

Etude du potentiel d'impact du biomimétisme forestier en Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est



vertigo
lab

Table des matières

Contexte et objectifs de l'étude	4
Synthèse	6
Méthodologie mobilisée	8
2.1. Cadre méthodologique.....	8
2.2 Etude du potentiel d'impact du biomimétisme forestier	8
2.3 Etude d'opportunité d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier	11
Potentiel d'impact du biomimétisme forestier en Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est	12
3.1 Diagnostic socio-économique territorial	12
3.1.1. Portait socio-économique des deux régions	12
3.1.2. Portait de la recherche sur le territoire, en lien avec le développement du biomimétisme	22
3.2 Etudes de cas	34
3.2.1 Modulatio : structures alvéolaires bio-inspirées	34
Présentation générale de la structure	35
Présentation d'une application de la solution Modulatio : Modula'Dalle	36
Les impacts environnementaux.....	38
Les impacts socio-économiques	43
Perspectives et projections.....	45
3.2.2 Pépinières Naudet : pépinière forestière et développement de solutions en agroforesterie	49
Présentation générale de la structure	49
Présentation de l'agroforesterie.....	50
Les impacts environnementaux.....	52
Les impacts socioéconomiques	54
Perspectives et projections.....	56
3.2.3 Zebram : linge de lit innovant	58
Présentation générale de la structure	58
Présentation d'une application de la solution Zebram : Le linge de lit actif	59
Les impacts environnementaux.....	61
Les impacts socioéconomiques	63

Perspectives et projections.....	64
3.3 Evaluation des retombées socio-économiques à l'échelle du territoire Bourgogne-France-Comté et Grand Est	70
3.3.1. Evaluation du déploiement du biomimétisme pour le niveau 1.....	72
3.3.2. Evaluation du déploiement du biomimétisme pour le niveau 2	74
3.3.3. Evaluation du déploiement du biomimétisme pour le niveau 3	76
Etude d'opportunité d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier	78
4.1 Retour sur l'expérience du pôle d'excellence en biomimétisme marin de Biarritz.....	78
4.2 Analyse de l'opportunité d'un centre dédié au biomimétisme forestier	80
4.3 Modélisation des impacts potentiels.....	89
4.4 Conclusion, prochaines étapes et préconisations	94
Annexe 1 : Présentation d'ImpacTer	97
Annexe 2 : Liste des 38 postes de secteurs d'activité	100

Contexte et objectifs de l'étude

Créé en novembre 2019, le Parc national de forêts, 11ème parc national français, couvre 2 180km², avec un Cœur de 53 909ha composé à 95% de forêts sur les régions Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est.

Convaincu du potentiel du biomimétisme, le Parc national de forêts souhaite faire de celui-ci un axe de développement pour le parc. Plusieurs actions sont menées en parallèle avec Ceebios : l'organisation d'un Créathon, la réalisation d'une étude sur le biomimétisme forestier, la transformation d'une maison du parc en centre physique dédié au biomimétisme, etc. Pour soutenir ce projet de développement, le Parc national de forêts souhaite s'intéresser aux impacts potentiels du biomimétisme forestier pour son territoire.

La présente étude comportait les objectifs suivants :

- ✓ Evaluer les **impacts potentiels du biomimétisme forestier pour le territoire** (bénéfices socio-économiques et environnementaux),
- ✓ Etudier l'opportunité et le potentiel d'impact d'un **centre physique dédié au biomimétisme forestier**.

Cette étude s'est inscrite en complémentarité avec le travail mené par Ceebios. Notamment, nous nous appuyons sur la définition du biomimétisme forestier qui a été co-construite avec le Parc national. Celle-ci s'articule autour de 3 niveaux :

1. L'écosystème forestier inspire le biomimétisme,
2. L'innovation bio-inspirée au service de la filière forêt-bois,
3. La forêt, un levier pour des transitions territoriales inspirées par le vivant.

Le schéma ci-dessous présente cette définition du biomimétisme forestier.

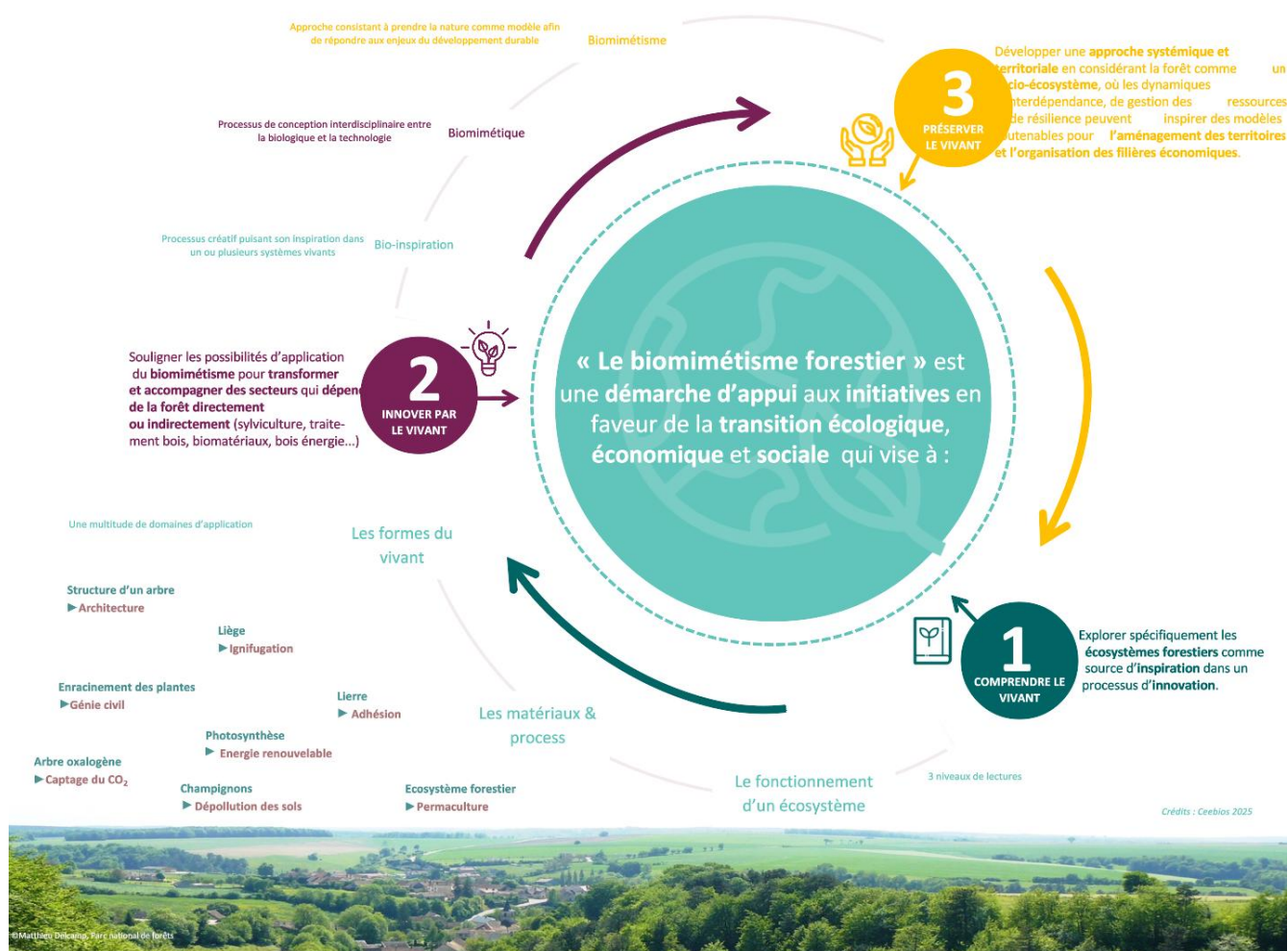


Figure 1 : Représentation schématisque de la définition du biomimétisme forestier. (Source : Ceebios)

Synthèse

LE BIOMIMÉTISME EN REGIONS BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE et GRAND EST

Etude réalisée par **vertigo** avec le soutien de



Le Parc national de forêts, avec un Cœur de **53 676ha**, composé à **95% de forêts** sous protection forte, préserve des patrimoines naturels, paysagers et culturels d'exceptions, situés à cheval entre les régions Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté.

Fort de cette richesse, le Parc national de forêts a souhaité s'intéresser au potentiel du **biomimétisme forestier** et à ses **impacts socio-économiques et environnementaux**.



Qu'est-ce que le **biomimétisme forestier** ?

« Le biomimétisme forestier est défini comme une démarche d'appui, aux initiatives existantes, en faveur de la transition écologique, économique et sociale qui vise à **comprendre le vivant, innover par le vivant et cohabiter avec le vivant**. »
(source : Livre blanc sur le biomimétisme forestier, Ceebios)

3 ETUDES DE CAS POUR CARACTERISER LE BIOMIMÉTISME FORESTIER

Modulatio : des structures alvéolaires bio-Inspirées



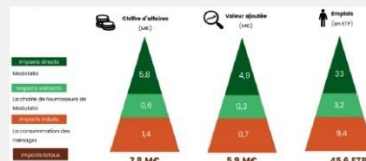
Modulatio est une entreprise spécialisée dans la conception de **structures alvéolaires et trabéculaires à variation de densité** pour un usage dans le BTP et dans l'industrie. Ces structures, obtenues par moulage, permettent de faire varier la densité relative de la matière en fonction des besoins.



En 2029, Modulatio pourrait générer au total : **7,8 M€ de chiffre d'affaires** et soutenir **45,6 emplois ETP** en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté.



Bénéfices environnementaux : l'ensemble des solutions développées par Modulatio visent à atteindre un but commun : réduire l'utilisation de la quantité de matière utilisée dans les procédés, à propriétés et qualités égales à la solution classique. Ainsi, la solution **Moduladalle économise 65% de matière** par rapport à une solution classique. Les solutions de Modulatio contribuent ainsi à préserver les ressources naturelles, réduire la consommation en énergie, limiter l'usage des sols, et diminuer les émissions de CO₂.



Si **6,2%** du secteur de la construction du territoire adoptait les solutions de Modulatio **42 tCO₂eq** serait évitées.

Pépinières Naudet : une pépinière forestière et des solutions en agroforesterie



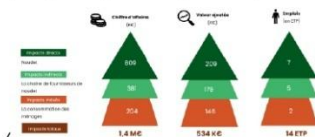
Les conseillers spécialisés de Naudet Agroforesterie interviennent pour développer des solutions d'agroforesterie en aidant à la sélection d'essences adaptées, conception des plans de plantation et accompagnement technique pour la mise en œuvre.



En 2024, les activités d'agroforesterie des pépinières Naudet génèrent un total de **1,4M € de chiffre d'affaires** et soutiennent **14 emplois ETP** en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté.



Bénéfices environnementaux : l'agroforesterie est reconnue pour un certain nombre de bénéfices : préservation de la biodiversité, stockage carbone, réduction de l'érosion, amélioration de l'infiltration de l'eau, création d'habitats pour les auxiliaires de cultures, etc.



Si **2%** du secteur agricole adoptait des pratiques agroforestières, cela générerait sur le territoire : **+8M€ de chiffre d'affaires, +26M€ de valeur ajoutée et + 26 emplois ETP** sur le territoire.

Zébram : du linge de lit innovant



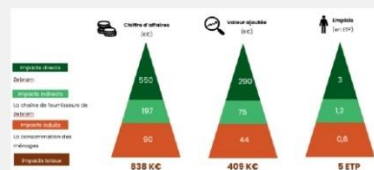
Zébram développe du « linge de lit actif » pour répondre aux besoins de confort de ses utilisateurs. L'innovation principale de l'entreprise est l'intégration de charbon actif au tissu du linge de lit afin de lui conférer divers bienfaits. Il a également été développé une solution inspirée de la nature : le revers « hotfoot » pour un maintien thermique des pieds, accélérateur d'endormissement et réducteur de réveils nocturnes.



En 2030, Zébram pourrait générer un total de **838 000€ de chiffre d'affaires** et soutenir **5 emplois ETP** en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté.

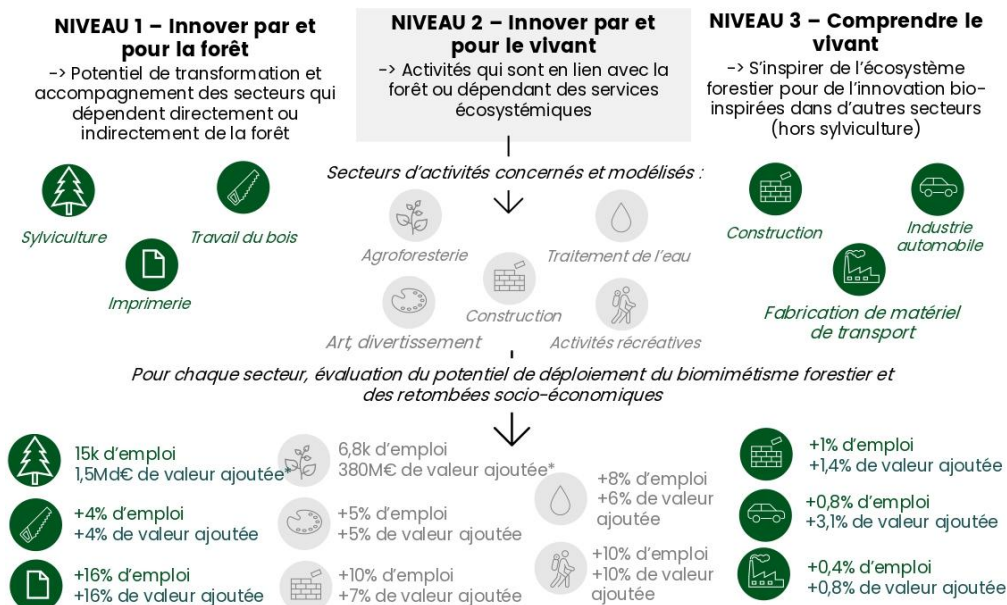


Bénéfices environnementaux : encore très jeune, Zébram ne présente pas à l'heure actuelle de bénéfices environnementaux importants avérés mais prévoit un sourcing issu de produits végétaux du Parc national, de contribuer à régénérer l'écosystème forestier et de réduire l'empreinte carbone de ses produits.



QUEL POTENTIEL SOCIO-ECONOMIQUE A HORIZON 2035 SUR LE TERRITOIRE ?

3 simulations pour les 3 niveaux de définition du biomimétisme forestier



(*) pour ces secteurs, il n'a pas été possible faute des données suffisantes de comparer la modélisation à la situation initiale. Les données correspondent donc aux effets bruts du déploiement du biomimétisme dans ces secteurs.

VERS UN CENTRE PHYSIQUE DEDIE AU BIOMIMETISME FORESTIER

Retours des acteurs du territoire quant au biomimétisme forestier :

- Intérêt réel pour le biomimétisme forestier, avec des niveaux de connaissance très variables
- Besoin d'approfondissement du sujet, de son potentiel et de ses applications,
- Potentiel identifié en matière d'innovation, différent selon les acteurs : pour des approches de ruptures sur la filière bois pour certains, en matière d'agronomie en s'inspirant des écosystèmes forestiers pour d'autres
- Besoin en animation de territoire, des projets et méthodes pour faire émerger des projets innovants territoriaux
- Besoin en financement, pour soutenir le développement et déploiement du sujet
- Nécessité exprimée de l'émergence d'un **acteur légitime qui prenne le lead** et opère des choix stratégiques
- Importance de **se soumettre au jeu du collectif**, d'accepter la confrontation des points de vue
- Difficulté de **passer d'un concept et modèle de pensée très intéressant à un prototype puis solution opérationnelle** : « ce passage constitue un vrai gap de connaissance »
- Sentiment que la **démarche méthodologique n'est pas encore assez mature**, doit faire ses preuves, et démontrer un intérêt opérationnel concret

2 scénarios pour un centre physique dédié au biomimétisme forestier :

Scénario 1 – centre « technopôle »

Un technopôle autour du biomimétisme forestier, rassemblant des acteurs académiques (formation et recherche) et économique (innovation, transfert, start-ups)

Investissements nécessaires	●●●○
Impacts socio-économiques	●●●○
Impacts environnementaux	●●○○
Impacts territoriaux	●●○○

Scénario 2 – centre de ressources

Un centre de ressources sur le biomimétisme forestier, concentré sur la mise à disposition et diffusion de connaissances, ainsi que l'animation

Investissements nécessaires	●●○○
Impacts socio-économiques	●●○○
Impacts environnementaux	●○○○
Impacts territoriaux	●○○○

QUELLES RECOMMANDATIONS POUR FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DU BIOMIMÉTISME FORESTIER ?

- Un centre physique **nécessaire** pour initier et développer une dynamique et des synergies sur le territoire autour du biomimétisme forestier
- Néanmoins, des **conditions de maturité du sujet et mobilisation des acteurs qui ne semblent pas réunies** pour envisager aujourd'hui le scénario 1.
- Un **scénario 2 qui apparaît plus réaliste** à court-moyen terme, et qui pourrait constituer une 1^{ère} étape vers le scénario 1.

Méthodologie mobilisée

2.1. Cadre méthodologique

L'étude s'est articulée autour de quatre grandes étapes :

1. Cadrage méthodologique
2. Evaluation des impacts socio-économiques et environnementaux du biomimétisme forestier
3. Etude de trois solutions bio-inspirées
4. Etude d'opportunité et du potentiel d'impact d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier.

Le schéma ci-dessous résume le calendrier de travail.

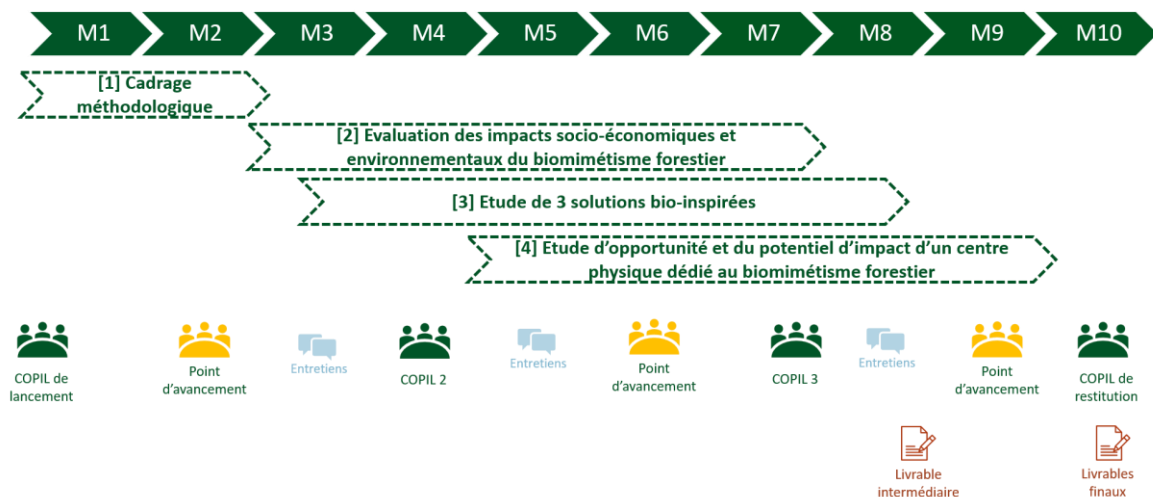


Figure 2 : Calendrier de travail de l'étude.

2.2 Etude du potentiel d'impact du biomimétisme forestier

Etant donné la localisation géographique du Parc national à cheval sur les deux régions françaises Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté, le périmètre géographique retenu pour cette étude est l'ensemble des deux régions.

Le biomimétisme forestier étant un axe de recherche très innovant avec encore peu d'applications industrielles, les bases de données publiques disponibles ne permettent pas une mise en évidence aisée des effets du biomimétisme forestier. Aussi, l'évaluation des retombées socioéconomiques s'est basée sur cette méthodologie :

- Revue de la littérature : récupérer les connaissances actuelles à travers les rapports et études statistiques déjà publiés ;
- Diagnostic socio-économique succinct du territoire ;
- Réalisation d'entretiens pour récupérer des données quantitatives et qualitatives nécessaires à l'évaluation ;
- Réalisation d'études de cas pour étudier plus finement des solutions bio-inspirées ;
- Extrapolation des retombées socioéconomiques et des impacts environnementaux à l'échelle des deux régions sur la base de cette revue bibliographique et des entretiens réalisés.

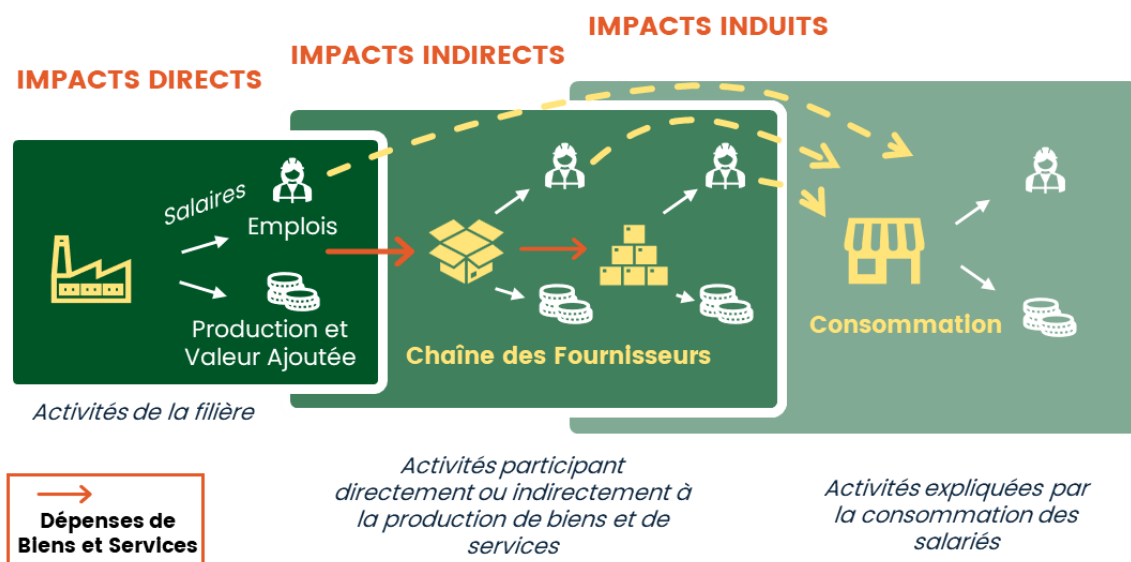
Nous avons mobilisé l'outil ImpacTer développé au sein de Vertigo Lab pour évaluer les retombées socioéconomiques du développement du biomimétisme forestier au sein des deux régions. Notre modèle s'appuie sur un modèle économique robuste et reconnu par l'ensemble du monde académique qui est le modèle entrées-sorties (ou modèle de Leontief). Ce modèle s'appuie sur les tableaux entrées-sorties qui sont publiés annuellement par les instituts statistiques Insee et Eurostat. Un tableau entrées-sorties est un tableau de la comptabilité nationale qui décrit comment les différents secteurs d'une économie (industrie, agriculture, services, etc.) échangent des biens et services entre elles. Il montre, sous forme de tableau, d'où viennent les ressources utilisées par chaque secteur (entrées) et comment elles sont transformées en production finale (sorties). Cela permet d'analyser les interdépendances entre secteurs.

Le modèle évalue les retombées socio-économiques selon les trois types d'impacts :

- **Impacts directs** : ils correspondent à l'impact sur le secteur concerné par l'évaluation. Par exemple, si on souhaite évaluer les impacts du développement du secteur de la sylviculture, l'impact direct concerne uniquement le secteur de la sylviculture.
- **Impacts indirects** : ils correspondent à l'impact du secteur concerné par l'évaluation sur l'ensemble de la chaîne de valeur en amont. La production sylviculture exige l'achat de différents biens et services locaux qui auront un impact sur l'ensemble de la chaîne de ses fournisseurs (fournisseurs directs, mais aussi fournisseurs des fournisseurs, et ainsi de suite).
- **Impacts induits** : ils correspondent à l'impact de la consommation locale du revenu des travailleurs localisés dans le secteur concerné ou dans la chaîne de valeur amont du secteur concerné. En reprenant l'exemple du secteur de la sylviculture, les impacts comprennent la consommation des travailleurs sylvicoles, et la consommation des travailleurs localisés dans la chaîne des fournisseurs du secteur sylvicole.

