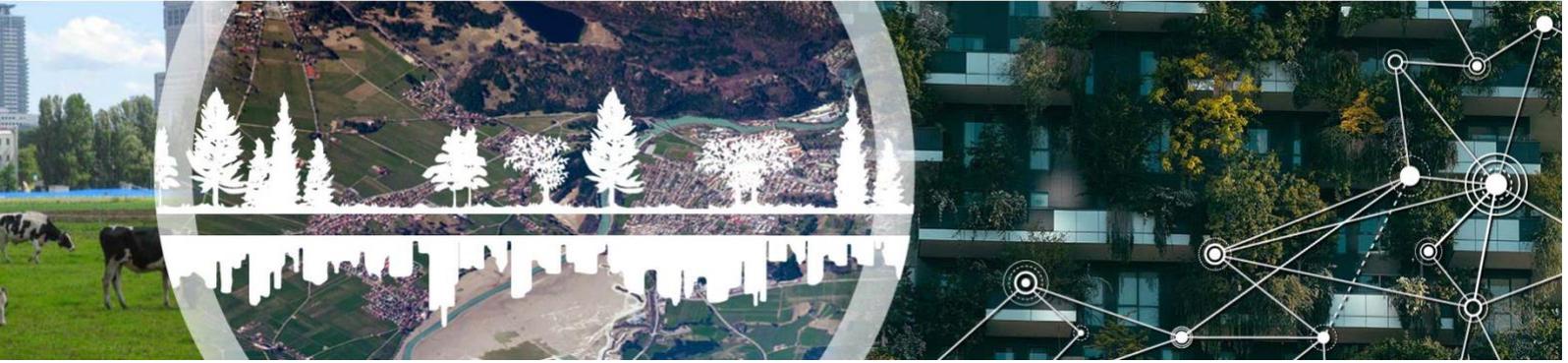




# Métaprogramme BETTER

Bioéconomie pour les territoires urbains





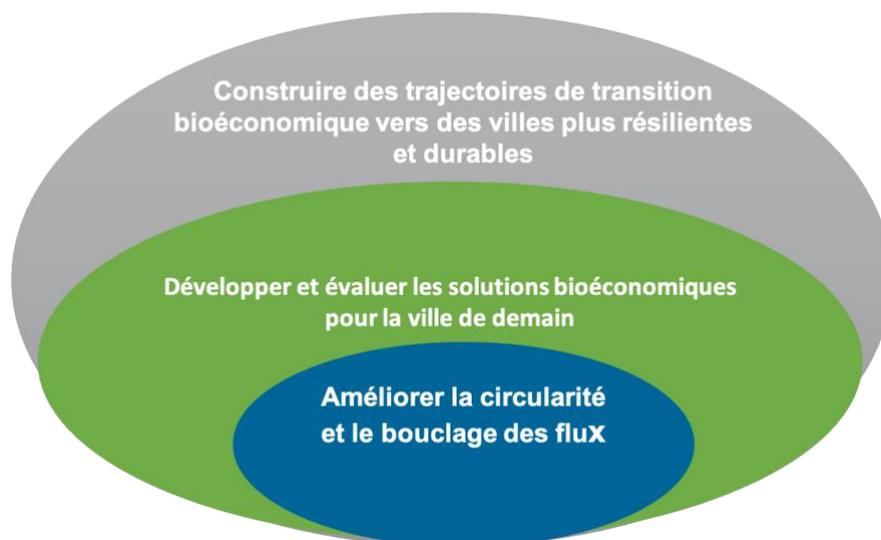
## Qu'est-ce qu'un métaprogramme INRAE ?

Les [métaprogrammes](#) constituent au sein d'[INRAE](#) un dispositif d'animation et de programmation scientifique sur un nombre restreint de sujets nécessitant des approches systémiques et interdisciplinaires pour répondre à nos défis scientifiques et sociétaux déclinés dans [INRAE2030](#). Les métaprogrammes favorisent le déploiement d'une recherche interdisciplinaire, construisent de nouvelles communautés scientifiques et les accompagnent.

