



RITTMO – 18<sup>e</sup> Rencontre s Professionnelles  
Colmar, le 15 décembre 2011  
Engrais minéraux issus de l'organique : intérêts et limites



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

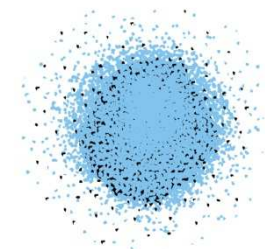
## **Méthodes pour l'élimination, concentration ou transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de petite taille**

Etat de l'art

Nathalie BACHMANN , Toine Bakx

EREPA SA | Chemin du Coteau 28 | CH-1123 Aclens - Suisse

[www.erep.ch](http://www.erep.ch) | [nathalie.bachmann@erep.ch](mailto:nathalie.bachmann@erep.ch) | +41 (0)21 869 71 42

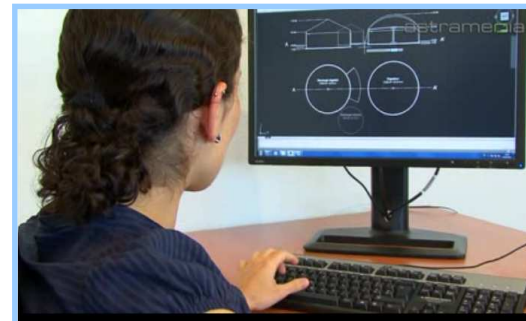


**erep**

Traitement et valorisation  
de déchets et  
d'effluents organiques

# EREP SA

- ❖ Bureau d'étude et de conseils
- ❖ Spécialisé dans le traitement et la valorisation des déchets et des effluents organiques
- ❖ Expertise spécifique dans la production et l'utilisation du biogaz
- ❖ Créée en 1980
- ❖ Localisé à Aclens, partie francophone de la Suisse



# Contenu de la présentation

## **Introduction**

Digestat

Objectifs du traitement

## **Technologies**

Vue générale

Exemple: Filtration membranaire

## **Analyse**

Comparaisons au niveau  
environnemental et économique

## **Conclusions**

Technologie en fonction du contexte

# Le digestat

- Matière issue de la digestion anaérobie
- MO: Réduction de 50 – 80% (transformées en biogaz)
- N, P et K : pas de pertes pendant la digestion
- Ammonification: azote organique → Ammonium



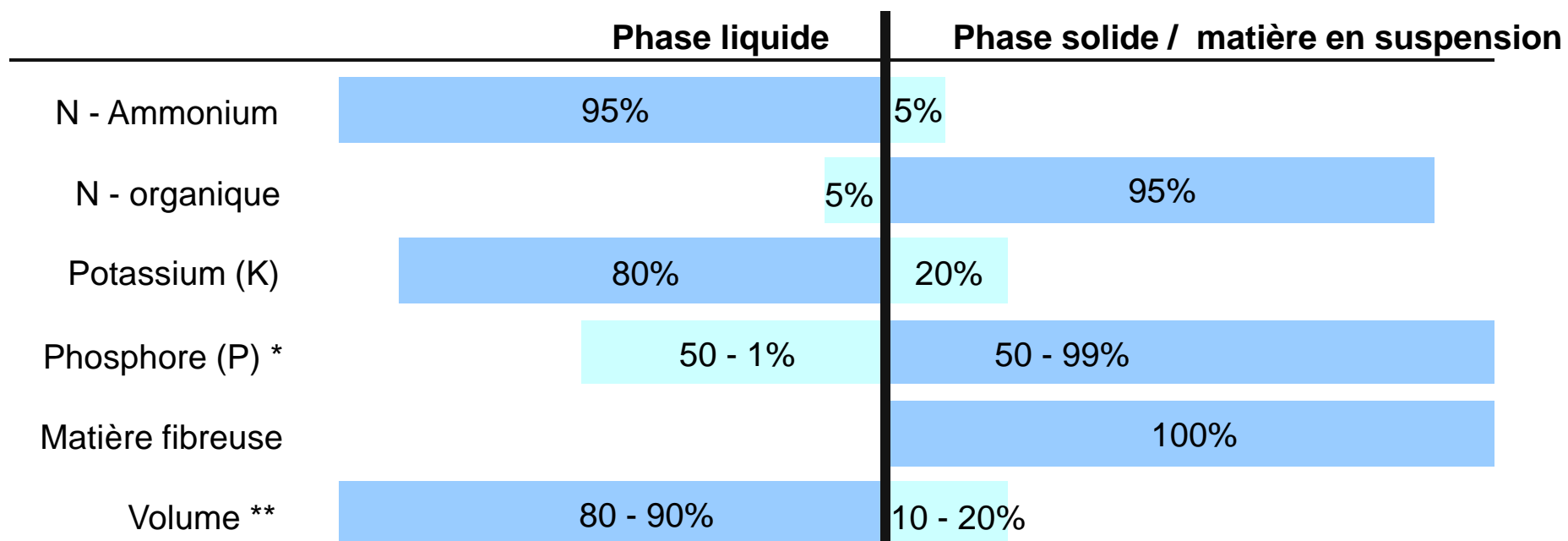
## ***Les principaux avantages p. r. aux engrais de ferme:***

- Réduction odeurs
- Réduction des germes pathogènes et graines d'adventices
- D'avantage de fluidité (liquéfaction)
- Amélioration de la disponibilité de l'azote
- Amélioration de la capacité de rétention d'eau dans le sol



# Le digestat

## *Répartition des composants fertilisants dans la fraction solide et liquide:*



\* Dépend de l'utilisation des coagulants / flocculants

\*\* Dépend des substrats de digestion

# Traitement du digestat: Objectives

Export / élimination nutriments

- **Réduction du volume**

Concentration du fertilisant, faciliter le stockage et l'épandage

Faciliter le transport du fertilisant (export de nutriments)

- **Amélioration qualitative du digestat**

Changer le rapport NPK pour une application plus ciblée

Faciliter la commercialisation du digestat (export de nutriments, recettes)

- **Élimination de nutriments (N)**

Si pas de possibilité d'exportation

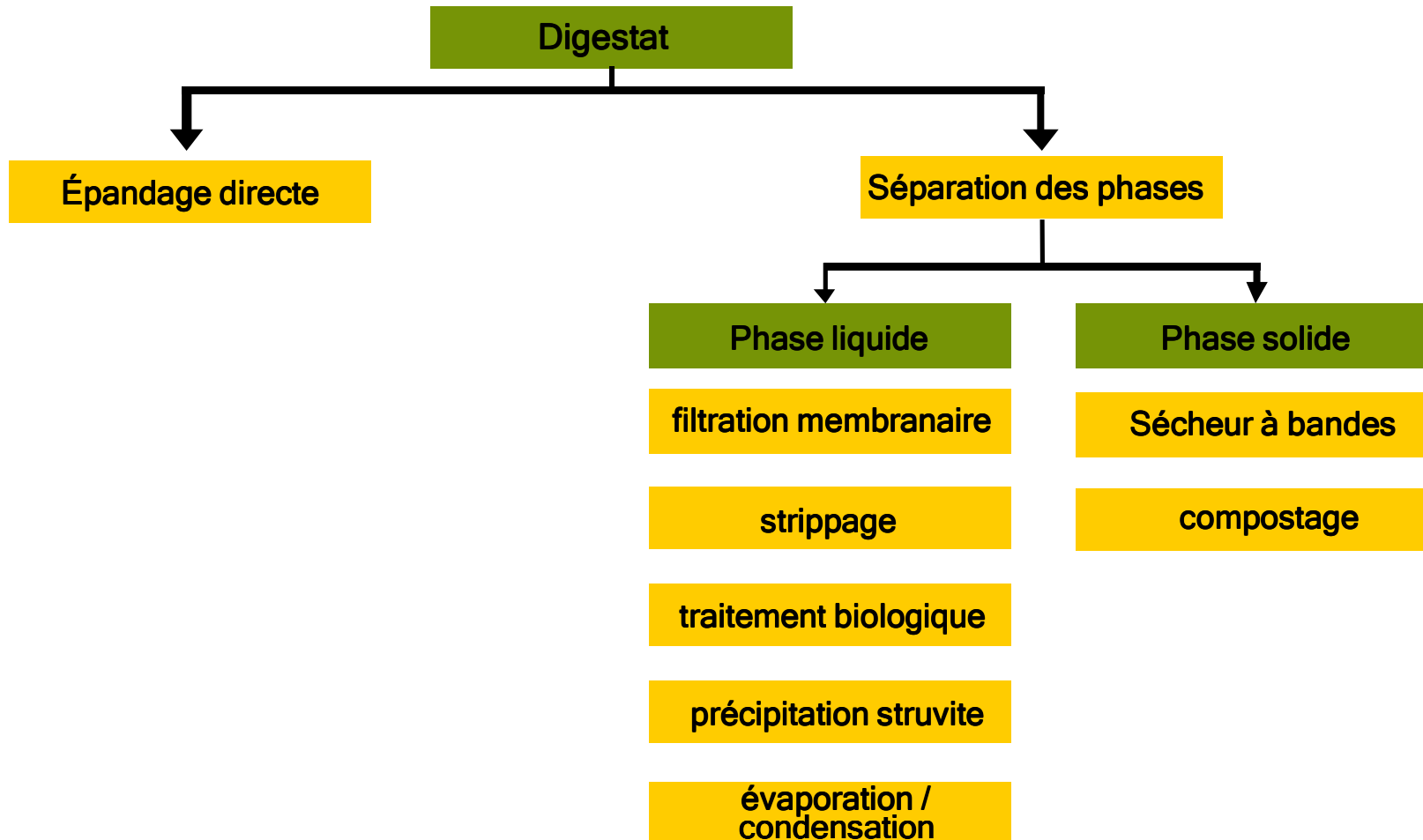
Pour éviter l'excès de nutriments (respect de la loi)