Sur la base de l'évaluation de ces trois types d'impacts, le modèle calcule les multiplicateurs. Ces multiplicateurs traduisent les retombées socio-économiques (en termes de chiffre d'affaires, de valeur ajoutée et d'emplois) expliquées par un euro de chiffre d'affaires d'une entreprise ou d'un secteur. Les multiplicateurs sont utilisés pour évaluer les **effets d'entraînement** (ou effets ricochets) ainsi que **les fuites de richesse économiques**. Une entreprise qui a des valeurs élevées en matière de multiplicateurs signifie qu'elle génère un fort effet d'entraînement sur l'économie du territoire. Les effets d'entraînement

sont d'autant plus forts qu'une partie importante du chiffre d'affaires est réinjectée sous forme de dépenses auprès des fournisseurs français (réduction des fuites de richesses associées aux importations) ou destinés à rémunérer les salariés (part importante de la valeur ajoutée destinée à la rémunération des salariés).



Graphique 1 : Présentation des trois types d'impacts calculés par le modèle ImpacTer de Vertigo Lab

Les multiplicateurs sont décomposés selon trois types :

- **Multiplicateurs directs** : ils correspondent aux impacts générés en moyenne par un euro de chiffre d'affaires d'un secteur (p.ex., la sylviculture) sur la valeur ajoutée et le nombre d'emplois au sein de ce secteur (p.ex., la sylviculture).
- **Multiplicateurs directs et indirects** : ils correspondent à la somme des impacts directs et indirects générés en moyenne sur l'économie d'un territoire (en termes de chiffre d'affaires, de valeur ajoutée et d'emplois) pour chaque euro de chiffre d'affaires réalisé par un secteur (p.ex., la sylviculture).
- **Multiplicateurs directs, indirects et induits** : ils correspondent aux impacts totaux (à savoir la somme des impacts directs, indirects et induits) générés en moyenne sur l'économie du territoire (en termes de chiffre d'affaires, de valeur ajoutée et d'emplois) pour chaque euro de chiffre d'affaires réalisé par un secteur (p.ex., la sylviculture).

Une présentation détaillée de notre outil ImpacTer est disponible en annexe 1 du document.

La réalisation d'une étude prospective exige de simuler l'évolution d'un taux de pénétration d'un process de production ou d'un produit issu du biomimétisme forestier. Pour cela, nous nous sommes basés sur les travaux du chercheur Roger (1995¹). Ce chercheur a estimé que le taux de pénétration suivait une courbe logistique. Au départ, l'adoption d'une nouvelle technologie s'effectue d'une manière très lente, avec l'adoption par des entreprises

¹ Rogers, EM, 1995, Diffusion of innovations (4th ed). New York: Free Press

« pionnières ». Grâce aux effets de réseaux et à la baisse des coûts permise par les économies d'échelle, la diffusion de la technologie s'accélère. Par la suite, cette diffusion se ralentit au fur et à mesure que le développement s'approche de la saturation du marché. Nous avons mobilisé cette approche pour estimer un **taux de pénétration** de la solution sur le marché pour la diffusion du process de production bio-inspirée développé par Modulatio.

Le taux de pénétration de la technologie est calculé à partir de cette équation :

$$F(t) = \frac{K}{1 + e^{-r(t-t_0)}}$$

La variable K correspond à la taille maximale du marché. Le K peut être exprimé soit en valeur absolue (p.ex., si on estime que 100 000 ménages au maximum peuvent adopter une pompe à chaleur alors K = 100 000) ou comme une part maximale de taux de pénétration (si 50 % des bâtiments peuvent intégrer une pompe à chaleur, alors K=0,5).

La variable r correspond au taux de croissance de l'adoption. Plus « r » est élevé, plus la technologie se diffuse rapidement. La variable t₀ correspond au point d'inflexion de la courbe (à savoir la date où le taux de pénétration augmente le plus rapidement). Ces différents paramètres sont généralement estimés à partir d'une revue de la littérature sur des technologies et des secteurs relativement similaires.

2.3 Etude d'opportunité d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier

Afin d'apprécier les effets potentiels de la création d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier dans l'enceinte du Parc, nous avons mobilisé la méthode suivante.

Nous nous sommes intéressés tout d'abord à l'opportunité d'un tel centre en définissant le projet : objectifs, activités, fonctionnement, moyens nécessaires, etc.

Nous avons ensuite capitalisé sur l'expérience du pôle d'excellence en biomimétisme marin de Biarritz. Ceebios et Vertigo Lab ont réalisé l'étude d'opportunité du centre de biomimétisme marin lors des réflexions portées par la collectivité et les acteurs du territoire. Les liens étroits entre le centre et le Ceebios ont permis de recueillir facilement des informations à jour concernant le centre (réalisations, moyens mobilisés, etc.).

A partir de ces informations, nous avons cherché à modéliser les impacts potentiels liés à la création d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier. Nous avons ainsi cherché à estimer le chiffre d'affaires, la valeur ajoutée, et les emplois soutenus sur le territoire par le futur centre. Les résultats produits doivent alimenter les réflexions du Parc national quant à la pertinence d'un tel centre.

Potentiel d'impact du biomimétisme forestier en Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est

Cette première partie présente les résultats de l'étude concernant le potentiel d'impact du biomimétisme forestier en Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est. Nous débutons par la présentation d'un succinct diagnostic territorial macroéconomique, avant de présenter les études de cas réalisées, et enfin une analyse globale et perspectives.

3.1 Diagnostic socio-économique territorial

Ce succinct diagnostic territorial qui constituera une base de l'analyse du potentiel socio-économique du biomimétisme forestier s'appuie tout d'abord sur le portrait socio-économique des deux régions ; puis sur un zoom sur le secteur de la recherche, secteur central pour envisager le développement et déploiement de solutions bio-inspirées.

3.1.1. Portrait socio-économique des deux régions

La région Grand Est

Le PIB de la région Grand Est s'élève à 178 925M€ en 2022, soit une contribution de 6,8% au PIB français (DOM compris). Parmi les 13 régions de la France métropolitaine, la région Grand Est se positionne ainsi en 7^{ème} position. Cependant, si on raisonne en PIB par habitant, la région Grand Est se situe en 8^{ème} position parmi les 13 régions métropolitaines avec un PIB par habitant de 32 159€ contre une moyenne nationale de 35 449€, ou 33 132€ en enlevant la région Ile-de-France dont le PIB très élevé tire artificiellement la moyenne vers le haut.

Le taux de pauvreté dans la région Grand Est s'élève à 15,1%, très légèrement au-dessous de la moyenne nationale en comprenant Martinique et Réunion (15,3%). Par rapport aux 13 régions métropolitaines, la région Grand Est se positionne à la 8^{ème} place, juste au-dessus de l'île de France (16,1% en 2022). Par ailleurs, toujours en 2022, le taux de chômage était de 7,1%, soit un taux de chômage inférieur à la moyenne nationale hors Mayotte qui était de 7,3%. Parmi les 13 régions métropolitaines, la région Grand Est se situe en 10^{ème} position.

LA REGION GRAND EST

 **7^{ème}** position des régions françaises contribuant au PIB

8^{ème} position des régions en matière de taux de pauvreté

 **7,1%** taux de chômage, inférieur à la moyenne française

Spécialisation économique

La réalisation d'un diagnostic socio-économique régional nécessite de connaître les secteurs pour lesquels la région est spécialisée. Cela permet d'identifier les spécificités de la structure productive régionale, et de repérer les secteurs pour lesquels la région possède un avantage comparatif par rapport à d'autres régions françaises. L'identification de ces secteurs repose sur la construction d'un indicateur appelé **quotient de localisation**. Cet indicateur compare la **contribution d'un secteur sur le PIB régional par rapport à la contribution de ce même secteur au PIB national**. Si la valeur de cet indicateur est sensiblement supérieure à 1 pour un secteur, cela signifie que ce secteur contribue relativement davantage à la création de la richesse économique de la région Grand Est qu'à celle de la France. On dit alors que la région est spécialisée dans ce secteur.

Le tableau ci-dessous présente les secteurs pour lesquels la valeur des quotients de localisation (SQL) est significativement supérieure à un.

	Activité	SQL
2	Sylviculture et exploitation forestière	2,62
05-09	Industries extractives	1,84
10-12	Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac	1,21
13-15	Fabrication de textiles, industrie de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure	1,39
16	Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles ; fabrication d'articles en vannerie et sparterie	1,82
17	Industrie du papier et du carton	2,53
18	Imprimerie et reproduction d'enregistrements	1,27
20	Industrie chimique	1,25
21	Industrie pharmaceutique	2,11
22	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	1,77
23	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	1,55
24	Métallurgie	3,32
25	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	1,58
27	Fabrication d'équipements électriques	2,15
28	Fabrication de machines et équipements n.c.a.	2,35
29	Industrie automobile	3,40
31-32	Autres industries manufacturières n.c.a.	1,43
35	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	1,94
36	Captage, traitement et distribution d'eau	2,12
37-39	Collecte et traitement des eaux usées, traitement des déchets et dépollution	1,37
50	Transports par eau	1,62
96	Autres services personnels	1,30

Tableau 1 : Quotients de localisation les plus importants de la région Grand Est

Aide à la lecture : Pour exemple, le secteur de la sylviculture avec un quotient de 2,62, contribue plus de deux fois et demi à l'économie de la région Grand Est par rapport à l'économie française.

Les deux tableaux suivants présentent l'évolution des quotients de localisation des secteurs selon les 36 branches d'activités entre 2016 et 2021 dans la région Grand Est. Ces 36 branches d'activité sont une agrégation des 64 secteurs présentés dans le Tableau 1 : Quotients de localisation les plus importants de la région Grand Est (ci-dessus). Sont représentés les secteurs supérieurs avec un quotient de localisation supérieur ou égal à 1,20 – indiquant que la région est fortement spécialisée dans ce secteur.

Activité	SQL-2016
Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac	1,23
Fabrication de textile, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure	1,33
Travail du bois, industrie du papier et imprimerie	1,54
Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que de produits minéraux non-métalliques	1,38
Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements	1,74
Fabrication d'équipements électriques	1,76
Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.	1,85
Fabrication de matériel de transport	1,22
Activités extra-territoriales	2,20

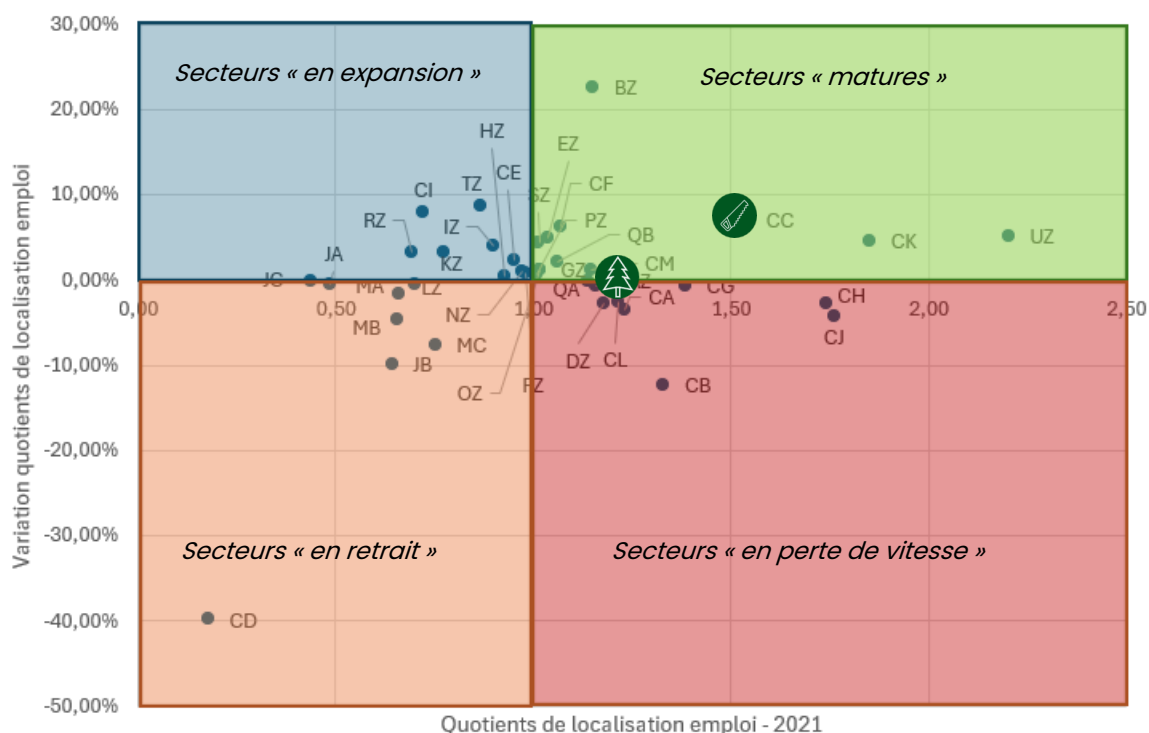
Tableau 2 : Quotients de localisation les plus importants de la région Grand Est en 2016 (secteurs d'activités agrégés)

Activité	SQL - 2021
Industries extractives	1,41
Travail du bois, industrie du papier et imprimerie	1,65
Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non-métalliques	1,38
Métallurgie et fabrication de produits métallurgiques à l'exception des machines et des équipements	1,69
Fabrication d'équipements électriques	1,69
Fabrication de machines et d'équipements n.c.a.	1,93
Activités extra-territoriales	2,31

Tableau 3 : Quotients de localisation les plus importants de la région Grand Est en 2021 (secteurs d'activités agrégés)

Un dynamisme variable selon les secteurs d'activité

La variation des quotients de localisation permet de comprendre le dynamisme des secteurs économiques étudiés. Un secteur dont le quotient de localisation augmente se développe davantage dans la région Grand Est que dans le reste du pays. Nous avons calculé l'évolution entre les quotients de localisation de 2016 et 2021 et avons représenté les secteurs d'activité en fonction du quotient de localisation 2021 et de l'évolution de ce quotient.



Aide à lecture : le secteur CD (cokéfaction et raffinage) situé en bas à gauche du graphique, fait partie des secteurs dits « en retrait », caractérisés par un quotient de localisation des emplois inférieur à la moyenne nationale et en déclin.



: positionnement du secteur de la sylviculture



: positionnement du secteur du travail du bois

Création de valeur sur le territoire

On constate que certains secteurs tels que l'industrie du textile (CB), la métallurgie (CH), la fabrication d'équipements électriques (CJ) ou l'industrie alimentaire (CA) sont en perte de vitesse ; c'est-à-dire que la part de l'emploi dans ces secteurs au niveau régional par rapport au niveau national décroît. En d'autres termes, la spécialisation régionale diminue. Il s'agit de secteurs historiques de la région qu'elle peine à redynamiser. Le biomimétisme pourrait jouer un rôle pour accompagner cette redynamisation.

Le **secteur de la sylviculture (02)** a un effet d'entraînement important sur l'économie régionale (multiplicateur de production de 1,59²). Nous pouvons expliquer ces effets d'entraînement par les liens économiques assez forts existants entre les activités de sylviculture (gestion et entretien de la forêt), les activités d'exploitation forestière (achats de bois sur pied à des buts d'exploitation forestière) et les services de la forêt. Également, le bois est une ressource à la valeur assez élevée avec de multiples applications (bâtiment, bois d'œuvre...). Ces activités sont très présentes sur le territoire de la région Grand Est.

² Pour la méthodologie de détermination des multiplicateurs de production, voir Cadre méthodologique

Le secteur de la 1^{ère} transformation du bois (16) (bois et articles en bois hors meubles) a un multiplicateur de production de 1,68 ce qui le place parmi les secteurs avec le plus fort effet d'entraînement de la région (2nd rang). Cela s'explique par les forts liens du secteur avec les activités sylviculture / exploitations forestières (les scieries sont généralement localisées à proximité des ressources forestières), mais aussi entre les activités de 1^{ère} et de 2^{ème} transformation du bois (p.ex., entre les scieries et les entreprises qui construisent des charpentes en bois).

Le secteur de la 2^{ème} transformation du bois (31) (fabrication de meubles) a un multiplicateur de production de 1,35 qui est lui plus faible (1,34). En effet, ce secteur possède un taux de valeur ajoutée plus faible par rapport aux autres secteurs industriels (45%) et donc la part du chiffre d'affaires réinjecté dans l'économie auprès des fournisseurs régionaux est plus basse. Aussi, la part de coût de la matière bois est faible par rapport à l'ensemble des consommations intermédiaires de ce secteur. Enfin, cet effet d'entraînement moindre est dû à la part modeste de la valeur ajoutée qui est destinée à la rémunération des salariés.

Le secteur de l'industrie papetière (17) a un multiplicateur de production plutôt bas par rapport aux autres secteurs d'activité (1,28). Cela est dû à la dépendance de ce secteur aux approvisionnements en énergie (généralement gaz) qui sont importés. En effet, la production de pâte à papier exige un process qui est très énergivore.

Le secteur agricole (dont l'agroforesterie) (01) présente des effets d'entraînement relativement modestes par rapport aux autres secteurs (multiplicateur de production de 1,36). Cela s'explique par la forte dépendance du secteur aux importations (carburants, intrants...) mais également par la part relativement faible de la valeur ajoutée destinée à la rémunération des salariés. Une part importante est destinée au revenu mixte brute. **Il est actuellement difficile d'évaluer la part de revenu qui est destinée à la rémunération des exploitations agricoles**

Les secteurs de l'industrie pharmaceutique (20) a un multiplicateur de production très faible qui le place en avant-dernière position par rapport aux autres secteurs (1,19). Cela est dû à la dépendance de ce secteur aux importations de biens et services (substances actives, produits chimiques et produits énergétiques). Aussi, dans ce secteur, une part très faible de la valeur ajoutée est destinée à la rémunération des salariés (33% pour le secteur contre 68 % pour l'ensemble des industries manufacturières). Une part importante de la valeur ajoutée est plutôt destinée à réaliser des bénéfices (pratiquement 40% de la valeur ajoutée).

Le secteur de l'industrie chimique (21) a un multiplicateur de production lui aussi plutôt faible (1,32), car une part importante des biens et services achetés par ce secteur sont importés (produits énergétiques et issus de l'industrie pétrochimiques).

Le secteur du **tourisme et des activités sportives** (93) a un multiplicateur de production élevé dans la région (1,57). En effet, ce secteur a un taux de valeur ajoutée élevé dont une grande partie est destinée à la rémunération des salariés (activités intensives en main d'œuvre). De plus, cette activité s'approvisionne davantage auprès des fournisseurs régionaux par rapport à d'autres secteurs.

Le secteur de **l'industrie manufacturière de produits en caoutchouc** (22) présente des effets d'entraînement faibles (1,28) car une grande partie des matières premières et de l'énergie sont importés.

Le secteur des **activités de captage, traitement et distribution de l'eau** (36) a un multiplicateur de production très faible (1,29), explicable par la faible part de la valeur ajoutée dédiée à la rémunération des salariés. Cela s'explique par la forte intensité capitalistique dans le processus de production de production d'eau potable et le traitement des eaux usées.

Le secteur de la **construction** (41) a des effets d'entraînement relativement élevés (1,50) car une part importante des achats est réalisée dans des biens et services fabriqués au sein de la région (essentiellement les matières premières comme les matériaux pour la construction mais aussi certaines prestations de services associées à la construction).

Le secteur de **collecte et traitement des eaux, déchets et dépollution** (38) a un multiplicateur de production moyen (1,41) car la part d'approvisionnement auprès des fournisseurs locaux de ce secteur est proche de la part de l'ensemble des secteurs de l'économie régionale. Il en va de même pour la part de la valeur ajoutée destinée à la rémunération.

Le secteur de la pêche et de l'aquaculture (03) a un multiplicateur de production élevé qui le place en 4^{ème} position par rapport aux autres secteurs (1,67). En effet, une part importante de l'approvisionnement est effectué auprès d'acteurs locaux et une part importante de la valeur ajoutée est destinée à la rémunération. Cependant en région Grand Est le poids de ce secteur est très faible dans l'économie régionale !

La région Bourgogne-Franche-Comté

Le PIB de la région Bourgogne-Franche-Comté s'élève à 87 549M€ en 2022, soit une contribution de 3,3% au PIB français (DOM compris). Parmi les 13 régions de la France métropolitaine, la région Bourgogne-Franche-Comté se positionne ainsi en 11^{ème} position. Cependant, si on raisonne en PIB par habitant, la région Bourgogne-Franche-Comté arrive en 10^{ème} position parmi les 13 régions métropolitaines avec un PIB par habitant de 31 323€ contre une moyenne nationale de 35 449€, ou 33 132€ en enlevant la région Ile-de-France dont le PIB très élevé tire artificiellement la moyenne vers le haut.

Le taux de pauvreté dans la région Bourgogne-Franche-Comté est de 13,4%, en-dessous de la moyenne nationale en comprenant Martinique et Réunion (15,3%). Par rapport aux 13 régions métropolitaines, la région Bourgogne-Franche-Comté se positionne à la 4^{ème} place, juste en-dessous du Centre-Val-de-Loire (13,5% en 2022) (ordre croissant). Par ailleurs, toujours en 2022, le taux de chômage était de 6,3%, soit un taux de chômage inférieur à la

moyenne nationale hors Mayotte qui était de 7,3%. Parmi les 13 régions métropolitaines, la région Bourgogne-Franche-Comté se situe en 5^{ème} position (ordre croissant).

LA REGION BOURGOGNE-FRANCHE-COMTE

 **11ème** position des régions françaises contribuant au PIB

4ème position des régions en matière de taux de pauvreté

 **6,3%** taux de chômage, inférieur à la moyenne française

Spécialisation économique

La réalisation d'un diagnostic socio-économique de la région Bourgogne-Franche-Comté exige de connaître les secteurs pour lesquels la région est spécialisée. Cela permet d'identifier les spécificités de la structure productive régionale, et de repérer les secteurs pour lesquels la région possède un avantage comparatif par rapport à d'autres régions françaises. L'identification de ces secteurs repose sur la construction d'un indicateur appelé **quotient de localisation**. Cet indicateur compare la **contribution d'un secteur sur le PIB régional par rapport à la contribution de ce même secteur au PIB national**. Si la valeur de cet indicateur est sensiblement supérieure à 1 pour un secteur, cela signifie que ce secteur contribue relativement davantage à la création de la richesse économique de la région Bourgogne-Franche-Comté qu'à celle de la France. On dit alors que la région est spécialisée dans ce secteur.

	Activité	BFC
1	Culture et production animale, chasse et services annexes	1,64
2	Sylviculture et exploitation forestière	3,31
05-09	Industries extractives	1,81
16	Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles ; fabrication d'articles en vannerie et sparterie	2,99
17	Industrie du papier et du carton	1,24
21	Industrie pharmaceutique	1,50
22	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	2,41
23	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	1,51
24	Métallurgie	2,50
25	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	2,38
26	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques	1,58
27	Fabrication d'équipements électriques	2,13
28	Fabrication de machines et équipements n.c.a.	2,31
29	Industrie automobile	4,42
31-32	Autres industries manufacturières n.c.a.	2,05
36	Captage, traitement et distribution d'eau	2,02
37-39	Collecte et traitement des eaux usées, traitement des déchets et dépollution	1,33
87-88	Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement	1,20

Tableau 4 : Quotients de localisation les plus importants de la région Bourgogne-Franche-Comté.

Les secteurs présents dans le tableau ci-dessous constituent donc les secteurs pour lesquels la région spécialisée. Ils contribuent relativement davantage à l'économie du territoire.

