0	1.0
Ntot	4.6	2.3	1.8	2.5	1.3
Ptot	0.7	0.4	0.3	2.2	1.2
N-NH3	3.5	2.1	1.7	2.1	1.3
SO4	4.4	1.1	9.4	0.5	0.1

Evolution des concentration en DCO et azote en co-traitement à Alcorta



De meilleurs rendements d'élimination sont obtenus lorsque la qualité d'effluent des boues prétraitées est similaire à celle des eaux usées urbaines.

Co-traitement avec des boues d'épuration

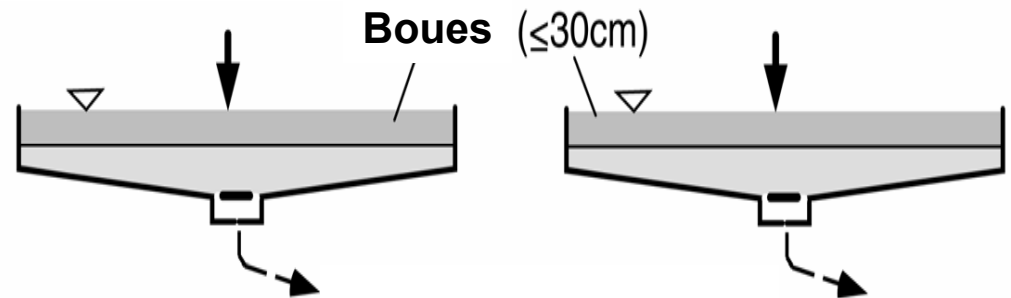


Lits de séchage non plantés - WRI Accra/Ghana

3 Options de traitement



Lits de séchage

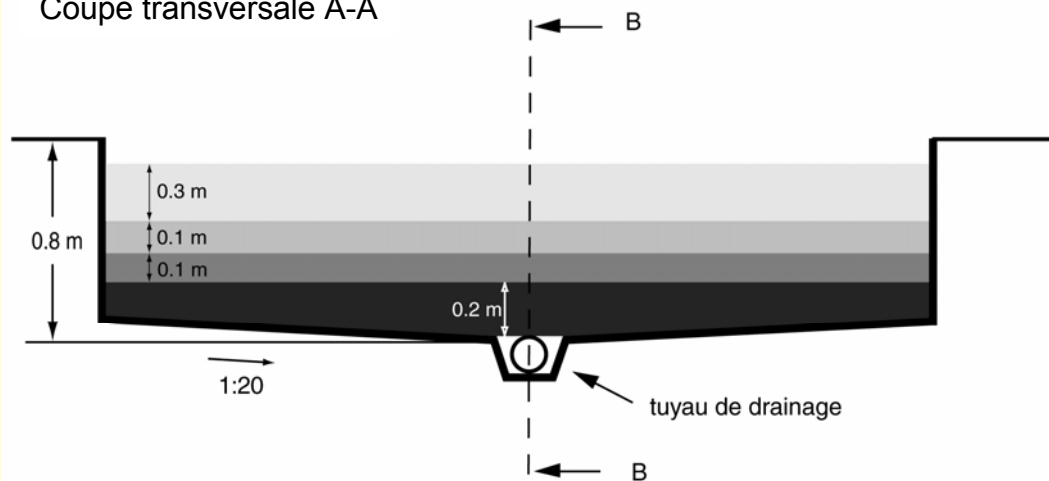


Percolat acheminé vers le traitement

Qualité du percolat ?