Emissions

- **Réduction des émissions nocives**

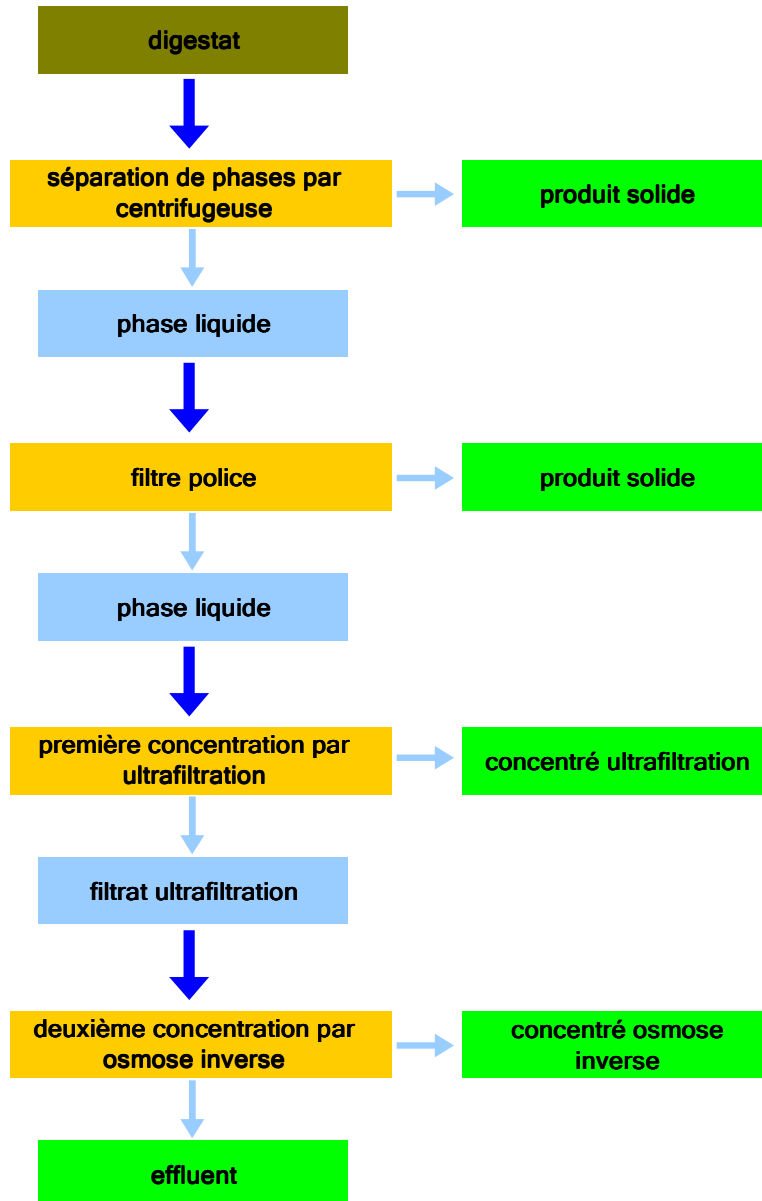
N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>

# Techniques de traitement



Remarque: Liste non exhaustive!

# Exemple: Filtration membranaire



*Produit solide séparé par centrifugation \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	18%	[Bar chart showing 18% volume]											
N-total	-	[Bar chart showing 0% N-total]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0% N-organique]											
N-ammonium	18%	[Bar chart showing 18% N-ammonium]											
P	76%	[Bar chart showing 76% P]											
K	17%	[Bar chart showing 17% K]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0% Matière organique]											
Matière en suspension	70%	[Bar chart showing 70% Matière en suspension]											

*Concentré ultrafiltration \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	12%	[Bar chart showing 12% volume]											
N-total	-	[Bar chart showing 0% N-total]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0% N-organique]											
N-ammonium	13%	[Bar chart showing 13% N-ammonium]											
P	20%	[Bar chart showing 20% P]											
K	12%	[Bar chart showing 12% K]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0% Matière organique]											
Matière en suspension	30%	[Bar chart showing 30% Matière en suspension]											

*Concentré osmose inverse \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	18%	[Bar chart showing 18% volume]											
N-total	-	[Bar chart showing 0% N-total]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0% N-organique]											
N-ammonium	70%	[Bar chart showing 70% N-ammonium]											
P	4%	[Bar chart showing 4% P]											
K	70%	[Bar chart showing 70% K]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0% Matière organique]											
Matière en suspension	0%	[Bar chart showing 0% Matière en suspension]											

*Effluent de l'osmose inverse \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	53%	[Bar chart showing 53% volume]											
N-total	-	[Bar chart showing 0% N-total]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0% N-organique]											
N-ammonium	0%	[Bar chart showing 0% N-ammonium]											
P	0%	[Bar chart showing 0% P]											
K	0%	[Bar chart showing 0% K]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0% Matière organique]											
Matière en suspension	0%	[Bar chart showing 0% Matière en suspension]											