Activité	SQL-2016
Agriculture, sylviculture et pêche	1,60
Industries extractives	1,36
Travail du bois, industries papier et imprimerie	1,45
Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non-métalliques	1,60
Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements	2,15
Fabrication d'équipements électroniques	1,61
Fabrication de machines et d'équipements	1,83
Fabrication de matériel de transport	1,68
Autres industries manufacturières ; réparation et installation de machines et d'équipements	1,31

Tableau 5 : Quotients de localisation les plus importants de la région Bourgogne-Franche-Comté en 2016 (secteurs d'activités agrégés)

Activité	SQL-2021
Agriculture, sylviculture et pêche	1,69
Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac	1,20
Fabrication de produits en caoutchouc et e plastique ainsi que d'autres produits minéraux non-métalliques	1,65
Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements	2,19
Fabrication d'équipements électriques	1,67
Fabrication de machines et d'équipements n.c.a	1,81
Fabrication de matériel de transport	1,66
Autres industries manufacturières ; réparation et installation de machines et d'équipements	1,30
Activités de ménages en tant qu'employeurs ; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et de services pour usage propre	1,22

Tableau 6 : Quotients de localisation les plus importants de la région Bourgogne-Franche-Comté en 2021 (secteurs d'activités agrégés)

Ces quotients et leur évolution est positionné dans le graphique ci-dessous. On observe que des secteurs comme celui de la sylviculture connaissent une légère dynamique positive, contrairement par exemple au secteur de la Fabrication de machines et d'équipements qui perd légèrement en spécialisation. Cela signifie qu'il perd en compétitivité.

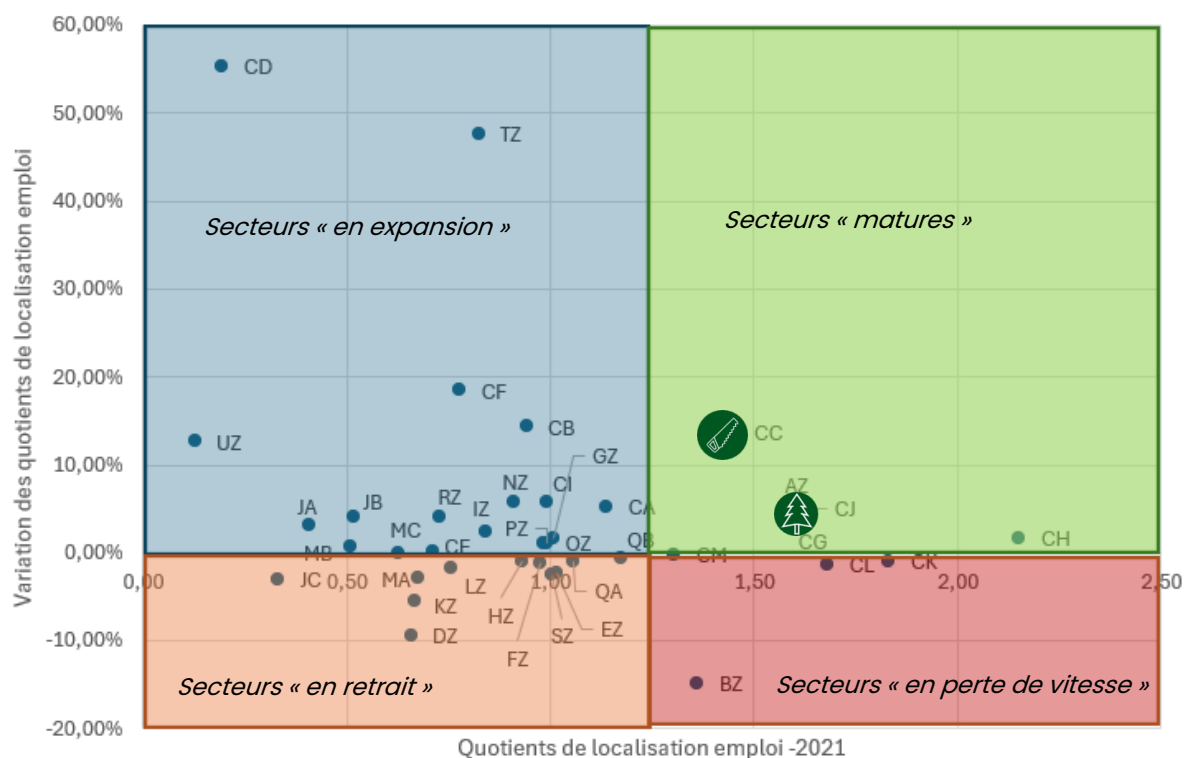


Figure 3 : Matrice représentant le dynamisme des différents secteurs économiques en Bourgogne-Franche-Comté. Les points d'intérêt sont explicités dans le texte. La table de correspondance de tous les signes est disponible en annexe.

Création de valeur sur le territoire

On constate que certains secteurs tels que les industries extractives (BZ), la fabrication de machines et équipements (CK) ou la fabrication de matériels de transport (CL) sont en perte de vitesse ; la spécialisation régionale diminue. Il s'agit de secteurs historiques de la région qu'elle peine à redynamiser. Le biomimétisme pourrait jouer un rôle pour accompagner cette redynamisation.

Le secteur de la sylviculture (02) a un effet d'entraînement important sur l'industrie régionale (multiplicateur de production de 1,61). Nous pouvons expliquer ces effets d'entraînement par les liens économiques assez forts existants entre les activités de sylviculture (gestion et entretien de la forêt), les activités d'exploitation forestière (achats de bois sur pied à des buts d'exploitation forestière) et les services de la forêt. Ces activités sont très présentes sur le territoire de la région Bourgogne-Franche-Comté.

Le secteur de la 1^{ère} transformation du bois (16) (bois et articles en bois hors meubles) a un multiplicateur de production de 1,56 ce qui le place parmi les secteurs avec le plus fort effet d'entraînement de la région (6^{ème} position). Cela s'explique par les forts liens du secteur avec les activités sylviculture / exploitations forestières (les scieries sont généralement localisées à proximité des ressources forestières), mais aussi entre les activités de 1^{ère} et de 2^{ème} transformation du bois (p.ex., entre les scieries et les entreprises qui construisent des charpentes en bois).

Le secteur de la **2^{ème} transformation du bois** (31) (fabrication de meubles) a un multiplicateur de production de 1,35 qui fait partie des plus faibles (1,23). Ce secteur possède un taux de valeur ajoutée plus faible par rapport aux autres secteurs industriels (45%) et donc la part du chiffre d'affaires réinjecté dans l'économie auprès des fournisseurs régionaux est plus basse. Aussi, la part de coût de la matière bois est faible par rapport à l'ensemble des consommations intermédiaires de ce secteur. Enfin, cet effet d'entraînement moindre est dû à la part modeste de la valeur ajoutée qui est destinée à la rémunération des salariés.

Le secteur de **l'industrie papetière** (17) a un multiplicateur de production plutôt bas par rapport aux autres secteurs d'activité (1,31). Cela est dû à la dépendance de ce secteur aux approvisionnements en énergie (généralement gaz) qui sont importés. En effet, la production de pâte à papier exige un process qui est très énergivore.

Le secteur **agricole** (dont l'agroforesterie) (01) présente des effets d'entraînement le plus faible (52^{ème} position) par rapport aux autres secteurs (multiplicateur de production de 1,22). Cela s'explique par la forte dépendance du secteur aux importations (carburants, intrants...) mais également par la part relativement faible de la valeur ajoutée destinée à la rémunération des salariés. Une part importante est destinée au revenu mixte brute. **Il est actuellement difficile d'évaluer la part de revenu qui est destinée à la rémunération des exploitations agricoles**

Les secteurs de **l'industrie pharmaceutique** (20) a un multiplicateur de production très faible qui le place en 61^{ème} position par rapport aux 63 autres secteurs (1,21). Cela est dû à la dépendance de ce secteur aux importations de biens et services (substances actives, produits chimiques et produits énergétiques). Aussi, dans ce secteur, une part très faible de la valeur ajoutée est destinée à la rémunération des salariés (33% pour le secteur contre 68 % pour l'ensemble des industries manufacturières). Une part importante de la valeur ajoutée est plutôt destinée à réaliser des bénéfices (pratiquement 40% de la valeur ajoutée).

Le secteur de **l'industrie chimique** (21) a un multiplicateur de production lui aussi plutôt faible (1,28), car une part importante des biens et services achetés par ce secteur sont importés (produits énergétiques et issus de l'industrie pétrochimiques).

Le secteur du **tourisme et des activités sportives** (93) a un multiplicateur de production élevé dans la région (1,42). En effet, ce secteur a un taux de valeur ajoutée élevé dont une grande partie est destinée à la rémunération des salariés (activités intensives en main d'œuvre). De plus, cette activité s'approvisionne davantage auprès des fournisseurs régionaux par rapport à d'autres secteurs.

Le secteur de **l'industrie manufacturière de produits en caoutchouc** (22) présente des effets d'entraînement parmi les plus faibles (1,18) car une grande partie des matières premières et de l'énergie sont importés.

Le secteur des **activités de captage, traitement et distribution de l'eau** (36) a un multiplicateur de production moyen (1,32), explicable par la faible part de la valeur ajoutée dédiée à la rémunération des salariés.

Le secteur de la **construction** (41) a des effets d'entraînement relativement élevés (1,40) car une part assez importante des achats est réalisée dans des biens et services fabriqués au sein de la région (essentiellement les matières premières comme les matériaux pour la construction mais aussi certaines prestations de services associées à la construction)

Le secteur de **collecte et traitement des eaux, déchets et dépollution** (38) a un multiplicateur de production moyen (1,32) car la part d'approvisionnement auprès des fournisseurs locaux de ce secteur est proche de la part de l'ensemble des secteurs de l'économie régionale. Il en va de même pour la part de la valeur ajoutée destinée à la rémunération.

Le secteur de la pêche et de l'aquaculture (03) a un multiplicateur de production élevé qui le place en 4^{ème} position par rapport aux autres secteurs (1,61). En effet, une part importante de l'approvisionnement est effectué auprès d'acteurs locaux et une part importante de la valeur ajoutée est destinée à la rémunération. En région Bourgogne-Franche-Comté, tout comme en Grand Est, le poids de ce secteur est très faible dans l'économie régionale.

Synthèse pour les deux régions :

L'agriculture et la forêt (01, 03) ont un **quotient de localisation fort à très fort** dans les deux régions. Cela signifie que la part de l'emploi agricole dans l'emploi total est bien plus élevée dans la région qu'en France. Les secteurs de la production à partir du bois (02, 16 et 17) ont un **fort lien avec la sylviculture et le travail du bois**. Ils ont un **multiplicateur de production plutôt élevé** dans les deux régions, excepté pour la production de papier et de carton en région Grand Est. Ce dernier est fortement dépendant aux importations d'énergie ce qui explique des effets d'entraînement (multiplicateurs) faibles.

Ces deux secteurs liés aux activités agricoles et forestières sont des secteurs de spécialisation pour le territoire, pour lesquels ce dernier présente un avantage comparatif. Le biomimétisme forestier, en se déployant, pourrait permettre de maintenir et accroître cet avantage compétitif afin de contribuer à faire du territoire du Parc national un pôle national innovant et pionnier. Les éléments pouvant contribuer à la réussite du développement du biomimétisme forestier sont à retrouver en conclusion de cette étude (voir Conclusion, prochaines étapes et préconisations).

3.1.2. Portait de la recherche sur le territoire, en lien avec le développement du biomimétisme forestier

Etat actuel de la R&D en France et dans les deux régions (Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté)

Les acteurs économiques qui développent des produits bio-inspirés sont encore peu matures et ne commercialisent pas leur solution à une échelle industrielle, à l'image de Modulatio. Partant du principe que **les projets développés dans les laboratoires aujourd'hui seront les solutions commerciales de demain**, nous avons réalisé un focus sur le domaine de la recherche afin d'étudier le potentiel de développement du biomimétisme dans les deux régions (Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté) pour les années à venir.

En 2022, la France comptait 672 500 personnes qui participent à l'activité de R&D, ce qui correspond à 501 400 ETP. Parmi ces ETP, 68 % sont des ETP chercheurs et 32 % des ETP personnels de soutien à la recherche. Sur dix chercheurs, six travaillent en entreprise et quatre dans le secteur des administrations. Au sein de l'UE27, la France occupe la 2^{ème} place après l'Allemagne en nombre de chercheurs. Les travaux de R&D effectués sur le territoire national représentent une dépense de 58,9 Md € (dépense nationale de recherche et développement expérimental), soit 2,22 % de la richesse nationale (mesurée par le PIB). Cette part se trouve en-dessous de la moyenne de l'OCDE (2,73%) mais au-dessus de la moyenne de l'UE27 (2,11%). La France se situe en 6^{ème} position parmi les pays de l'OCDE. Cette part reste en-dessous du seuil de 3 % fixé par l'Union européenne. Le dynamisme est plus important pour les entreprises (+1,3 % entre 2012-2022) que pour les administrations (+0,3% entre 2012-2022). En 2022, 60 % du montant de la dépense nationale de recherche et développement expérimental sont financés par les entreprises³.

LA RECHERCHE EN FRANCE

 **6^{ème}** rang des pays de l'OCDE investissant le plus en R&D

 **60%** des dépenses réalisées par les grandes entreprises et **20%** par les PME

 **501k** emplois ETP (Equivalents Temps Plein)

Avec un quotient de localisation de 0,33, **l'économie des deux régions (Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté) est très peu spécialisée dans le domaine de la recherche et développement scientifique** (activités associées au code NAF Recherche et développement). Cela représente 0,39 % des emplois à l'échelle des deux régions contre 1,21% à l'échelle nationale.

La région Grand Est dispose de 5 universités et accueille 222 529 étudiants pour 2023-2024 (soit 7,3 % de l'échelle nationale). La région Grand Est se positionne en 6^{ème} position en termes d'accueil d'étudiants. En 2022, on comptabilise 13 200 chercheurs publics et privés. 60 % des chercheurs publics sont accueillis en universités en ETP et 27 % dans les organismes nationaux de recherche (le CNRS concentre plus de 72 % des effectifs)⁴. La région possède 7 organismes de recherche et 200 unités de recherche. En se focalisant sur le montant de

³ Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, Etat de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, publié le 11/06/2025 <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/l-etat-de-l-enseignement-superieur-de-la-recherche-et-de-l-innovation-en-france-2025-99292>

⁴ Ministère de l'enseignement supérieur de la recherche, Ecosystème d'innovation et de recherche, région Grand Est, publication le 01/09/2023

la recherche des entreprises, le montant est évalué pour la région Grand Est de 1,21 Md €⁵, soit 0,6 % du PIB régional. C'est un taux qui est bien inférieur à la moyenne nationale (1,47 %). Dans le SRESRI 2020-2030, La région Grand Est a pour ambition de combler ce retard en visant à doubler d'ici 2030 la part de la dépense intérieure de R&D des entreprises au PIB pour atteindre un taux de 1,5%.

La région Bourgogne-Franche-Comté dispose de 3 universités et accueille 86 936 étudiants pour 2023/2024 (soit 2,9 % de l'échelle nationale). La région se positionne en 11^{ème} position en termes d'accueil d'étudiants. En 2022, on comptabilise 6 970 chercheurs publiés et privés. Le nombre de chercheurs travaillant dans le secteur privé est 2,5 fois plus important que ceux travaillant dans le secteur public (environ ¼)⁶. La région possède 5 organismes de recherche et 60 unités de recherche. En se focalisant sur le montant de la recherche des entreprises, le montant est évalué pour la région Bourgogne-Franche-Comté de 1,16 Md € (soit 1,3 % du PIB régional). C'est un taux qui est légèrement inférieur à la moyenne nationale (1,47%).

Bien que ces deux régions soient peu spécialisées dans les activités de R&D, ce secteur génère **de forts effets d'entraînement sur l'économie des deux régions**. En moyenne, un euro dépensé dans ce secteur génère 1,71 euro de chiffre d'affaires sur le territoire des deux régions. Parmi les 62 secteurs d'activité du territoire, le secteur de recherche-développement scientifique se positionne en 4^{ème} position. De plus, un euro dépensé dans ce secteur contribue d'une manière importante à la création de richesse économique. Ce secteur se classe en 10^{ème} position sur les 64 secteurs de l'économie régionale en termes de création de valeur ajoutée. Un euro de production dans la R&D génère ainsi 0,89 € de valeur ajoutée.

Les spécificités de la R&D dans le biomimétisme

« Cela [le biomimétisme] redonne du sens à ce que je fais en recherche » - Acteur académique

Au cours des entretiens réalisés dans le cadre des études antérieures pour le Ceebios, nous avons identifié quatre approches du biomimétisme en recherche, résumées dans la figure ci-dessous.

⁵ Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, les dépenses de R&D des entreprises en 2023 (publication avril 2025).

⁶ Ministère de l'enseignement supérieur de la recherche, Ecosystème d'innovation et de recherche, région Bourgogne-Franche-Comté, publication le 11/09/2023

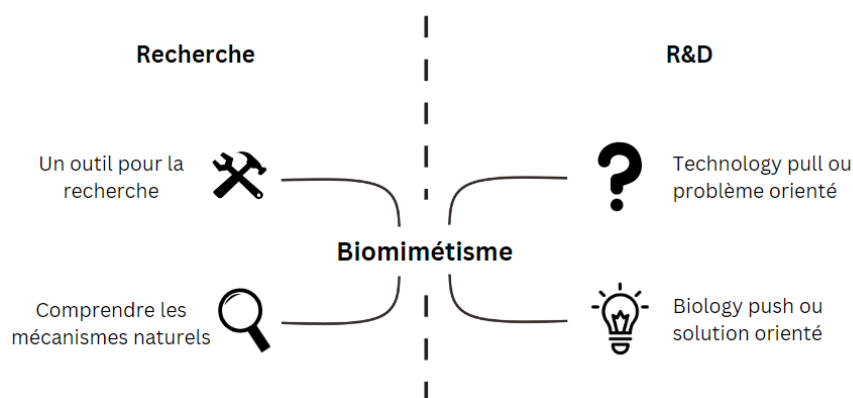


Figure 4 : Les différents cas d'utilisation du biomimétisme en recherche

Le biomimétisme est pour certains secteurs de recherche un outil précieux pour conduire des expérimentations. Il ne s'agit alors pas de faire de la recherche sur le biomimétisme en lui-même mais d'utiliser des outils bio-inspirés pour étudier des phénomènes, tester des médicaments, etc. Cette approche est particulièrement présente dans le domaine de la recherche biomédicale, ou en biologie cellulaire et moléculaire. Les chercheurs et chercheuses utilisent des tissus, des protéines, ou d'autres objets biomimétiques afin de conduire leurs expérimentations. Ce sont des outils de travail, mais l'objectif de leur recherche n'est pas de développer une solution bio-inspirée. Le biomimétisme permet ici d'imiter le vivant afin de mener des expérimentations.

Certains projets de recherche visent à comprendre et mimer les mécanismes naturels sans forcément avoir d'application prévue pour la suite, il s'agit d'une approche plus fondamentale du biomimétisme. Ainsi, un des projets de recherche menés à l'Ecole Nationale supérieure des Arts et Industrie Textiles (ENSAIT) a pour objectif de comprendre comment les arbres pompent l'eau dans le sol sans « énergie »⁷. Ce projet fait partie des quatre sujets de fin d'études réalisées sur deux ans, qui ont été financées par les fonds propres du laboratoire. L'objectif de ce projet de recherche est de faire des démonstrateurs pour pouvoir échanger avec des financeurs pour la suite. Cependant, à sa connaissance, personne ne l'a encore appliqué parmi ses élèves.

Pour ce qui est de la recherche appliquée, on peut différencier deux approches formalisées par Pierre-Emmanuel Fayemi⁸. Dans le cadre d'une approche « biology push », ou solution orientée, l'innovation est induite par un mécanisme biologique identifié et que l'on cherche à reproduire pour une utilisation particulière. C'est souvent le cas dans la conception de prothèses ou d'autres dispositifs médicaux pour lesquels les chercheurs et chercheuses tentent de reproduire les propriétés naturelles des tissus biologiques afin d'améliorer l'acceptation par le corps, ou les propriétés mécaniques de prothèses par exemple. Les

⁷ Entretien mené auprès de Philippe Vroman le 27 avril 2023.

⁸ Pierre-Emmanuel Fayemi. Innovation par la conception bio-inspirée : proposition d'un modèle structurant les méthodes biomimétiques et formalisation d'un outil de transfert de connaissances. Génie mécanique. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, 2016.

innovations peuvent également être « technology pull », ou « problème orienté », c'est-à-dire qu'à partir d'un problème industriel, on utilise la nature comme source d'inspiration pour identifier une solution et reproduire le mécanisme naturel. C'est l'approche dont les industriels sont les plus familiers. Le biomimétisme n'est pas intéressant en soi, mais s'il peut permettre d'utiliser la nature comme source d'inspiration pour répondre à un problème, alors il peut être mobilisé. On peut par exemple mentionner le développement d'une surface nécessitant moins d'eau pour être nettoyée développée à destination de l'industrie agroalimentaire. Des projets de recherche ont été menés pour identifier des organismes pour faciliter l'autonettoyage en réduisant la consommation d'eau. C'est le cas de projet recherche mené dans l'analyse des feuilles de lotus, de peau de requin, les ailes de papillon et les pattes du gecko dans le but de réduire la consommation d'eau (Xu et al, 2016⁹).

Les effets du biomimétisme sur l'environnement

Le biomimétisme vise à s'inspirer de la nature pour permettre un développement durable des sociétés humaines. Ainsi, il est intrinsèquement lié aux enjeux environnementaux qui constituent l'un des trois piliers du développement durable. Si cette approche n'a a priori pas d'effet sur l'impact environnemental des activités de recherche en elles-mêmes, elle permet de développer des solutions plus vertueuses. En effet, les mécanismes naturels sont souvent plus efficaces et plus économes en ressources et en énergie que les solutions développées par les humains.

« Si on fait correctement du biomimétisme, on va dans le sens de réduire l'impact sur le vivant » -

Acteur académique

Etat actuel de la R&D en France et dans les deux régions (Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté)

Les éléments mentionnés ci-dessous sont issus des entretiens réalisés auprès de la chercheuse Meriem Fournier (AgroParisTech) et du directeur Innovation et développement durable de Bioeconomy for Change Mouhamed Niakate.

Les activités de R&D sont essentielles pour développer de nouvelles connaissances associées au biomimétisme forestier. Afin que ces nouvelles compétences puissent bénéficier à l'ensemble de la société, il est nécessaire de développer en parallèle des institutions et des plateformes afin de transmettre ces compétences à l'ensemble de la société. Cela permettra de soutenir l'innovation dans ces thématiques.

⁹ Xu, Q., Zhang, W., Dong, C., Sreeprasad, T.S., Xia, Z., 2016, Biomimetic self-cleaning surfaces: synthesis, mechanism and applications, JRC Soc Interface, 13 (122)

Les activités de recherche et développement (R&D) : développement de nouvelles connaissances associés au biomimétisme forestier

Dans les entretiens que nous avons menés, surtout auprès des organismes de recherche comme AgroParisTech ou l'UMR Silva, le terme « biomimétisme » est très rarement mobilisé par les chercheurs. La recherche sur le biomimétisme forestier s'inscrit davantage sur une thématique plus large appelée « Solutions fondées sur la nature ».

Les deux régions possèdent un certain nombre d'atouts pour développer la R&D autour du biomimétisme forestier. Un des principaux atouts est la présence d'organismes de R&D autour de la forêt. Nous pouvons par exemple citer :

- Les laboratoires de recherches associées à AgroParisTech et l'institut Agro Dijon.
- Les différents laboratoires de L'INRAE : l'Unité mixte de recherche (UMR) Silva et l'UMR Interactions arbres et micro-organismes.
- Pole « Environnement, forêt, Energie » du Bureau d'économie théorique et appliqué (BETA). Le BETA intègre l'ancien laboratoire d'Economie Forestière.
- Les laboratoires de recherche rattachées à l'Université de Lorraine
- L'Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois d'Epinal (Enstib)

Ces différents organismes de recherche réalisent des projets de recherche en lien avec la forêt. L'objectif n'est pas d'être exhaustif sur les différents projets de recherche qui sont menés, mais plutôt d'identifier les principaux projets de recherche en lien avec les solutions fondées sur la nature. Nous avons identifié quatre grands axes de recherche. La liste ci-dessous n'a pas été hiérarchisée selon l'importance du projet de recherche dans l'ensemble des projets de recherche (que ce soit en temps, en ressources humaines ou en budget).