### La bioéconomie à INRAE

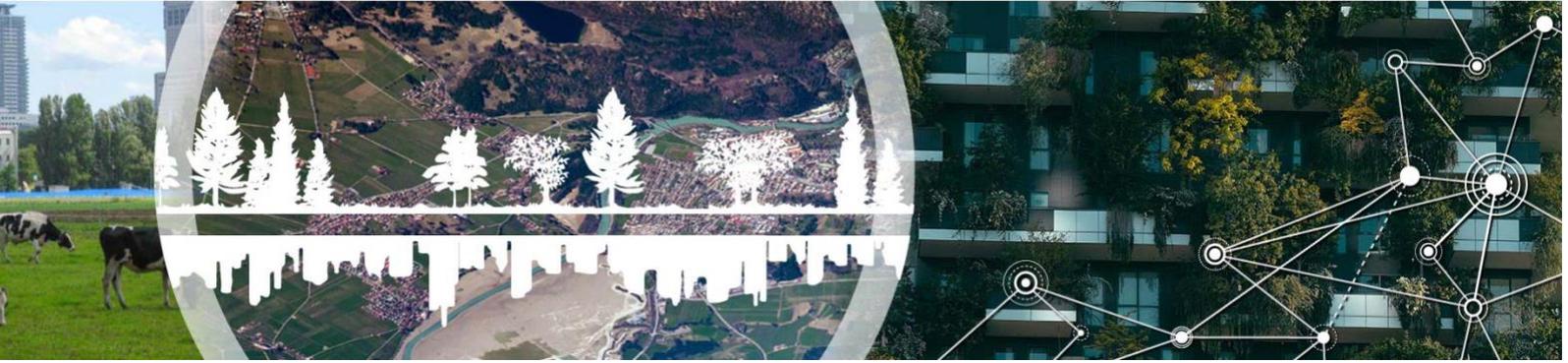
INRAE a finalisé en 2020 un rapport de réflexion prospective interdisciplinaire sur la bioéconomie (Axelos *et al.*, 2020)<sup>1</sup>. La bioéconomie y est définie comme le développement d'une économie circulaire et durable, fondée sur la production, la transformation et le recyclage de ressources biologiques renouvelables, permettant en particulier de substituer du carbone renouvelable au carbone fossile, et contribuant ainsi à réduire les émissions de gaz à effet de serre, tout en préservant les ressources naturelles, la biodiversité et en amplifiant les services écosystémiques

## Métaprogramme Bioéconomie pour les territoires urbains (BETTER)



<sup>1</sup> M. A.V. Axelos, L. Bamière, F Colin, J.-Y. Dourmad, M Duru, S. Gillot, B. Kurek, J.-D. Mathias, J. Méry, M. O'Donohue, S. Recous, V. Requillart, J.-P. Steyer, A. Thomas, S. Thoyer, H. de Vries, J. Wohlfahrt. – Réflexion prospective interdisciplinaire bioéconomie - Rapport de synthèse INRAE 2020, 70 pp.

(<https://hal.inrae.fr/hal-02866076>) DOI 10.15454/x30b-qd69



# Bioéconomie pour les territoires urbains BETTER

**Directrice :** Sophie Thoyer (UMR CEE-M, Département INRAE ECOSOCIO)

**Directeur adjoint :** Jean-Philippe Steyer (UR LBE, Département INRAE TRANSFORM)

**Cheffe de projet :** Pascale Sarni-Manchado (UMR SPO, Département TRANSFORM)

**Comité de pilotage :** (par ordre alphabétique) Joel Aubin (SAS, PHASE), Christine Aubry (SADAPT, ACT), Sami Bouarfa (UMR G-Eau, AQUA), Véronique Broussolle (UMR SQPOV, MICA), Sylvain Cauria (UMR BETA, ECOSOCIO), Fabrice Foucher (UR IRHS, BAP), Sylvie Gillot (UR REVERSAAL, TRANSFORM) Stéphane Gilbert (UMR IATE, Supagro, TRANSFORM), Bernard Kurek (UMR FARE, TRANSFORM), Isabelle Maillat (INE, DG), Jean-Denis Mathias (UR LISC, NUMM), , Christophe Schwartz (UR Sols et Environnement, Unv Lorraine, AGROENV), Anne Tremier (UR OPAALE, Transform), Julie Wohlfahrt (UR ASTER, ACT)

**Notre site internet :** <https://www6.inrae.fr/better>

## BETTER, un domaine nouveau mais légitime pour INRAE

La question du développement de la bioéconomie pour les territoires urbains est rarement saisie par les instituts de recherche dans sa globalité. Le domaine de l'urbain n'est pas complètement nouveau pour INRAE même s'il n'est pas son domaine d'application habituel. INRAE avec l'ensemble de [ses départements](#) de recherche possède toutes les compétences, outils et disciplines pour développer les recherches sur l'articulation entre les dimensions bioéconomique et alimentaire des territoires urbains et les enjeux sylvo-agricoles et environnementaux des zones d'influence des villes.

