

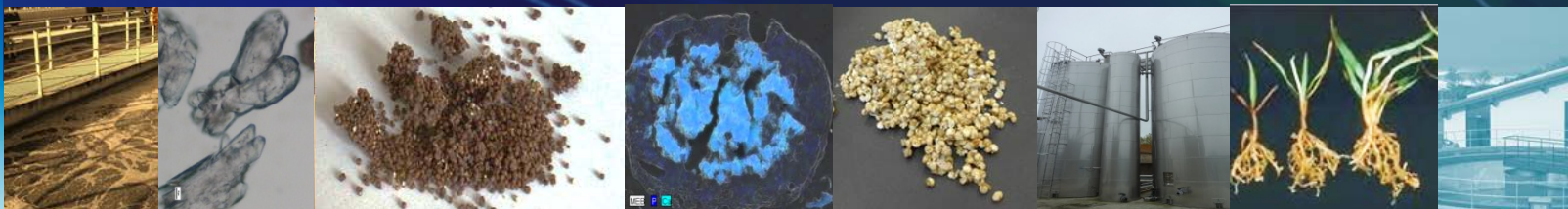
Journées Recherche et Industrie biogaz méthanisation

16-17-18 octobre 2013

Palais des Archevêques de Narbonne

Traitement et valorisation des nutriments issus des digestats

Mathieu Spérandio



X. Lefebvre, H. Hauduc, M. Poquet, A. Manas, S. Pommier, Z. Wu, D. Achat



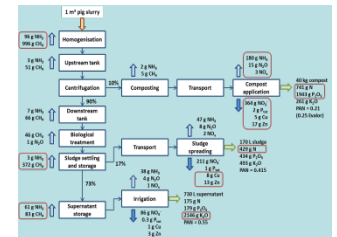
LABORATOIRE D'INGÉNIERIE
DES SYSTÈMES BIOLOGIQUES
ET DES PROCÉDÉS



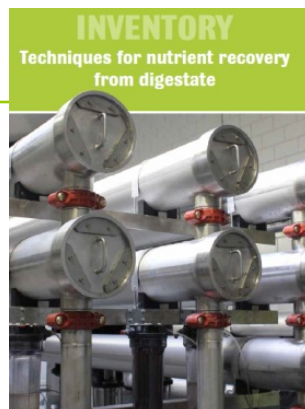
- La valorisation des digestats doit intégrer
 - La protection des masses d'eau
 - La présence de zones agricoles excédentaires: exporter est nécessaire
 - La raréfaction de la ressource fossile en P: sécurité alimentaire, préoccupation urgente de l'Union Européenne



- Respecter des normes de rejet dans les milieux aquatiques. *Epuration des phases liquides si rejet (DBO, N, P).*
- Subtiliser les fertilisants chimiques par des produits issus des digestats. *Faire des produits à plus forte valeur ajoutée.*
- Maitriser les consommations énergétiques et les impacts environnementaux (N_2O , CH_4 , NH_3 ...). *Etre capable par des modèles de relier les pratiques aux impacts.*



Caractéristiques des digestats



North-west Europe

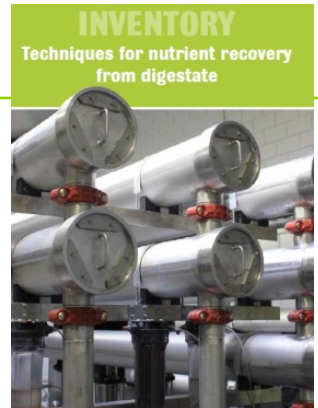
Garbor
Innovative for Energy

Garbor has been absorbed in the framework of the H2020 project, with financial support of the H2020 programme, the presence of Garbor and the H2020 Community