Le premier grand axe de recherche concerne la **biomécanique** de l'arbre et l'étude des propriétés du bois pour la **construction des matériaux**. La recherche sur la biomécanique vise à comprendre la réaction des arbres vis-à-vis des signaux mécaniques présents dans l'écosystème. Par exemple, le tronc d'un arbre réagira par rapport aux vents, qui seront considérés comme un signal. Les études ont montré qu'une stimulation du signal vent permettra à l'arbre d'avoir un tronc plus large et d'avoir des racines plus renforcées. Les cimes sont généralement moins haut pour éviter les prises de vent. Les travaux autour de la biomécanique permettent de mieux évaluer la résistance des arbres et leur résilience par rapport à des chocs naturels. En lien avec ce projet, des études ont été réalisées pour étudier les propriétés du bois pour construire des matériaux. Il est à mentionner que tous les matériaux modernes (matériau cellulaire, sandwich multi-couches) se sont inspirés du bois.

Le deuxième axe de recherche est en lien avec **l'évaluation de la fourniture des services écosystémiques forestiers**. Cet axe de recherche a le mérite de mettre en avant que l'apport des écosystèmes forestiers ne se résume pas à la fourniture du bois ou de la biomasse (considéré comme des services d'approvisionnement). Les écosystèmes forestiers fournissent également des services de régulation. Ces services correspondent aux bénéfices que les humains retirent des fonctions de régulation des processus écologiques

associés à la forêt. Par exemple, les forêts contribuent à rafraîchir l'atmosphère lors de fortes chaleurs ou à fournir une bonne qualité de l'eau. De même, les écosystèmes forestiers contribuent à fournir des services culturels. Par exemple, la présence de la forêt permet de réaliser un certain nombre d'activités sportives et de loisirs qui contribuent à augmenter le bien-être des habitants (p.ex., randonnées, vélo, chasse). La forêt contribue à la formation de paysage. Cet axe de recherche associé à l'évaluation des services des écosystèmes forestiers est un champ de recherche traditionnel de l'ancien laboratoire de l'économie forestière de Nancy.

Le troisième axe de recherche concerne l'**agroforesterie**, qui est considéré comme une démarche bio-inspirée. L'apport identifié de l'agroforesterie par rapport à une agriculture conventionnelle est de réduire le travail du sol, de consommer moins d'eau et d'arrêter l'utilisation des engrais chimiques. Une expérimentation a été réalisée en Champagne. La chercheuse Meriem Fournier a travaillé avec un agriculteur dans sa parcelle labellisée agriculture biologique pour planter des haies. L'expérimentation consistait à ne pas planter des haies systématiquement, mais utiliser davantage la régénération naturelle. Une stagiaire a été mobilisée pour suivre ces haies. Cela a abouti à créer un arbre de décisions pour les agriculteurs concernant les achats et l'utilisation des semences et des graines. Si on est patient, il est possible d'obtenir des arbres avec très peu d'arbres plantés initialement. Le développement de l'agroforesterie exige de combiner le savoir forestier avec le savoir agricole.

Le quatrième axe de recherche concerne le **développement du système de monitoring à des fins de gestion des forêts**. D'après la chercheuse Meriem Fournier, c'est un axe important de développement durant les prochaines années, grâce à l'essor de l'intelligence artificielle et de la technologie (comme les drones). Il existe actuellement des phases de test pour semer des graines via des drones. Les expérimentations sont relativement concluantes lorsque des dénivelés sont très faibles et les endroits faciles d'accès. Il reste encore de la recherche à réaliser pour les endroits plus difficiles d'accès. La gestion des forêts via l'utilisation des capteurs et l'utilisation d'un système satellite est beaucoup plus prometteuse. On est actuellement dans une phase de révolution. Le recours à des photos satellites contribue à obtenir une vision bien plus fine sur l'état des écosystèmes forestiers.

Au-delà ces grands axes de recherche, d'autres projets de recherche sont également menés et qui ont un intérêt pour le développement du biomimétisme forestier. Par exemple, l'UMR Interactions Arbres micro-organismes (INRAE / Université de Lorraine) s'intéresse aux champignons, y compris les pathogènes. Un des axes de recherche de l'UMR est de comprendre les actions des champignons pour dégrader la matière organique.

L'innovation : Diffusion de nouvelles connaissances issues du biomimétisme forestier auprès des entreprises du territoire

La R&D permet de développer de nouvelles connaissances qui pourront être utiles et mobilisées pour innover. Le Manuel d'Oslo (OCDE, 2018) distingue quatre formes d'innovation :

- **Les innovations de produits** : Elles correspondent à l'introduction sur le marché d'un bien ou d'un service nouveau ou amélioré qui diffère sensiblement des biens ou services proposés jusqu'à présent. Les produits peuvent être des biens, mais également des services. Les innovations peuvent concerner les caractéristiques techniques des produits, ses performances ou son usage. L'objectif est de mieux répondre aux besoins des clients ou de conquérir de nouveaux marchés ;
- **Les innovations de processus** : Elles visent à mettre en œuvre une nouvelle méthode de production et de distribution, ou un nouveau processus logistique. Cela inclut de nouvelles technologies de fabrication et de nouvelles techniques d'approvisionnement. L'objectif est d'accroître la productivité, de réduire les coûts ou d'améliorer la qualité.
- **Les innovations d'organisations** : Elles consistent à introduire de nouvelles méthodes organisationnelles dans les pratiques de travail interne, de changer l'organisation du lieu de travail et les relations externes (partenariats, clients, fournisseurs). L'objectif est d'améliorer l'efficacité, la communication et la capacité d'adaptation des entreprises.
- **Les innovations de commercialisation** : elles visent à introduire une nouvelle méthode de commercialisation, impliquant des changements de design ou de packaging, de nouvelles stratégies de prix, de promotion et de distribution. L'objectif est de mieux répondre aux attentes des clients et de renforcer la notoriété.

Le biomimétisme forestier peut agir sur ces quatre formes d'innovation.

Des recherches ont été réalisées pour tenter d'évaluer le niveau de la maturité d'une technologie, principalement dans le cas des innovations de process ou de produits. La Commission européenne mobilise l'échelle Technology readiness level (TRL), qui a été mise en point par la NASA durant les années 1970. Les politiques publiques de soutien à l'innovation s'appuient sur cette classification pour aider au développement de nouveaux produits ou de nouveaux procédés de production. L'intérêt du TRL est d'identifier les différentes phases de développement d'une technologie en intégrant la partie de la R&D jusqu'à la mise sur le marché. Le tableau ci-dessous résume les 9 échelles génériques de TRL mobilisées par la Commission européenne.

Tableau 7 : Echelle TRL générique de la Commission européenne

TRL	Description
TRL 1	Principes de bases observées
TRL 2	Concept technologique formulé
TRL 3	Preuve de concept expérimentale
TRL 4	Technologie validée en laboratoire

TRL 5	Technologie validée dans un environnement pertinent
TRL 6	Technologie démontrée dans un environnement pertinent
TRL 7	Démonstration du prototype du système en environnement opérationnel
TRL 8	Système complet et qualifié
TRL 9	Système réel éprouvé dans un environnement opérationnel

Les TRL 1 et 2 correspondent à de la recherche fondamentale, les TRL de 3 à 7 à l'état d'un projet pilote, TRL 7 et 8 à un démonstrateur et TRL9 à un projet industriel.

Cette échelle TRL présente des limites. Une des principales limites est d'apprécier le développement d'une technologie selon une approche relativement linéaire, passant par des étapes successives. Cependant, les différents travaux de recherche en économie de l'innovation ont démontré que l'innovation est très rarement linéaire. Elle est le résultat d'un processus interactif avec des boucles de rétroactions entre les différentes étapes de développement (Nelson et Winter, 1982¹⁰).

Les deux régions possèdent un certain nombre d'atouts pour développer l'innovation dans le biomimétisme forestier. Il existe un certain nombre d'organismes et de plateformes qui peuvent aider et accompagner les entreprises du territoire des deux régions à innover dans le biomimétisme forestier. Nous citons ci-dessous quelques organismes / plateformes existantes utiles.

Une revue bibliographique en économie de l'innovation a démontré que l'innovation ne peut se réaliser si des structures ne sont pas mises en place pour favoriser la collaboration entre les chercheurs, les entrepreneurs et les institutionnels. Très généralement, les projets innovants émergent lors des échanges informels. Il est donc important d'identifier des organismes et des plateformes qui sont présentes dans les deux régions et dont le rôle est de mettre en relation les différents acteurs (chercheurs, entrepreneurs, institutionnels). Ils peuvent être mobilisés afin de développer des projets d'innovations en lien avec le biomimétisme forestier. Voici un exemple d'organismes et de plateformes déjà présentes au sein des deux régions.

Le pôle de compétitivité **Bioeconomy for Change** (B4C) : ce pôle vise à devenir un pôle de référence de la bioéconomie en France. Les principaux partenaires du pôle sont la région Grand Est et la région Hauts-de-France. Il existe depuis 20 ans. Ce pôle rassemble plus de 500 adhérents, composés essentiellement d'entreprises, d'instituts de recherche et de formation. Ce pôle est composé d'une équipe comprise entre 35 et 40 personnes. Il intervient dans cinq grandes thématiques : la bioressource, les matériaux biosourcés, la bioéconomie, la bioénergie et les biomolécules.

Le pôle joue plutôt comme un appui à l'innovation, en mettant en relation les différents acteurs (entreprises, laboratoires de recherche, institutionnels). Cette mise en relation

¹⁰ Nelson, R.R., Winter, S.G., 1982, An evolutionary Theory of Economic Change, The Belknap Press of Harvard University Press.

s'effectue sous différents formats : réalisation de webinaires, de journées thématiques, de workshop. Ces différents formats visent à développer des collaborations.

Le pôle accompagne les adhérents pour chercher des sources de financement. Ces financements sont nécessaires, voire primordiaux, pour que le projet puisse atteindre le projet industriel. Ils mobilisent l'échelle TRL mentionnée ci-dessus pour trouver des sources de financement. Ces financements sont nécessaires pour lever les risques associés au passage des différentes étapes dans l'échelle TRL. On constate généralement que les sources de financements sont plus faciles à trouver lorsque la technologie ou le produit est relativement mature (chiffre élevé dans l'échelle TRL).

Le pôle de compétitivité est fortement impliqué dans les contrats de filière, essentiellement dans les filières de chimie végétale, de biointrants et de biocaburant. Le pôle a également une dizaine de projets autour de la filière Sylviculture. L'un des projets les plus emblématiques est le projet « extraForEst » qui a duré de 2017 à 2021. Ce projet visait à évaluer les quantités chimiques dans différentes essences forestières des deux régions. Il existe également un gros pool autour de la chimie du bois à Epinal dans les Vosges. Le projet Afterenergie tente de créer des projets pour valoriser la biomasse pour produire de l'hydrogène. Le projet a également de vrais sujets d'innovation autour de la valorisation des co-produits.

Le collectif « **Des hommes et des arbres** » : ce collectif rassemble plus de 120 membres : entrepreneurs, forestiers, agriculteurs, chercheurs, élus, industriels, naturalistes, citoyens, etc. Ce collectif a été lauréat de « Territoires d'innovations 2019 ». Le schéma ci-dessous expose les différents membres du collectif.

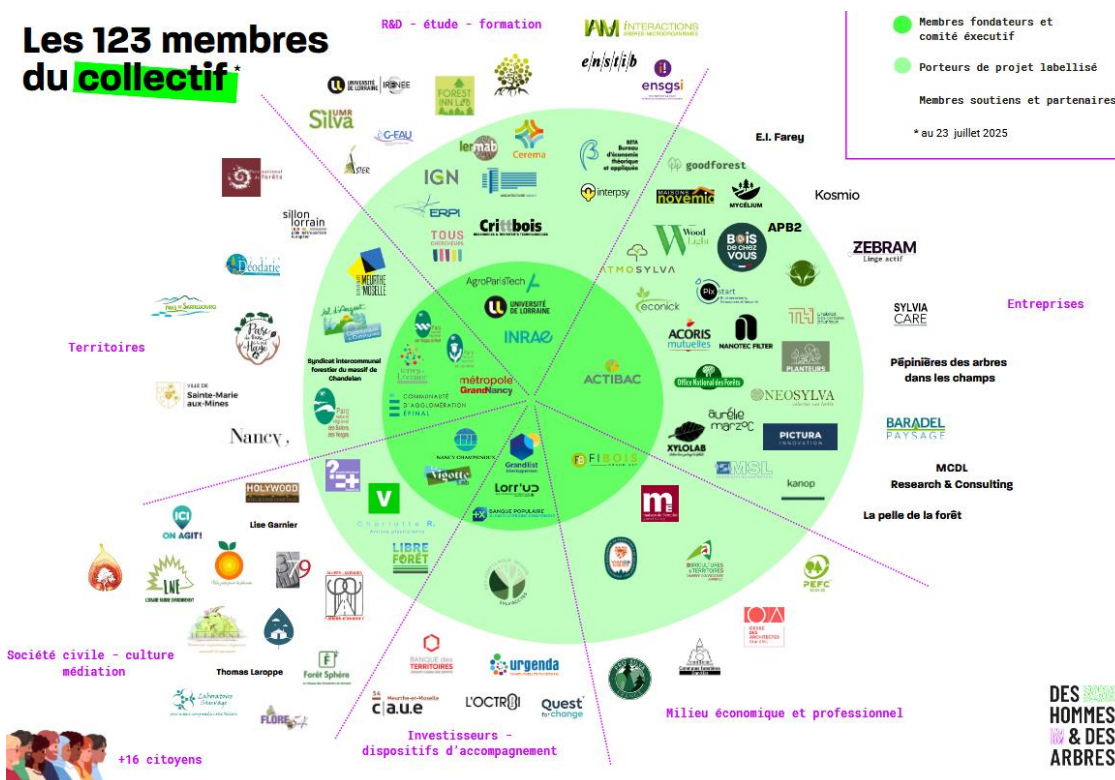


Figure 5 : liste des 127 membres des Hommes et des Arbres (source : site internet "Des Hommes et des Arbres")

Ce collectif s'est lancé 5 défis pour transformer les territoires avec et pour les arbres :

- Défi 1 : Reconnaître les contributions des arbres. Ce défi vise à mieux reconnaître et valoriser les services écosystémiques rendus par les arbres.
- Défi 2 : Cultiver la présence des arbres : Ce défi consiste à créer des circuits économiques durables tout en s'adaptant aux défis climatiques.
- Défi 3 : Honorer la matière des arbres : ce défi vise à innover, diversifier et valoriser durablement les ressources disponibles. L'idée est de développer de nouvelles formes de coopération afin de maximiser la valeur ajoutée locale.
- Défi 4 : Bien-vivre avec les arbres. Ce défi consiste à renforcer les bénéfices du bois à travers la construction, l'innovation, la santé et le design. Le collectif veut ainsi faire du végétal un élément central de stratégies d'aménagement et de santé publique.
- Défi 5 : susciter l'intérêt et l'engagement pour les arbres. Il s'agit de multiplier les espaces d'apprentissage, en valorisant les métiers de l'arbre, du bois et de la forêt.

Les projets peuvent être labellisés DHDA si ces projets s'insèrent dans les défis identifiés dans le collectif. A l'heure actuelle, 171 initiatives ont été sourcées, 49 projets ont été labellisés et 11 projets sont arrivés au stade de solution. Parmi les projets finalisés, nous pouvons citer la méthode TERRAF pour expérimenter et co-développer l'agroforesterie dans les territoires. Ce projet a été porté par l'INRAE (UR Aster, Mircourt) et la chambre de l'agriculture Grand Est.

Pour les entreprises de la filière bois, l'innovation peut se réaliser grâce à la présence des centres techniques industriels et d'interprofessions.

L'institut technologique FCBA (Forêt Cellule Bois-construction Ameublement) est présent dans la région Grand Est (Nancy,54) et dans la région Bourgogne Franche-Comté (Charrey-sur-Saône,21). Le champ d'action du FCBA couvre l'ensemble des filières forêts-bois et ameublement (sylviculture, exploitation forestière, scierie, pâte à papier, panneaux dérivés du bois, charpente, menuiserie, structure ameublement, emballages). Le FCBA développe des projets innovants en mobilisant ces trois leviers d'action : i) acquérir, centraliser et diffuser l'information scientifique et technique, en réalisant une veille sur les activités R&D, réglementaire et technologique, ii) mettre son savoir-faire et ses compétences à la disposition des entreprises en transférant la technologie et en réalisant des formations iii) accompagner les professions pour devenir leader sur les marchés nationaux et internationaux à travers la normalisation, la certification et l'usage de technologies de pointe. Actuellement, le FCBA est inséré dans 195 projets de R&D à destination des entreprises de la filière bois. Par exemple, en 2025, le FCBA participe au projet Pouss'Plus dont l'objectif principal est l'identification de solutions opérationnelles de biostimulation. Ces solutions visent à améliorer la résistance des jeunes plantes aux épisodes de stress de transplantation, et leur résilience aux aléas notamment climatiques. Le projet Filtrabois réalisé en 2023 vise à développer des techniques de filtration contenant des ressources naturelles (issues des co-produits bois) afin de décontaminer les eaux polluées. Ce projet de recherche à finalité environnementale peut également ouvrir la voie à la valorisation des sous-produits bois.

Fibois est une association qui fédère 12 interprofessions régionales de la filière bois. Cette association est donc présente dans la région Grand Est (Fibois Grand Est) et la région Bourgogne-Franche-Comté (Fibois BFC). Cette interprofession vise à favoriser les échanges

entre les acteurs de la filière bois. Elle permet également la mutualisation des actions. Cette interprofession met à disposition des formations, fait découvrir les différents métiers associés à la filière bois, développe une médiathèque pour mettre à disposition gratuitement des milliers de documents techniques. Il est intéressant de noter que Fibois a développé une plateforme nommée « Plantonsdesarbres.org ». Cette plateforme encourage les entreprises et les territoires à planter des arbres. On retrouve dans cette plateforme le programme « Horizon Forêt » créé en 2009 et porté par le groupe Naudet pour participer au reboisement des forêts. Cette plateforme vise également à encourager le développement de l'agroforesterie en identifiant les dispositifs existants et les partenaires dans les deux régions pour mener à bien ces projets d'agroforesterie.

Dans un milieu plus académique, **Forest'InnLab** a été créé en 2020 dans le cadre d'une convention entre AgroParisTech, INRAE et l'Université de Lorraine. Il ambitionne de créer un socio-écosystème collaboratif propice à la création et à l'accélération de l'innovation pour différents acteurs des territoires forestiers. Le Forest'InnLab s'inscrit dans les modèles du *living lab* vivant et l'innovation ouverte (open innovation). Le Forest'InnLab accompagne les start-ups ainsi que des étudiants qui veulent se lancer dans ces projets. L'objectif est d'aboutir à une gestion la plus démonstratrice possible pour d'autres propriétaires. Forest'InnLab accompagne des entreprises comme Good Forest qui fait de la détection précoce de scolytes (insectes considérés comme ravageurs) par satellite, l'entreprise Mycelium pour aider la reforestation via l'utilisation de drones, pour développer des solutions basées sur l'IA et des données satellitaires sur la question du stockage du carbone ou encore Albatros pour réaliser des détections précoces de feux de forêt.

Du côté de l'innovation plus organisationnelle, il est également possible de mentionner l'entreprise **NéoSylva**. Le développement de cette entreprise est né du constat qu'il existe un grand nombre de forêts privées qui n'ont pas la capacité d'être gérées. L'entreprise propose un modèle d'investissement, en impliquant le propriétaire de la forêt. Ils peuvent apporter des capitaux pour financer des travaux forestiers avec une gestion à long terme. Actuellement, l'entreprise a permis de remettre 2 500 ha dans une dynamique de gestion. Elle a accompagné 249 propriétaires dont 85 % n'avaient pas de document de gestion durable.

Malgré la présence de ces différents organismes et plateformes, il existe un certain nombre de freins pour le développement du biomimétisme forestier. Ces freins ont été identifiés lors des entretiens avec des chercheurs ou des acteurs de l'innovation.

Le premier frein est le **manque réel d'innovation de rupture** dans les secteurs forestiers. Les métiers restent encore très traditionnels, avec une crainte des acteurs sur l'usage de termes innovants comme « biomimétisme » ou « solutions fondées sur la nature ». De plus, dans le secteur forestier, on est généralement sur du temps long. Ainsi, par rapport à d'autres secteurs, c'est généralement plus difficile de mettre en œuvre de nouveaux projets d'un point de vue économique.

Le second frein identifié est la **carence d'une gouvernance territoriale** à l'échelle des deux régions. Au-delà des plateformes ou organismes existants (comme la Commission régionale de la forêt et du bois), la chercheuse Meriem Fournier a pointé la nécessité d'avoir

un acteur légitime sur le territoire qui puisse prendre le lead. Cet acteur doit répondre à cette question : comment faire émerger un projet innovant sur le territoire ? Cela exige de trouver un modèle d'affaires avec des personnes qui soient en lead dans des projets territoriaux.

Le troisième frein est la **difficulté du passage entre la R&D et l'innovation**. Les start-up peuvent développer de superbes innovations. Cependant, ils manquent généralement de compétences dans le commercial. Ils rencontrent des difficultés à vendre ou à valoriser un produit innovant sur un marché.

3.2 Etudes de cas

Après avoir identifié initialement environ 15 entreprises proposant des produits ou des solutions bio-inspirés, nous avons réduit cette sélection à **3 études de cas de solutions bio-inspirées développées sur le territoire**. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur des critères de **lien au biomimétisme forestier et de disponibilité des données et de l'entreprise**. Ces critères nous ont fait converger vers les 3 entreprises suivantes :



Modulatio qui développe des solutions de structures alvéolaires et trabéculaires à variation de densité à destination du bâtiment et de l'industrie ;



Zébram qui propose une gamme de linge de lit inspirée de la nature ;



Les **pépinières Naudet** dont une partie de l'activité est tournée vers l'agroforesterie et le développement de nouvelles méthodes sylvicoles.

Nous présentons ci-après les résultats des trois études de cas.

3.2.1 Modulatio : structures alvéolaires bio-inspirées

Présentation générale de la structure



Modulatio est une entreprise spécialisée dans la conception de structures alvéolaires et trabéculaires à variation de densité pour un usage dans le BTP et dans l'Industrie. Ces structures, obtenues par moulage, permettent de faire varier la densité relative de la matière en fonction des besoins.

Pour le bâtiment, la solution de Modulatio permet de piloter finement la quantité de matière afin de, à caractéristiques mécaniques égales, économiser de la masse, de l'argent, de l'énergie grise et du CO2. Cela permet de réaliser dalles, murs ou structures de bâtiments optimisés.

Pour l'industrie, les applications sont variées et s'adaptent à un large panel de secteurs. Le procédé développé permet par exemple d'alléger les pièces, optimiser la résistance mécanique, faire des économies de matériaux coûteux, absorber les vibrations, dissiper l'énergie cinétique ou la chaleur...

Les solutions de Modulatio s'appliquent au cas par cas, en fonction des cas d'usages. L'entreprise ne présente pas de solution générique.

La base de la technologie développée par Modulatio vise à mettre en forme de la matière de manière plus intelligente en visant *in fine* une économie de poids. Cette économie de poids se traduit dans un second temps par une économie de matière.

