



Méthode innovante pour l'optimisation des paramètres opératoires de la co-digestion anaérobie : application en voie sèche

Arnaud Dujany, Laura André, Stéphane Mottelet, Sabrina Guerrin-Rechdaoui, Sam Azimi, Vincent Rocher, André Pauss, Thierry Ribeiro

► To cite this version:

Arnaud Dujany, Laura André, Stéphane Mottelet, Sabrina Guerrin-Rechdaoui, Sam Azimi, et al.. Méthode innovante pour l'optimisation des paramètres opératoires de la co-digestion anaérobie : application en voie sèche. Intechem Process, Feb 2020, Compiègne, France. Zenodo, 2020, 10.5281/zenodo.6779278 . hal-04351975

HAL Id: hal-04351975

<https://hal.science/hal-04351975>

Submitted on 18 Dec 2023

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.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/36324128>

Méthode innovante pour l'optimisation des paramètres opératoires de la co-digestion anaérobie : application en voie sèche

Poster · February 2020

DOI: 10.13103/annuaire.170715

CITATIONS

0

8 authors, including



Arnaud Dujany

Institut Polytechnique UnitLdSalle

27 PUBLICATIONS 55 CITATIONS

SEE PROFILE



Stéphane Mottet

Université de Technologie de Compiègne

51 PUBLICATIONS 284 CITATIONS

SEE PROFILE

READS

16



Laura ANDRE

Institut Polytechnique UnitLdSalle

39 PUBLICATIONS 242 CITATIONS

SEE PROFILE



Sam Azmi

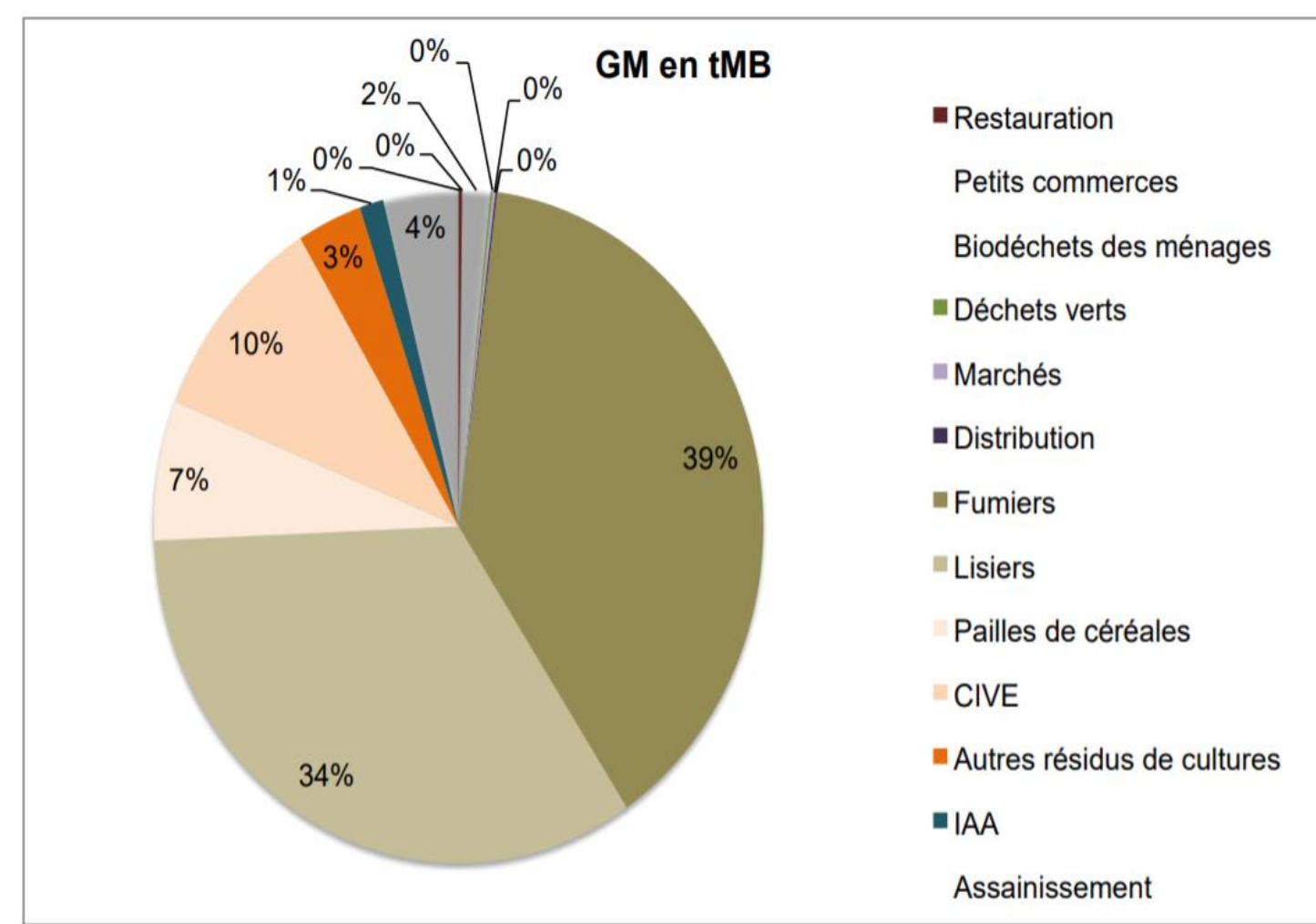
Service public de l'assainissement francilien (SPAAP)