Lits de déshydratation ou de séchage non plantés

Coupe transversale A-A

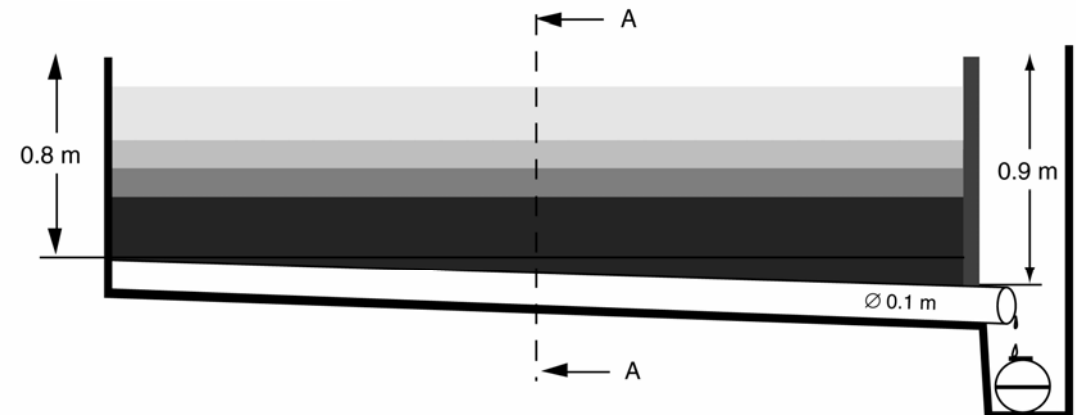


**WRI Accra et KMA /
IWMI Kumasi, Ghana**

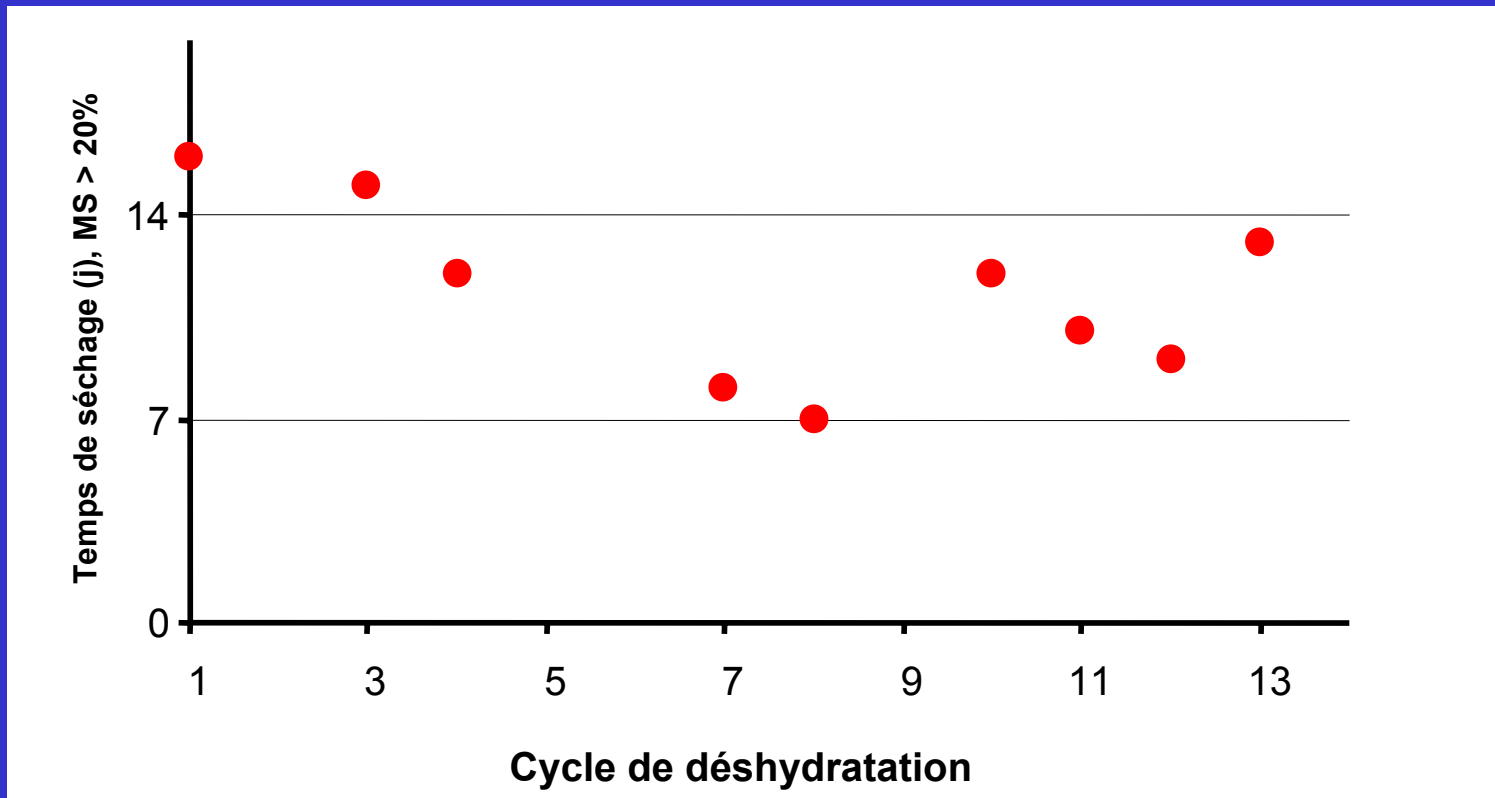
3 Options de traitement

- Couche de boues 30 cm
- Couche de sable 10 cm; $d = 0,2 - 0,6 \text{ mm}$
- Couche de gravier 10 cm; $d = 7-15 \text{ mm}$
- Couche de gravier 20 cm; $d = 15-30 \text{ mm}$

Coupe transversale B-B



Temps de déshydratation/séchage d'un mélange BTP/boues septiques, ratio 1:2



Lits de déshydratation ou de séchage non plantés

3 Options de traitement

Charge massique 100-200 kg MS/an

Charge hydraulique de 20-30 cm par cycle

Dimensionnement 0.05 m²/hbt.

Temps de séchage/déshydratation 7 à 14 days

Influence de la qualité du substrat de filtration (sable)

Mauvaise influence des boues fraîches

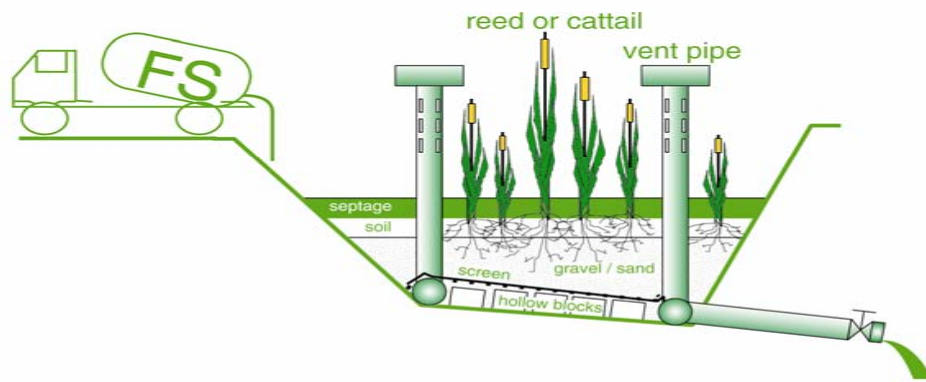
RENDEMENT

Volume biosolides produits	~ 1 %
MES	≥ 95 %
DCO	70-90 %
N-N-NH ₄ ⁺	40-60 %
Oeufs d'helminthes	100 %

Oeufs d'helminthes concentrées dans les biosolides

Quelle sera la qualité hygiénique et agronomique des biosolides ?

Humification des boues



- Systèmes racinaire et des rhizomes permettent de conserver la perméabilité et donc le pouvoir de déshydratation des lits pendant plusieurs années
- Stabilisation et déshydratation des biosolides en «une» étape de traitement
- Basse fréquence de vidange des lits est prolongée étant donné que les cycles de chargement des boues s'étendent sur plusieurs années
- Croissance des plantes requiert une attention particulière (bilan hydrologique)
- Percolat: besoin de post-traitement selon le cas
- Approprié en climat tropical humide; pas encore testé en région aride