		Unprocessed digestate		
		10-perc	median	90-perc
DM	w%	4.98	8.7	12.02
OM, fresh	w%	2.8	5.3	7.595
pH (water)	-	8.1	8.3	8.6
N _{tot} , fresh	w%	0.17	0.42	0.75
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	516	2148	3414
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	3.1	5.85	10
C/N	-	3.89	6.58	13.67
Total P ₂ O ₅	w%	0.14	0.39	0.65
Total K ₂ O	w%	0.20	0.35	0.50
Total CaO	w%	0.16	0.30	0.55
Total MgO	w%	0.03	0.09	0.20

- La nature des intrants et les conditions de méthanisation conditionnent:
- ✓ Les concentrations en nutriments (N, P, K...)
- ✓ Le niveau de minéralisation du N et P (ex: N-NH₄⁺ / NT = 44-85%)

Caractéristiques des digestats



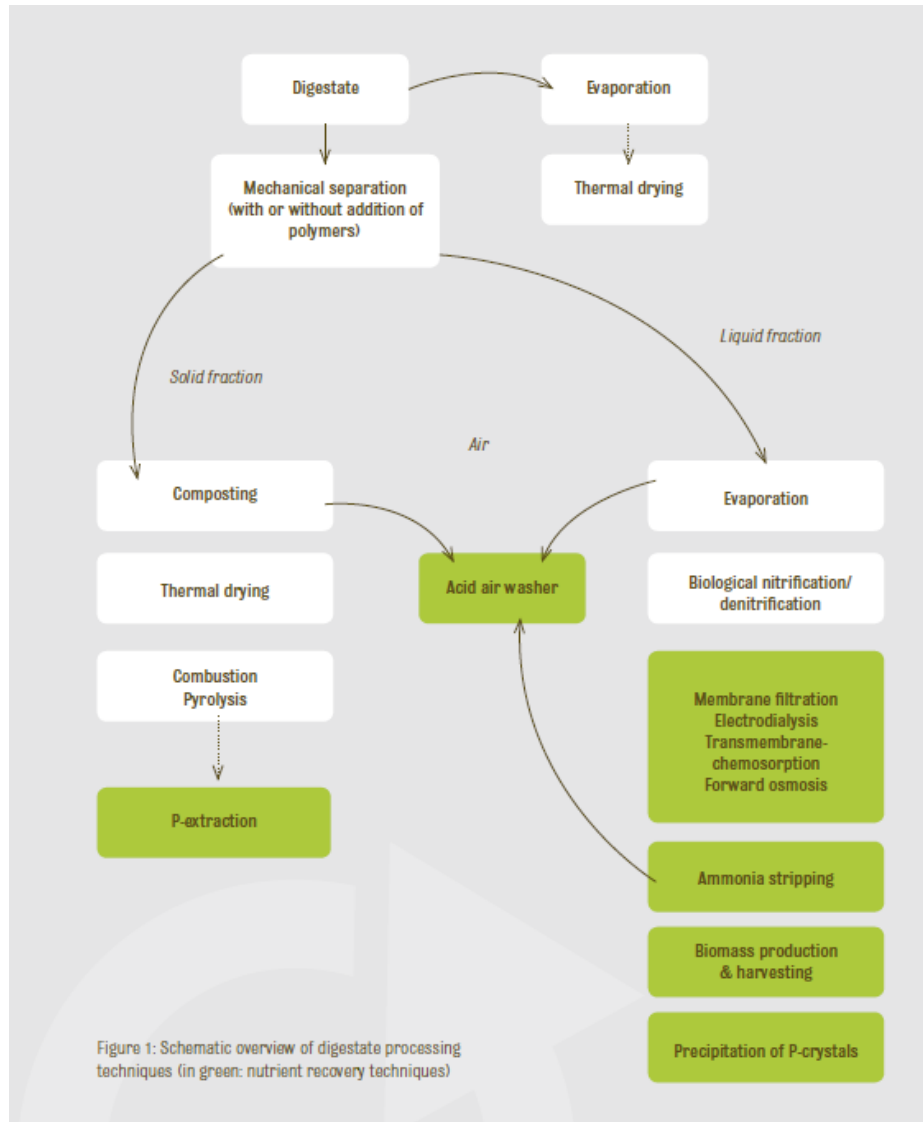
North-west Europe

Garbor

Garbor has been absorbed in the framework of the H2020 project, with financial support of the H2020 programme. The presence of the H2020 logo and the H2020 logo are not a guarantee of the H2020 programme.