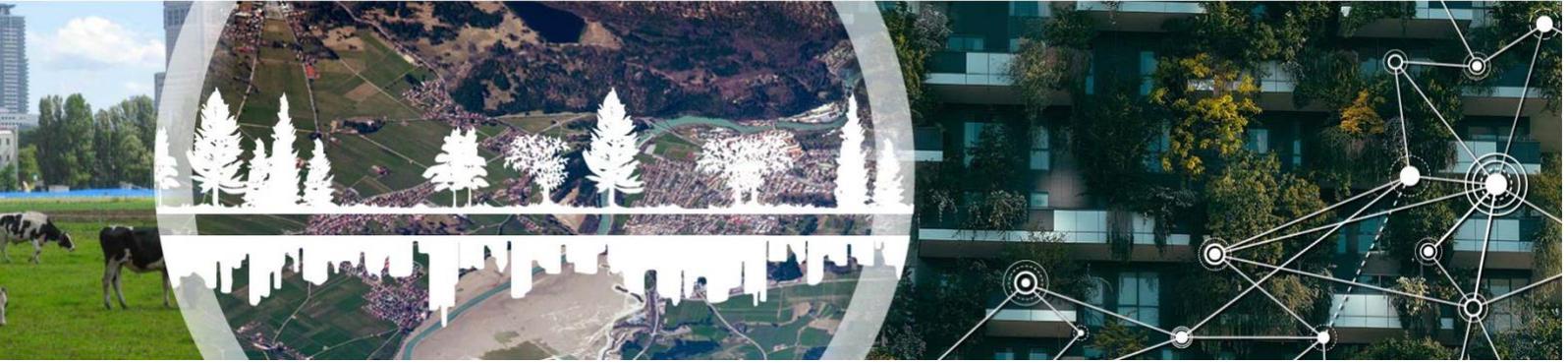
INRAE mène des recherches sur les problématiques des villes principalement à travers trois points d'entrée thématiques : 1) l'agriculture urbaine et périurbaine, en lien avec la végétalisation des villes, les circuits courts, et plus récemment les systèmes alimentaires urbains 2) les eaux résiduaires et les biodéchets en ville 3) les articulations entre dynamiques urbaines et rurales, interrogeant la taille, la forme et la localisation optimales des villes en fonction de la pression foncière, des mobilités et de l'accès aux ressources.

L'ambition du métaprogramme Bioéconomie pour les territoires urbains (BETTER) et son originalité sont d'intégrer :

- les connaissances sur les flux de nutriments, les pratiques d'amendement et de fertilisation, les risques sanitaires associés, la qualité des sols urbains ;
- les compétences sur le métabolisme des territoires, l'écologie des territoires, les systèmes agri-alimentaires territorialisés ;
- les capacités de modélisation et d'évaluation de la durabilité environnementale des territoires, en lien avec les technologies d'acquisition de données (y compris la télédétection), et le traitement de données massives ;
- les compétences sur les bioprocédés , la transformation agro-alimentaire, l'éco-conception, la méthanisation, la réutilisation des eaux usées traitées ;
- les forces en sciences sociales permettant de traiter à la fois les questions économiques (localisation des activités, modélisation des marchés), sociales (perceptions associées au développement de la bioéconomie, conflits d'usage...), et institutionnelles (gouvernance territoriale, action collective, rôle des valeurs sociales...) ;

grâce une recherche interdisciplinaire définie par la stratégie scientifique des métaprogrammes INRAE.

BETTER regroupe environ 80 chercheurs INRAE dans un premier cercle et 200 dans un deuxième cercle, principalement au sein des départements INRAE [TRANSFORM](#), [ECOSOCIO](#), [ACT](#), [AGROECOSYSTEM](#), [MATHNUM](#) et [AQUA](#). Les départements [PHASE](#), sur la place de l'animal dans le bouclage des cycles, notamment en zone urbaine et péri-urbaine, [SA](#) sur la santé animale et les risques liés à la proximité humaine, [MICA](#) sur les procédés microbiens de transformation et le contrôle des contaminants biotiques, et [BAP](#) sur les espèces végétales adaptées aux contraintes urbaines sont aussi concernés, mais avec des effectifs plus petits et plus



dispersés.