\* Données de A3 Watersolutions



# Evaluation des technologies

## **Facteurs environnementaux**

*Consommation  
énergétique*

*Influence sur les  
émissions*

*Influence sur les  
nutriments*

## **Facilité d'opération**

*Techniques disponibles*

*Stabilité des procédés*

*Degré d'automatisation*

*Main d'œuvre (manutention,  
réparations)*

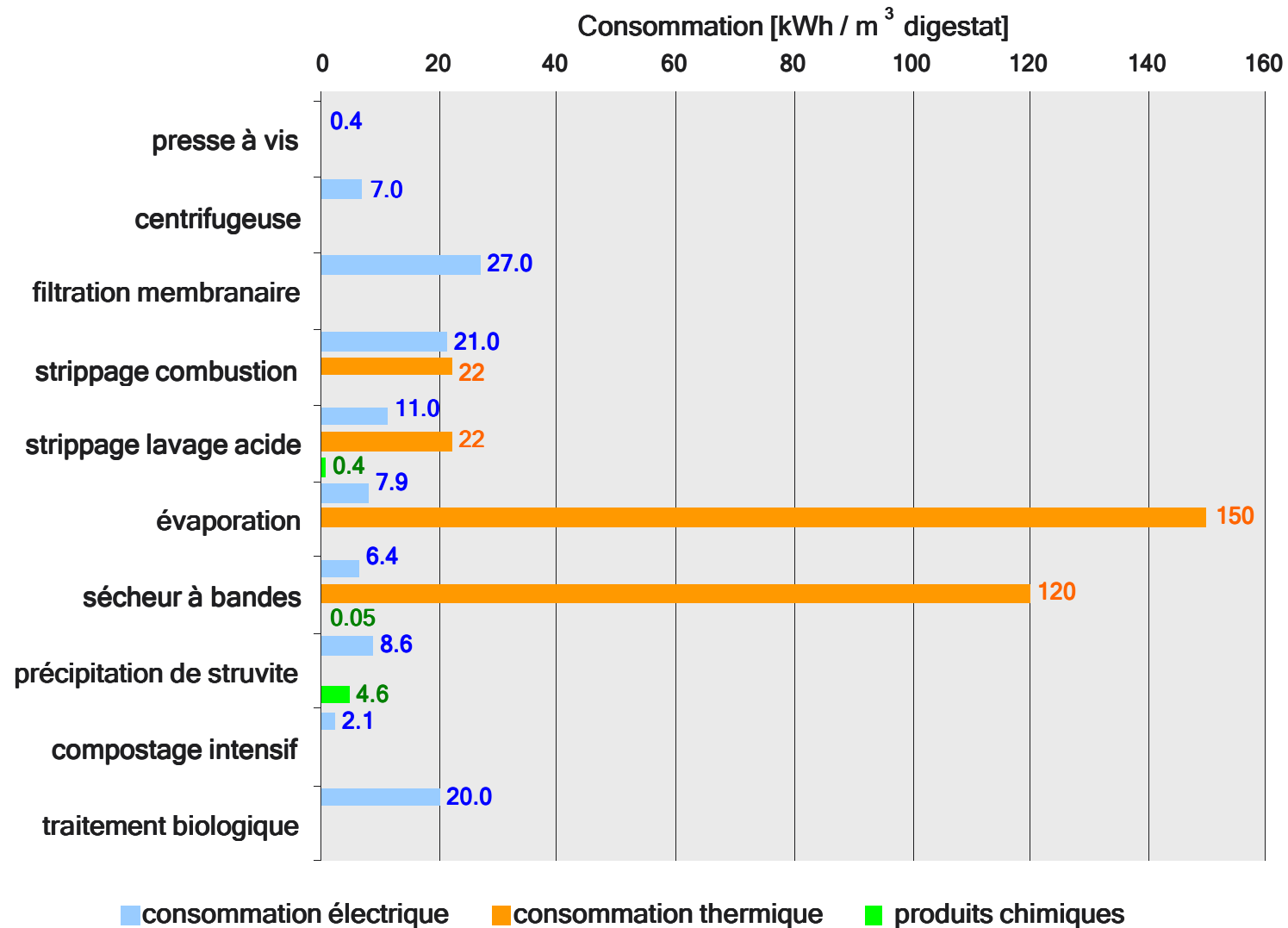
## **Facteurs économiques**

*Frais d'épandage et  
stockage*

*Frais du traitement*

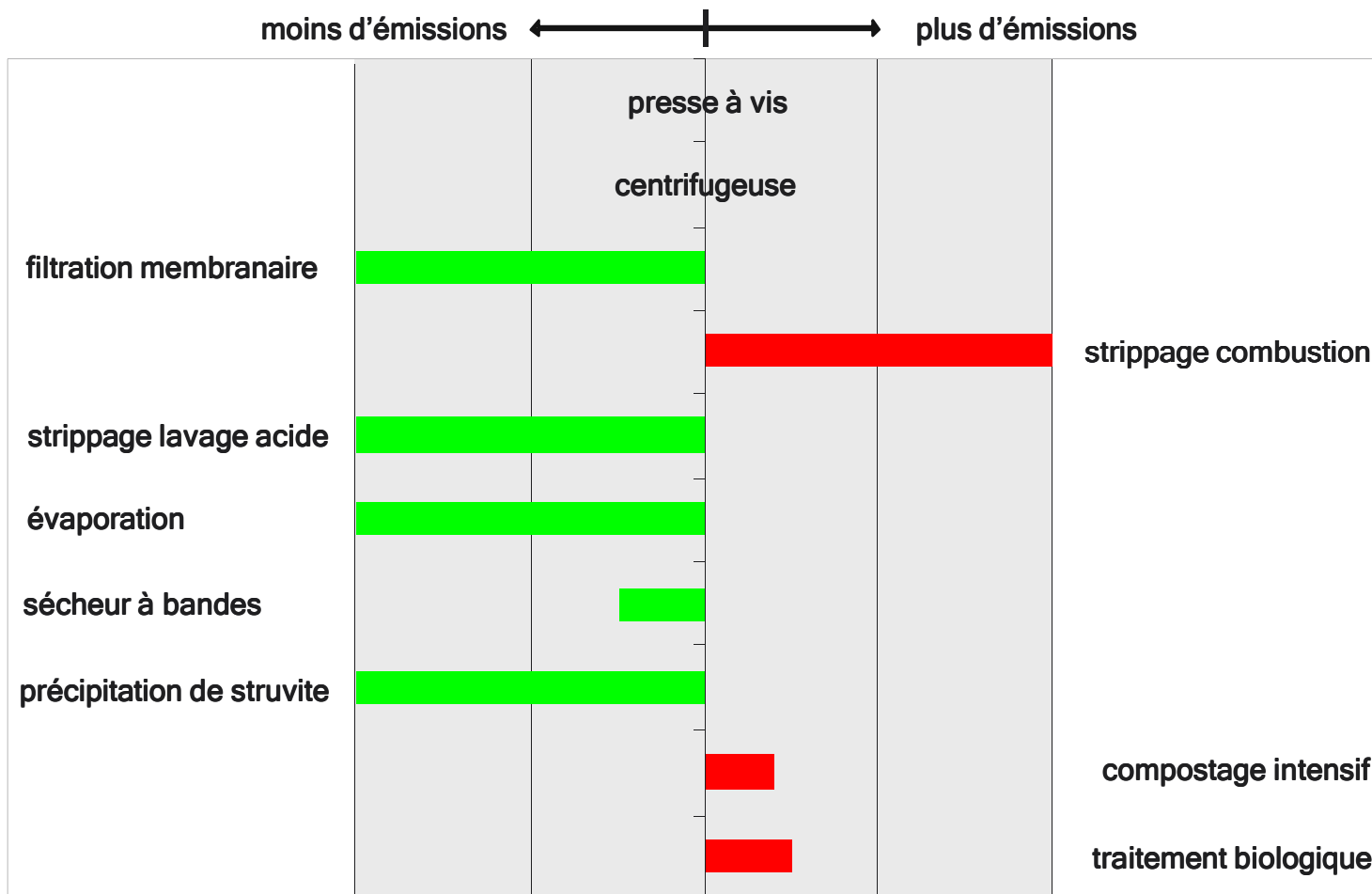
*Recettes (redevances  
fertilisant)*

# Consommation énergétique



# Emissions: N<sub>2</sub>O et NH<sub>3</sub>

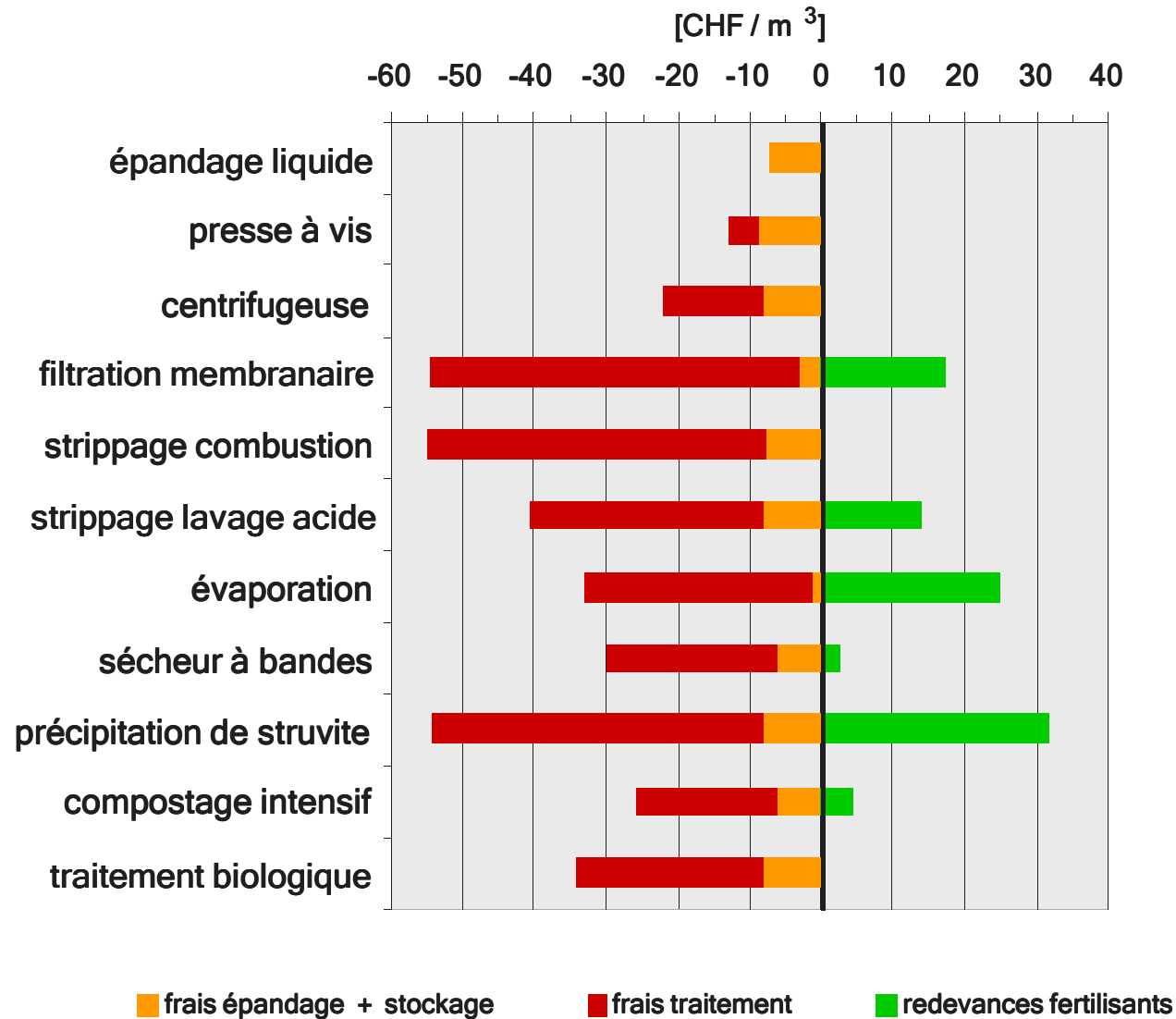
*Comparaison qualitative des émissions lors de l'épandage  
(p.r. à l'épandage du digestat brut)*



# Répartition des nutriments



# Analyse économique



## Remarques

1. Le calcul est valable pour:
  - les installations de petite capacité
  - le contexte Suisse
2. Le calcul ne prend pas compte des coûts pour la chaleur
3. 1CHF ~ 0.8 Euro

# Conclusions

## ***Evacuation de plus de 50% de l'azote (élimination ou export) :***

Filtration membranaire, strippage/lavage acide, évaporation, précipitation struvite, traitement biologique

## ***Méthodes permettant la conservation de N :***

Filtration membranaire, strippage/lavage acide, évaporation, précipitation struvite

## ***Méthodes permettant une élimination de N :***

Strippage combustion, traitement biologique

## ***Techniques envisageables pour petites installations :***

Presse à vis, centrifugeuse, compostage

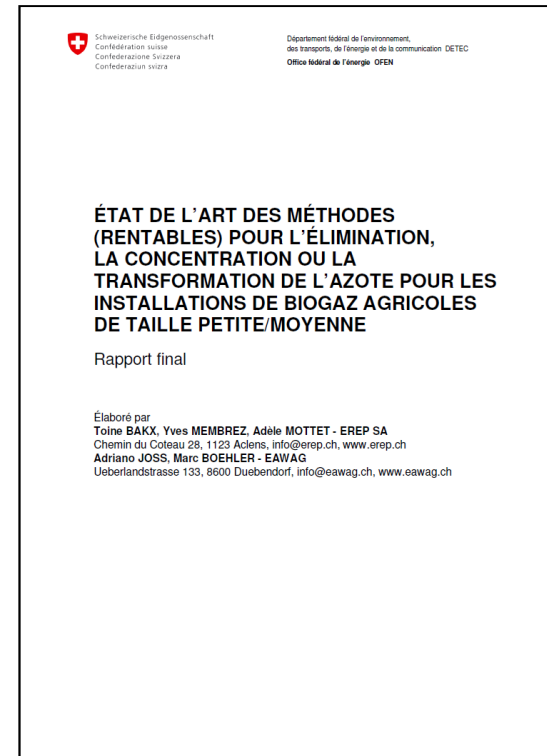
*(Traitement biologique: en développement pour améliorer bilan économique et environnemental)*

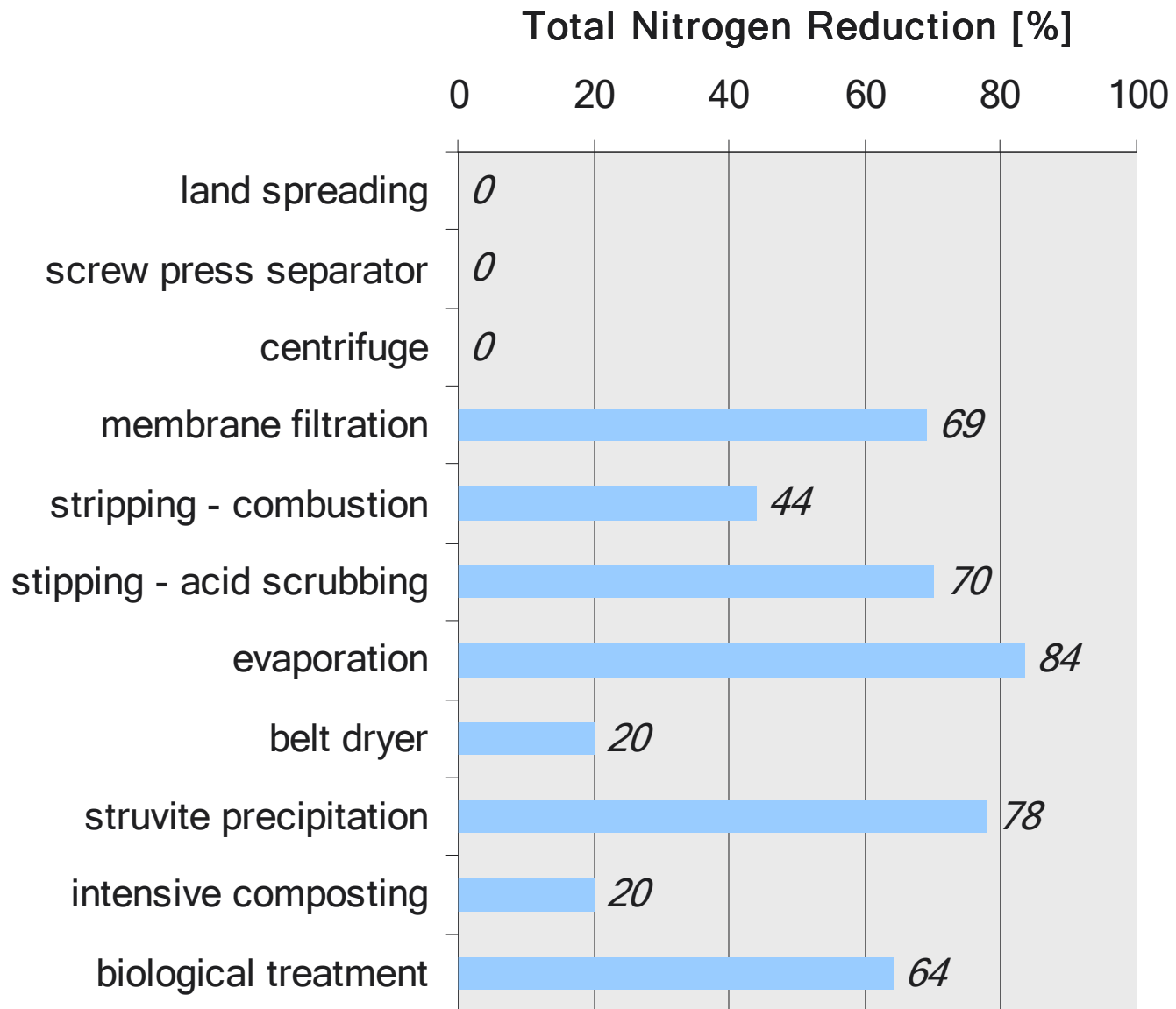
## ***Techniques intéressantes pour grandes installations :***