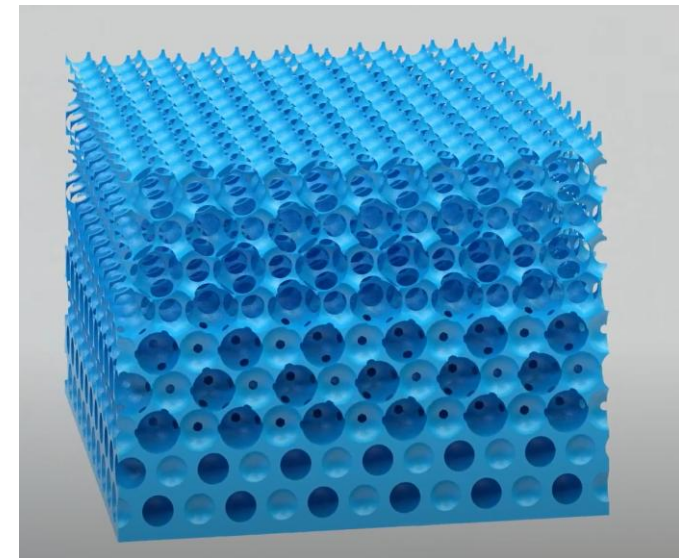
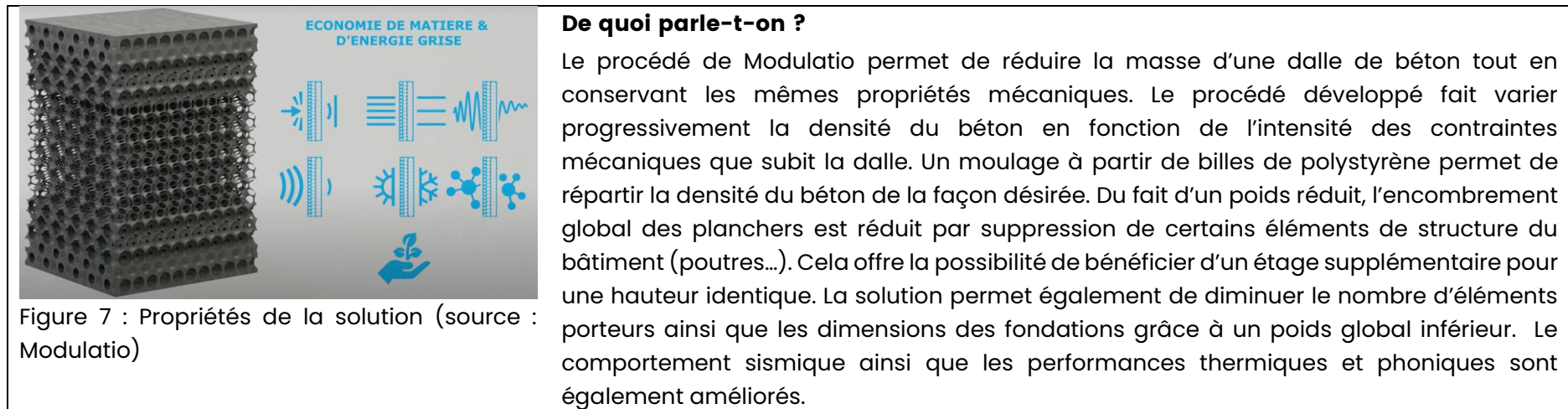


Figure 6 : Modélisation de la technologie Modula'Dalle
(source : Modulatio)

Présentation d'une application de la solution Modulatio : Modula'Dalle



En quoi est-ce du biomimétisme ?

La solution technologique développée se retrouve dans le monde animal et végétal, issue de l'inspiration des structures alvéolaires et lattices présentes dans le vivant qui allient légèreté et rigidité (squelette des oiseaux), souplesse et résilience (tiges de bambou), résistance à la compression et aux chocs (élytres de scarabées).

Également, le biomimétisme inspire l'entreprise dans son approche globale, pas seulement technique, mais aussi avec une volonté de collaborer et de travailler en symbiose. Par exemple, Modulatio a souhaité développer un partenariat avec l'ensemble de sa chaîne de valeur, de ne pas être un concurrent mais plutôt d'apporter une solution à l'ensemble de son écosystème.

Partage de l'innovation :

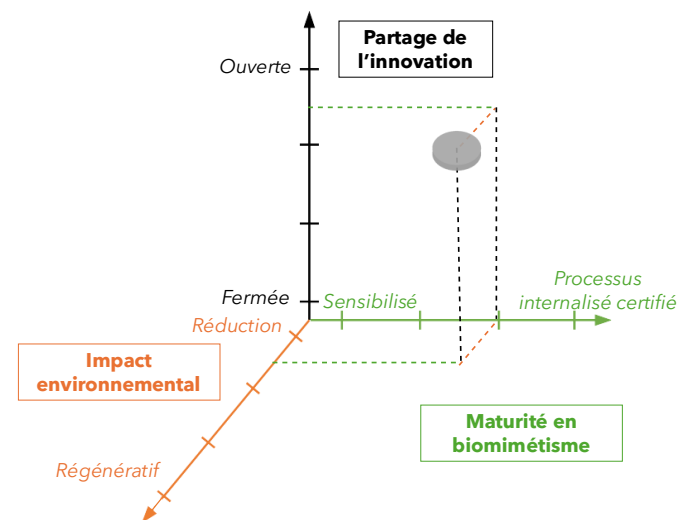
Modulatio développe un modèle de partenariat bio-inspiré avec l'ensemble de sa chaîne de valeur en proposant un modèle de relation symbiotique avec ses partenaires industriels. Modulatio apporte des applications spécifiques à des problèmes identifiés par ses partenaires, qui deviennent des clients, dans une relation gagnant-gagnant.

Impact environnemental :

Le pilier central des solutions développées par Modulatio est l'économie de matière. L'entreprise démontre une volonté de faire avec moins tout en garantissant durabilité, réutilisation et recyclabilité. Cela entraîne une pression moindre sur les ressources, à la fois dans le bâtiment et l'industrie, mais aussi des externalités positives comme la réduction des émissions de GES.

Maturité en biomimétisme :

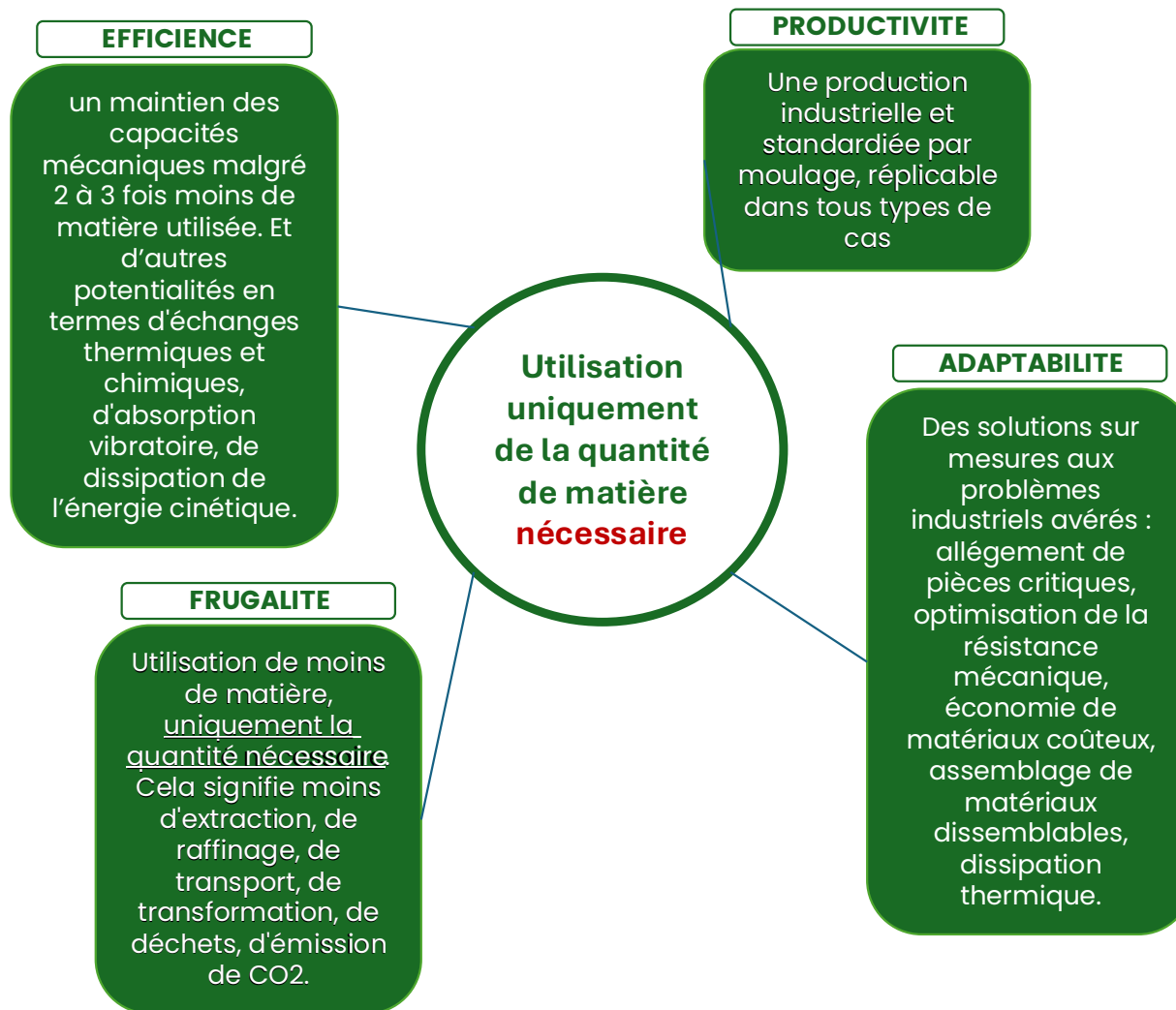
Modulatio s'inspire directement d'éléments naturels (structure des os, becs du toucan, élytres...) pour développer ses solutions mais aussi ses relations avec son écosystème sous la forme de partenariats.



Les impacts environnementaux

L'ensemble des solutions développées par Modulatio visent à atteindre un but commun : **réduire la quantité de matière utilisée** dans les procédés, à propriétés et qualités égales à la solution classique.

Cette solution, bien que 15 à 20% plus chère qu'une solution conventionnelle, permet de réaliser *in fine* des économies à l'échelle de l'ensemble du bâtiment (moins de poutres, d'éléments de structure ou de fondations). Plus légère, cette solution est particulièrement adaptée à des bâtiments d'environ 10 étages grâce aux économies d'échelle réalisées. Modulatio estime à 60% les économies de matière que permet de réaliser Modula'dalle. Ces économies se répercutent également sur le transport et donc la consommation d'énergie et les émissions de GES. La solution présente également d'autres avantages : isolation thermique, phonique, durabilité, résistance aux chocs et propriétés antisismiques.



Applications :

Dans le BTP :

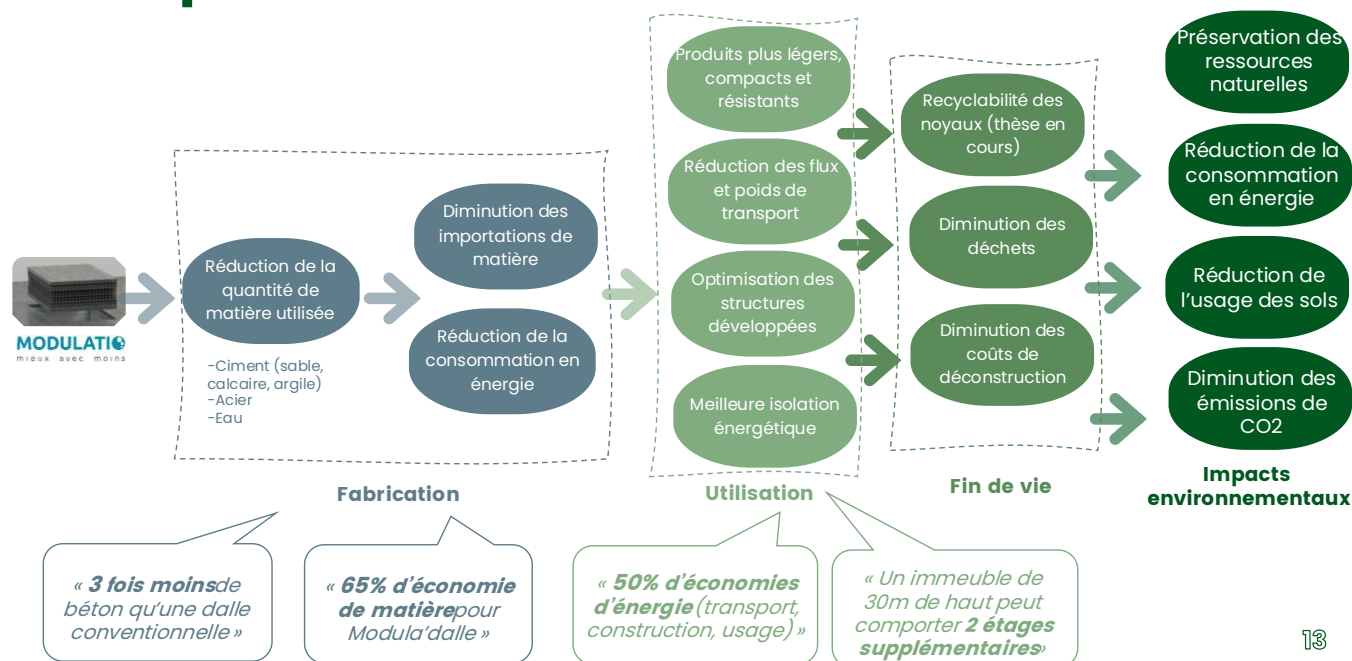
- Modula'Dalle
- Modula'Mur
- Modula'System

Dans l'industrie :

- Modula'Chox
- Modula'Therm
- Modul'Assembl
- Modula'Vibr

Arbre d'impacts de la Solution Modula'Dalle :

Impacts environnementaux



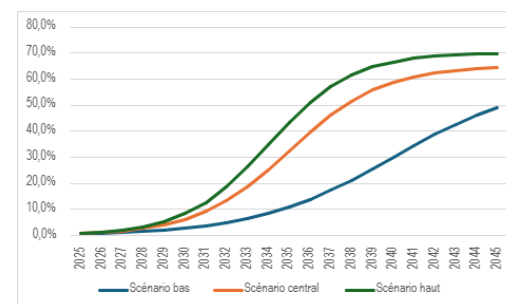
13

Perspectives de déploiement de la solution Modulation au sein du territoire et empreinte environnementale associée :

Selon le baromètre de l'innovation de la Fédération Française du Bâtiment de 2024 auprès des entrepreneurs et artisans, 63 % des artisans/constructeurs affirment utiliser ou vouloir utiliser des matériaux innovant dans l'entreprise. Cela permet d'estimer un taux de pénétration potentielle **de 65 %**. Concernant la diffusion, l'hypothèse est faite qu'il faudrait **18-20 ans** pour atteindre un taux de pénétration de 63 %. Cela signifie que les constructeurs ont 10 ans pour s'approprier la technologie de Modulatio.

Ainsi, le taux de pénétration de la technologie développée par Modulatio est estimé selon les trois scénarios suivants :

- Selon le **scénario bas**, le taux de pénétration est estimé à 2,8 % en 2030 et plafonne à 35 % en 2041.
- Selon le **scénario central**, le taux de pénétration est estimé à 6,2 % en 2030 et plafonne à 40 % en 2036.
- Selon le **scénario haut**, le taux de pénétration est estimé à 8,3 % en 2030 et plafonne à 44% en 2035.



La définition de ce taux de pénétration permet d'estimer les **impacts potentiels de l'application de la solution développée par Modulatio sur le territoire** de la région Grand Est et Bourgogne-France-Comté. En 2030, selon le scénario central, ce taux de pénétration est **estimé à 6,2 %**.

Grâce à la définition du taux de pénétration de la solution de Modulatio dans le secteur de la construction, il a été possible de modéliser la réduction de l'empreinte environnementale de cette solution sur un scénario à 2030. Le scénario ici exprimé est un scénario avec un taux de pénétration « central ».

Selon le scénario tendanciel, sans application de la solution de Modulatio, en 2030 l'empreinte environnementale du secteur de la construction dans les deux régions est estimée à **9 644 tCO₂eq**.

On constate ainsi **une baisse de 7% de l'empreinte carbone** des entreprises ayant recours à la solution Modula'dalle et Modula'mur.

Si l'on applique un taux de pénétration de 6,2 % de la solution, on estime à **42 tCO₂eq** (valeur centrale) la diminution de l'empreinte carbone du secteur de la construction en Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est.

Tableau 8 : Comparaison environnementale pour les entreprises concernées par les solutions Modulatio en 2030 (source : auteurs)

	Différence scénario bas (taux de pénétration = 2,8%)	Différence scénario central (taux de pénétration = 6,2 %)	Différence scénario haut (taux de pénétration = 8,3%)
Empreinte totale	- 19 tCO2eq	- 42 tCO2eq	- 57 tCO2eq

Focus secteur d'activité : Le poids du secteur du bâtiment dans la consommation de matières premières

En France en 2023, la consommation intérieure de matières s'élève à 813 millions de tonnes. Près de 60 % de cette consommation est composée de matériaux de construction (graviers et sables, granulats) nécessaires à la réalisation des infrastructures de transport et des bâtiments. Parmi ces matières consommées, 701 Mt sont extraites ou produites sur le territoire français, essentiellement des minéraux non métalliques et de la biomasse. L'article 74 de la loi de transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 fixe comme objectif une hausse de 30 % de la productivité matières de la France sur la période 2010–2030. Cela revient à produire davantage de valeur avec moins de matières premières.¹¹.

¹¹ SDES, La consommation de matières premières par l'économie française en 2023

Les impacts socio-économiques

Quelles retombées socio-économiques ?

En 2024 Modulatio génère un total de **171 000 € de chiffre d'affaires (comprenant la production immobilisée de Modulatio)** et soutient **6,3 emplois ETP en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté** (voir figure ci-contre).

Impacts directs

Les impacts directs correspondent à la contribution directe de l'entreprise à l'économie de la région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté. En 2024, l'entreprise a généré un chiffre d'affaires (qui correspond à une production immobilisée) de 82,9 K€ grâce à ses activités bio-inspirées et soutenir 5,8 emplois en ETP.

Impacts indirects

Ils correspondent aux effets des activités de Modulatio sur la chaîne de fournisseurs.

Impacts induits

Ils traduisent les impacts générés par la consommation de revenus des différents salariés de Modulatio et des entreprises localisées le long de la chaîne de fournisseurs.

Impacts socio-économiques Modulatio

Etat actuel - 2024

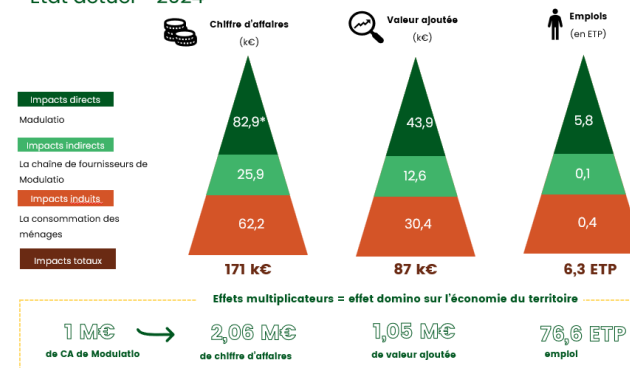
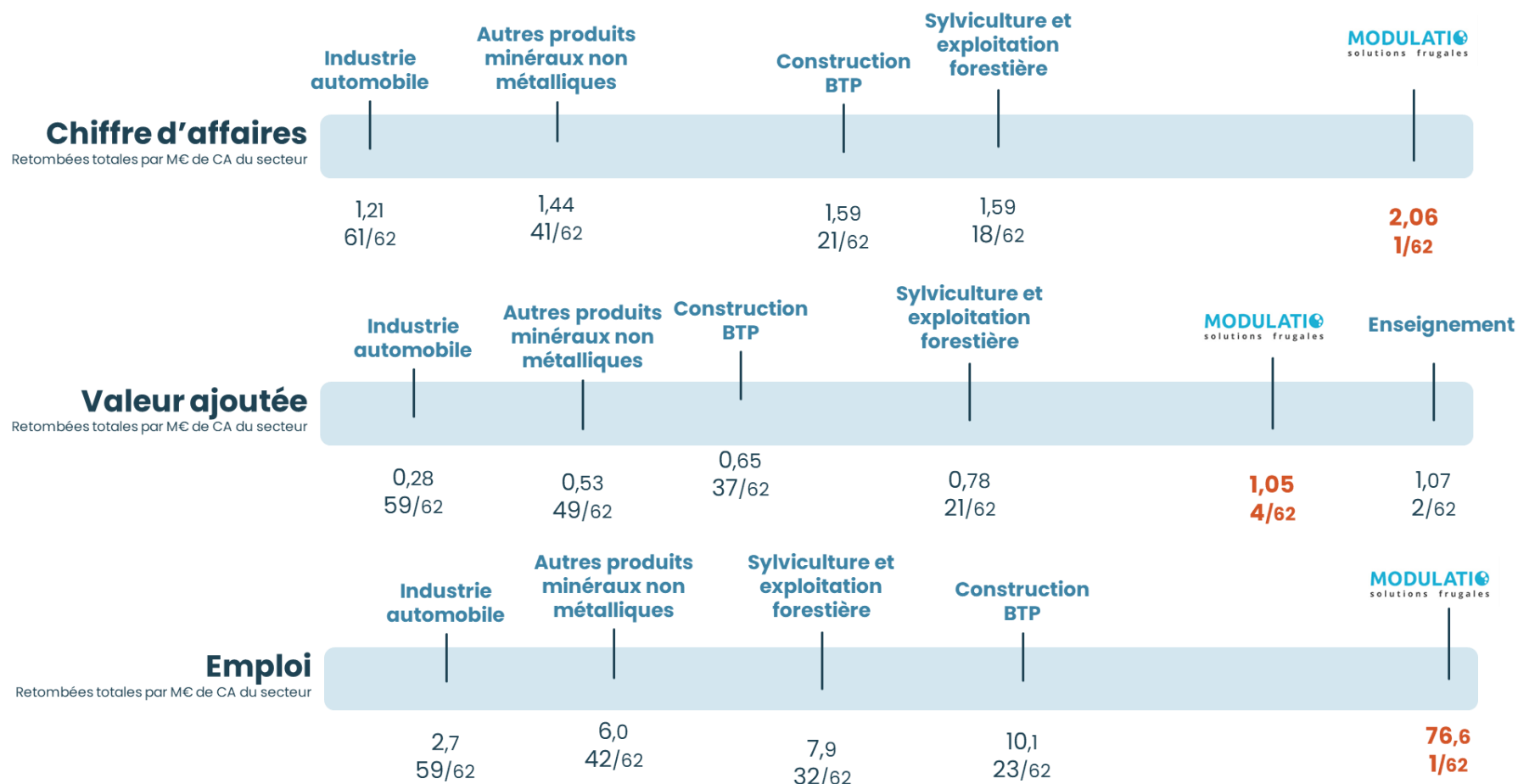


Figure 8 : Retombées socio-économiques potentielles de Modulatio en 2024 (source : Vertigo Lab)

Position par rapport aux autres secteurs (régions Grand-Est et BFC)



Analyse : Pour l'année 2024, Modulatio n'a pas encore de chiffre d'affaires et la production n'est composée uniquement que de production immobilisée, ce qui induit un biais quant aux chiffres présentés. On constate cependant que les multiplicateurs pour le chiffre d'affaires de Modulatio sont largement supérieurs aux multiplicateurs des autres secteurs d'activité analysés dans cette étude.

Perspectives et projections

Perspectives de développement et d'accroissement de l'activité pour Modulatio

Nous présentons ci-dessous les effets d'un développement de Modulatio à horizon 2029, avec les impacts socio-économiques associés générés sur le territoire.

Postes	Montants
Chiffre d'affaires	5 833 k€
Matières premières, autres achats et charges externes	884 k€
Salaires et traitements, charges sociales	2 225 k€

Projection des données du compte de résultat :

A partir des données communiquées, la valeur ajoutée est calculée : **4 949 k€**.

De plus, Modulatio pourrait représenter **33 emplois en ETP**.