## Trois enjeux

Selon l'ONU, près de sept personnes sur dix vivront en zone urbaine en 2050 à l'échelle mondiale, notamment dans de très grandes métropoles, contre à peine plus d'une sur deux actuellement. La tendance à l'urbanisation de nos sociétés pose des défis considérables en termes de gestion des déchets et des eaux usées et d'approvisionnement en alimentation mais aussi en énergie, matériaux et eau. Au sein même des villes s'ajoutent aussi les problèmes croissants de congestion et de pollutions qui affectent la santé et le bien-être de leurs habitants. Enfin, les villes sont les principaux territoires émetteurs de gaz à effet de serre et sont donc attendues pour contribuer aux objectifs des accords de Paris sur le climat.

## Des enjeux pour la société : comment gérer les villes de demain et leurs impacts ?

L'objet de BETTER est la transition bioéconomique des villes, c'est à dire les évolutions (socio-économiques, organisationnelles, structurelles et technologiques) qui vont amener les villes à mieux valoriser et recycler leurs déchets, minéraux et produits résiduels organiques et à diminuer leur consommation directe et indirecte de carbone fossile dans une triple perspective : atteindre le zéro émission nette de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2050, contribuer aux objectifs de développement durable, et être plus résilientes face aux chocs induits par le changement climatique ou d'autres crises. Nous assistons à une réelle prise de conscience à la fois pour reconnaître que les villes sont des lieux de pollution mais aussi des lieux de solutions.

## Des enjeux scientifiques : comment apporter des solutions bioéconomiques pour les territoires urbains de demain ?

Les questionnements scientifiques sont :

- En quoi le déploiement de la bioéconomie et de plus de circularité au sein des villes et entre les villes et les campagnes peut-il contribuer à rendre les villes plus durables ?
- Quelles sont les conditions de mise en œuvre de ces transitions et comment y parvenir ?

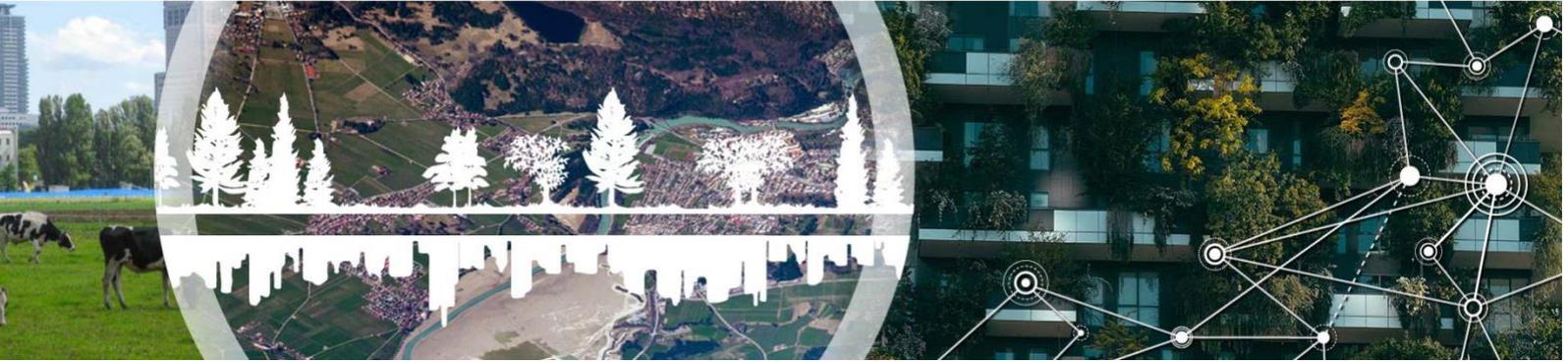
Cela suppose :

- de travailler sur la circularité des flux au sein des territoires urbains mais aussi des flux croisés villes-campagnes dans une logique de recyclage des produits, des déchets, des nutriments et des ressources en eau, pour éviter les gaspillages et limiter les pollutions;
- d'étudier le potentiel de développement de la production, de la transformation, du recyclage des produits biosourcés adaptés aux territoires urbains et périurbains, avec la perspective de réduire la dépendance des villes aux produits pétrosourcés et aux énergies fossiles et de réduire leurs émissions nettes de gaz à effet de serre (atténuation), tout en améliorant leur résilience et leur capacité d'adaptation face aux changements globaux.
- de se donner des outils d'évaluation, de modélisation, et d'accompagnement des transitions bioéconomiques dans les territoires urbains et leur zone d'influence.