Filtration membranaire, strippage/lavage acide, évaporation, précipitation struvite<sub>13</sub>

# Informations pratiques

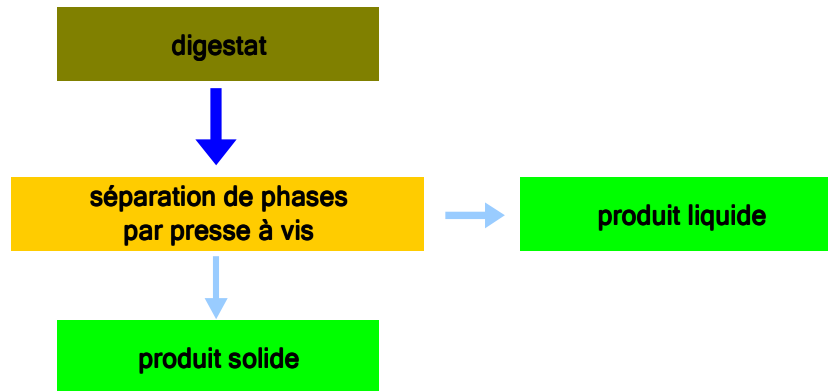
- Etude financée par l'Office Fédérale pour l'Energie
- Réalisée par EREP SA et EAWAG
- Contact auteur: [toine.bakx@erep.ch](mailto:toine.bakx@erep.ch)
- Téléchargement de l'étude:  
<http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/index.html?lang=fr&project=102684>







# Presse a vis



### Produit liquide \*

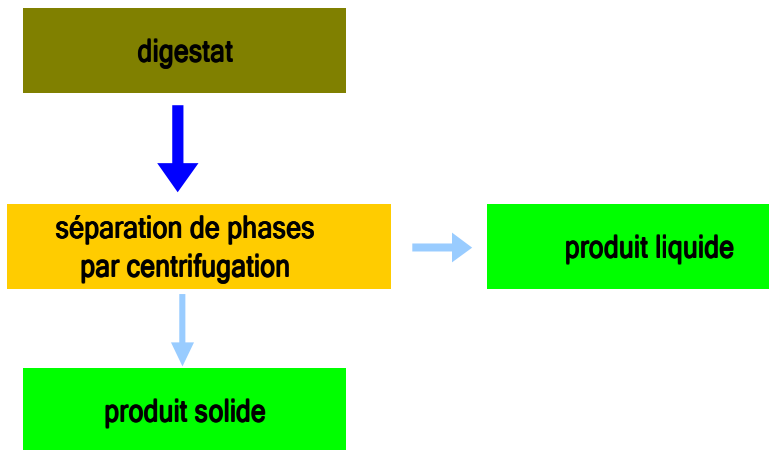
Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Volume	80 - 90%	[Bar chart showing 80-90% volume in green]										
N-total	75 - 92%	[Bar chart showing 75-92% N-total in yellow]										
N-organique	-	[Bar chart showing 0% N-organique]										
N-ammonium	89 - 97%	[Bar chart showing 89-97% N-ammonium in yellow]										
P	72 - 92%	[Bar chart showing 72-92% P in yellow]										
K	87 - 94%	[Bar chart showing 87-94% K in yellow]										
Matière organique	-	[Bar chart showing 0% Matière organique]										
Matière en suspension	45 - 80%	[Bar chart showing 45-80% Matière en suspension in yellow]										

### Produit solide \*

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Volume	10 - 20%	[Bar chart showing 10-20% volume in green]										
N-total	8 - 25%	[Bar chart showing 8-25% N-total in yellow]										
N-organique	-	[Bar chart showing 0% N-organique]										
N-ammonium	3 - 11%	[Bar chart showing 3-11% N-ammonium in yellow]										
P	8 - 28%	[Bar chart showing 8-28% P in yellow]										
K	6 - 13%	[Bar chart showing 6-13% K in yellow]										
Matière organique	-	[Bar chart showing 0% Matière organique]										
Matière en suspension	20 - 55%	[Bar chart showing 20-55% Matière en suspension in yellow]										

\* KBTL

# Centrifugation



## Produit solide

		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>Pourcentage</b>												
Volume **	7%	[Bar chart showing 7% in green]										
N-total *	22%	[Bar chart showing 22% in orange]										
N-organique *	17 - 25%	[Bar chart showing range from 17% to 25% in orange]										
N-ammonium ****	10%	[Bar chart showing 10% in orange]										
P ***	27 - 79%	[Bar chart showing range from 27% to 79% in yellow]										
K ****	3%	[Bar chart showing 3% in orange]										
Matière organique		[Grey bar representing 100%]										
Matière en suspension *	48%	[Bar chart showing 48% in orange]										

## Produit liquide

		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>Pourcentage</b>												
Volume **	93%	[Bar chart showing 93% in green]										
N-total *	78%	[Bar chart showing 78% in orange]										
N-organique *	75 - 83%	[Bar chart showing range from 75% to 83% in orange]										
N-ammonium *****	90%	[Bar chart showing 90% in orange]										
P ***	21 - 73%	[Bar chart showing range from 21% to 73% in yellow]										
K ****	97%	[Bar chart showing 97% in orange]										
Matière organique		[Grey bar representing 100%]										
Matière en suspension *	52%	[Bar chart showing 52% in orange]										

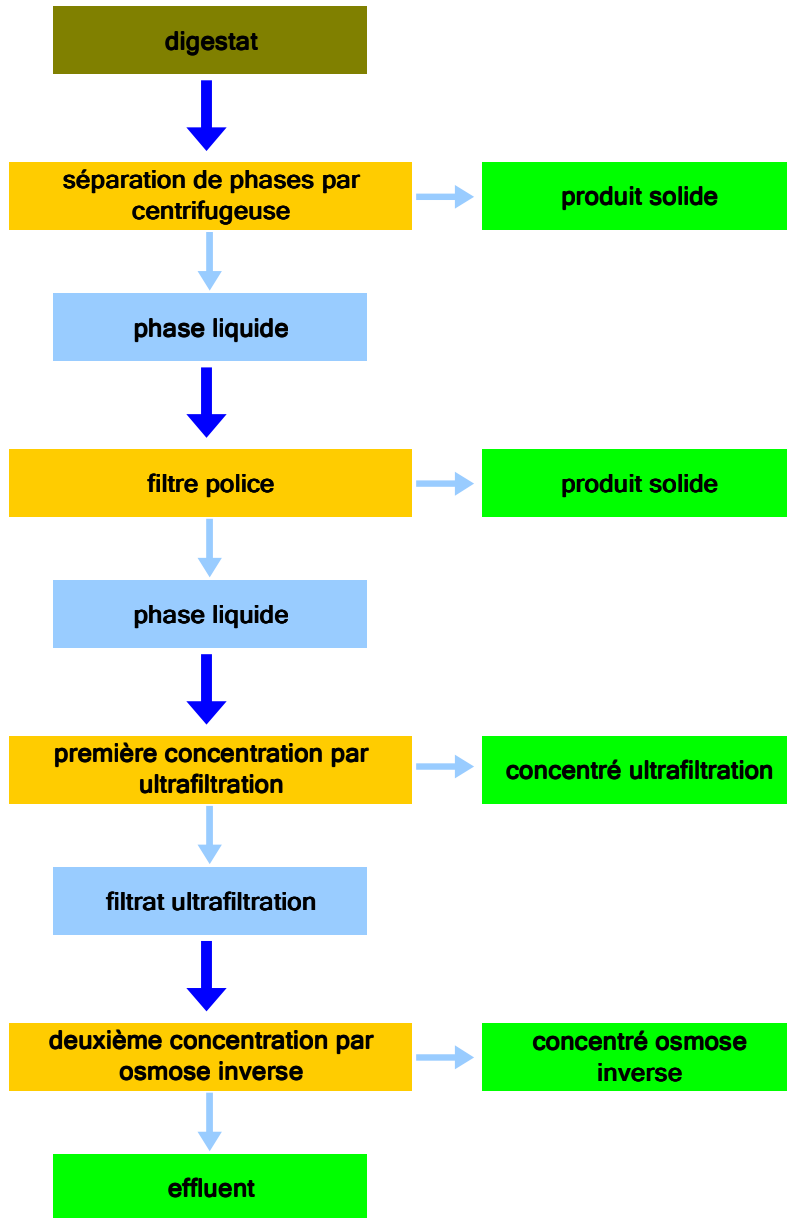
\* KBTL

\*\* présentation IBBK

\*\*\* La répartition du phosphore dépend de l'utilisation ou pas de flocculants / coagulants. L'utilisation permet de réduire le contenu de P dans le produit liquide

\*\*\*\*\* 100% - pourcentage dans produit liquide

# Filtration membranaire



*Produit solide séparé par centrifugation \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	18%	[Bar chart showing 18% at 18%]											
N-total	-	[Bar chart showing 0%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium	18%	[Bar chart showing 18%]											
P	76%	[Bar chart showing 76%]											
K	17%	[Bar chart showing 17%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension	70%	[Bar chart showing 70%]											

*Concentré ultrafiltration \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	12%	[Bar chart showing 12%]											
N-total	-	[Bar chart showing 0%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium	13%	[Bar chart showing 13%]											
P	20%	[Bar chart showing 20%]											
K	12%	[Bar chart showing 12%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension	30%	[Bar chart showing 30%]											