Tableau 9 : Projection des données du compte de résultat de Modulatio en 2029 (source : Vertigo Lab)

A horizon 2029, Modulatio pourrait générer au total :
7,8 M€ de chiffre d'affaires et soutenir **45,6 emplois ETP** en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté (cf. illustration ci-contre)

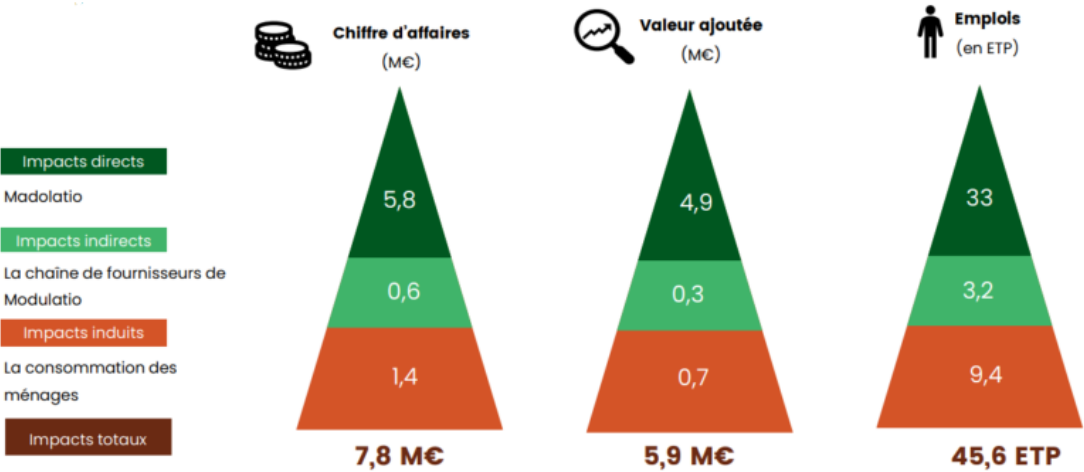


Figure 9 : Retombées socio-économiques de Modulatio à horizon 2029 (source : Auteurs)

Perspectives de déploiement de la solution Modulatio au sein du territoire pour le secteur de la construction

En 2019, pour le secteur de la construction, la valeur ajoutée sur le territoire était de **13 436 M€**, le chiffre d'affaires (production) de **33 750 M€** et le nombre d'emplois se situait à **224 896 ETP**.

Sur la base du scénario tendanciel, sans application de la technologie de Modulatio, l'évolution estimée des indicateurs socioéconomiques pour le secteur de la construction est la suivante (uniquement les retombées directes) :

- Chiffre d'affaires : 35 720 M€
- Valeur ajoutée : 14 221 M€
- Emploi : 238 025 ETP

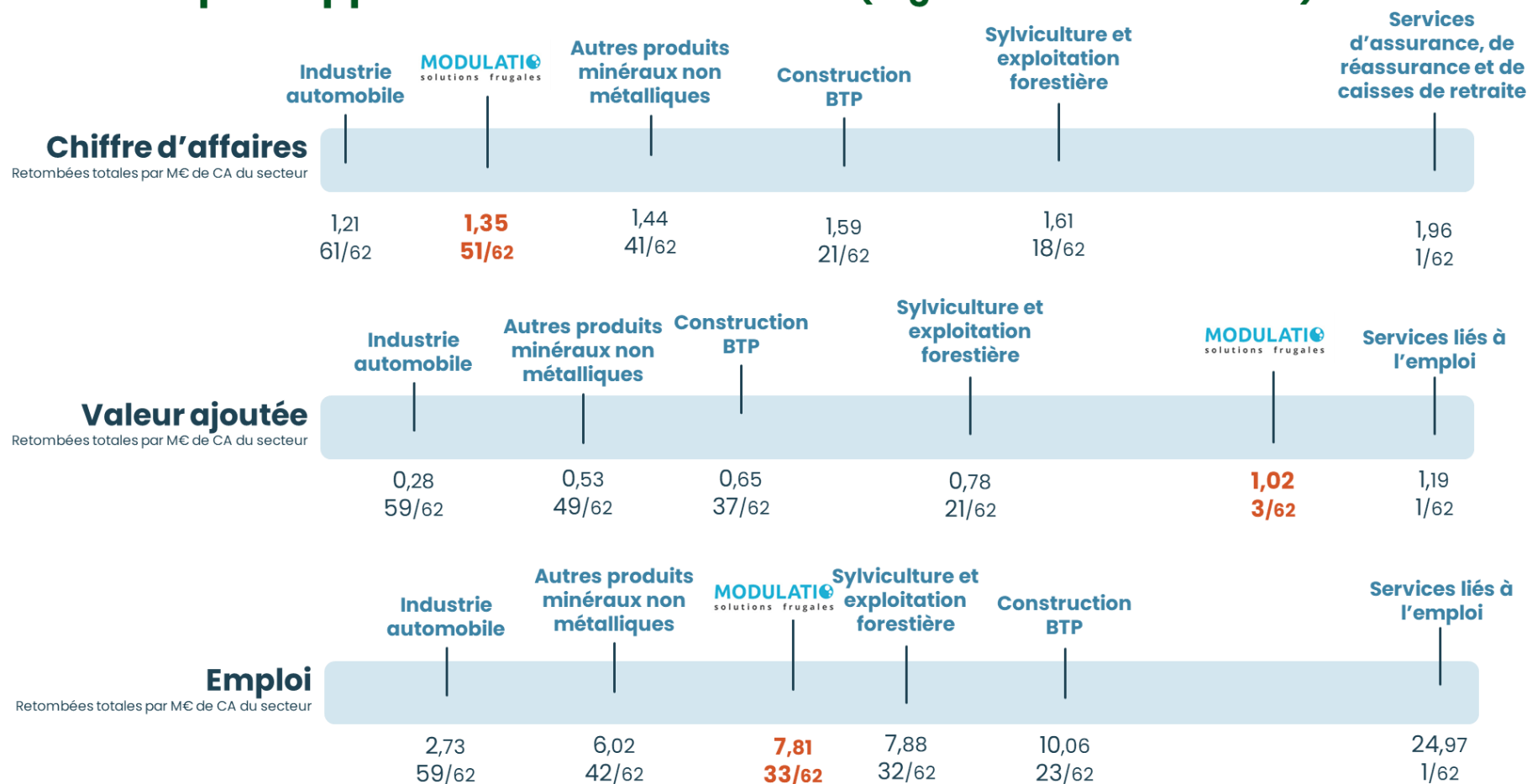
Sur la base d'un taux de pénétration de **6,2%** (hypothèse basée sur le scénario central du taux de pénétration, voir page 38) de la technologie de Modulatio, on estime que les **retombées totales (intégrant les retombées directes, indirectes et induites) pour le territoire seront les suivantes :**

- Chiffre d'affaires : **-16 M€**
- Valeur ajoutée : **+44M€**
- Emploi : **+780 ETP**

La valeur négative des retombées pour le chiffre d'affaires (-16 M€) ne concerne que les secteurs se trouvant **en amont du secteur de la construction**. Elle est négative car l'application de la solution de Modulation entraînerait une **baisse de consommation de matière première** (béton) et donc une baisse de chiffre d'affaires pour les entreprises qui le produisent et le commercialisent. En revanche, on constate que **ces économies de matière** entraîneraient une forte hausse de la valeur ajoutée et du nombre d'emplois créés sur le territoire. **Le montant du chiffre d'affaires du secteur de la construction seul reste inchangé.**

Pour le scénario bas, l'impact sur l'emploi est de **+371 ETP** tandis que pour le scénario haut, l'impact est de **+1 087 ETP**. L'intensité de la création d'ETP varie selon l'appui au développement de la solution de Modulatio.

Position par rapport aux autres secteurs (régions Grand-Est et BFC) – 2029



Analyse : Les projections en 2029 laissent entrevoir une baisse du multiplicateur de chiffre d'affaires de Modulatio mais une meilleure position de l'entreprise en termes de valeur ajoutée. Concernant l'emploi, le multiplicateur de Modulatio diminue mais se situe au-delà de la moyenne des secteurs d'activité analysés. Les projections ont été faites à 2029, Modulatio projetant de s'ouvrir à l'international en 2030.

Pour Modulatio, les possibilités de développement du biomimétisme forestier sont aujourd'hui très encourageantes. L'entreprise note toutefois un point de vigilance quant aux risques d'effets indirects négatifs ou rebonds. Pour limiter ce risque, Modulatio a choisi de se concentrer sur l'enjeu de la surconsommation en ressources. De plus, Modulatio souhaite croître de manière cohérente et raisonnée. L'entreprise envisage une possible augmentation de la part de l'industrie dans ses activités avec une application de la solution à d'autres matériaux, notamment les composites pétrosourcés. Le secteur du bâtiment, lui, reste un secteur à part. Enfin, il est envisagé le développement d'une activité logiciel à destination des entreprises pour paramétrer la solution (actuellement uniquement du conseil).

Freins au développement

- **Le temps** : les homologations sont longues à obtenir, surtout dans le secteur industriel qui est peu agile
- **Le défi de la normalisation** : pour tout nouveau produit développé, la norme n'existe pas et sa création est très longue

Facteurs de succès

- **Identification du besoin** : Modulatio a su identifier un réel besoin chez ses partenaires et a su développer l'expertise pour y répondre, en partant de zéro.

3.2.2 Pépinières Naudet : pépinière forestière et développement de solutions en agroforesterie

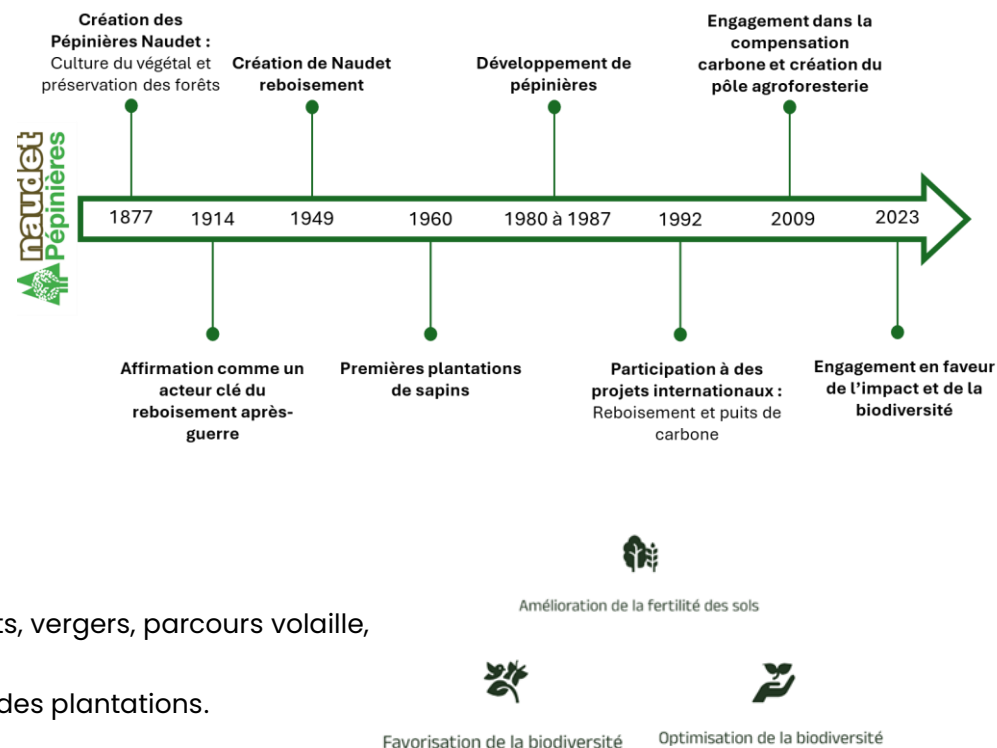
Présentation générale de la structure

Les pépinières Naudet sont une entreprise de pépinières forestières qui exerce également des activités d'agroforesterie et de reboisement. Installée en 1876, l'entreprise produit des plants, a développé une activité de plantation et reboisement, travaille à la proposition de solutions en agroforesterie et développe une expertise en végétalisation des villes.

Implanté au cœur du Parc national de forêts, le pôle agroforestier permet à l'entreprise d'expérimenter et d'innover sur ces pratiques afin d'explorer les complémentarités apportées par l'agroforesterie pour les cultures, la vitiforesterie ou encore l'agrovoltaïsme.

Les conseillers spécialisés de Naudet Agroforesterie interviennent à différentes étapes :

- Étude des besoins et objectifs de l'exploitation,
- Sélection des essences adaptées au climat et au sol,
- Conception des plans de plantation (haies bocagères, alignements, vergers, parcours volaille, etc.),
- Accompagnement technique pour la mise en œuvre et l'entretien des plantations.



Présentation de l'agroforesterie



Figure 10 : Exemple de synergies entre la plantation de haies et des cultures céréalières

De quoi parle-t-on ?

L'agroforesterie est une pratique reconnue comme forme de biomimétisme. Elle permet, via l'association d'arbres et de cultures ou d'animaux sur une même parcelle de mieux utiliser et valoriser des ressources, de favoriser une plus grande diversité biologique et de créer un micro-climat favorable à l'augmentation des rendements et à l'accélération de la croissance des plantes.

Les pépinières Naudet ont créé un pôle de « démonstration agroforesterie » autour de 257 000 plants qui mène des études, effectue un suivi des parcelles mais accueille aussi des formations.

Le développement de ce projet repose sur des expérimentations et la récolte de données pour ensuite proposer des solutions diverses (forêt Miyawaki, vergers pâturés, synergies inter-espèces...) commercialisables à grande échelle. Initié en 2020, le projet nécessite de trouver de nouvelles sources de financement pour poursuivre son développement.

En quoi est-ce du biomimétisme ?

La solution développée s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels pour concevoir des systèmes de production qui développent des synergies et régénèrent les milieux vivants qui les entourent. Cette approche place la fertilité écologique, la diversité fonctionnelle et les cycles naturels au cœur du système agricole.

Partage de l'innovation :

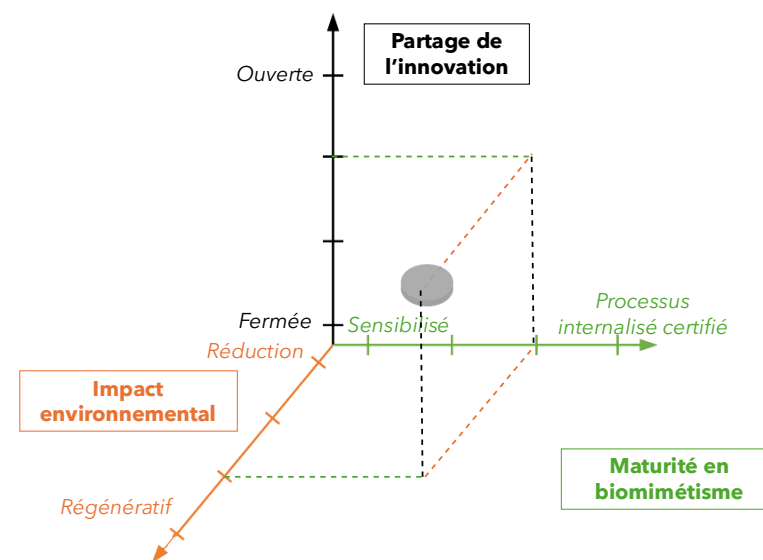
Les pépinières Naudet organisent des formations sur le pôle agroforesterie de Côte d'Or. Il accueille régulièrement des visites pédagogiques pour sensibiliser aux enjeux de l'agroforesterie et présenter les différentes techniques mises en place sur le site. Des formations et rencontres techniques sont également organisées en partenariat avec des Chambres d'agriculture, des instituts de recherche et des coopératives agricoles.

Impact environnemental :

Les pratiques agroforestières permettent, via les synergies entre les plantations, d'améliorer les résultats agronomiques (augmentation de la matière organique, amélioration de la porosité des sols, résilience accrue au stress hydrique...) tout en bénéficiant au milieu : restauration de la biodiversité fonctionnelle, réactivation des réseaux trophiques, baisse voire suppression des intrants...

Maturité en biomimétisme :

Les pépinières Naudet ont développé le pôle agroforesterie en 2019 sous la forme d'un site expérimental. Ce projet vise à démontrer les multiples bénéfices des systèmes agroforestiers et à accompagner les professionnels agricoles dans leur transition vers des pratiques plus résilientes et durables. Ce site pilote a pour objectif de démontrer l'intérêt des systèmes agroforestiers et de servir de laboratoire à ciel ouvert pour les agriculteurs, chercheurs et techniciens.

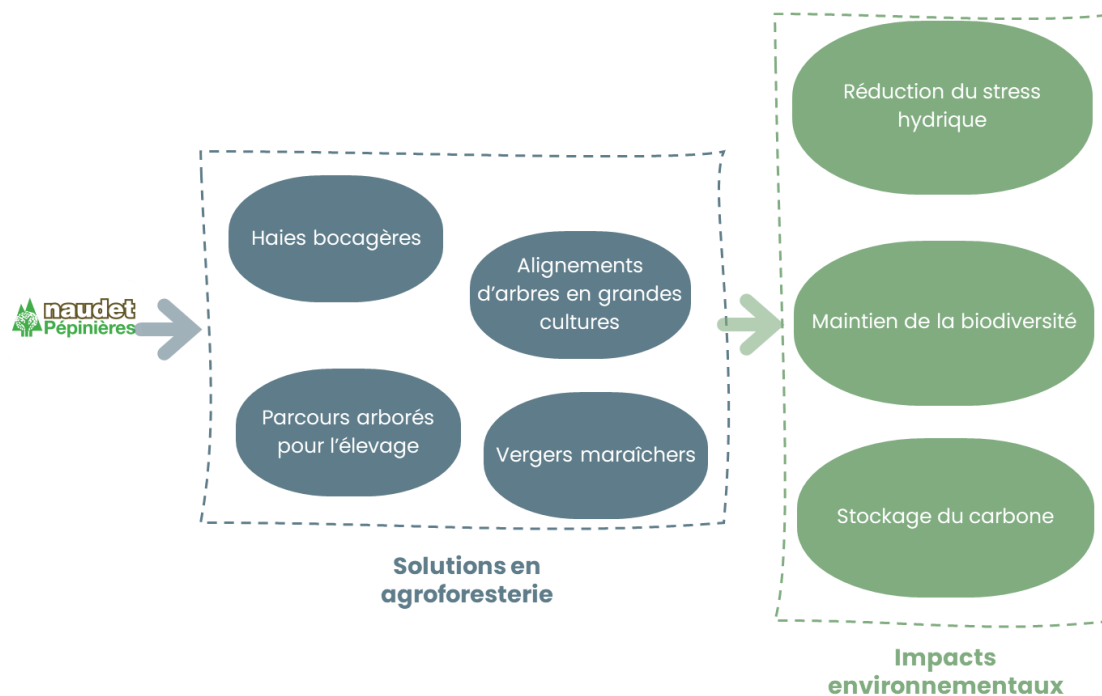


Les impacts environnementaux

L'ensemble des solutions développées par les pépinières Naudet visent à **optimiser la production et préserver l'environnement** dans les projets agricoles en produisant des conditions plus résilientes et plus productives.

L'**agroforesterie** favorise la **biodiversité** en offrant des habitats aux pollinisateurs, aux auxiliaires de culture et à la faune locale, réduisant ainsi le recours aux pesticides. Elle protège également les **sols et les ressources en eau** en limitant l'érosion, en améliorant l'infiltration de l'eau et en maintenant l'humidité des sols. Grâce à leurs racines profondes, les arbres remontent des nutriments essentiels, enrichissant naturellement la fertilité des terres agricoles. Les pratiques d'agroforesterie permettent la restauration de la biodiversité fonctionnelle en réduisant le nombre d'intrants utilisés par rapport à l'agriculture conventionnelle, réactiver des réseaux trophiques, diminuer des maladies cryptogamiques¹². Enfin, l'agroforesterie contribue au **stockage du carbone** dans la biomasse et dans le sol.

¹² Kremen & Merenlender, 2018



Applications :

Haies bocagères : Renforcement des équilibres entre cultures et biodiversité, délimitation des parcelles.

Vitiforesterie : Intégration d'arbres aux vignobles afin de créer des écosystèmes viticoles plus résilients

Bosquets : Enrichissement de la biodiversité et de la qualité des sols

Agrovoltaïsme : Combinaison de cultures et de production d'énergie

Fascines vivantes : Stabilisation des sols et lutte contre l'érosion

Les impacts socioéconomiques

Quelles retombées socio-économiques ?

En 2024 les activités d'agroforesterie des pépinières Naudet génèrent un total de **1 400 000 € de chiffre d'affaires et soutiennent 14 emplois ETP en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté** (voir figure ci-contre).

Impacts directs

Les impacts directs correspondent à la contribution directe de l'entreprise à l'économie de la région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté. En 2024, l'entreprise a généré un chiffre d'affaires de 0,8 M€ grâce à ses activités bio-inspirées (agroforesterie), et soutenu 7 emplois en ETP.

Impacts indirects

Ils correspondent aux effets des activités des pépinières Naudet sur la chaîne de fournisseurs.

Impacts induits

Ils traduisent les impacts générés par la consommation de revenus des différents salariés des pépinières Naudet et des entreprises localisées le long de la chaîne de fournisseurs.