## Des enjeux d'interdisciplinarité pour une approche systémique

Travailler sur la transition bioéconomique des territoires urbains exige une approche systémique alliant les disciplines biotechnologiques et les sciences humaines et sociales : les innovations technologiques pour de nouveaux procédés ne peuvent se penser indépendamment de la manière dont les biomasses et les produits résiduels organiques sont produits, transportés et stockés, et de la façon dont le système socio-économique, l'aménagement des territoires (urbains et ruraux) et les préférences des consommateurs et des citoyens évoluent.

BETTER construit une communauté de recherche à INRAE mobilisant des connaissances et compétences pluridisciplinaires et capable de travailler en interdisciplinarité sur les enjeux du développement de la bioéconomie circulaire et durable dans les territoires en se centrant sur les réponses à apporter aux défis urbains de demain.



## Trois Axes de programmation

### Améliorer la circularité des flux et le bouclage des cycles biogéochimiques

Les villes sont aujourd'hui des puits de nutriments et des mines de déchets : elles concentrent et « absorbent » de grandes quantités de produits, notamment des denrées alimentaires. Elles ont une gestion des biodéchets et des eaux usées le plus souvent centralisée et représentant une charge pour la collectivité (coûts, nuisances), en ne contribuant que très imparfaitement au bouclage des cycles de nutriment et de l'eau.

#### Diagnostiquer le métabolisme urbain et périurbain.

Il s'agit de caractériser, quantifier, tracer et modéliser les flux de matières et de nutriments nécessaires à la ville, et de proposer des métriques pour mesurer l'impact des villes sur l'environnement. Sur le volet nutriments, INRAE et ses partenaires sont déjà impliqués dans des travaux méthodologiques et de quantification avec les approches métaboliques des systèmes alimentaires et des territoires issues de l'écologie territoriale. Notre ambition est d'**inclure non seulement les flux entrants et sortants mais aussi de considérer sous quelles formes sont stockés les nutriments carbone, azote, phosphore (boues résiduaire, déchets alimentaires, déchets verts), leur variabilité spatio-temporelle, leur hétérogénéité et leurs caractéristiques**. L'analyse métabolique classique doit aussi être complétée par une analyse des contaminants entrants et sortants. Ces diagnostics nécessitent un travail sur les bases de données existantes ou à construire et les systèmes d'informations à faire évoluer y compris pour assurer la traçabilité (en mobilisant le numérique et le spatial, mais aussi la participation citoyenne).