Humification des boues - AIT Bangkok/Thaïlande

Options de traitement

3



Filtere planté avec des jeunes pousses de *Typha*



Lits de *Typha* chargés de BV



Biosolides accumulés avec racines et rhizomes de *Typha*



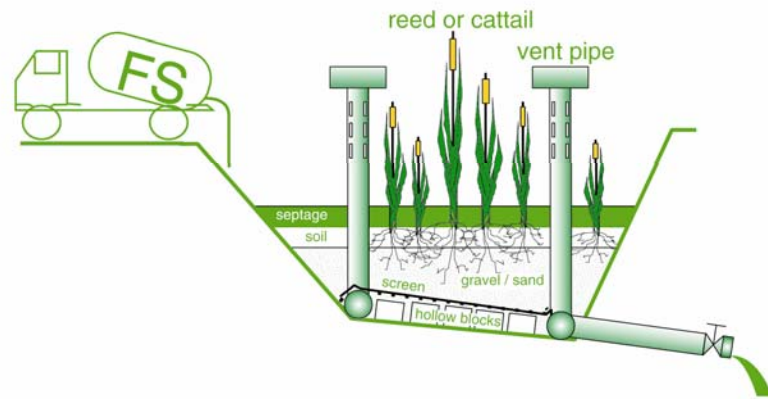
Adaptation aux boues sub-saharienne





8 3 2004

Constructed Wetlands



Lits plantés - AIT Bangkok/Thailand

substrat

- Gravier grossier (d=5 cm): 45 cm
- Gravier moyen (d=2 cm): 15 cm
- sable (d=0.1 cm): 10 cm

Revanche

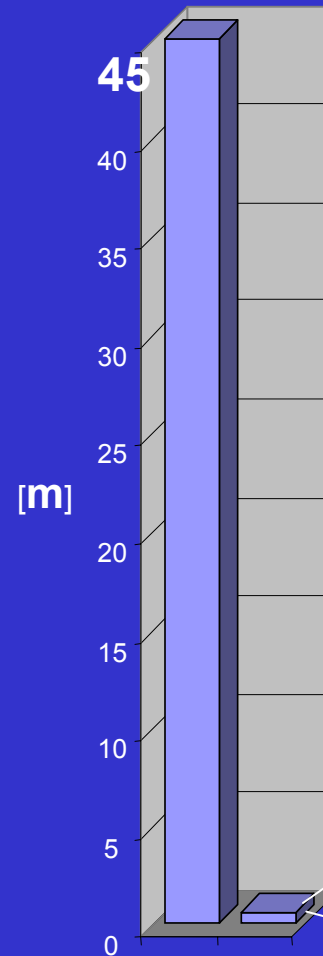
- 1 m

Surface requise

- ~ 0.03 m²/habt.

Exploitation (pour BV Bangkok)

- Charge massique: 125 - 250 kg TS/m²*a
- Fréquence d'aliment.: 1 - 2/weeks
- Durée de rétention du percolat: 2-6 days



**Hauteur de boues
accumulées après 3 ans
Charge hydraulique 45 m**

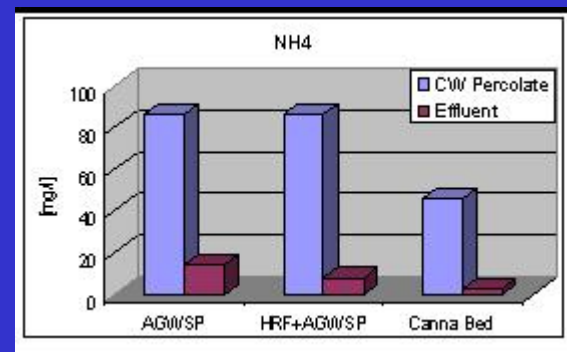
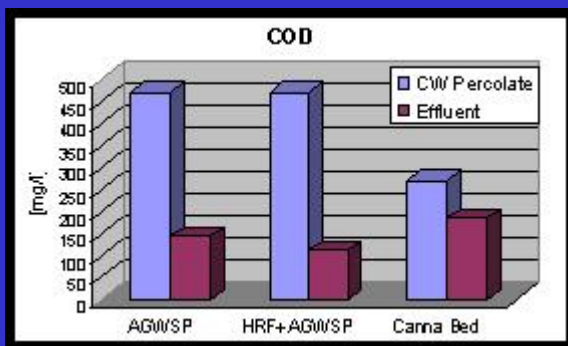
Boues accumulées 0.55 m

Echant.	Freq. aliment	Charge	Paramètre *, mg/L				
			Nb./se m.	kg MS/m ² .an	MS	TDCO	TKN
** BV, brutes			16,300	16,000	830	340	8
Percolat	1	125	2,840 (80)	230 (98)	60 (96)	56 (80)	180
	1	250	6,030 (77)	850 (96)	120 (87)	110 (70)	320
	1	250	2,640 (80)	300 (97)	62 (93)	46 (85)	180
	1	500	4,960 (82)	1,880 (94)	240 (82)	170 (52)	250
	2	125	3,610 (80)	570 (96)	62 (98)	44 (93)	190
	2	250	2,720 (88)	780 (95)	110 (94)	87 (88)	200
	2	250	3,600 (76)	800 (94)	140 (90)	100 (79)	220
	2	500	2,900 (81)	1,020 (93)	182 (87)	190 (69)	180

+ Les variations de rendement, données entre parenthèses, sont du à la variabilité des boues utilisées pour chaque essai.

* Données obtenues à partir d'un échantillonnage composite à chaque essai.