*Concentré osmose inverse \**

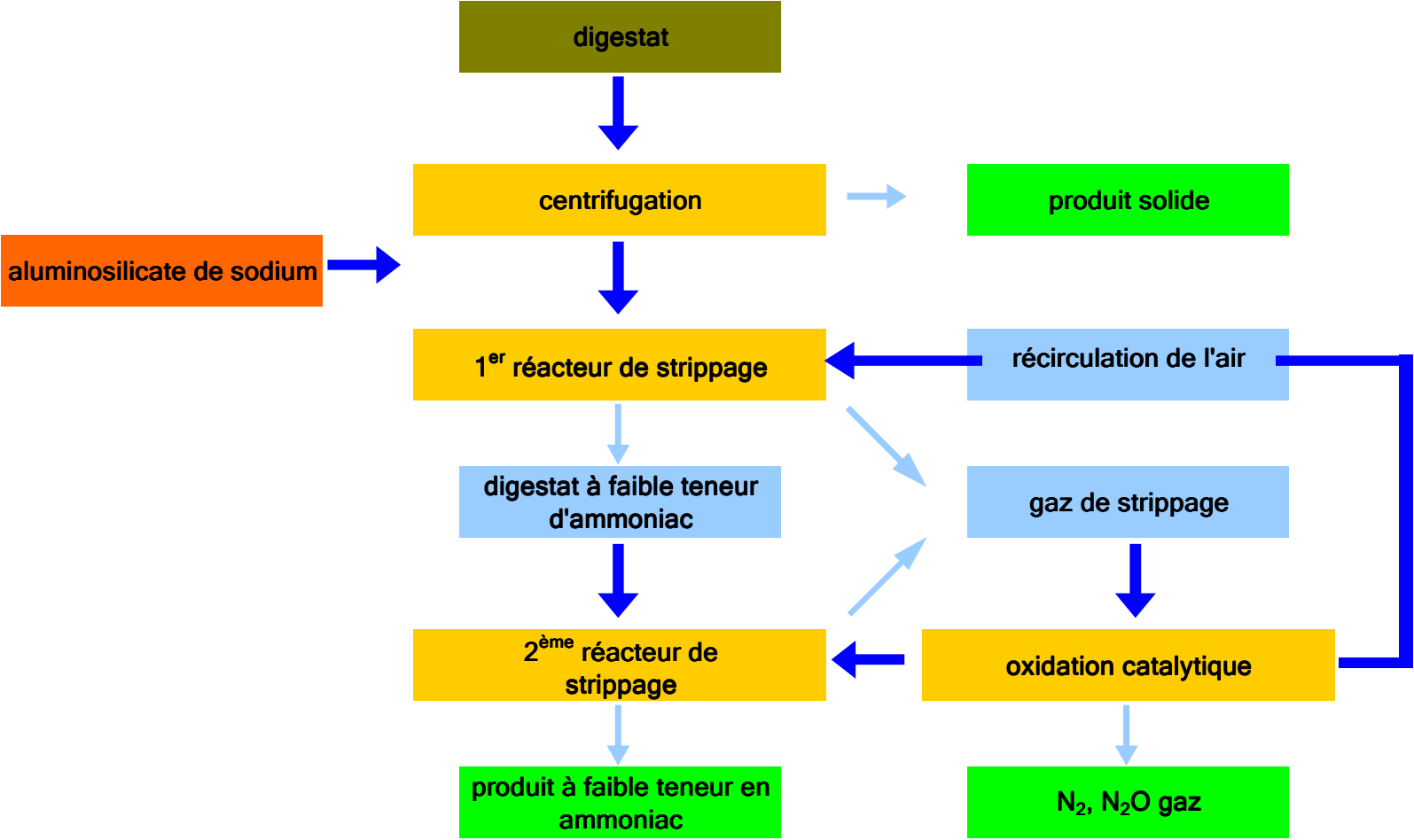
Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	18%	[Bar chart showing 18%]											
N-total	-	[Bar chart showing 0%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium	70%	[Bar chart showing 70%]											
P	4%	[Bar chart showing 4%]											
K	70%	[Bar chart showing 70%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension	0%	[Bar chart showing 0%]											

*Effluent de l'osmose inverse \**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	53%	[Bar chart showing 53%]											
N-total	-	[Bar chart showing 0%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium	0%	[Bar chart showing 0%]											
P	0%	[Bar chart showing 0%]											
K	0%	[Bar chart showing 0%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension	0%	[Bar chart showing 0%]											

