



#### Coordination

Tiphaine Lucas (UR OPAALE)

[Tiphaine.lucas@inrae.fr](mailto:Tiphaine.lucas@inrae.fr)

#### Mots-clés

Bioéconomie  
Conflit d'usage  
Flux  
Invendus et rebuts (RIP)  
Pain  
Récupération  
Valorisation  
Zone urbaine/péri-urbaine

#### Départements INRAE

[ACT](#)  
[MICA](#)  
[TRANSFORM](#)

#### Quelques-unes des

**publications** Lucas, T., Thiriet, P., Redlingshöfer, B., Aissani, L. (2024). Valorisation des rebuts et invendus de pain – Exemple d'instrument d'une circularité territoriale existante mais fragile. CIEC, Montpellier.



### Circularity of the Bakery prOdUction



Accompagner le développement de la circularité de la filière de panification d'un point de vue socioéconomique, organisationnel et technologique : usage des pertes et des invendus de pains

En France, ces RIP représentent de l'ordre de 500 000 et 270 000 t en transformation industrielle et en distribution respectivement et sont majoritairement produits en zones urbaine et périurbaine. Le projet exploratoire « CARIBOU » s'intéressait à la gestion et valorisation des rebuts et invendus de pain (RIP) aux étapes de production et de distribution. Pour accompagner le développement des filières de valorisation des RIP, CARIBOU réunissait à la fois de l'évaluation environnementale et des technologues et des sciences humaines et sociales, répartis sur trois départements INRAE. .

#### Avancée et résultats

CARIBOU visait à mieux caractériser les flux de ces RIP, leurs filières de gestion et valorisation (celles sollicitées sur le terrain par les producteurs de RIP et dans la littérature scientifique), leur dépendance au contexte (typologie de producteur de RIP et caractéristiques du territoire), et leur adéquation à la réglementation (loi AGECE, loi GAROT). Il visait aussi à explorer des valorisations par fermentation en milieu liquide et solide, par voie fongique ou mixte.

1. Une analyse de la littérature sur 2016-2022 a montré que pour cette bioressource, les articles couvrent l'ensemble des valorisations envisageables et listées dans la hiérarchie réglementaire. Un travail de formalisation de la revue de littérature scientifique sur la valorisation des RIP sur la période 2016-2023 a été nouvellement soumis à Journal of Industrial Ecology en Octobre 2024. Ce travail a confirmé de manière quantitative que si l'effort de recherche était porté sur l'ensemble des voies de valorisation pour ce substrat, il était déséquilibré par rapport à la hiérarchie recommandée par la réglementation (chiffrage sur la base d'une proportion d'articles par type de valorisation sur la période). CARIBOU a permis de s'interroger sur les critères qui devaient nourrir le choix du décideur vers une valorisation. De manière tranchée par rapport à la période précédente, il a été constaté un effort de recherche en lien avec l'intention initiale du produit étudié (prévention et recyclage pour l'alimentation humaine). Ce dernier résultat a été déterminant dans l'orientation prise pour le dépôt ANR AAPG 2023 (μCosmos). Enfin, CARIBOU a souligné que l'étape de

prévention pouvait cacher une partie de l'impact (cas où le producteur de RIP ne s'en défait pas et mobilise sur site des actions basses de la hiérarchie) et que le rendement de l'opération de valorisation était trop souvent éludé dans les recherches publiées jusqu'ici (bioraffineries en particulier). Cette réflexion a orienté le positionnement de la tâche 2, avec par exemple l'exploration d'une fermentation des RIP sans stérilisation et sans inoculation.

- 2 CARIBOU a aussi exploré les voies de valorisation par voie fongique ou mixte (levure/bactérie), avec une réflexion de sobriété du procédé (sans stérilisation ou/et sans extraction). L'étude bibliographique avait mis en évidence que, la majorité des voies décrites dans la littérature sont mises en œuvre par des souches pures qui exigent le plus souvent de stériliser le milieu et de mettre en place une étape finale de purification souvent complexe pour extraire la molécule d'intérêt. L'ensemble de ces contraintes pénalise économiquement les filières et très peu de cas de production de molécules d'intérêt à l'échelle industrielle sont décrits. La consommation d'énergie pour la stérilisation des RIP, la complexité des technologies mises en œuvre, la gestion des résidus liés au faible rendement massique de la production limitent l'intérêt environnemental de l'utilisation de RIP pour la production de molécules d'intérêt. Les premiers essais menés à OPAALE-PANDOR ont montré que quel que soit le type de pain (pain complet, baguette de farine blanche ou pain de mie longue conservation) et les conditions de stockage, la fermentation butyrique domine dans 7 configurations sur 9. Dans les deux autres cas la fermentation s'est plutôt orientée vers la voie malolactique Les molécules secondaires produites étant les acides acétiques et succiniques. L'acide butyrique a des propriétés anti-inflammatoires reconnues et de nombreux travaux sont en cours pour évaluer le bénéfice santé d'apport de cet acide.

Trois souches de la collection du Centre International des Ressources Microbiennes –Banque de Ressources Fongiques de Marseille ont été ciblées, parmi des espèces réputées comestibles (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* et *Pleurotus ostreatus*). Sur la base d'observations macroscopiques des cultures (vitesse de colonisation et densité), la souche *Pleurotus ostreatus*, BRFM 1326 a été sélectionnée. Le profil des acides aminés et les analyses compositionnelles des fibres alimentaires totales de l'échantillon de pain colonisé par le champignon en comparaison au pain témoin ont montré un bénéfice nutritionnel apporté par la culture fongique. La quantité de fibres alimentaires insolubles et amidons résistants a notamment plus que doublée.