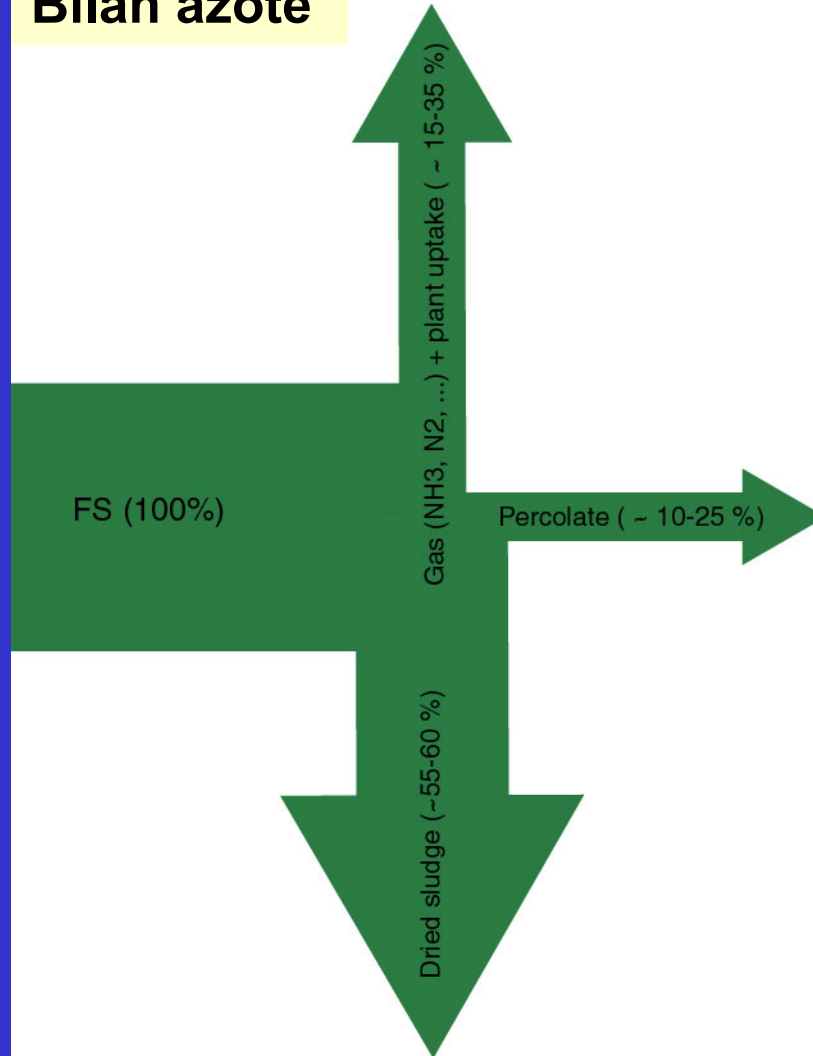
** Les moyennes pour la boue brutes sont effectuées sur 72 échantillons entre avril 1997 – Mars 1998