#### Repenser le recyclage et la valorisation des produits résiduaire issus des territoires urbains.

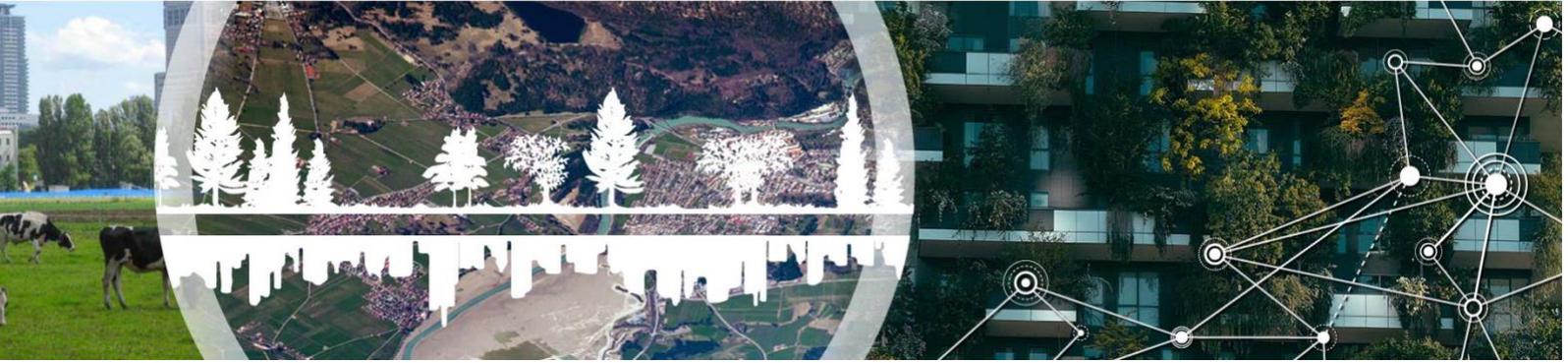
Comment organiser l'ingénierie reverse pour collecter, trier et rassembler les produits résiduaire en fonction des besoins de matières premières secondaires ? Les différentes formes de collecte et de valorisation, par exemple en comparant les systèmes centralisés avec des solutions locales innovantes de type micro-méthanisation, compostages de quartier, co-génération ou bioraffineries adaptées aux déchets urbains et à petite échelle seront évaluées. Ces options posent des **questions technologiques liées aux infrastructures à repenser, au changement d'échelle de la transformation** (gestion de l'hétérogénéité temporelle des sources de bio-déchets, stockage, traitement et nuisances à l'échelle locale, ...). **S'y ajoutent des questions organisationnelles et économiques sur les usages et la répartition de la valeur de ces «déchets/ressources», et des enjeux sociaux sur l'acceptabilité de ces solutions et la prise en charge par des nouveaux collectifs**. Elles nécessitent aussi de comprendre comment les règles et les normes ainsi que les politiques publiques incitatives peuvent freiner ou accélérer les transitions, qui sont les perdants et les gagnants de ces évolutions et leur résistance au changement.

#### Intensifier et ré-organiser les flux de nutriments ville-ville et ville-campagne.

Améliorer le bouclage des cycles biogéochimiques en organisant le retour au sol des nutriments pour assurer un maintien des capacités productives des systèmes agricoles ou forestiers des zones qui alimentent les centres urbains en matières alimentaires et non alimentaires relève des ambitions de BETTER. Quelles formes de marchés ou d'échanges contractuels peuvent se mettre en place au sein de la ville elle-même, par exemple pour alimenter en eau et matières fertilisantes les espaces verts, les fermes et les forêts urbaines, et entre villes et zones agricoles et forestières ? **Comment articuler aires d'approvisionnement des villes et aires d'assimilation pour assurer la circularité ?** Quelles sont les conséquences à prévoir en termes de redistribution spatiale de la fertilité, dans les villes, dans les espaces autour des villes et dans les zones rurales ?

#### Proposer des solutions pour maîtriser le devenir des contaminants

Le devenir des contaminants biotiques et abiotiques dans les systèmes de recyclage ou de traitement des co-produits, des déchets organiques et des eaux usées constitue un enjeu sanitaire prioritaire. Les phénomènes de bio-accumulation et bio-amplification au travers des réseaux trophiques et des cycles biogéochimiques, l'identification des contaminants, leur gestion ou leur élimination constituent un défi majeur auquel les villes auront à faire face si elles s'engagent dans un processus renforcé de recyclage et de valorisation de leurs déchets : **comment ces contaminants sont-ils transformés, quelle est la contribution des mécanismes physicochimiques et biologiques dans leur évolution, comment assurer leur traçabilité et leur contrôle, comment réduire leur volume et leur toxicité, et comment en disposer de la manière la plus efficace pour le bouclage des cycles ?**



## Réussir la durabilité et la résilience de la ville de demain par la bioéconomie

Une des voies de réponse pour réduire l'impact environnemental des villes, notamment leur empreinte carbone, est de réduire leur dépendance, directe et indirecte, aux produits fossiles pour leurs besoins en alimentation, en énergie, en matériaux et en molécules d'intérêt. Il s'agit de repenser une organisation et des usages pour demain qui soient plus sobres, qui réduisent les déchets à la source, et s'appuient davantage sur les bio-ressources, l'optimisation de leurs fonctionnalités et de leurs usages et bien sûr leur recyclage. Ces orientations posent des questions spécifiques en milieu urbain sur (1) l'analyse de la demande future ; (2) les solutions technologiques, organisationnelles et institutionnelles pour le déploiement d'une économie urbaine biosourcée ; (3) l'articulation entre les flux locaux et globaux et l'évaluation multi-critère et multi-échelle de ces orientations.