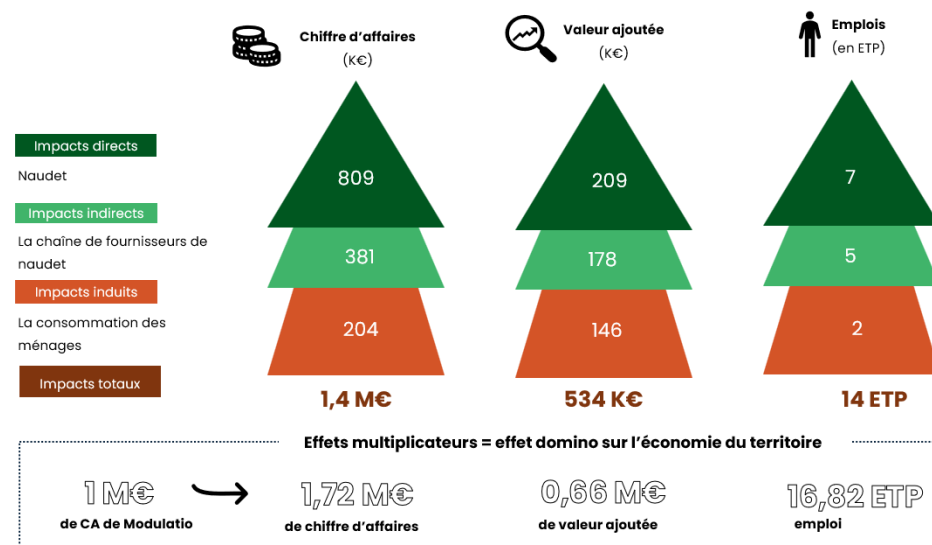
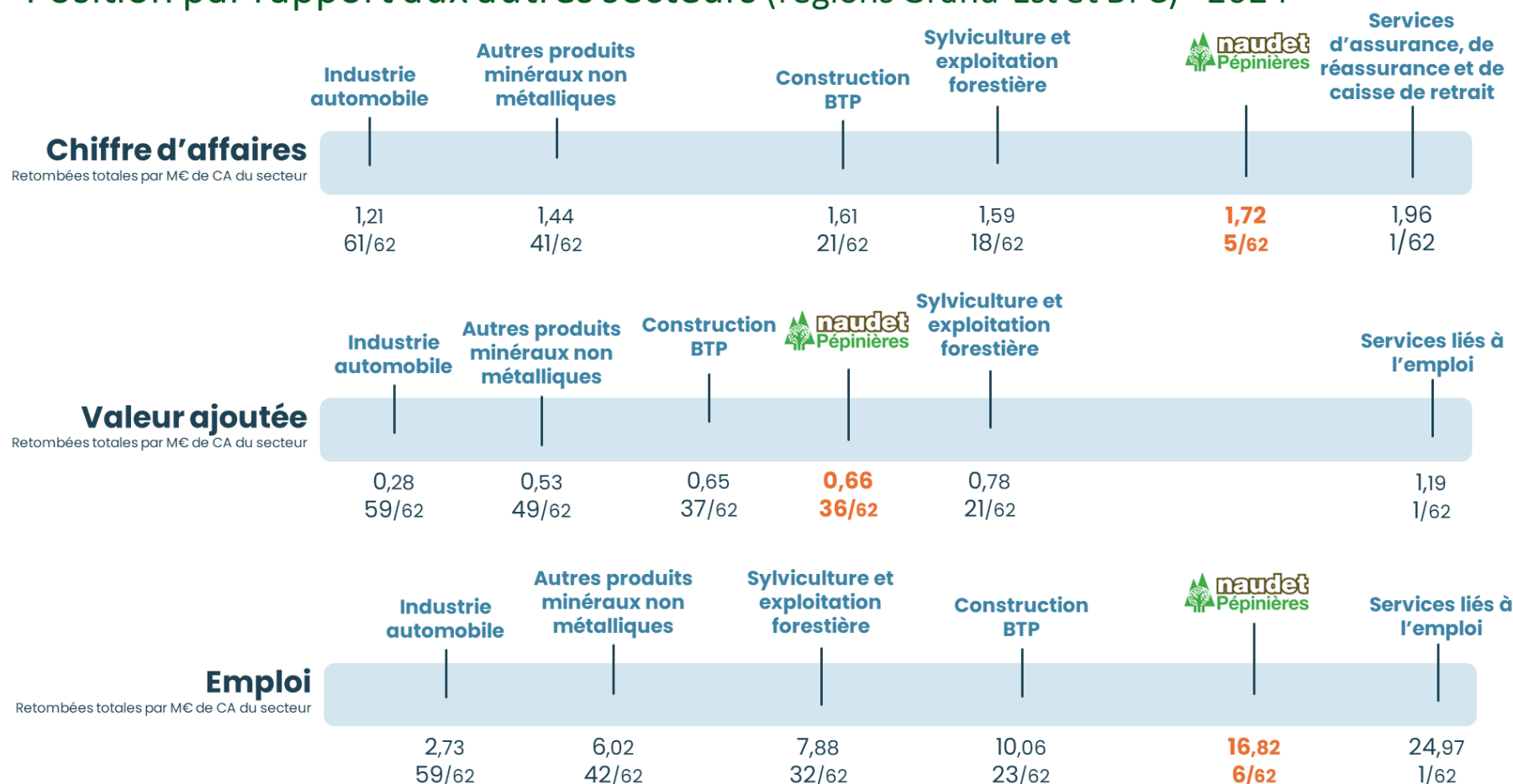


Figure 11 : Retombées socio-économiques des activités d'agroforesterie des pépinières Naudet en 2024 (source : Vertigo Lab)

Position par rapport aux autres secteurs (régions Grand-Est et BFC) - 2024



2

Analyse : En 2024, le multiplicateur de chiffre d'affaires des pépinières Naudet est supérieur à celui des autres secteurs d'activités analysés. Il en va de même pour le multiplicateur d'emploi. En revanche, le multiplicateur de valeur ajoutée de l'entreprise est inférieur au secteur de la sylviculture et de l'exploitation forestière, qui peut être expliqué par les activités de recherche et développement de la structure.

Perspectives et projections

Bénéfice socio-économique de l'agroforesterie pour les régions Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est :

Nous présentons ci-dessous les effets d'un développement de l'agroforesterie avec les impacts socio-économiques associés générés sur le territoire.

Sur la base du scénario tendanciel, sans pénétration des pratiques agroforestières, l'évolution pour le secteur de l'agriculture estimée en 2030 est la suivante (uniquement les retombées directes) :

- Chiffre d'affaires : 105 583 M€
- Valeur ajoutée : 4 402 M€
- Emploi : 105 583 ETP

Sur la base d'un taux de pénétration de **2%** des pratiques d'agroforesterie dans le secteur agricole, on estime que les **retombées totales (intégrant les retombées directes, indirectes et induites) pour le territoire seront les suivantes :**

- Chiffre d'affaires : **+ 8 M€**
- Valeur ajoutée : **+ 26 M€**
- Emploi : **+26 ETP**

On constate que dans le secteur agricole, l'agroforesterie aura un impact plus important sur la valeur ajoutée que sur le chiffre d'affaires sur le territoire. En d'autres termes chaque M€ de chiffre d'affaires généré par l'agroforesterie génère davantage de création de richesse (valeur ajoutée) par rapport à l'ensemble du secteur agricole. Cela s'explique par le fait que l'agroforesterie s'appuie davantage sur les ressources locales (par exemple baisse du montant des achats d'intrants importés par million d'euros de chiffre d'affaires).

Le développement du biomimétisme dans le domaine de l'agroforesterie offre la perspective aux exploitations agricoles de s'adapter au changement climatique et de développer leur résilience.

Cela se fera par une intégration de ces pratiques aux politiques nationales et européennes (PAC) et pourrait ouvrir la possibilité de création de nouveaux modèles économiques. En effet, l'agroforesterie permet aux exploitants agricoles de diversifier leurs revenus et d'accéder à de nouveaux marchés (Paiements pour Services environnementaux – PSE, carbone volontaire, labels...).

L'enjeu central de ce développement est la massification des pratiques et l'approfondissement de la recherche sur le sujet.

Freins

- La rentabilité
- Le manque de structuration des filières
- Le manque de formation et de conseil spécialisé

Facteurs de succès

- Investissements dans la recherche pour proposer des solutions innovantes
- Développement de nouveaux marchés

Zoom sur le concept de jardins forêts

Pépinières Naudet développe actuellement une nouvelle activité et offre autour du concept de **jardin forêt**. Cette approche est assimilable à de l'agroforesterie, caractérisée par une forte densité d'arbres. Les jardins forêts peuvent être définis comme des écosystèmes productifs qui répliquent la succession végétale naturelle. Ce sont des forêts comestibles garantes d'un paysage aux ressources multiples, abondantes et nourricières.

Pépinières Naudet propose ce modèle aux collectivités et entreprises, notamment afin de remplacer les étendues de gazon coûteuses à entretenir et présentant de faibles intérêts écologiques. Le coût de ce type de modèle est très variable en fonction de la conception. Il peut s'élever en moyenne à 100-200€/m². Ce modèle suscite aujourd'hui beaucoup d'intérêt, et bien qu'encore peu mis en œuvre, il devrait se développer dans les années à venir. Représentant un investissement non négligeable à la mise en œuvre, les collectivités notamment débutent souvent par la plantation de micro-forêt, sur 3 à 40m² avec 1 à 2 plants par m² et pour un coût moyen de 30€/m².

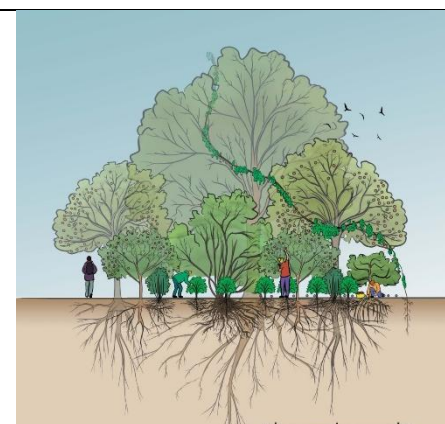


Figure 12 : Représentation schématique d'un jardin forêt (source : Association Française d'Agroforesterie)

3.2.3 Zebram : Linge de lit innovant

Présentation générale de la structure



Zebram est une entreprise spécialisée dans la conception de linge de lit innovant. Afin d'améliorer le sommeil, Zebram développe du « linge de lit actif » pour répondre aux besoins de confort de ses utilisateurs.

L'innovation principale de l'entreprise est l'intégration de charbon actif au tissu du linge de lit afin de lui conférer divers bienfaits :

- Proche de la peau,
- Respirant,
- Détoxifiant,
- Dépolluant,
- Récupération physique,
- Anti-odeur.



Figure 13 : Présentation du linge de lit actif (source : Zebram)

Zebram a également développé une solution inspirée de la nature : le revers « hotfoot » pour un maintien thermique des pieds, accélérateur d'endormissement et réducteur de réveils nocturnes.

Présentation d'une application de la solution Zebram : Le linge de lit actif



Figure 14 : Exemple de solution (source : Zebram)

De quoi parle-t-on ?

Le procédé de Zebram permet d'intégrer du percale de charbon actif, matériau naturel issu de végétaux ou de bois sélectionnés. La première étape consiste en la *carbonation* du végétal (montée en haute température afin d'extraire toutes les molécules ou atomes qui ne serait pas du carbone) puis vient l'activation à des températures supérieures à 700°C, créant un réseau complexe de pores microscopiques, augmentant considérablement sa surface interne afin d'améliorer la capacité d'absorption du charbon actif. Le charbon actif ainsi obtenu est ensuite infusé dans le fil qui constitue le tissu.

Le linge ensuite tissé obtient alors des propriétés respirantes, détoxifiantes, dépolluantes, anti-odeurs et facilite la récupération physique en favorisant la micro-circulation sanguine.

En quoi est-ce du biomimétisme ?

Zébram intègre du charbon actif dans le tissu utilisé pour créer le linge de lit. Le charbon actif est un produit naturel issu de matières organiques, connu pour ses propriétés filtrantes, purifiantes et de détoxifiant. Le charbon actif capte les molécules nocives, assainissant le couchage. Le charbon actif est créé par une double combustion de matière organique.

Le tissu est trempé dans une solution à base de charbon actif ce qui donne du linge qui n'agresse pas la peau, hypoallergénique, capte les polluants et odeurs. Actuellement, Zébram travaille avec du charbon actif créé avec du bambou chinois, transformé en région Grand Est.¹³

¹³ Il convient de noter que Zébram est une jeune entreprise dont la solution développée vise à être pleinement bio-inspirée, cependant à l'heure actuelle, les produits reposent surtout sur de l'intégration de composé biosourcés. Leur démarche est encore en cheminement et progression afin de proposer des produits réellement bio-inspirés, et sourcés localement.

Partage de l'innovation :

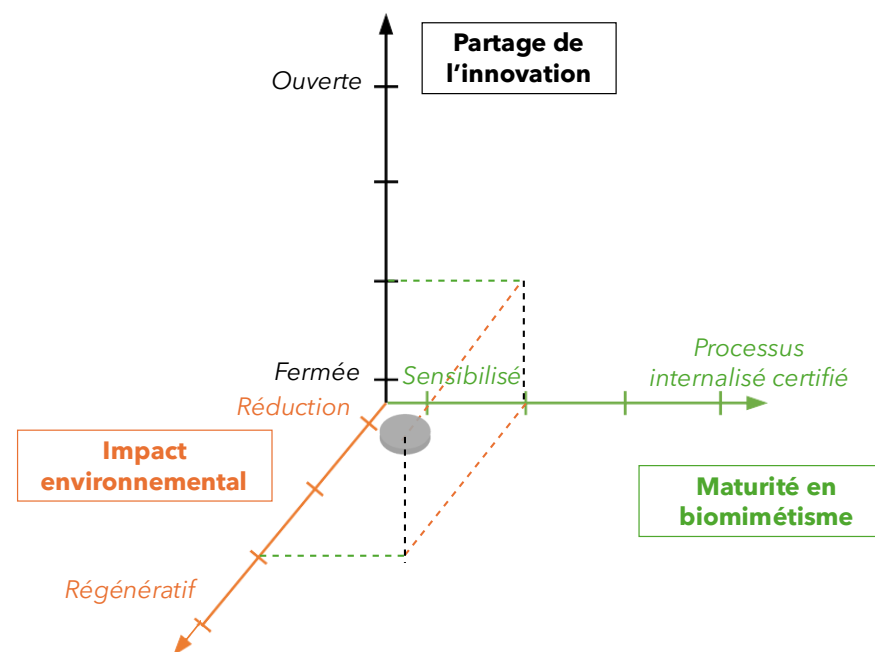
Le marché du linge de maison est l'un des rares marchés textiles qui croît en France avec des critères d'achat bien définis : confort, esthétique et technicité du tissu. Contrairement aux autres acteurs français du domaine, Zebram entend répondre au dernier critère ce qui lui permet de se différencier. En revanche, Zebram travaille avec l'écosystème local (dont le Parc national de forêts) pour développer une filière de création de charbon utilisant des ressources locales et avoir un impact positif sur son écosystème.

Impact environnemental :

Le charbon actif utilisé par Zebram est actuellement produit à partir de bambou chinois. Zebram souhaite à terme créer son charbon à base de déchets verts locaux, ce qui nécessite de monter une filière avec le Parc national de forêts pour identifier la matière première végétale la plus adaptée.

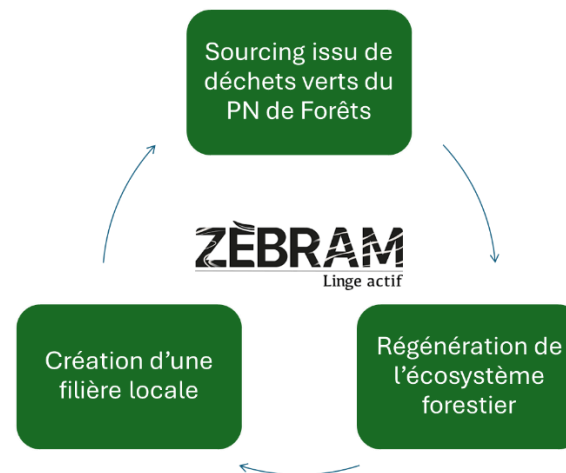
Maturité en biomimétisme :

Zebram s'inspire des fonctions purifiantes du charbon actif pour l'appliquer à sa gamme de linge de lit. Également, l'entreprise base sa R&D sur d'autres fonctionnalités présentes dans la nature comme le revers de lit en molleton (hotfoot) qui reprend les fonctionnalités de la poche en gardant les pieds au chaud, facteur favorable à l'endormissement et à un sommeil de qualité, présentes dans le monde animal et garante de confort de sommeil et accélérateur d'endormissement.



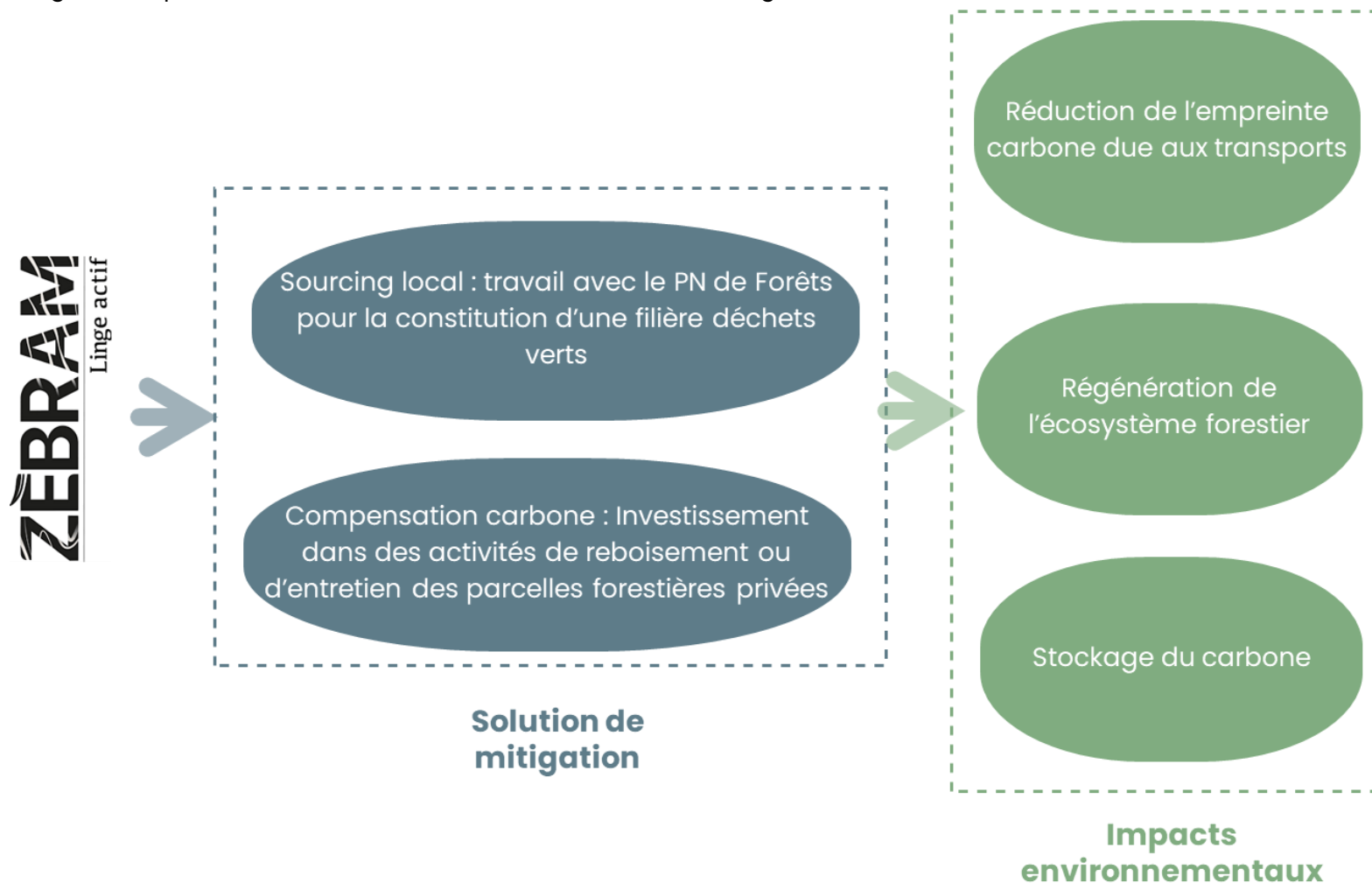
Les impacts environnementaux

La solution de Zebram entend faire bénéficier ses utilisateurs des qualités naturelles du charbon actif pour la santé. Se sourcant actuellement en Asie pour l'achat de charbon actif, Zebram souhaite produire la matière à partir de bois et résidus de bois issus du Parc National de Forêts afin de valoriser la filière bois locale. Une piste de compensation également explorée est de participer à des actions de reboisement locales afin de maintenir sa potentielle source d'approvisionnement. Cette compensation pourrait aussi s'effectuer par le financement de travaux forestiers auprès de petits propriétaires. A date de réalisation de cette étude, ces pistes sont en cours d'étude par l'entreprise.



Objectifs de réduction des impacts environnementaux

Comme la majorité des activités de production de biens, Zebam n'a pas réellement d'impact positif sur l'environnement mais l'entreprise cherche à mitiger les impacts environnementaux de ses activités en envisageant diverses solutions :



Les impacts socioéconomiques

Quelles retombées socio-économiques ?

A date de réalisation de l'étude, Zebram n'a pas encore généré de chiffre d'affaires et emploie un seul salarié, son fondateur.

Impacts directs

Les impacts directs correspondent à la contribution directe de l'entreprise à l'économie de la région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté. En 2030, si Zebram atteint ses objectifs, l'entreprise pourrait générer un chiffre d'affaires de 0,55 M€ grâce à ses activités bio-inspirées, et soutenir 3 emplois en ETP.

Impacts indirects

Ils correspondent aux effets des activités de Zebram sur la chaîne de fournisseurs.

Impacts induits

Ils traduisent les impacts générés par la consommation de revenus des différents salariés de Zebram et des entreprises localisées le long de la chaîne de fournisseurs.

Impacts socioéconomiques Zebram

Projection - 2030

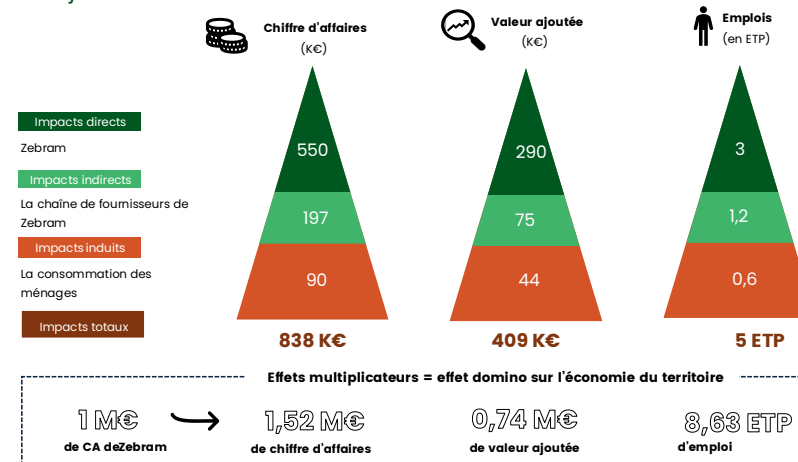
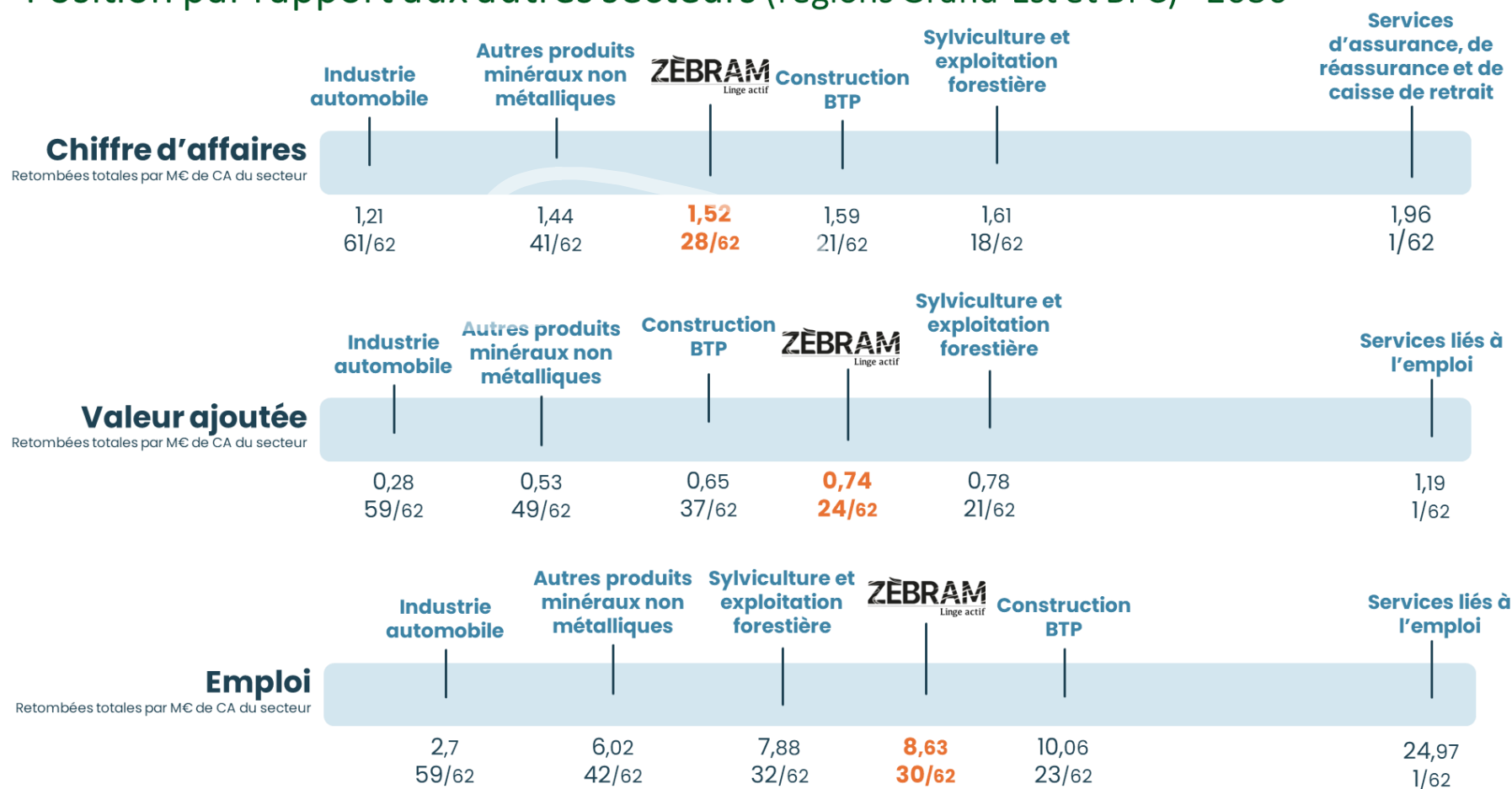


Figure 15 : Retombées socio-économiques potentielles de Zebram en 2030
(source : Vertigo Lab)

Perspectives et projections

D'après les résultats du modèle ImpacTer et les projections de son fondateur, Zebram pourrait générer un total de **838 000€ de chiffre d'affaires** et **soutenir 5 emplois ETP** en région Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté en 2030 (voir figure ci-contre).