- La nature des intrants et les conditions de méthanisation conditionnent:
- ✓ Les concentrations en nutriments (N, P, K...)
- ✓ Le niveau de minéralisation du N et P (ex: N-NH_4^+ / NT = 44-85%)
- ✓ La répartition solide / liquide (ex: P-PO_4^{3-} soluble / PT = 10-70%)

		Solid fraction, median value	Liquid fraction, median value
DM	w%	25.5	6.55
OM, fresh	w%	17.3	3.25
pH (water)	-	8.7	8.4
Ntot, fresh	w%	0.60	0.38
NH_4^+-N	mg/l	766	2110
NO_3^--N	mg/l	7.5	5
C/N	-	14.8	3.77
Total P_2O_5	w%	1.02	0.25
Total K_2O	w%	0.42	0.32
Total CaO	w%	1.16	0.26
Total MgO	w%	0.32	0.03



- Pas de filière type.
- Fonction des **contraintes**, du **fractionnement** des nutriments et des **produits** recherchés





Besoins de recherche

NUTRIENT RECOVERY TECHNIQUE	STARTING FROM	END-PRODUCT(S)	CHARACTERISTICS OF END-PRODUCTS
Reversed osmosis	UF/MF/DAF-permeate	RO-concentrate (NK-fertilizer) + Permeate	Concentrate: Ntot: 7.3 g/kg ¹ Ktot: 2.9 g/kg ¹ Ptot: 0.42 g/kg ¹
NH ₃ -stripping & scrubbing	(Decarbonated) LF	(NH ₄) ₂ SO ₄ solution + K-rich effluent	(NH ₄) ₂ SO ₄ solution: N-content ² : ± 100 kg/m ³ pH: 3-7
P-crystallisation	(Acidified) RD/LF	MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O K ₂ NH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O MgKPO ₄ ·6H ₂ O CaHPO ₄ Ca ₃ (PO ₄) ₂ ·OH CaHPO ₄ ·2H ₂ O	12.42% P 10.21% P 11.45% P 22.11% P 18.50% P 17.59% P
Biomass production	Diluted LF	Biomass	Further research needed
Forward osmosis	UF/MF/DAF-permeate	FO-concentrate (NK-fertilizer) + Permeate	Further research needed
Electrodialysis	(Filtrated) LF	NK-fertilizer + Permeate	Further research needed
TMCS	Tested on urine	NK-fertilizer + Permeate	Further research needed
P-extraction	Ashes/biochar/SF	Depends on technique	Depends on technique
Acid air washer	Strip gas	(NH ₄) ₂ SO ₄ solution	(NH ₄) ₂ SO ₄ solution : N-content 30-70 kg/m ³ , pH 3-7

- **Prédire le fractionnement des nutriments durant les transformations (méthanisation, nit/denit) et pendant les étapes de séparation**
- **Procédés:**
 - Réduire les consommations énergétiques
 - Réduire les intrants chimiques
 - Améliorer les rendements d'extraction

¹ Vaneckhaute et al., 2012

² R. Parduyns, pers.comm.