### Les évolutions des demandes et les attentes pour les produits biosourcés.

**Les nouvelles conditions de vie des citoyens**, de leurs revenus, de leurs pratiques et de leurs préférences (par exemple sur les déplacements, les habitats, les modes de consommation, les emballages, les perceptions des déchets, etc.) **vont faire évoluer leurs demandes et leurs attentes** notamment pour les produits biosourcés, l'alimentation mais aussi les matériaux de construction, le mix bioénergétique en ville, et les solutions fondées sur la nature se substituant à des technologies pétrosourcées. Les changements de consommation et d'usage vont aussi reconfigurer le volume, la nature et la localisation des produits à recycler et des déchets ultimes. Ces évolutions doivent être anticipées pour identifier les technologies les plus pertinentes à développer, et dimensionner les investissements et les filières à mettre en place.

### Intégrer la production, la transformation, l'usage, le recyclage et la fin de vie des produits biosourcés dès leur conception

Il apparaît primordial de raisonner **la localisation et le dimensionnement optimaux de ces activités**, en ville ou loin des villes, en lien avec les solutions technologiques et les infrastructures à développer pour répondre aux besoins et aux contraintes urbains : changement d'échelle des process pour faire face aux contraintes d'espace, normes de sécurité et sanitaires, nuisances, contraintes d'infrastructures, etc. Cela suppose aussi de conduire les évaluations des compromis à trouver entre nuisances locales et bénéfices globaux ou l'inverse.

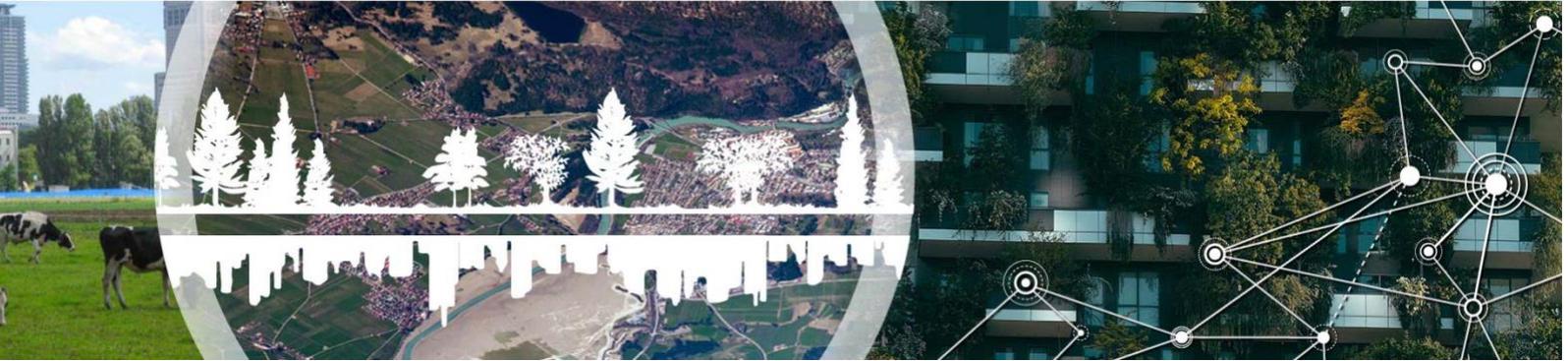
### Raisonner et évaluer la coexistence et la complémentarité des flux locaux et globaux

Un certain nombre de villes choisissent de miser sur une **plus grande autonomie d'approvisionnement alimentaire** mais aussi, et c'est plus nouveau, sur plus d'autonomie non alimentaire, à la fois pour réduire leur empreinte carbone mais aussi pour être plus résilientes et être capables de faire face à certains chocs ou crises. Cela se traduit par l'explosion des circuits courts locaux, le développement des projets d'agriculture urbaine et la montée en puissance des politiques des collectivités en faveur de projets alimentaires territoriaux et de gestion des territoires agricoles et forestiers sous leur gouvernance. BETTER aborde l'évaluation de ces stratégies au regard des objectifs de développement durable et de résilience, et **les équilibres à trouver** entre approvisionnement de proximité et flux en provenance des grands bassins de production en Europe ou au-delà. Ces évolutions auront un **impact qu'il faudra anticiper sur l'organisation des territoires** autour des villes pour gérer la demande accrue des villes (en biomasse mais aussi en sols) tout en préservant les écosystèmes, et en intensifiant les services qu'ils fournissent, y compris dans leur dimension récréative.