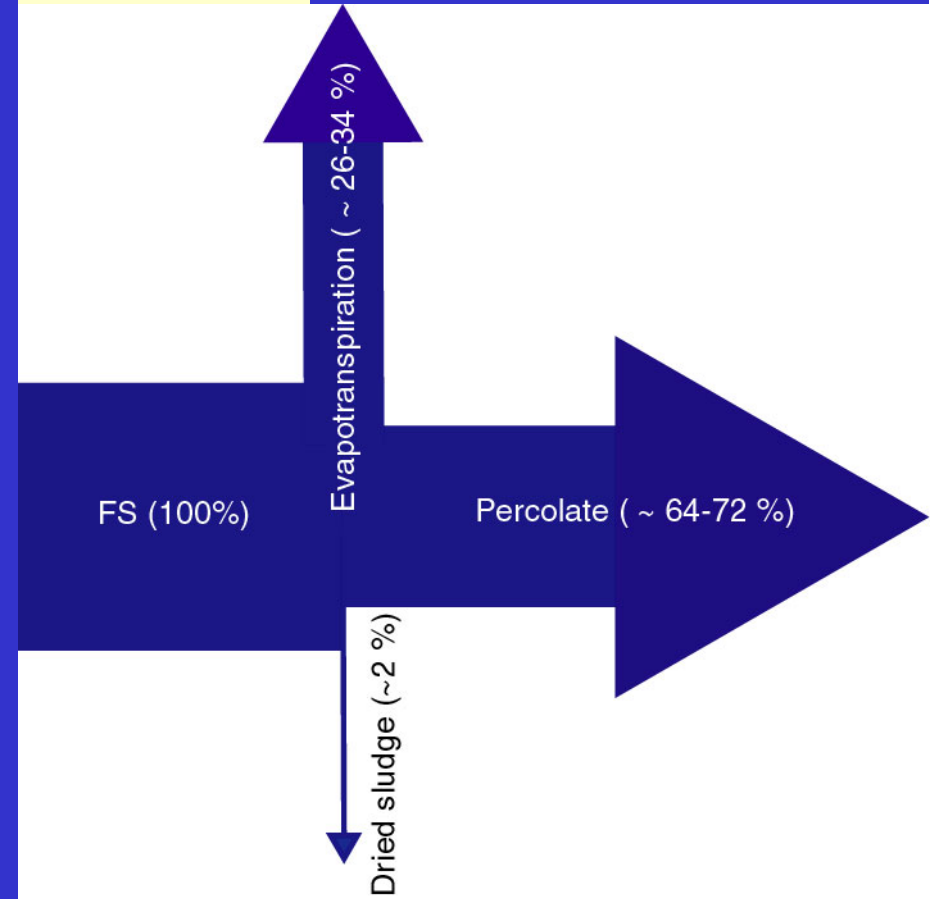
Lits plantés - AIT Bangkok/Thailand

3 Options de traitement

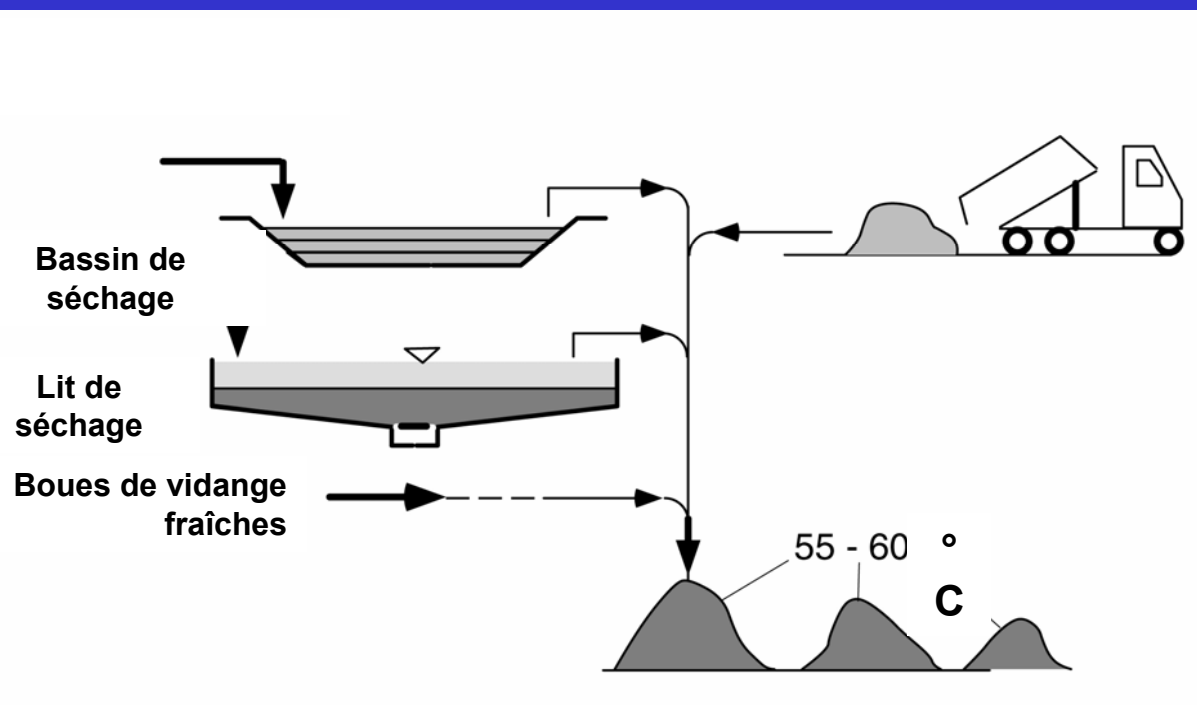
Bilan azote



Bilan Eau



Co-compostage avec des déchets organiques solides



- Stabilisation et hygiénisation en une étape de traitement
- Requiert une exploitation soigneuse
(p.ex. proportion du mélange BV/déchets solides, passage de l'air dans les andains de compost)

Co-compostage avec des déchets organiques solides – Kumasi (Ghana), station pilote

3 Options de traitement



Décharge boues



Déshydratation BV
p. lits de séchage



Co-compostage

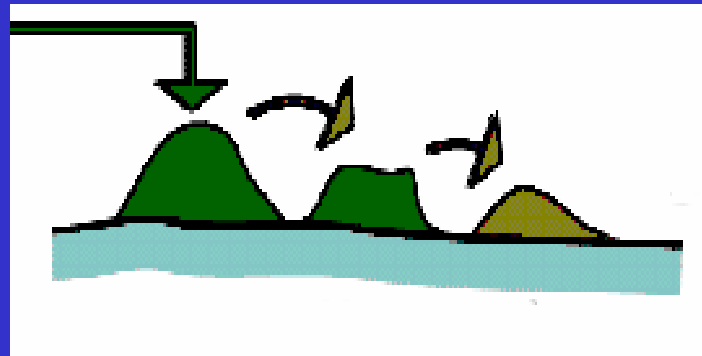


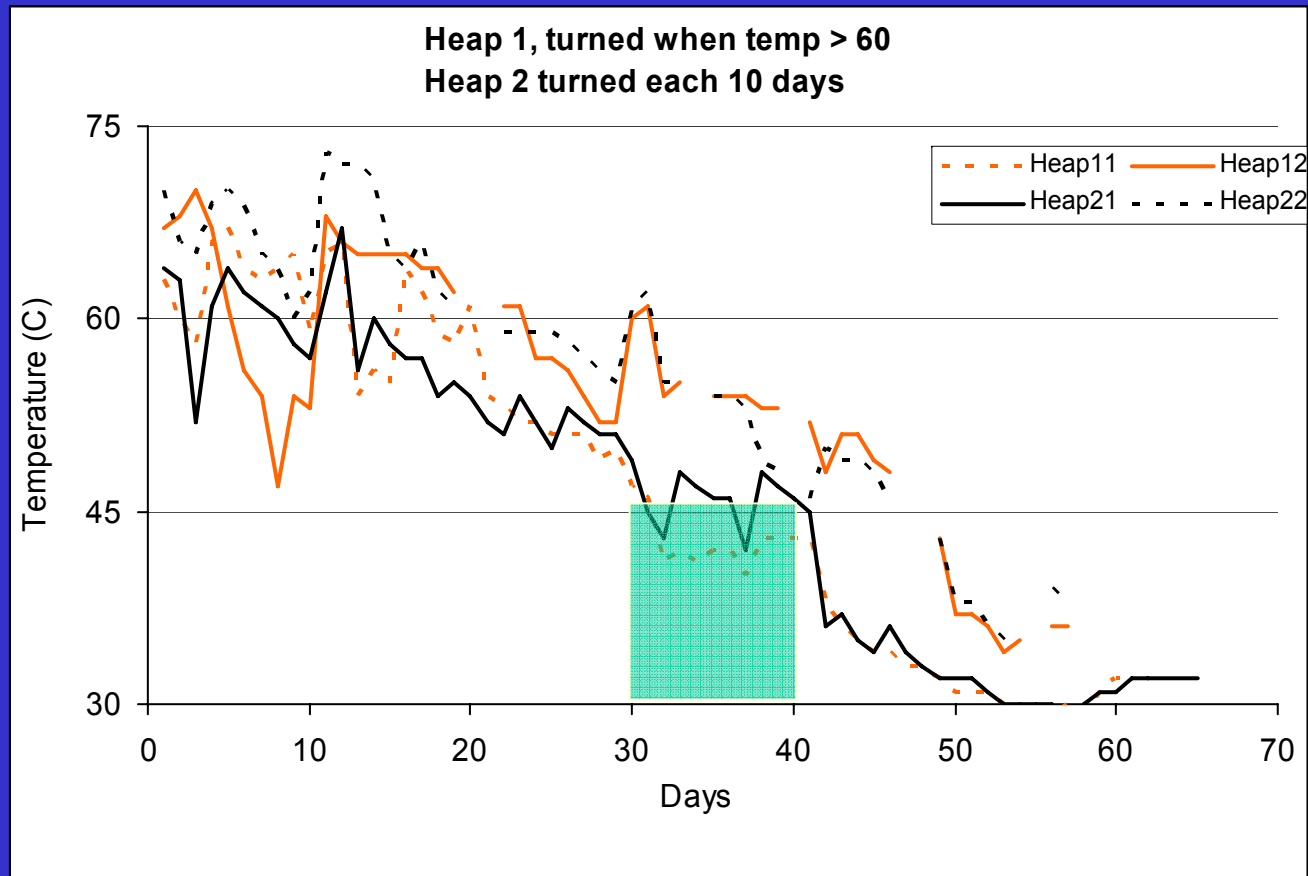
Maturation du
compost

- Influence de la température sur l'inactivation des œufs d'helminthes
- Influence de la fréquence de retournement du compost