- 3 Les flux de RIP, par voie de valorisation en local, et avec leurs déterminants ont été étudiés par le biais d'enquêtes auprès des acteurs de la boulangerie (boulangerie artisanale (BA), boulangerie industrielle ou semi-industrielle) ou de de la distribution (superettes et GMS) et des associations caritatives sur Rennes Métropole (RM) et sur Plaine Commune (PC) en région parisienne.

- La moyenne et grande **distribution** (GMS) s'est révélée difficile d'accès. Une vingtaine d'enquêtes au total sur les deux territoires ont été menées, auprès des responsables de rayon le plus souvent. Il a pu être constaté que la GMS cherche d'abord à prévenir la perte (promotion en lots car gestion financière à l'échelle des rayons), puis sollicite la collecte biodéchets (loi AGEC gros producteurs). Les résultats sur les acteurs de la distribution sont convergents sur les deux territoires.
- Sans surprise, **les supérettes**, souvent non concernées par la réglementation (obligation du tri des biodéchets, conventionnement du don alimentaire), jettent en quasi-totalité aux ordures ménagères (demain à une collecte biodéchets).
- Au vu des premières enquêtes auprès des **associations caritatives** et de manière marquée sur Plaine Commune, le pain ne semble pas un produit alimentaire central pour l'aide alimentaire, ce qui explique que ce soit une voie de valorisation mineure en GMS.

Le pain à base de farine blanche n'est pas pris par l'aide alimentaire (« pain canard » car juste bon à donner aux canards) faisant écho à la sélection de pains spéciaux par les acteurs du recyclage alimentaire, que ce soit en microbrasserie (pain aux céréales) ou en

biscuiterie (filière biologique). Ceci implique (i) qu'il conviendrait de ne pas dissocier ces deux valorisations car possiblement « en **compétition** » pour la même matière, (ii) que le pain blanc pourrait être valorisé au travers d'une filière basse (alimentation animale, ou bioraffinerie ?) sans compétition pour la ressource avec l'alimentation humaine.

- La **production Boulangerie, Viennoiserie et Pâtisserie (BVP) semi-industrielle ou industrielle** (4 enquêtes sur Rennes Métropole) valorise de manière privilégiée vers l'aide alimentaire et l'alimentation animale ; la collecte biodéchets est mobilisée en alternative. Ces acteurs sont tous intéressés par le recyclage alimentaire (en boucle fermée ou pas), mais n'ont pas passé le pas (au stade de tests tout au plus). La différence avec la GMS pour l'aide alimentaire s'expliquerait par la nature de l'écart (écart de production disponible dès le matin du jour de production versus surplus de fin de journée disponible le lendemain).
- Un métabolisme territorial a été ébauché sur Rennes Métropole pour les **boulangeries artisanales** (Figure 1). Sous réserve de confirmation, un flux significatif lié à la prévention (~20% au total) a été révélé par cette analyse et le portefeuille de valorisation semble différent en zone rurale (peu de passage d'associations pour l'aide alimentaire et plus de « troc »). Il est envisagé de compléter ce travail dans le projet ANR « μCOSMOS ».

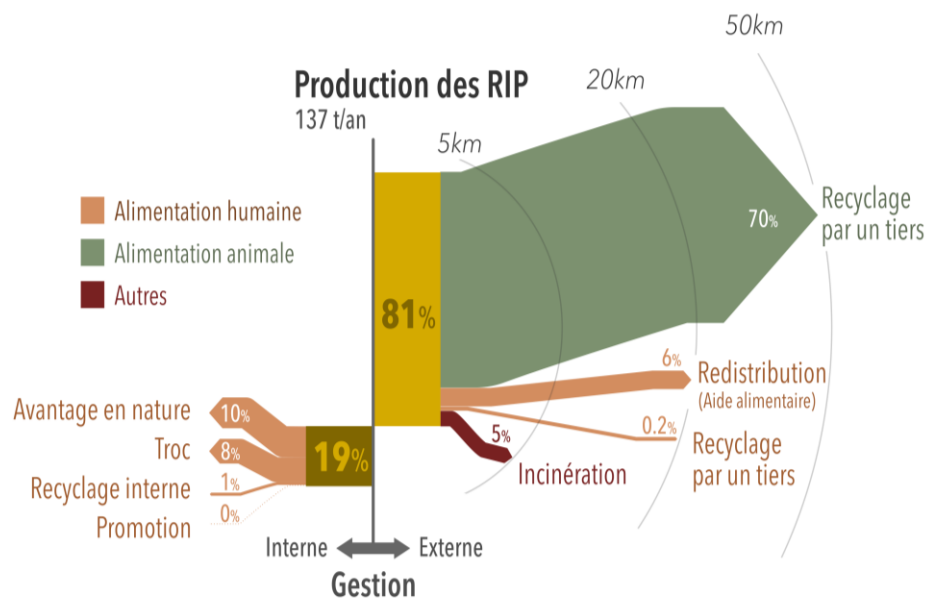


Figure 1. Diagramme Sanké du métabolisme des RIP des boulangeries artisanales à Rennes Métropole (ici ville de Rennes) (d'après la communication CIEC 2024)

Département INRAE	Unités INRAE	Expertises et contributions
ACT	UMR SADAPT	Analyse interdisciplinaire du métabolisme territorial
MICA	UMR BBF	Souches et croissances fongiques
TRANSFORM	UMR OPAALE	Génie des procédés, évaluation environnementale, estimation de flux à partir d'enquêtes, métabolisme territorial