## Construire les trajectoires de transition bioéconomique vers des villes plus durables et plus résilientes

### Construire des outils de scénarisation et de modélisation des trajectoires de transition bioéconomique des villes et de leurs territoires d'influence

BETTER construit la réflexion sur le bouclage des cycles et le recours aux produits et services biosourcés avec l'ambition de mettre en place un **modèle simplifié d'un territoire urbain virtuel** sur lequel pourrait être testé quantitativement l'impact des différents scénarios envisagés. Cet exercice de modélisation servira avant tout comme outil innovant de facilitation des échanges entre chercheurs de différentes disciplines pour aider à l'identification des priorités de recherche et des besoins de données et d'informations.



### Etablir des méthodologies d'évaluation des trajectoires de transition

Au-delà du seul périmètre de la ville, il faut pouvoir évaluer les arbitrages entre les impacts sur l'environnement global, les impacts locaux supportés par les citoyens, ou indirectement par les zones périphériques et d'influence des villes, notamment quand **ces effets sont inégalement répartis spatialement et temporellement**. Cela suppose de développer les techniques d'évaluation existantes (analyses de cycle de vie territoriales, modèles d'optimisation

dynamique, analyses multicritères, bilans métaboliques) en portant une attention particulière à la façon dont ils peuvent permettre de comparer **différentes dynamiques de transition**.

### Analyser la gouvernance des transitions bioéconomiques des villes et des territoires

L'évolution des villes passera aussi par la volonté politique des élus locaux, les outils réglementaires et incitatifs à leur disposition, l'implication des acteurs économiques et les engagements citoyens dans les transitions. Peut-on construire une typologie des territoires urbains et la lier à des trajectoires de transition ? En quoi **ces trajectoires seront influencées par les confrontations d'acteurs qui sont porteurs d'intérêts et de logiques différentes** ? La compétence acquise d'INRAE sur l'accompagnement des agriculteurs et des territoires ruraux vers la transition agro-écologique sera mobilisée pour construire des outils favorisant l'échange et l'innovation et associant des collectifs citoyens à différentes échelles, notamment dans l'articulation urbain – péri-urbain – rural. Le potentiel transformant des approches participatives (par exemple pour co-construire des solutions opérationnelles acceptées et partagées) sera à évaluer.

---

## BETTER, les outils

### Un appel à manifestation d'intérêt annuel pour le financement (AMI)

- de consortia interdisciplinaires

Les consortia (durée 18 mois – 10 000 euros) ont pour ambition de faciliter les échanges et les interactions entre scientifiques de disciplines différentes, dans le domaine du métaprogramme BETTER. Les activités peuvent concerner :

- l'incubation d'un projet impliquant de nouvelles communautés interdisciplinaires
- la rédaction d'un article de référence
- l'organisation et la réalisation d'un événement scientifique
- L'organisation d'une école-chercheur, ou d'une école d'été, ou de formation.

- de projets exploratoires

Les projets exploratoires (2 ans – 50 000 euros) proposent des actions concrètes pour répondre à des questions de recherche bien identifiées, répondant aux priorités et aux fronts scientifiques du métaprogramme. Il cible des projets interdisciplinaires originaux et innovants, qui ne pourraient pas trouver facilement des financements dans les circuits classiques

- d'un projet emblématique

Le projet emblématique (>2 ans - 100 - 300 k€) est issu de la co-construction d'un projet  
*Financement des unités INRAE. Les participations externes sont possibles mais n'ouvrent pas droit à financement MP*

Des séminaires, des rencontres, un site internet, une liste de diffusion ...

Pour nous contacter [better@inrae.fr](mailto:better@inrae.fr) <https://www6.inrae.fr/better>

---



**Métaprogramme BETTER**  
Bioéconomie pour les territoires urbains  
[better@inrae.fr](mailto:better@inrae.fr)

Rejoignez-nous :



[inrae.fr](http://inrae.fr)

**Institut national de recherche pour  
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**INRAE**