128 PUBLICATIONS 1,407 CITATIONS

SEE PROFILE

Contexte

- Méthanisation : dégradation biologique d'un ou plusieurs substrats de nature organique par des micro-organismes, permettant de produire un digestat et un biogaz contenant du **méthane (CH₄)**
- Fin 2018 : 574 unités, 940 GWh annuels d'électricité, 1700 GWh de chaleur et 408 GWh de gaz naturel injecté
- Gisements principaux : déchets agricoles, déchets ménagers et déchets de culture



(Source : Sinoe 2018, ADEME 2013)

Objectifs

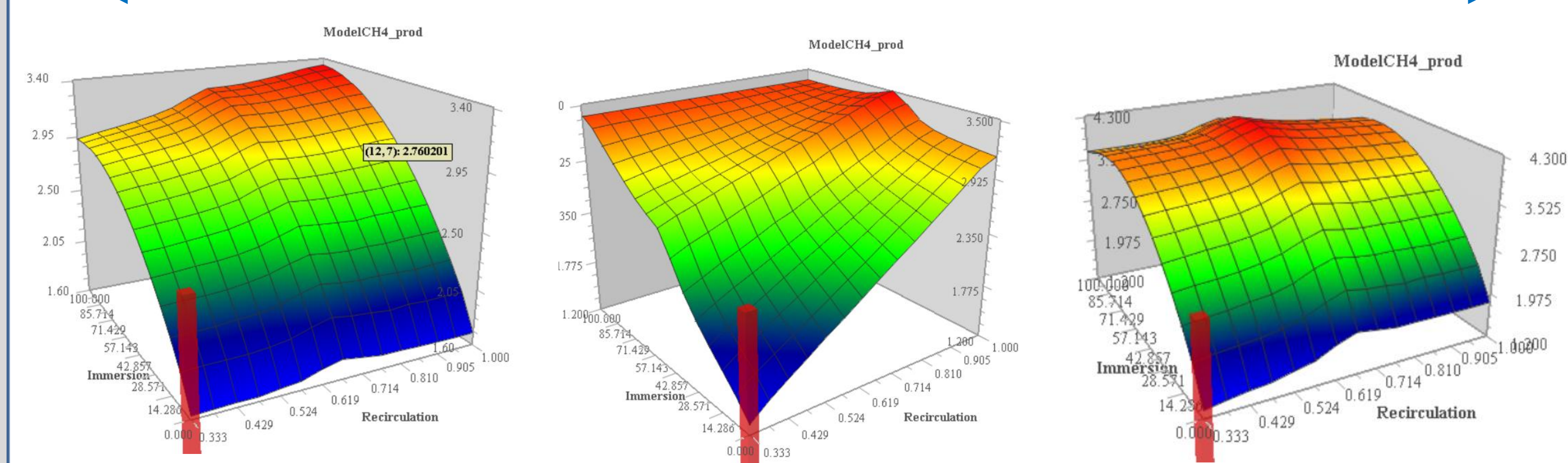
- Concevoir** un matériel adapté au budget et aux contraintes expérimentales
- Optimiser** à la fois la composition en substrats et les valeurs des paramètres opératoires de la méthanisation en voie sèche en une seule expérience
- Valider** l'incertitude des résultats expérimentaux avec la meilleure précision possible