Paramètres suivis

- Rapport de mélange
- Bilan azote
- Paramètres de maturité
- Température
- Humidité
- Inactivation des œufs d'helminthes

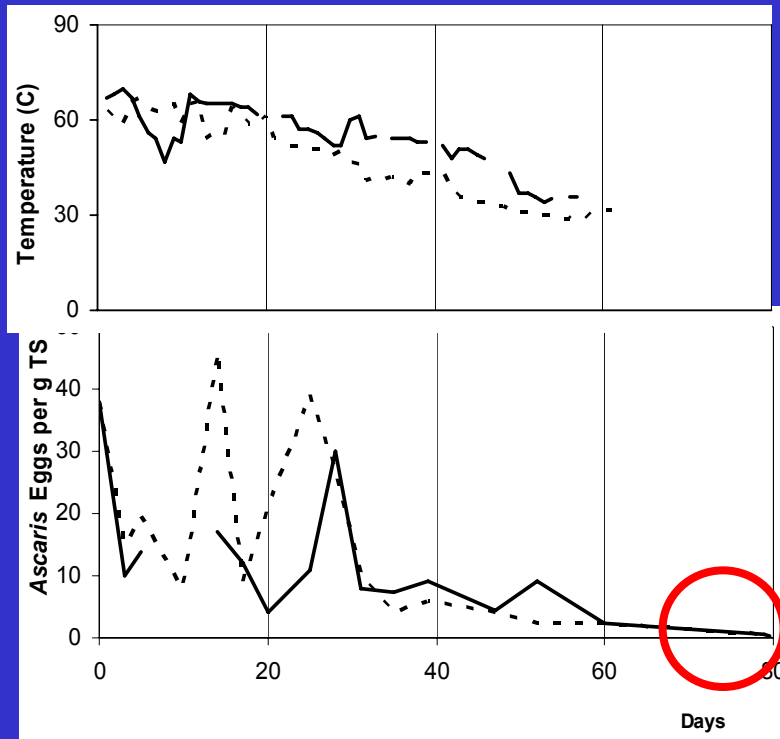




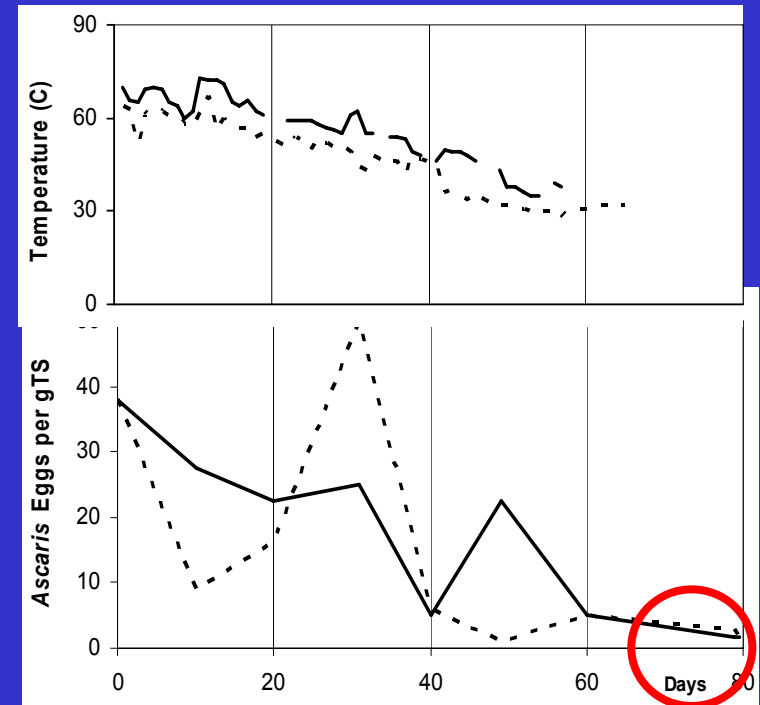
Windrow temperature > 45 °C during 4–6 weeks