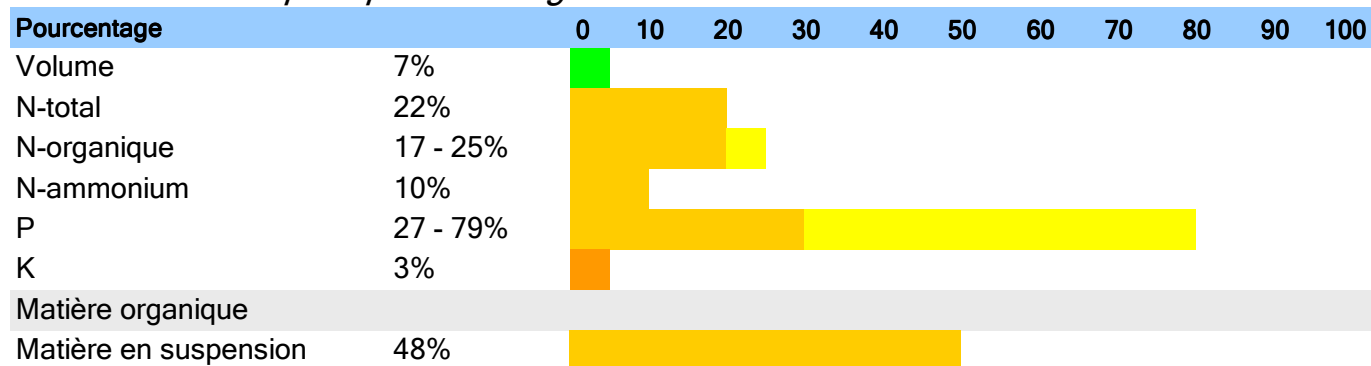
\* Données de A3 Watersolutions

# Strippage et combustion catalytique



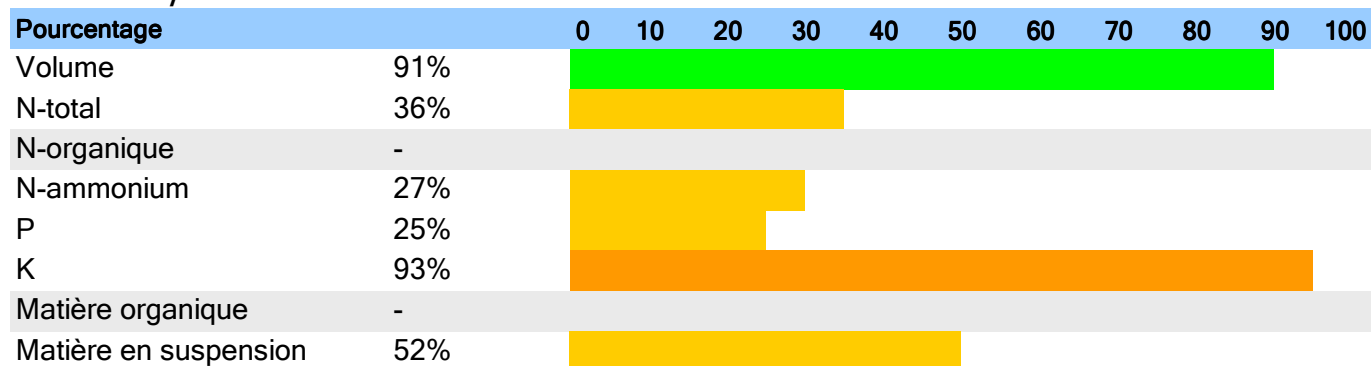
# Strippage et combustion catalytique

## *Produit solide séparé par centrifugation \**

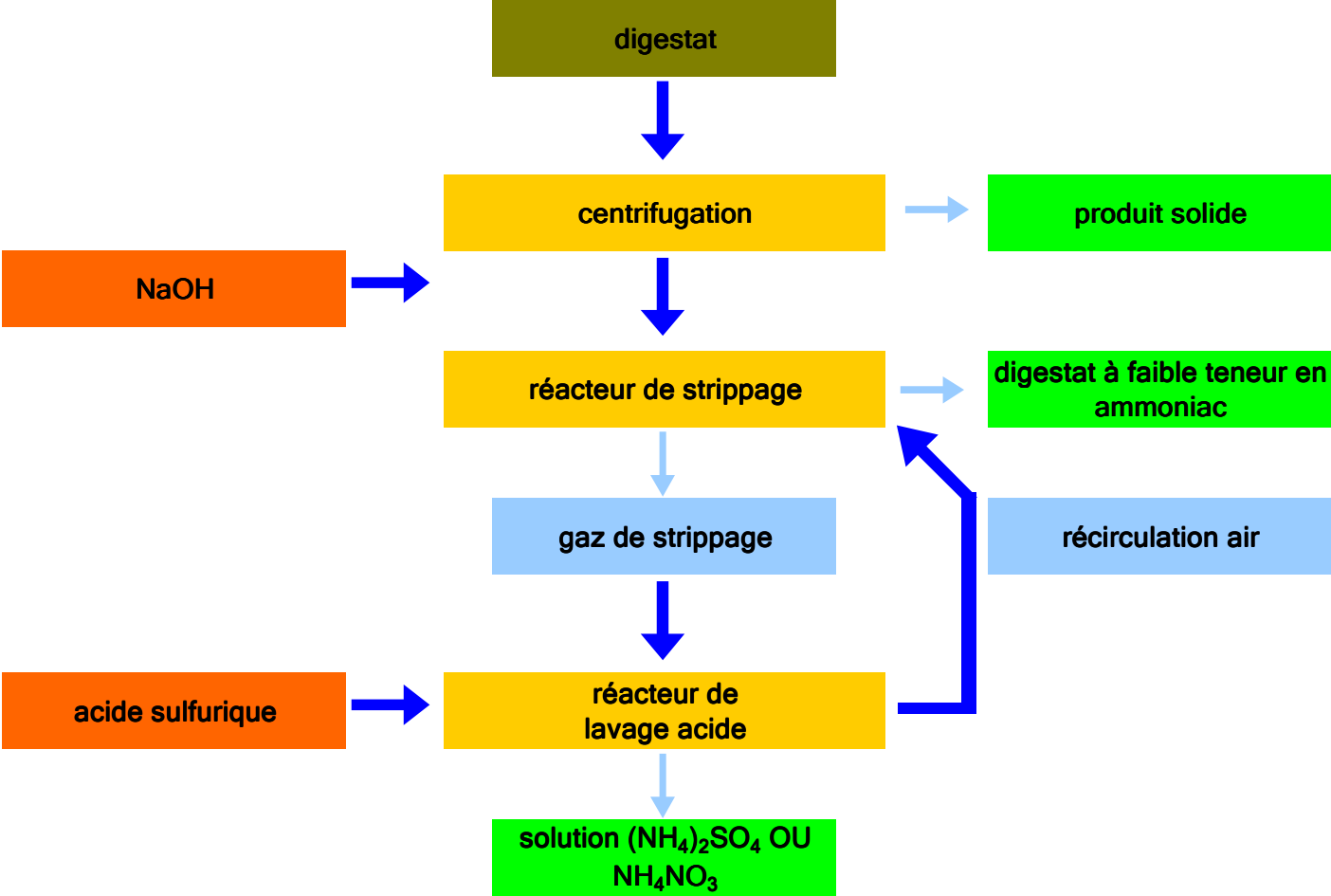


\* Voir paragraphe présentation centrifugeuse

## *Produit liquide à faible teneur en ammoniac*

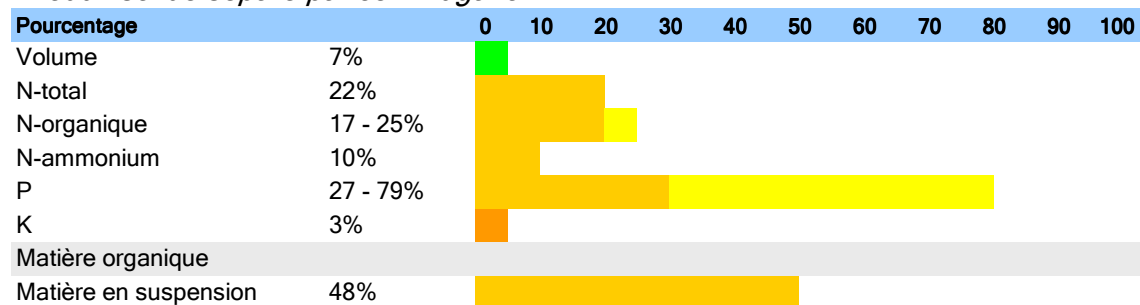


# Strippage et lavage acide



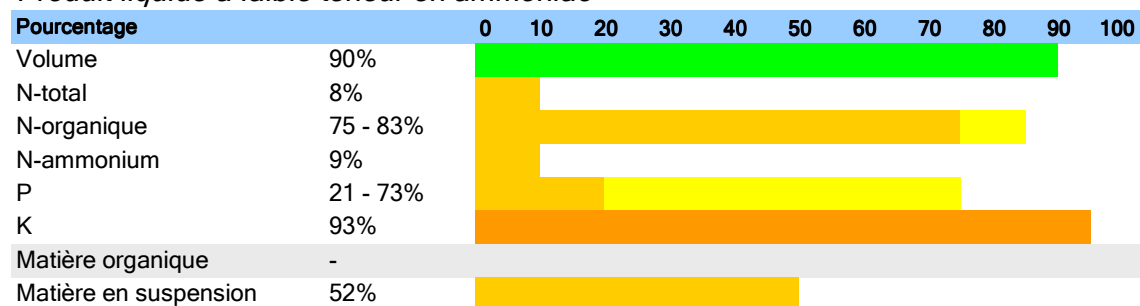
# Strippage et lavage acide

## Produit solide séparé par centrifugation \*

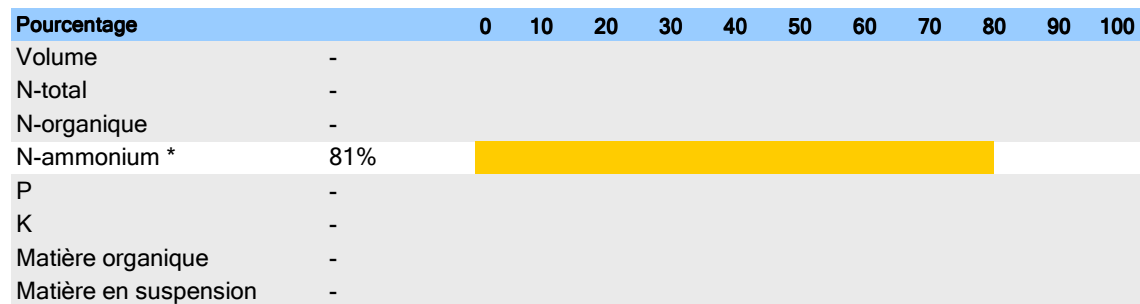


\* Voir paragraphe présentation centrifugeuse

## Produit liquide à faible teneur en ammoniac

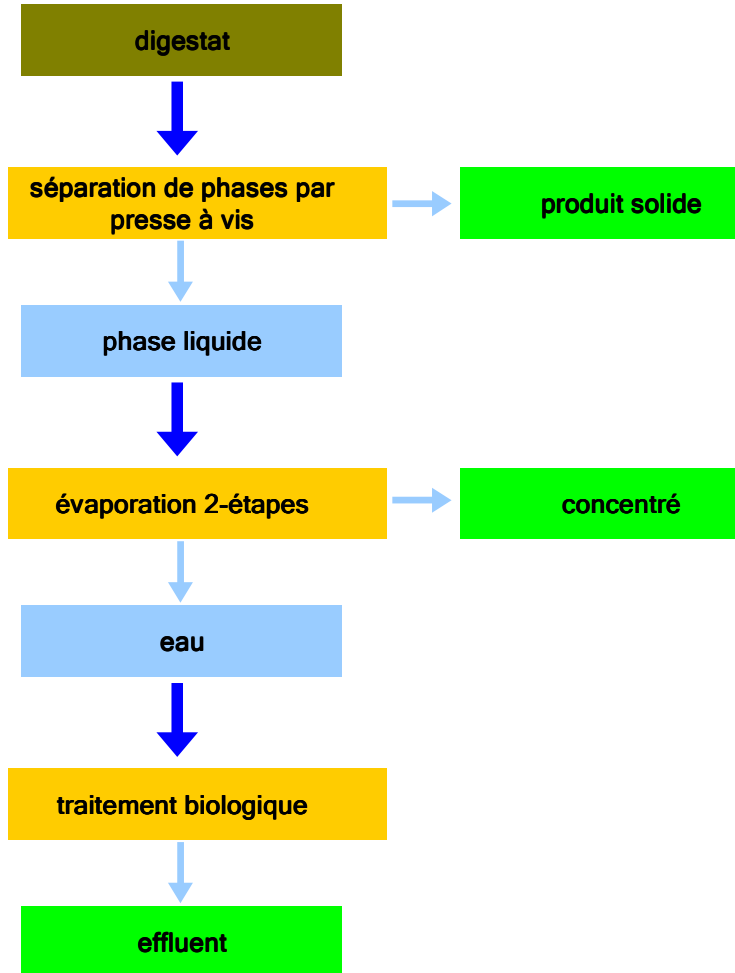


## Solution de sulfate d'ammonium



\* 90% de réduction d'ammoniac

# Evaporation/condensation



*Produit solide après presse à vis\**

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	10 - 20%	[Bar chart showing 10% to 20%]											
N-total	8 - 25%	[Bar chart showing 8% to 25%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium	3 - 11%	[Bar chart showing 3% to 11%]											
P	8 - 28%	[Bar chart showing 8% to 28%]											
K	6 - 13%	[Bar chart showing 6% to 13%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension	20 - 55%	[Bar chart showing 20% to 55%]											

\* KBTL

*Produit concentré après évaporation*

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	28%	[Bar chart showing 28%]											
N-total *	75 - 92%	[Bar chart showing 75% to 92%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium *	89 - 97%	[Bar chart showing 89% to 97%]											
P *	72 - 82%	[Bar chart showing 72% to 82%]											
K *	87 - 94%	[Bar chart showing 87% to 94%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension *	45 - 80%	[Bar chart showing 45% to 80%]											

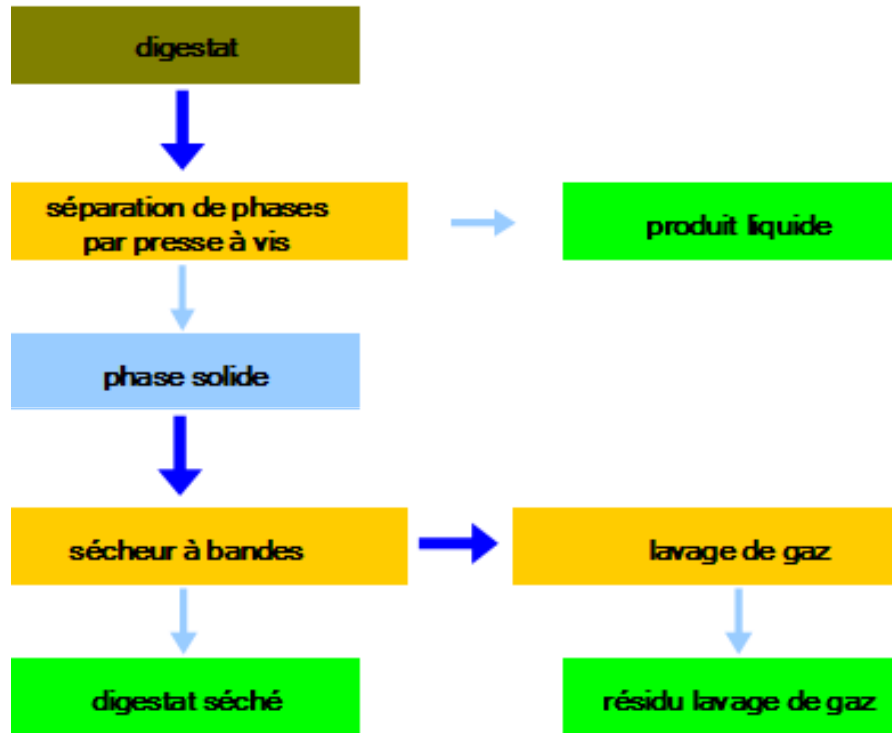
Calculé comme 100% - valeurs dans le produit solide après presse à vis

*Effluent après traitement biologique*

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume	62%	[Bar chart showing 62%]											
N-total	0%	[Bar chart showing 0%]											
N-organique	-	[Bar chart showing 0%]											
N-ammonium	0%	[Bar chart showing 0%]											
P	0%	[Bar chart showing 0%]											
K	0%	[Bar chart showing 0%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing 0%]											
Matière en suspension	-	[Bar chart showing 0%]											



# Sécheur à bandes



## Produit liquide après presse à vis

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume *	80 - 90%	[Bar chart showing volume distribution from 0 to 90%]											
N-total **	80%	[Bar chart showing N-total distribution from 0 to 80%]											
N-organique	-	[Bar chart showing N-organique distribution from 0 to 0%]											
N-ammonium **	91%	[Bar chart showing N-ammonium distribution from 0 to 91%]											
P *	72 - 92%	[Bar chart showing P distribution from 0 to 92%]											
K *	87 - 94%	[Bar chart showing K distribution from 0 to 94%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing Matière organique distribution from 0 to 0%]											
Matière en suspension *	46%	[Bar chart showing Matière en suspension distribution from 0 to 46%]											