Méthode

Optimisation de la composition et des paramètres opératoires par utilisation de plans d'expériences multi-substrats

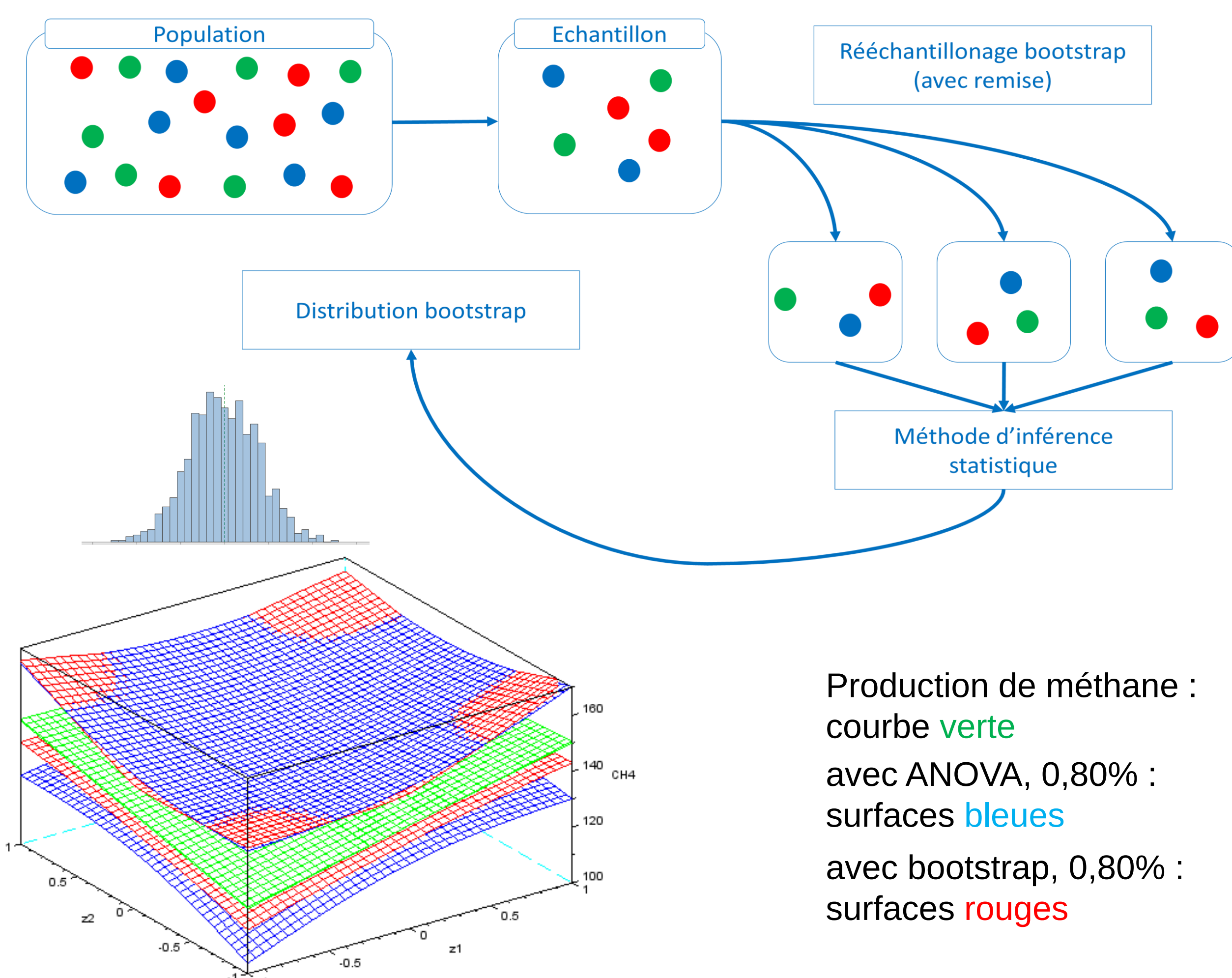
- Les expériences sont menées sur du fumier bovin et de la tonte d'herbe à différentes compositions : 15, 30 et 45 % en matière organique d'herbe.
- Les paramètres opératoires choisis sont l'immersion du massif (entre 0 % et 100 %) et la fréquence de recirculation de la phase liquide (entre 1/jour et 1/3 jour)
- Chaque composition est étudiée selon différents niveaux de paramètres (facteurs)
- Une surface de réponse relie les différents résultats qui sont ensuite comparés

