RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

INRAE

Bioéconomie pour les territoires urbains

Projet Exploratoire
2023-2024

FREGATE

© Freepik

Systèmes de bioraffinage environnemental Flexibles, Resilients, EGalitaires et Adaptés au TErritoire urbain

> Considérer les différents besoins du territoire, les différentes fonctions attendues du système de bioraffinage par les acteurs (parties prenantes et intéressées) en amont de sa conception, prendre en compte les nécessités de flexibilité et de modularité, développer la capacité des systèmes de bioraffinage à s'adapter à des (r)évolutions potentielles, voire à se transformer

Coordination

Christian Duquennoi (UR PROSE)
christian.duquennoi@inrae.fr

Sandrine Costa (UMR MoISA)
Sandrine.costa@inrae.fr

Mots-clés
Bioraffinerie
Biodéchets
Déchets organiques
Flexibilité
Résilience
Territoires
Ville
Zone urbaine/péri-urbaine

Départements INRAE
ECOSOCIO
TRANSFORM

Quelques-unes des publications

Costa, S., Donner, M., Duquennoi, C., & Savary, V. (2024). Biological valorization of urban solid biowaste: A study among circular bioeconomy start-ups in France. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 39, 101545

Parmi les nombreux défis auxquels sont confrontées les villes, la gestion des biodéchets apparaît comme un défi qui va devenir de plus en plus prégnant. En effet, la loi AGEC prévoit la généralisation de la collecte séparée des biodéchets à tout le territoire et à tous les producteurs au 31 décembre 2023. Or en 2020, seules 175 collectivités françaises disposaient d'une collecte séparée des biodéchets (ménages et/ou professionnels) représentant une couverture de seulement 6% de la population Beaucoup de villes n'ont pas encore mis en place de systèmes de collecte et de valorisation pour les biodéchets fin 2024. L'obligation réglementaire sur la valorisation des biodéchets, tout comme les enjeux de transition alimentaire et énergétique, confirment l'urgence d'une réflexion approfondie quant aux meilleures modalités d'organisation de cette valorisation, intégrant circularité et adaptation au territoire. Dans ce contexte le concept de « bioraffinerie environnementale en milieu urbain » mérite d'être investigué et a fait l'objet du projet FREGATE.

Avancée et résultats

Le projet FREGATE a cherché à répondre à l'interrogation suivante : Comment construire des solutions de bioraffinage environnemental flexibles, résilientes et adaptées à un territoire urbain ? en traitant trois questions de recherche fortement liées (i) Comment co-construire un design adapté de Système Urbain de Bioraffinage Environnemental (SUBE) pour son territoire et ses besoins ?, (ii) En quoi la flexibilité/modulabilité du SUBE change-t-elle le cadre des contraintes du design adapté ? et (iii) En quoi le cadre de la résilience change-t-il le cadre des contraintes du design adapté ?

Un premier volet de recherche a donc été consacré, à travers des analyses bibliographiques et entretiens à **établir un état des lieux, à adapter les notions à notre problématique et à les partager au sein des différentes disciplines du consortium à fin d'appropriation**. Ainsi, par « bioraffinage environnemental », il est défini « la transformation soutenable de biomasse résiduaire (déchets et sous-produits) en un spectre de produits biosourcés (alimentation humaine et animale, matériaux, molécules d'intérêt, etc.) et/ou de bioénergie (biocarburants, électricité, chaleur) » (d'après la définition de bioraffinage par l'Agence Internationale de l'Energie). De plus, il est appelé « système urbain de bioraffinage environnemental » (SUBE) » l'ensemble du système constitué par la collecte sélective de la biomasse résiduaire sur le territoire couplée aux procédés de transformation en bio-produits/bio-énergie installés sur le territoire jusqu'à la valorisation des produits obtenus le cas échéant.

Alileche, N., Athès, V., Duquennoi, C., Buendia, F. "Assessing Flexibility in Biowaste Management Systems for Sustainable Solutions". 19ème Congrès Français de Génie des Procédés, Oct 2024, Deauville, France. ⟨hal-04820202⟩

Le second volet a été consacré à la **construction d'une connaissance collective et interdisciplinaire des systèmes existants : au niveau de SUBE complets**, et **au niveau de parties de SUBE (amont/aval)**. Le cadre utilisé pour cet état des lieux construit collectivement a recueilli simultanément des informations techniques et organisationnelles. Plusieurs enquêtes menées auprès d'acteurs de ces systèmes, et en particulier auprès d'initiatives (start-ups, associations, coopératives, …) de collecte et de valorisation des biodéchets, sur différents territoires ont permis l'acquisition de données qualitatives concernant près de 70 initiatives locales de collecte et de valorisation des biodéchets sur l'ensemble du territoire français.

Le troisième volet a consisté à approfondir l'analyse, en particulier en **collectant les données qualitatives et quantitatives pertinentes, sur deux terrains d'étude** (Saint Etienne et Nantes) identifiés dans le volet 2 pour pouvoir ensuite, dans le volet 4, pré-tester une partie des méthodes développées sur l'un ou l'autre de ces terrains.

Le quatrième volet a permis de tester les méthodes identifiées et/ou développées dans le volet 3 par objectif (design adapté/flexibilité/résilience du territoire). Les avancées réalisées ont permis de développer une méthode d'évaluation de la flexibilité d'un SUBE basée sur la méthode dédiée aux procédés chimiques développée par I.E. Grossman à partir des années 1980 qui a été testée sur un cas de compostage. FREGATE a aussi analysé l'effet des SUBE sur la résilience de leur territoire en construisant un modèle conceptuel basé sur la modélisation dynamique des systèmes (Systems Dynamic Modelling, SDM), sur le cas de Nantes.

L'ensemble de ces démarches de co-construction, de développement de méthodes et d'analyses des SUBE a conduit à la construction d'un projet interdisciplinaire de plus grande envergure (projet FRUITS), soumis à l'AAPG de l'ANR en octobre 2024.

Partenaires

Département INRAE	Unités INRAE	Expertises et contributions
ECOSOCIO	UMR MoISA	Comportement des acteurs, économie, marketing ; Diagnostic territorial, acteurs et territoire, comportement d'acteurs, gouvernance
TRANSFORM	UR BIA	Caractérisation et valorisation des produits bio-sourcés et co-produits dans les systèmes bio-économiques ; Modélisation des connaissances scientifiques ou à dires d'expert
	UR LBE	Génie des Procédés
	UR OPAALE	Filières de gestion des déchets urbains, territoire, évaluation environnementale, analyse spatiale ; Génie des procédés
	UR PROSE	Génie des procédés de valorisation des biodéchets, approches systémiques et modélisation
	UR QuaPa	Caractérisation physico-chimique de sous-produits animaux et des molécules extraites ; Génie des procédés ; Prise en compte du territoire
	UMR SayFood	Génie des Procédés, conception adaptée aux échelles territoriales, modularité des procédés, intensification

Partenaires	Equipe	Expertises et contributions
Centre International de Ressources et d'Innovation pour le Développement Durable (CIRIDD)	Pôle Innovation et Animation territoriale	Accompagnement des territoires à aller vers plus d'économie circulaire.
Compostond		Terrains d'étude compostage et valorisation des biodéchets, organisation des acteurs
REGARDS		Economie écologique
Université de Technologie de Troyes (UTT)	UR INSYTE	Economie circulaire, écologie industrielle et territoriale, métabolisme urbain, transition des systèmes socio-techniques, résilience