\* KBTL

## Digestat séché

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume / masse *	5%	[Bar chart showing Volume / masse distribution from 0 to 5%]											
N-total	11%	[Bar chart showing N-total distribution from 0 to 11%]											
N-organique	-	[Bar chart showing N-organique distribution from 0 to 0%]											
N-ammonium	-	[Bar chart showing N-ammonium distribution from 0 to 0%]											
P *	8 - 28%	[Bar chart showing P distribution from 0 to 28%]											
K *	6 - 13%	[Bar chart showing K distribution from 0 to 13%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing Matière organique distribution from 0 to 0%]											
Matière en suspension *	54%	[Bar chart showing Matière en suspension distribution from 0 to 54%]											

\* 100 - données produit liquide après presse à vis

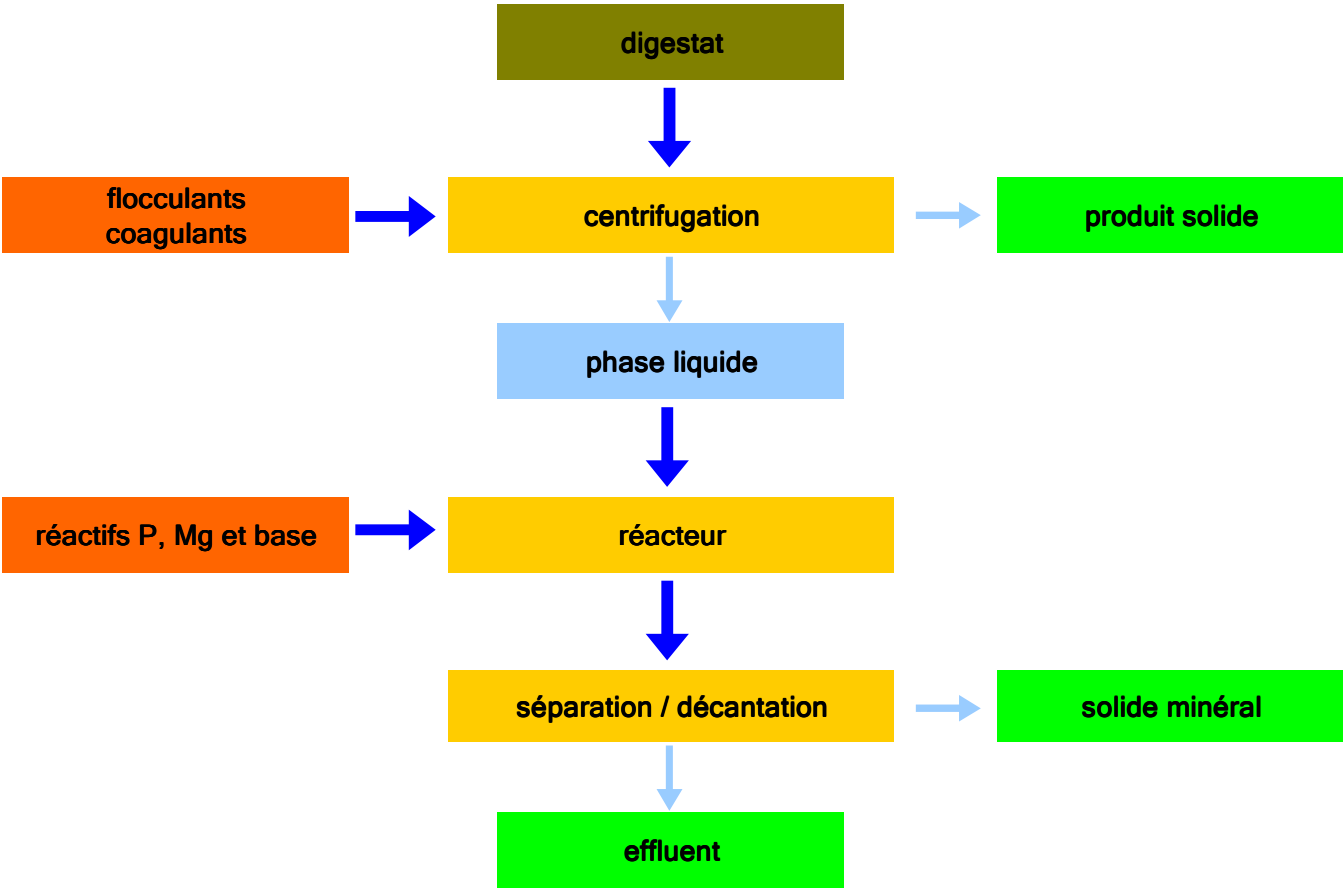
## Eau de lavage

Pourcentage		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Volume / masse *	2%	[Bar chart showing Volume / masse distribution from 0 to 2%]											
N-total	9%	[Bar chart showing N-total distribution from 0 to 9%]											
N-organique	-	[Bar chart showing N-organique distribution from 0 to 0%]											
N-ammonium **	9%	[Bar chart showing N-ammonium distribution from 0 to 9%]											
P *	-	[Bar chart showing P distribution from 0 to 0%]											
K *	-	[Bar chart showing K distribution from 0 to 0%]											
Matière organique	-	[Bar chart showing Matière organique distribution from 0 to 0%]											
Matière en suspension *	-	[Bar chart showing Matière en suspension distribution from 0 to 0%]											

\* volume créé; pourcentage par rapport au volume initial

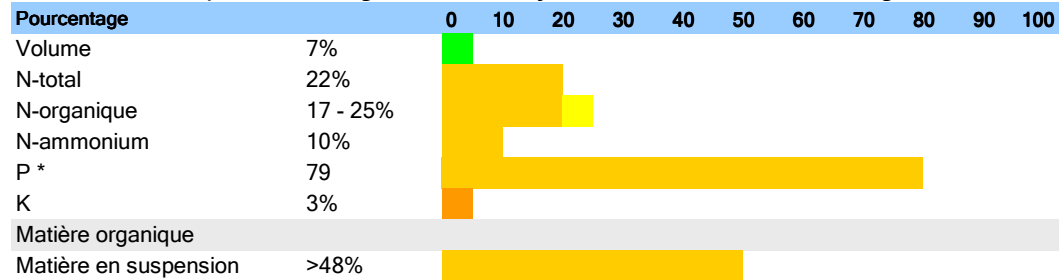
\*\* estimation que tout N-total est disponible comme ammoniac

# Précipitation de struvite



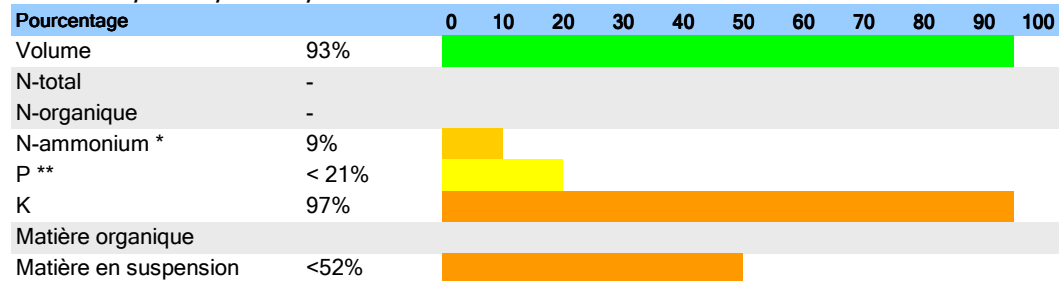
# Précipitation de struvite

## Produit solide après centrifugation avec adjonction des flocculants/coagulants



\* Ici utilisation des flocculants / coagulants pour améliorer séparation. L'utilisation permet de réduire le contenu du P dans le produit liquide

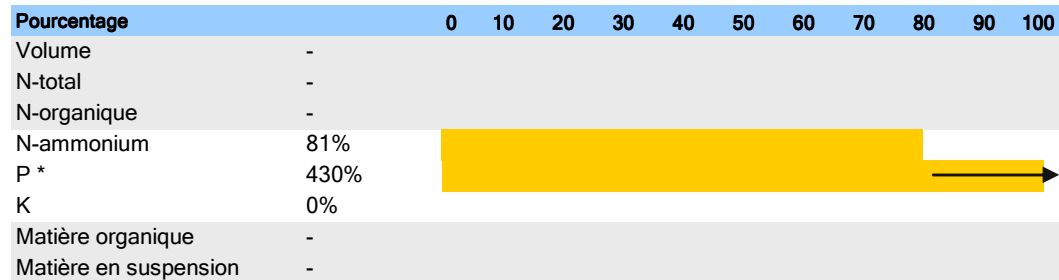
## Produit liquide après séparation boues de MAP