Fumier (%Masse organique) ← → Herbe (%Masse organique)



Validation des résultats et calcul d'incertitudes par bootstrapping

- Consiste en la réplique des résidus du modèle par rééchantillonnage
- Approche stochastique : aucune approximation liée aux lois de probabilités
- Nécessite des résultats expérimentaux représentatifs pour être fiable
- Précision accrue (-33% en moyenne)



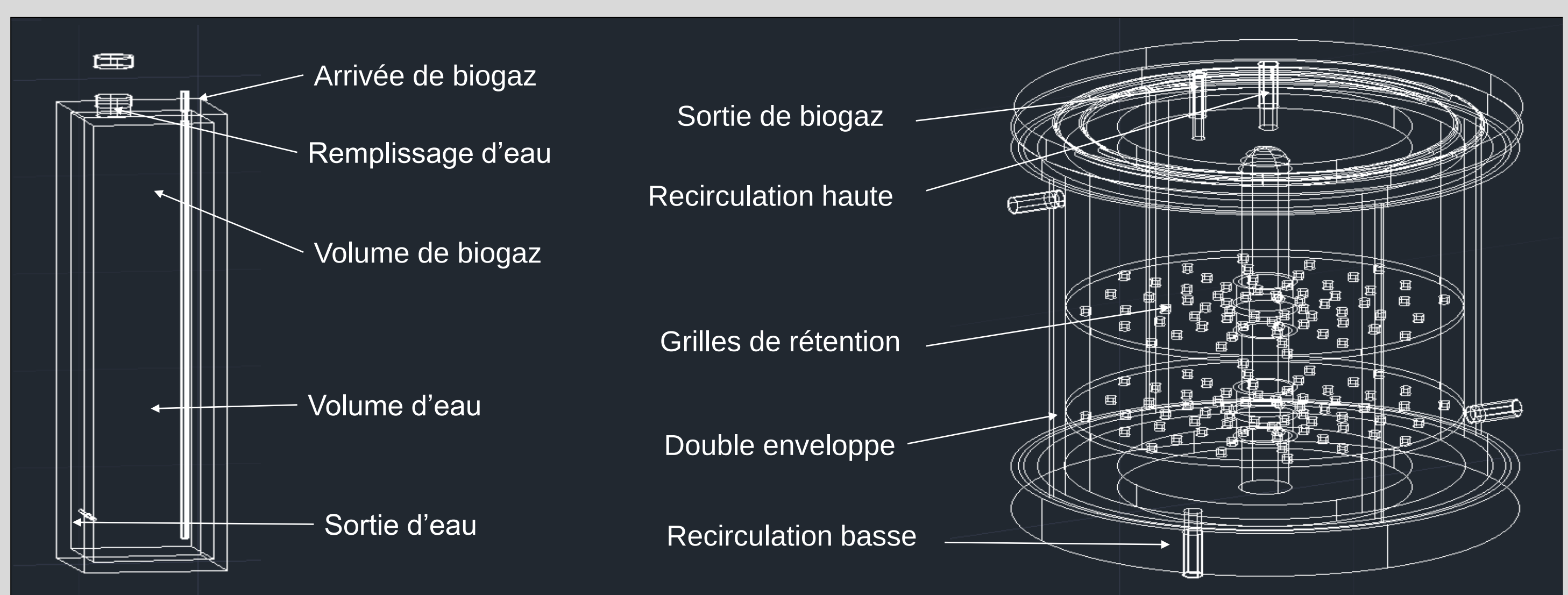
Problématique

- Les paramètres opératoires (immersion du massif et fréquence de recirculation) doivent être réglables. La composition en substrats doit être également modulable
- Les substrats sont étudiés dans leur état brut, sans prétraitement
- 15 réacteurs et compteurs de gaz sont nécessaires *a minima* pour réaliser cette optimisation. Les réacteurs disponibles sur le marché ne permettent pas de respecter ces problématiques tout en correspondant aux contraintes de place et de budget

Comment optimiser la production de méthane en fonction des compositions des substrats et en jouant sur des paramètres clés, de la manière la plus efficace et la plus rapide possible ?

Conception du matériel

- Réacteurs batch de 2,4 L avec immersion ajustable à l'aide d'un système de grilles amovibles, double-enveloppe, recirculation externe par une pompe péristaltique
- Comptage de gaz par des bouteilles conçues d'après le principe du vase de Mariotte et analyse par chromatographie en phase gaz



Conclusion

- La fusion des plans factoriels et des plans de mélanges en un seul plan d'expériences permet un **gain de temps** considérable et une **comparaison des résultats** sans biais. L'outil de bootstrapping fournit une **fiabilité** supplémentaire aux résultats et permet de se passer d'une expérience de validation. Cela demande toutefois des résultats expérimentaux représentatifs du phénomène et donc des résultats fiables.