Le projet ANR PHOSPH'OR

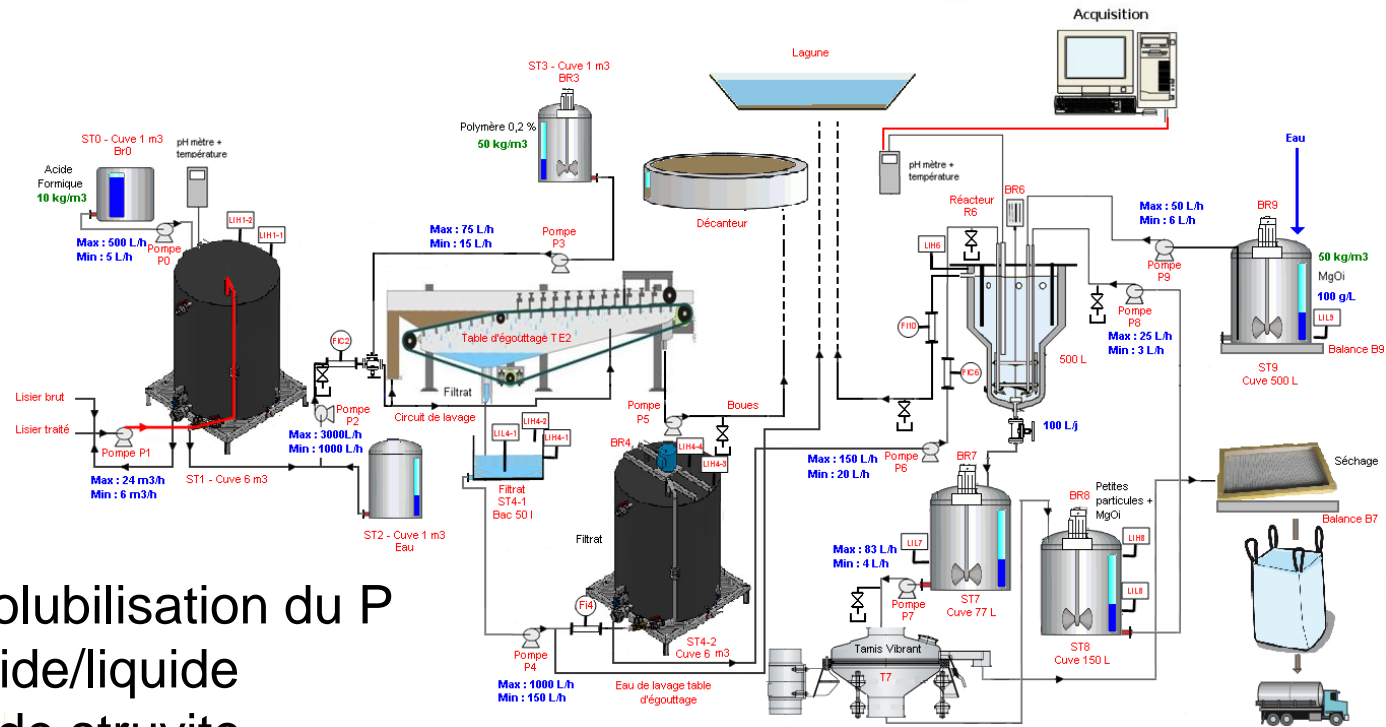


- Deux procédés innovants pour le captage du P
 - Modélisation des processus de précipitation/cristallisation
 - Etude de faisabilité / ACV
 - Plusieurs produits évalués par des essais agronomiques
-

Récupération de struvite à partir des lisiers



1. Acidification/ solubilisation du P
2. Séparation Solide/liquide
3. Crystallisation de struvite



Précipitation induite par voie microbienne (MIPP)

Procédé GSB[®]

Transformation simultanée:

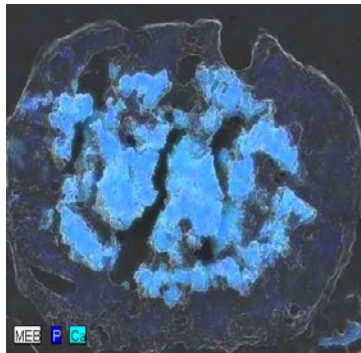
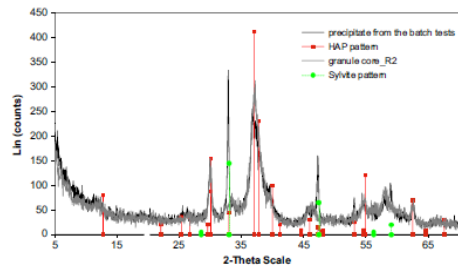
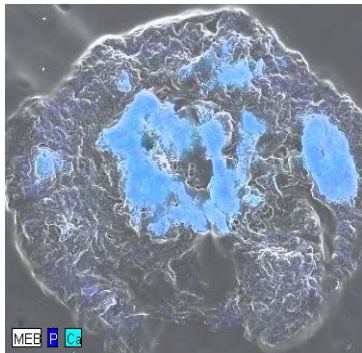
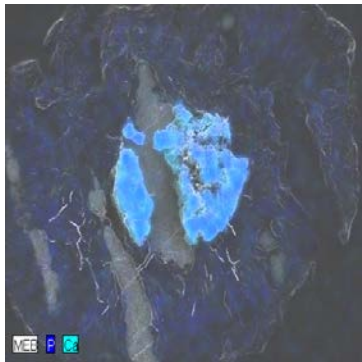
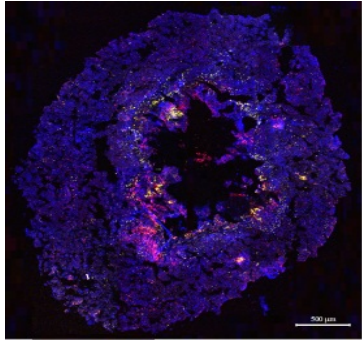
- **azote**: par nitrification-dénitrification (SND)
- **phosphore**: par précipitation induite dans les agrégats microbiens

À l'essai sur méthaniseur en fromagerie

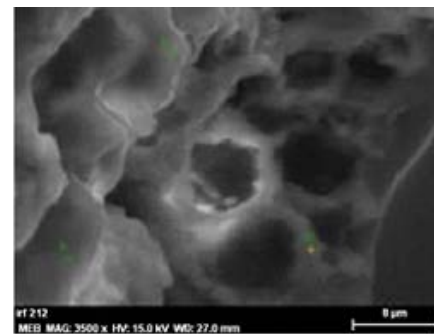
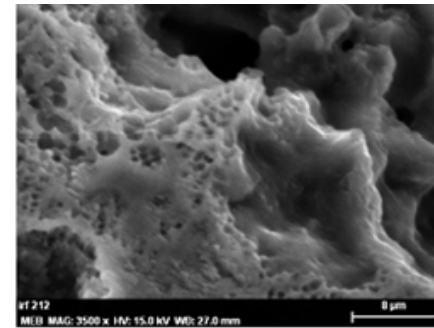
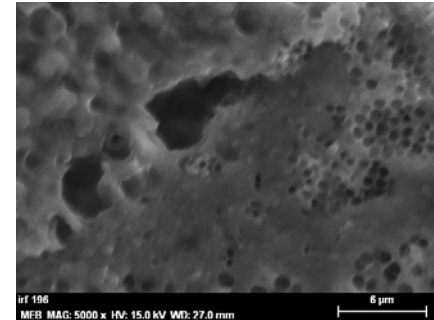


Précipitation induite par voie microbienne: GSBR®

Les conditions locales dans les granules microbiens conduisent à la sursaturation et la précipitation des phosphates de calcium



Thèse A. Manas



Précipitation induite par voie microbienne (MIPP)