\* Élimination de 90% d'ammonium

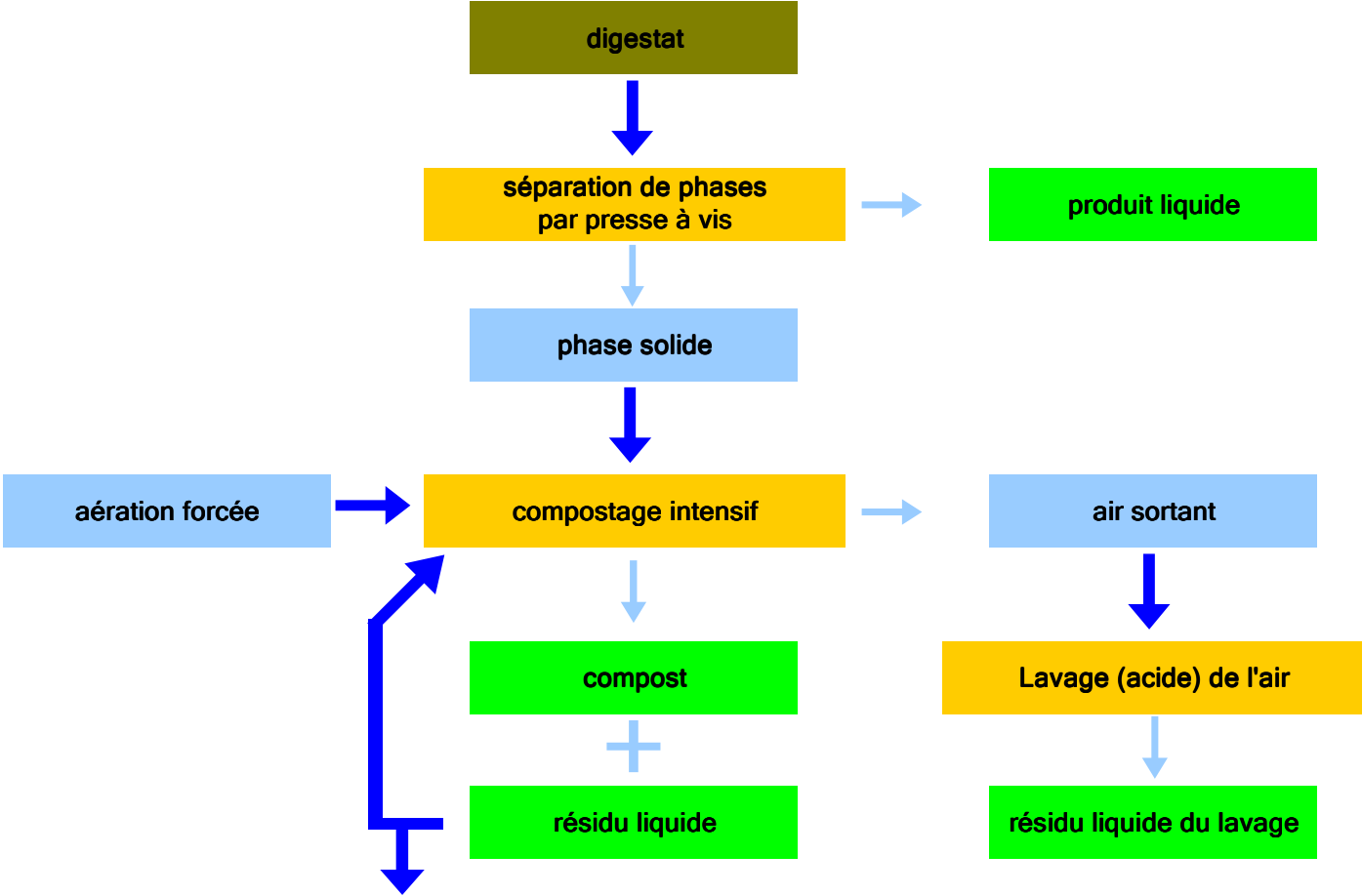
\*\* Difficile de juger le solde en P. On l'estime à 100 % moins le pourcentage évacué par la centrifugeuse

## Boues de MAP



\* Pour la précipitation il faut ajouter du phosphore en quantités plus élevées que présent dans le digestat

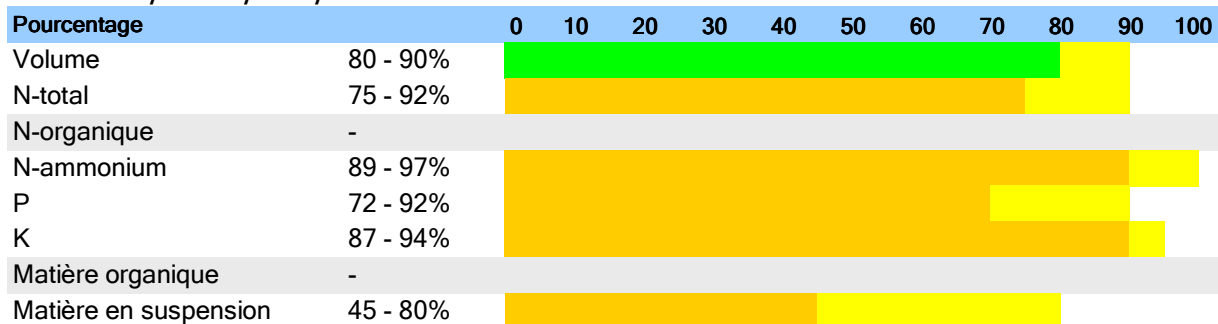
# Compostage



*Compostage intensif (avec aération)*

# Compostage

## *Produit liquide après presse à vis\**



\* KBTL

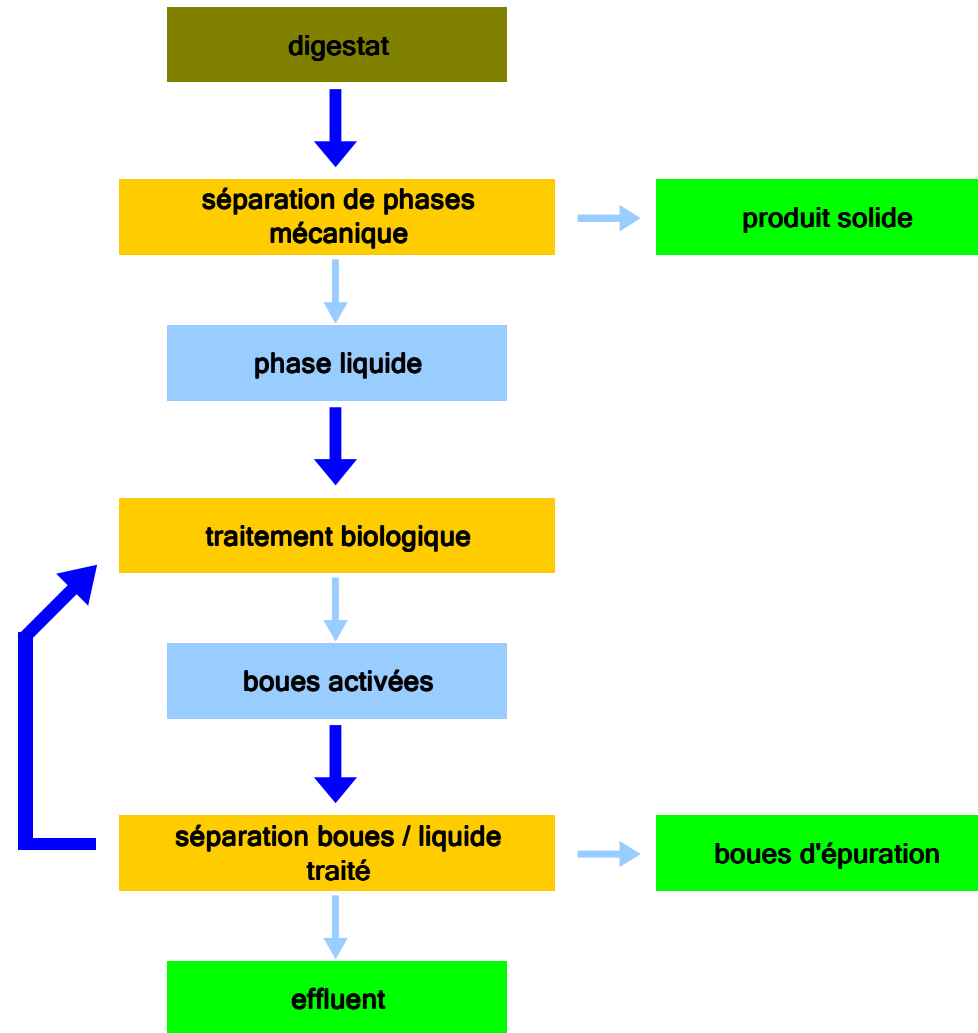
## *Compost \*\**



\*\* Calculé par différence sur le produit liquide

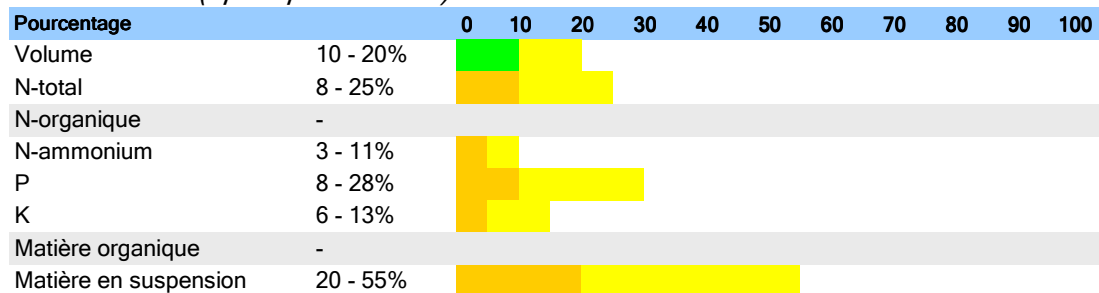
\*\*\* Estimation réduction du volume de 50%

# Traitement biologique



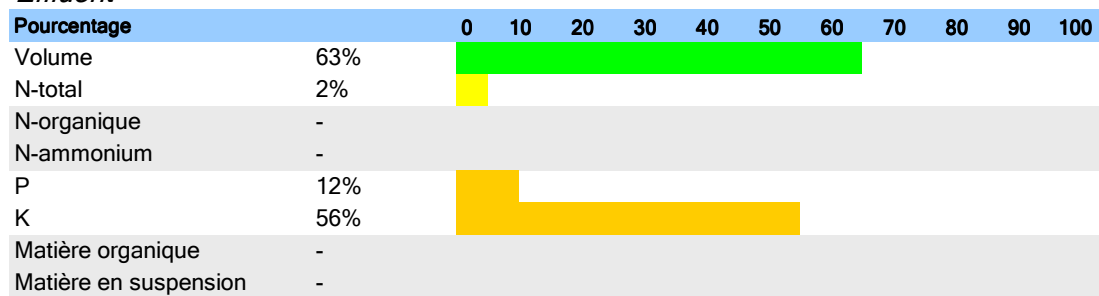
# Traitement biologique

## *Produit solide (après presse à vis) \**

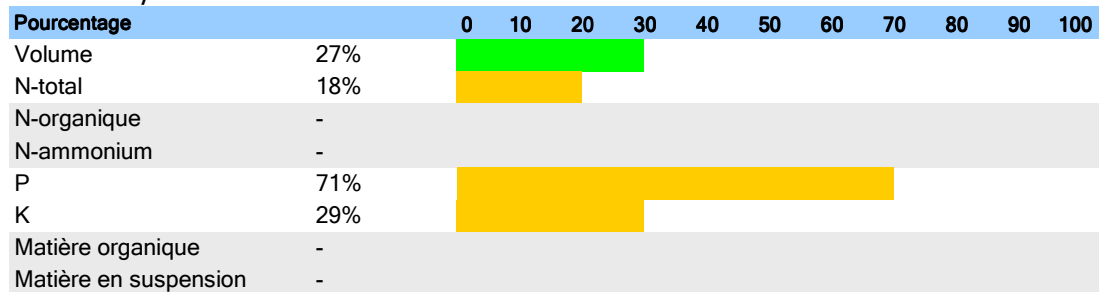


\* KBTL

## *Effluent \*\**



## *Boues d'épuration \*\**



\*\* [Teffene] Valeurs indicatives sur le traitement de lisier de porc