CONCEPTION

- Choix des paramètres étudiés : Immersion et fréquence de recirculation
- Choix des substrats étudiés : substrats territoriaux (fumier et tonte d'herbe)
- Définition des contraintes expérimentales : étanchéité des réacteurs, température constante, immersion réglable
- Définition des contraintes de mise en œuvre : budget disponible, place allouée
- Conception du matériel adapté : réacteurs d'optimisation et compteurs de gaz manuels

OPTIMISATION

- Collecte des résultats expérimentaux : analyse de la composition et du volume de biogaz produit
- Normalisation des facteurs d'étude, création d'une surface de réponse et minimisation des résidus
- Détermination des optimums en fonction des conditions opératoires

VALIDATION

- Détermination des incertitudes expérimentales par bootstrapping
- Détermination des incertitudes théoriques du modèle par bootstrapping
- Déduction de l'incertitude sur la surface de réponse et validation du modèle obtenu

Références

- [1] André, L., 2015. Quantifying physical structure changes and non-uniform water flow in cattle manure during dry anaerobic digestion process at lab scale: Implication for biogas production. Bioresource Technology 192, 660–669.
- [2] Degueurce, A., 2016. La méthanisation par voie sèche agricole appliquée aux fumiers de bovins: optimisation de la recirculation des lixiviats (PhD Thesis). Rennes 1.
- [3] Bassard, D., 2015. Méthodologie de prédiction et d'optimisation du potentiel méthane de mélanges complexes en co-digestion (PhD Thesis). UTC.
- [4] Goupy, J., 1999. Plans d'expériences pour surfaces de réponse. Dunod : Industries techniques, Paris.
- [5] Palm, R., 2002. Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres. Biotechnologie, agronomie, société et environnement 6, 143–153.