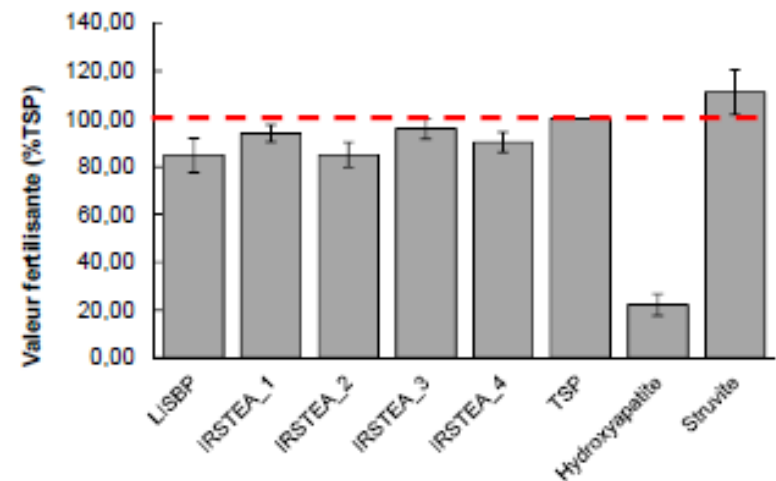
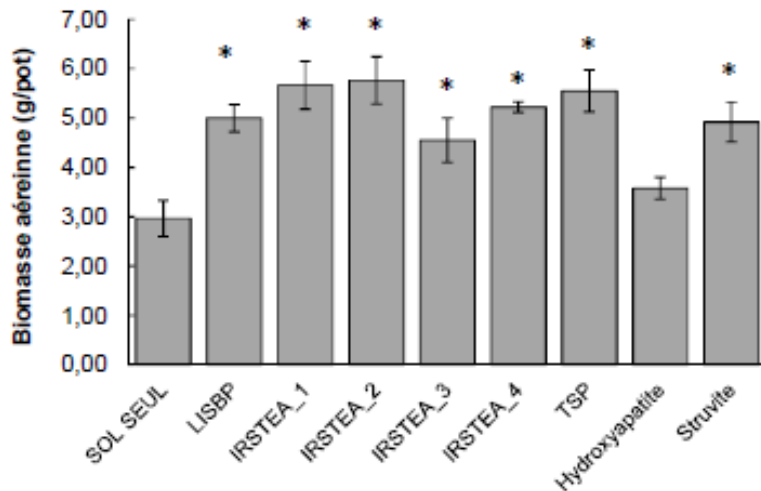
Procédé GSBR®

- Un procédé en une seule étape
- Immobilisation stable du phosphore dans des granules (1-5 mm)
- Granules faciles à déshydrater
- Minéral > 70% , P=12%w, hydroxyapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$
- Actuellement: caractérisation des qualités agronomiques



Caractérisation de la valeur fertilisante des produits

- Phytodisponibilité à court terme
- Effet sur la production de biomasse
- Effet sur la teneur en P
- Développement racinaire
- *Struvite issus de lisiers*
- *Hydroxy-apatite produite par voie microbienne*



Autres axes de recherche

Développement des outils de **modélisation pour les transformations des nutriments**, couplant les équilibres chimiques, la précipitation, et les modèles biologiques

H. Hauduc, S. Pommier



Objectifs

- Prédire le devenir du P et N dans les étapes biologiques de méthanisation et nitrification-dénitrification
- Sélectionner les meilleures conditions pour l'extraction et la précipitation successive de N et P
- Prédire la formation de co-produits minéraux incluant Mg, Ca, K...



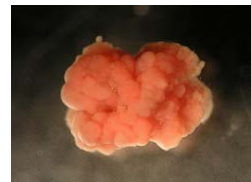
Autres projets de recherche

Développement d'un système de contrôle du procédé SBR pour le traitement de l'azote des digestats

Z. Wu, M. Poquet

Objectifs

- Application à la nit/dénit et au procédé *Anammox*
- Minimiser les besoins en oxygène et énergie (25-60%)
- Minimiser les besoins en matière organique (40-100%) du traitement de l'azote (+ de carbone pour la métha)
- Maitriser les émissions des formes gazeuses







Merci



X. Lefebvre, H. Hauduc, M. Poquet, A. Manas, S. Pommier, Z. Wu