Helminth eggs (HE) inactivation

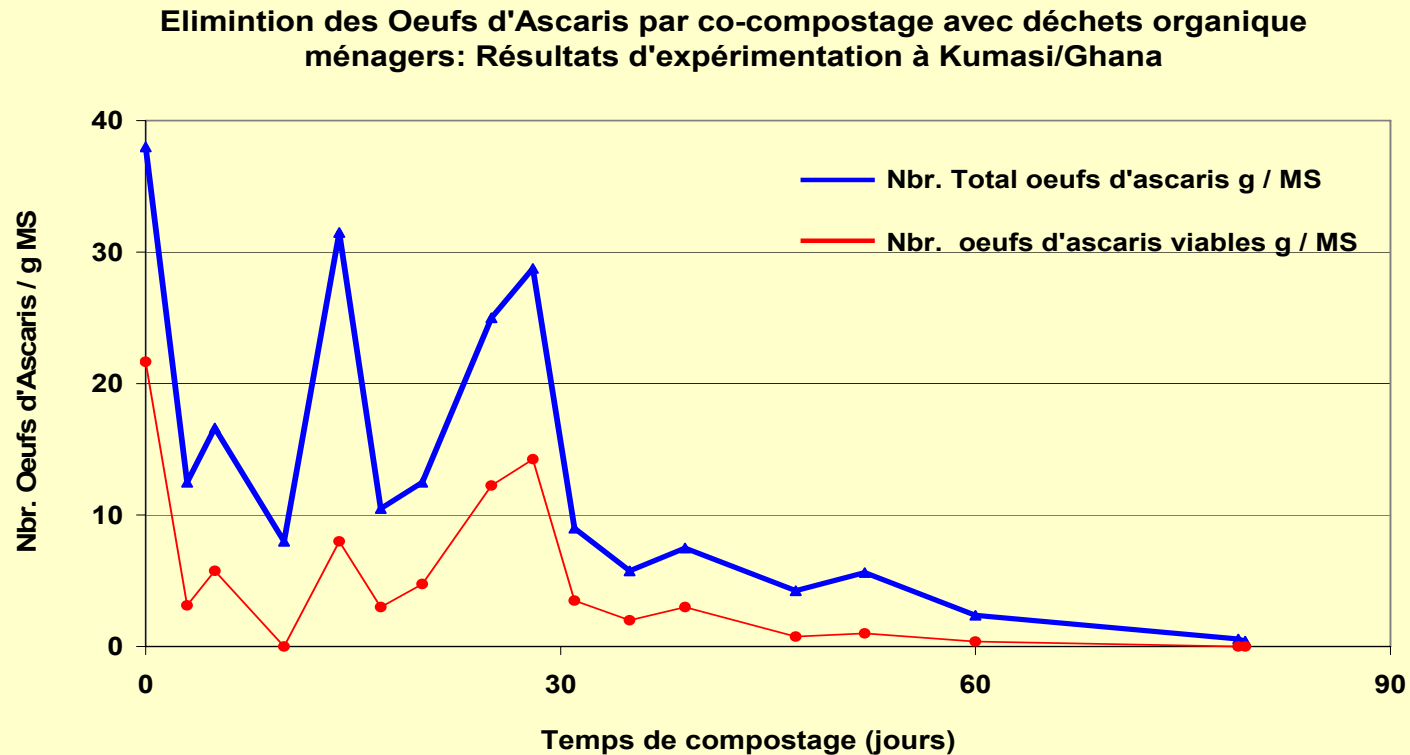
3 Options de traitement



HE removal in heaps turned each 3 days in the active composting period



HE removal in heaps turned each 10 days in the active composting period



Nb. total d'oeufs d'heminthes < 10/g MS

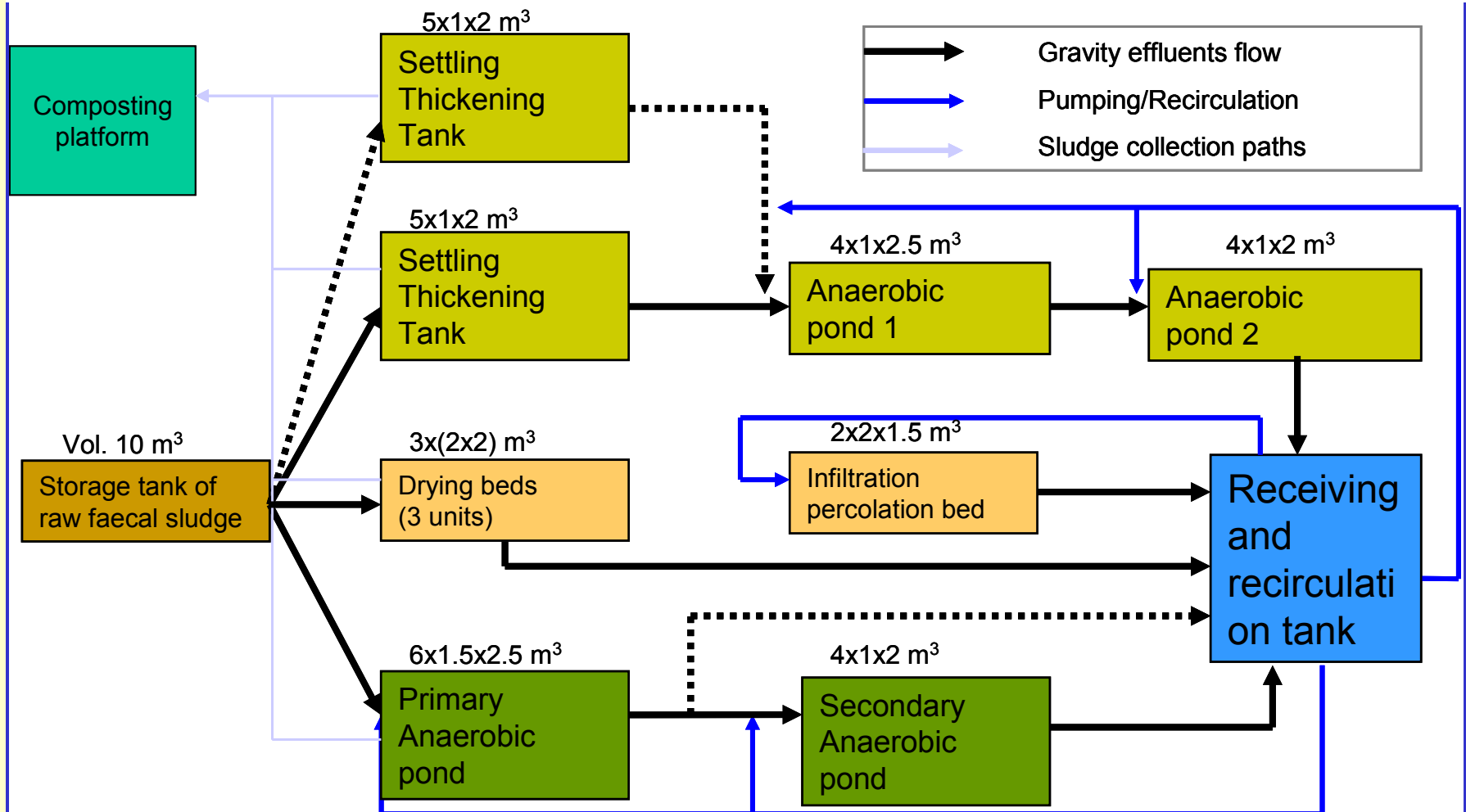
Viabilité des oeufs d'heminthes : < 10 % dans le produit final

☺ Co-compostage permet d'hygiénier le co-compost

Recommandation pour réutilisation : (3-8 OH/g MS), Strauss & Xanthoulis, 1991

Qualité du compost obtenu par co-compostage des BV avec déchets organique

Constituent	Buobai Cocompost	Litterature data (% of dry weight)	Reference
Nitrogen (as N)	0.6 – 1.3	1.3 – 1.6 1.3 0.35 – 0.63 0.45	Shuval et al. (1981) Obeng and Wright (1987) Kim, S.S. (1981) Byrde (2001) ³
Phosphorus (as P₂O₅)	0.3 – 5	0.6 – 0.7 0.9	Shuval et al. (1981) Obeng and Wright (1987) Kim, S.S. (1981)
Potassium (K₂O)	0.4	--- 1.0	Shuval et al. (1981) Obeng and Wright (1987)
Org. matter (% TVS)	30	12 - 30	Kim, S.S. (1981)
Carbon (C)	15 – 20	13 46 – 50	Shuval et al. (1981) Byrde (2001)



Functioning sketch of the pilot scale faecal sludge treatment of Cambérène - Dakar –Velux Project

Procédure de sélection

Présélection

Exclure les options impraticables
Options potentiellement praticables



Évaluation

Comparer les options potentiellement praticables selon les critères sélectionnés

Sélection

Examiner les critères de sélection technique et non-technique et déterminer l'option/les options les plus appropriées en impliquant les acteurs clés

Exemples de critères de sélection

Critères de rendement

- Consistance et stabilité biochimique des biosolides
- Qualité hygiénique des biosolides
- Qualité de l'effluent liquide

Simplicité et fiabilité du procédé

- Besoins en E+E
- Compétences requises pour l'E+E
- Risques d'échec pour cause de E+E inapproprié

Critères liés aux coûts

- Besoin en terrains
- Coût d'investissement
- Coût d'E+E

Nam Dinh Étude GBV - Évaluation (1)

Critère	Humification des boues (filtre planté, FP)	Lits de séchage, LS	Décanteurs + filière de lagunage
Efficacité			
Qualité physique des solides	<p>Masse initiale de matière sèche dans les boues: 3 % Teneur en eau: 70%</p> <p>(+) Importante réduction volumétrique</p> <p>(+) Basse teneur en eau, solides faciles à manier (palletables)</p>	<p>Masse initiale de matière sèche dans les boues: 4,5 % Teneur en eau: 60 %</p> <p>(+) Basse teneur en eau, solides faciles à manier (palletables)</p>	<p>Masse initiale de matière sèche dans les boues: 14 % Teneur en eau: 85 %</p> <p>(-) Teneur en eau trop élevée, les boues décantées ni pompables ni palletables, matières structurantes nécessaires, résultant en une augmentation du volume</p>
Qualité hygiénique des solides	(+) La réutilisation ne comporte pas de risques sans post-traitement	(-) La réutilisation comporte des risques sans post-traitement	(-) La réutilisation comporte des risques sans post-traitement
Qualité de l'effluent liquide	<p>(-) Ne répond pas aux critères de déversement vietnamiens</p> <p>(+) Répond presque aux critères de qualité prescrits, traitement de finition nécessaire</p>	(-) Ne répond pas aux critères de déversement vietnamiens	(-) Ne répond pas aux critères de déversement vietnamiens

Nam Dinh Étude GBV - Évaluation (2)

Critère	Filtre planté, FP	Lits de séchage, LS	Décanteurs + filière de lagunage
Simplicité et fiabilité du procédé			
Exploitation et entretien (E+E)	<ul style="list-style-type: none"> (+) Vidange des boues une fois tous les 2 ans (tous les 4 ans pour chaque unité) (-) Pompage nécessaire pour le chargement des boues de fosses septiques et l'évacuation du percolat (-) Attention particulière lors de la croissance des plantes, récolte périodique et contrôle de l'humidité du lit 	<ul style="list-style-type: none"> (-) Vidange des boues 2-3 fois par semaine (une fois tous les 10-15 jours pour chaque unité) (-) Pompage nécessaire pour le chargement des boues de fosses septiques et l'évacuation du percolat (-) Recharge régulière de sable 	<ul style="list-style-type: none"> (+) Aucun pompage nécessaire (+/-) Vidange des boues des décanteurs 1 fois par mois (-) Vidange des boues difficile en raison de leur teneur élevée en eau, mélange avec des matières structurantes (-) Besoin régulier de matières structurantes (balles de riz)

Nam Dinh Étude GBV - Évaluation (3)

Critère	Filtere planté, FP	Lits de séchage, LS	Décanteurs + filière de lagunage
Simplicité et fiabilité du procédé (cont.)			
Compétences requises pour E+E	(+) Exploitation journalière : ouvrier non spécialisé Surveillance: degré de formation technique	(+) Exploitation journalière : ouvrier non spécialisé Surveillance: degré de formation technique	(+) Exploitation journalière : ouvrier non spécialisé Surveillance: degré de formation technique
Risque de non-fonctionnement	(-) Problème avec une croissance saine des plantes, par exemple dû à un mauvais bilan hydrologique du lit, a un effet négatif sur la perméabilité du filtre	(-) Baisse de l'efficacité du filtre si du sable n'est pas rechargé régulièrement (-) Temps de séchage prolongé pour cause de climat humide (-) La réutilisation comporte des risques sans post-traitement	(-) Perte de la capacité de décantation si les décanteurs ne sont pas vidangés aux intervalles dimensionnés (-) La vidange des boues peut être difficile et la disponibilité de matières structurantes limitée, résultant à des inter-valles de vidange prolongés (-) La réutilisation comporte des risques sans post-traitement

Nam Dinh Étude GBV - Évaluation (4)

Critère	Filtre planté, FP	Lits de séchage, LS	Décanteurs + filière de lagunage
Coûts			
Besoin en terrains	Surface nette de traitement: 200 m ²	Surface nette de traitement: 250 m ² (-) Besoin très élevé en terrains	Surface nette de traitement: 200 m ² (+) Besoin élevé en terrains, plus efficace avec une charge de boues de fosses septiques plus élevée
Coûts d'investissement	23,200 \$	24,350 \$	24,100 \$
Exploitation et entretien	1,400 \$/an	2,010 \$/an	6,180 \$/an