Position par rapport aux autres secteurs (régions Grand-Est et BFC) - 2030



Analyse : A date de réalisation de l'étude, Zebam n'a pas dégagé de chiffre d'affaires. Cependant, il est intéressant de constater que, selon les projections envisagées à 2030, le multiplicateur de chiffre d'affaires de l'entreprise est supérieur à celui de son secteur d'activité (13-15 : Produits de l'industrie textile, articles d'habillement, cuir et articles en cuir). Il en va de même pour le multiplicateur de valeur ajoutée.

Concernant l'emploi, le multiplicateur de Zebram est légèrement inférieur à celui de ce secteur d'activité (8,79). Cela peut être dû aux produits proposés par Zebram qui nécessitent plus d'assemblage et de travail de couture que des produits courants. Aussi, le recours à l'infusion de charbon naturel contribue à influencer sur ce multiplicateur.

Perspectives pour le secteur d'activité :

Le développement du biomimétisme dans le secteur du linge de lit offre aux entreprises investies la possibilité de se démarquer sur un marché dominé par la production asiatique. Le biomimétisme forestier permet de mettre en lien le produit avec le territoire duquel il est issu et qu'il valorise. Zébram envisage cela comme un axe de différenciation sur un marché normé et peu innovant.

Freins

- **Sourcing** : Difficultés à trouver les bons fournisseurs en France ou ailleurs
- **Le financement** : Il est difficile de trouver du financement dans le secteur du textile
- **Image de marque et communication** : Faire connaître la marque coûte cher et cela prend du temps

Facteurs de succès

- **Connaissance de l'écosystème** : Zébram a su trouver les innovations permettant à ses produits de se démarquer avec un produit de grande consommation.
- **S'inspirer du local** : Zébram apporte des produits inspirés des spécificités du territoire dans une forme de socio-mimétisme. Son fondateur cite par exemple des produits pour lire au lit tout en gardant les bras au chaud et développés pour le salon du livre de Nancy.

Analyse des trois cas d'études

L'analyse de ces trois études de cas permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- **Peu de structures**, start-ups ou entreprises sont implantées sur le territoire et/ou développent des solutions de biomimétisme forestier,
- Parmi les quelques structures existantes, une **diversité de secteurs d'activité** et des **différences fortes de maturité** d'adoption du biomimétisme forestier et des solutions développées,
- Des **convictions fortes** portées par les acteurs développant ces solutions, une envie partagée de voir le biomimétisme forestier se développer et se déployer sur le territoire et au-delà,
- Un **potentiel existant** en termes d'effets socio-économiques et environnementaux associés à l'approche bio-inspirée,
- Le **besoin de soutien** d'une dynamique collective et d'une maturité plus grande sur le sujet pour déployer ces solutions largement.

Aussi, **à l'heure actuelle le biomimétisme, et a fortiori forestier, apparaît peu développé sur le territoire, avec quelques acteurs convaincus mais peu nombreux.** Par conséquent, **les effets actuels du biomimétisme forestier sont très modestes.** Néanmoins, on perçoit un **potentiel de développement avec des impacts socio-économiques et environnementaux** qui pourraient être non négligeables à l'échelle du territoire.

L'étude de cas sur l'entreprise Modulatio illustre le fort potentiel d'application de solutions biomimétiques au secteur de la construction malgré les difficultés d'adaptation au changement du secteur et le frein pour l'innovation que représente la complexité de la réglementation. Dans cette étude de cas, la solution apportée a un impact sur la consommation de matières premières contribuant à la préservation des ressources tout en permettant aux acteurs du bâtiment de réaliser des économies à l'échelle de la construction d'un bâtiment. Sur le plan socio-économique, l'application par les acteurs de la construction de cette solution à l'échelle des deux régions pourrait représenter un gain certain en termes de valeur ajoutée et d'emploi, confirmant l'intérêt du développement du biomimétisme pour le territoire.

La seconde étude de cas sur les pépinières Naudet met en avant le potentiel que représentent les pratiques agroforestières pour le secteur de l'agriculture, tant sur le plan agronomique et environnemental (adaptation au changement climatique, gestion de l'eau, préservation de la biodiversité) que sur le plan socio-économique avec des retombées directes (chiffre d'affaires, valeur ajoutée et emploi) à l'échelle de la Bourgogne-Franche-Comté et de la région Grand Est.

Enfin, l'étude de l'entreprise Zebram, bien qu'étant une société très jeune (lancement de la première gamme en 2025), permet d'ouvrir les perspectives d'application du biomimétisme

à d'autres secteurs, en l'occurrence le secteur du textile qui est en perte de vitesse sur la région Grand Est. Cette étude explore notamment le rôle de l'innovation bio-inspirée pour se démarquer sur un marché concurrentiel et peu novateur, mais aussi redynamiser un secteur en difficulté. Ici aussi, les projections laissent entrevoir des perspectives de développement socio-économiques positives pour le territoire ainsi que des synergies en lien avec les spécificités locales (agroforesterie et Parc national de forêts).

3.3 Evaluation des retombées socio-économiques à l'échelle du territoire Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est

Sur la base des études de cas et données de littérature et issues des entretiens, nous avons cherché à estimer les retombées socio-économiques du déploiement du biomimétisme à l'échelle des deux régions (Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté) d'ici 2035. Nous avons repris les secteurs d'intérêt identifiés dans les trois dimensions du biomimétisme développés dans le document du Ceebios que nous avons articulés en niveaux d'application du biomimétisme forestier dans l'économie territoriale :

- Le **niveau 1** est en cohérence avec la dimension « innover par le vivant », visant à transformer et accompagner des secteurs qui dépendent directement ou indirectement de la forêt. Nous avons repris les secteurs d'activités qui ont été mentionnés dans le livrable réalisé par Ceebios et qui reprennent l'ensemble des secteurs de la filière bois (sylviculture, 1^{ère} et 2^{ème} transformation du bois, industrie papetière, construction)
- Le **niveau 2** est toujours en cohérence avec la dimension « innover par le vivant » en intégrant d'autres activités qui sont en lien avec la forêt ou dépendant des services écosystémiques. Pour l'évaluation des retombées socioéconomique, il a été difficile de tenir compte de l'ensemble des secteurs. Nous avons restreint l'évaluation à certaines activités comme l'agroforesterie, le tourisme et les activités sportives, les activités de captage, traitement et distribution d'eau.
- Le **niveau 3** est en cohérence avec la dimension « Comprendre avec le vivant », en s'inspirant de l'écosystème forestier pour réaliser du biomimétisme dans des secteurs qui n'ont pas de lien avec la forêt. Pour l'évaluation des retombées socio-économiques, nous avons repris les applications retenues dans les études de cas. Les applications du biomimétisme forestier reste rare, avec un marché non encore mature. Nous avons repris les études de cas, car ce sont les seuls éléments disponibles pour lesquels nous avons des données pour réaliser l'évaluation des retombées socioéconomiques.

Le tableau ci-dessous résume les secteurs d'intérêt retenues pour l'évaluation socioéconomique pour chacun des trois niveaux.

Tableau 10 : secteurs d'intérêts pour le déploiement du biomimétisme pour chacun des trois niveaux

Niveau	Code NAF	Secteur d'intérêts
Niveau 1	02	Sylviculture et exploitation forestière
Niveau 1	16	Travail du bois et fabrication d'articles en bois
Niveau 1	18	Imprimerie
Niveau 1	31-32	Autres industries manufacturières (meubles)
Niveau 2	01	Agroforesterie

Niveau 2	37-38	Traitement de l'eau
Niveau 2	41-43	Construction
Niveau 2	93	Activités récréatives et de loisirs
Niveau 2	90-92	Arts, divertissement et musées
Niveau 3	41-43	Construction (adoption solution Modulatio)
Niveau 3	29	Industrie automobile (adoption solution Modulatio)
Niveau 3	30	Fabrication d'autres matériels de transport (adoption solution Modulatio)

Pour évaluer les retombées socioéconomiques du biomimétisme forestier d'ici 2035 dans les deux régions, nous sommes partis du tableau entrées-sorties régionalisé pour les deux régions en 2019. Cela permet d'évaluer le poids actuel des différents secteurs d'intérêt sur l'économie du territoire des deux régions. Sur la base de tableau entrées-sorties régionalisé, nous avons ensuite construit deux scénarios :

- **Scénario tendanciel** : il correspond à la projection de l'économie actuelle des deux régions en 2035 si aucune politique en faveur du déploiement du biomimétisme forestier n'a été activée. Ce scénario a été construit à partir des projections nationales d'évolution du PIB par habitant (estimées réalisées à partir des données du FMI qui mentionnent des prévisions à long terme de la croissance économique par pays) et d'évolution de la démographie sur ces deux régions. Nous avons supposé que la structure de l'économie locale reste identique.
- **Scénario du déploiement du biomimétisme forestier** : ce scénario vise à évaluer les retombées socioéconomiques attendues du déploiement du biomimétisme forestier dans ces secteurs d'intérêts en comparaison avec le scénario tendanciel.

Pour chacun des scénarios, nous avons évalué :

- **Les retombées directes** : ces retombées correspondent aux retombées socioéconomiques du biomimétisme forestier uniquement dans les secteurs d'intérêt. Par exemple, si on souhaite évaluer les retombées socioéconomiques associées au développement du biomimétisme forestier pour le secteur du travail du bois, les retombées directes concernent uniquement le secteur du bois.
- **Les retombées totales** : ces retombées incorporent les trois types de retombées présentées dans l'étude, à savoir les retombées directes, indirectes et induites. Par exemple, si le développement du biomimétisme forestier dans le secteur du travail implique d'accroître la part locale du bois, cela a des effets d'entraînement (ou effets ricochets) dans les autres secteurs. Ainsi ces effets d'entraînement seront intégrés dans les retombées totales.

Il est important de préciser que cette **évaluation n'a pas l'ambition de réaliser des prévisions économiques** dans le cas du déploiement du biomimétisme forestier. Cette évaluation est réalisée sur la **base d'un scénario**. Ce dernier s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses sur l'impact que pourrait avoir le déploiement du biomimétisme forestier sur l'économie locale. Compte tenu de l'état de l'art actuel, Il a été difficile de trouver des documents ou des références sur lesquels il était possible de s'appuyer pour récupérer des

données quantitatives nécessaires à l'évaluation des impacts socioéconomiques. Nous nous sommes appuyés sur différents entretiens issus de différents acteurs qui ont permis d'estimer les impacts attendus d'une manière qualitative. Nous avons tenté de transcrire ces données qualitatives en données quantitatives. C'est pour ces raisons que nous avons été **transparents sur les hypothèses retenues** pour évaluer les impacts. Ainsi, **l'évaluation réalisée ne vise qu'à fournir des ordres de grandeur**. Cette évaluation pourrait être affinée si des études sont réalisées pour ajuster les hypothèses retenues dans cette étude.

Nous présentons les retombées socio-économiques du déploiement du biomimétisme forestier pour chacun des trois niveaux.

3.3.1. Evaluation du déploiement du biomimétisme pour le niveau 1

Nous rappelons que le niveau 1 intègre 4 activités qui sont généralement intégrées dans la filière bois : sylviculture et exploitation forestière ; travail du bois et fabrication d'articles en bois ; Imprimer ; autres industries manufacturières (p.ex., meubles).

Concernant le **secteur de la sylviculture et l'exploitation forestière**, le déploiement du biomimétisme forestier contribue à fournir davantage de services écosystémiques par la forêt. Dans un contexte du changement climatique, ce biomimétisme forestier pourrait permettre d'éviter l'apparition de nouvelles maladies et ainsi contribuer à maintenir un bon état des écosystèmes forestiers. Nous avons donc supposé que, dans le scénario du déploiement du biomimétisme forestier, les activités de sylviculture et d'exploitation forestière sont maintenues à un niveau comparable à celles de 2019. Cependant, en l'état actuel des connaissances scientifiques, il nous semblait bien trop hasardeux d'évaluer pour le scénario tendanciel l'impact socioéconomique négatif généré par une dégradation des écosystèmes forestiers provenant du changement climatique.

Concernant le **secteur du travail du bois et fabrication du bois**, ce secteur est très dépendant de la fourniture du bois provenant de la forêt localisée dans les deux régions (les scieries sont généralement localisées près des zones forestières). Comme pour le secteur de la sylviculture et forestière, nous avons supposé que le déploiement du biomimétisme permettrait de maintenir la livraison de bois pour la filière bois locale. Nous avons supposé que la part locale du bois augmenterait au détriment du bois importé, avec une valorisation plus importante. Nous avons supposé que le taux de valeur ajoutée du secteur passerait de 29 % à 35 %.

Concernant le **secteur de l'imprimerie**, nous avons supposé que ce secteur s'appuierait davantage sur l'économie de la fonctionnalité. Ce secteur réduirait la part du papier au profit de la numérisation (publication des livres et journaux dans des fichiers numérisés). Nous avons supposé qu'une baisse de 25 % des achats de papier pour le secteur de l'imprimerie. De plus, nous avons supposé que ce secteur utiliserait davantage du papier recyclé que du papier vierge issu des papeteries. Cette baisse des achats de papiers vierges faciliterait les achats de papier provenant des papeteries locales (dont le bois proviendrait des forêts localisées dans les deux régions). Nous avons supposé que la part du papier provenant des papeteries locales pourrait s'accroître pour atteindre un taux de 75%.

Concernant le **secteur des autres industries manufacturières (meubles)**, nous avons supposé que le déploiement du biomimétisme pourrait permettre d'accroître la part locale du bois acheté (en passant la part locale du bois de 53% à 75%). L'élaboration de meubles sur la base du bois local pourrait contribuer à une meilleure valorisation de ces produits. Nous avons supposé que le taux de valeur ajoutée pour ce secteur passerait de 45% à 50%. Le tableau ci-dessous visualise les retombées socioéconomiques attendues du développement du biomimétisme forestier d'ici 2035 pour les secteurs d'intérêt du niveau 1.

Tableau 11 : Retombées socioéconomiques attendues du déploiement du biomimétisme forestier dans les deux régions d'ici 2035, niveau 1

			Sylviculture	Travail du bois	Imprimerie	Autres industries manufacturières
Année 2019	CA (en M€)	Retombées directes	1 972	2 763	1 158	2 993
		Retombées totales	3 001	4 723	1 706	4 131
	VAB (en M€)	Retombées directes	963	814	504	1 356
		Retombées totales	1 165	1 658	743	1 867
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	9 205	14 333	7 342	23 139
		Retombées totales	11 272	24 753	10 283	29 776
Année 2035 scénario tendanciel	CA (en M€)	Retombées directes			1 279	3 308
		Retombées totales			1 886	4 565
	VAB (en M€)	Retombées directes			557	1 499
		Retombées totales			821	2 064
	Emploi (en ETP)	Retombées directes			8 114	25 573
		Retombées totales			11 364	32 909
Année 2035 - déploiement biomimétisme	CA (en M€)	Retombées directes	1 972	2 992	1 279	3 545
		Retombées totales	3 176	5 349	1 979	4 902
	VAB (en M€)	Retombées directes	963	1 047	557	1 773
		Retombées totales	1 546	2 096	870	2 393
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	9 205	18 442	8 114	30 241
		Retombées totales	15 479	31 688	11 844	38 158

Point d'attention : il n'est pas possible d'additionner les retombées totales, du fait des possibles doubles comptes. Par exemple, les retombées totales du travail du bois intègrent également la sylviculture et exploitation forestière, qui se retrouve en amont de la chaîne de valeur.

Les résultats montrent que le déploiement du biomimétisme contribue à accroître les retombées socioéconomiques des activités existantes. Par rapport au scénario tendanciel, le scénario du déploiement du biomimétisme contribue à accroître les retombées totales :

- pour le **secteur de l'imprimerie** de 93 M€ de chiffre d'affaires, 49 M€ de valeur ajoutée et 479 emplois ETP. Ainsi, chaque million d'euros de chiffre d'affaires dans ce secteur génère sur le territoire des deux régions 1,55 M€ de chiffre d'affaires (contre 1,47 M€ pour le scénario tendanciel), 0,68 M€ de valeur ajoutée (contre 0,6 M€ pour le scénario tendanciel), et 9,26 emplois ETP (contre 8,96 emplois ETP pour le scénario tendanciel).
- pour le **secteur des autres industries manufacturières (meubles)** de 337 M€ de chiffre d'affaires, 329 M€ de valeur ajoutée et 5 249 emplois ETP. Ainsi, chaque million d'euros de chiffre d'affaires dans ce secteur génère sur le territoire des deux régions 1,383 M€ de chiffre d'affaires (contre 1,38 M€ pour le scénario tendanciel), 0,67 M€ de valeur ajoutée (contre 0,62 M€ pour le scénario tendanciel), et 10,76 emplois ETP (contre 9,95 emplois ETP pour le scénario tendanciel).

3.3.2. Evaluation du déploiement du biomimétisme pour le niveau 2

Nous rappelons que le niveau 2 intègre 4 activités qui sont en lien direct avec la forêt : agroforesterie ; traitement des eaux usées ; construction ; activités récréatives, sportives et de loisirs ; art, divertissement et musée.

Concernant **le secteur de l'agroforesterie**, nous avons supposé que le déploiement du biomimétisme forestier dans le secteur agricole contribuerait à l'émergence de l'agroforesterie. Nous avons supposé que le taux de pénétration dans l'agroforesterie atteindrait 5 % pour l'ensemble des activités agricoles des deux régions. Pour le process de production, nous avons repris les hypothèses retenues pour évaluer les impacts socioéconomiques attendus de l'agroforesterie pour l'étude de cas du groupe Naudet.

Concernant **le secteur du traitement des eaux usées**, nous avons supposé que 50 % des achats des produits chimiques seraient redirigés vers des produits forestiers (le montant des achats de produits chimiques ne représente qu'une part négligeable dans le chiffre d'affaires du secteur, soit 0,4%). De même, l'usage des écosystèmes forestiers pour le traitement des eaux usées exigerait une charge de travail supplémentaire. Nous avons ainsi supposé que les coûts salariaux augmenteraient de 10 %.

Concernant **le secteur de la construction**, le déploiement du biomimétisme forestier pourrait permettre d'utiliser davantage du bois local au détriment des autres matériaux de construction (comme le béton ou les briques), avec une meilleure valorisation des bâtiments construits. Nous avons ainsi supposé que 25 % du montant des achats de matériaux de construction serait destiné aux achats du bois, qui seraient local. En parallèle, nous avons supposé que le taux de valeur ajoutée augmenterait légèrement pour passer de 40 % à 45 %).

Concernant le **secteur des activités récréatives, sportives et de loisirs**, le déploiement du biomimétisme forestier pourrait être un sujet d'attrait touristique. Cela peut faire référence aux services culturels fournis par un écosystème forestier en très bon état écologique. Nous avons supposé que les activités récréatives, sportives et de loisirs pourraient augmenter de 10 % grâce aux différentes activités qui pourraient être pratiquées au sein des forêts (p.ex., randonnée pédestre, cyclotourisme, équitation, courses d'orientation).

Concernant le **secteur des arts, divertissements et musées**, un écosystème forestier en bon état écologique peut être l'opportunité de faire découvrir au grand public le fonctionnement de la faune et de la flore au sein des forêts (guide naturaliste). On pourrait penser au développement d'un musée afin de faire découvrir les écosystèmes forestiers. La forêt pourrait être aussi une source d'inspiration pour la création d'œuvres culturelles. Nous avons supposé que le déploiement du biomimétisme forestier pourrait faire augmenter le chiffre d'affaires de ce secteur de 5%.

Le tableau ci-dessous visualise les retombées socioéconomiques attendues du développement du biomimétisme d'ici 2035 pour les secteurs d'intérêt du niveau 2.

Tableau 12 : Retombées socioéconomiques attendues du déploiement du biomimétisme dans les deux régions d'ici 2035, niveau 2

			Agroforesterie	traitement des eaux usées	Construction	Activités récréatives, sportives et de loisirs	Art, divertissement et musée
Année 2019	CA (en M€)	Retombées directes	0	6 176	33 750	1 873	1 543
		Retombées totales	0	8 137	53 503	3 068	2 531
	VAB (en M€)	Retombées directes	0	165	13 436	1 031	882
		Retombées totales	0	186	22 050	1 580	1 362
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	0	6	224 896	19 643	12 911
		Retombées totales	0	23	339 368	26 569	18 973
Année 2035 scénario tendanciel	CA (en M€)	Retombées directes	0	6 826	37 301	2 070	1 705
		Retombées totales	0	10 098	59 131	3 391	2 797
	VAB (en M€)	Retombées directes	0	3 202	14 850	1 139	975
		Retombées totales	0	4 722	24 369	1 746	1 505
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	0	19 571	248 556	21 709	14 270
		Retombées totales	0	37 518	375 072	29 365	20 969
Année 2035 déploiement biomimétisme	CA (en M€)	Retombées directes	567	6 889	40 370	2 277	1 791
		Retombées totales	786	10 316	63 950	3 733	2 939
	VAB (en M€)	Retombées directes	284	3 403	18 167	1 253	1 024
		Retombées totales	380	5 025	26 045	1 927	1 584
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	5 508	21 528	275 129	23 880	14 983
		Retombées totales	6 848	40 347	411 759	32 207	21 939

Point d'attention : il n'est pas possible d'additionner les retombées totales, du fait des possibles doubles comptes.

Les résultats montrent que le déploiement du biomimétisme contribue à accroître les retombées socioéconomiques des activités existantes. Par rapport au scénario tendanciel, le scénario du déploiement du biomimétisme contribue à accroître les retombées totales :

- pour le **secteur du traitement des eaux usées** de 219 M€ de chiffre d'affaires, 303 M€ de valeur ajoutée et 2 830 emplois ETP. Ainsi, chaque million d'euros de chiffre d'affaires dans ce secteur génère sur le territoire des deux régions 1,50 M€ de chiffre d'affaires (contre 1,48 M€ pour le scénario tendanciel), 0,73 M€ de valeur ajoutée (contre 0,69 M€ pour le scénario tendanciel), et 5,86 emplois ETP (contre 5,50 emplois ETP pour le scénario tendanciel).
- Pour le **secteur de la construction** de 4 819 M€ de chiffre d'affaires, 1 676 M€ de valeur ajoutée et 36 688 emplois ETP. Ainsi, chaque million d'euros de chiffre d'affaires dans ce secteur génère sur le territoire des deux régions 1,58 M€ de chiffre d'affaires (contre 1,59 M€ pour le scénario tendanciel), 0,65 M€ de valeur ajoutée (contre 0,65 M€ pour le scénario tendanciel), et 10,2 emplois ETP (contre 10,06 emplois ETP pour le scénario tendanciel).
- Pour le **secteur des activités récréatives, sportives et de loisirs** de 342 M€ de chiffre d'affaires, 181 M€ de valeur ajoutée et 2 842 emplois ETP. Comme nous avons supposé que le déploiement du biomimétisme forestier n'affecterait pas le process de production des activités récréatives, sportives et de loisirs, les effets multiplicateurs associés à un million d'euros de chiffre d'affaires du secteur resteraient relativement stables.
- Pour le **secteur des arts, divertissement et musée** de 142 M€ de chiffre d'affaires, de 79 M€ de valeur ajoutée et 970 emplois ETP. Comme le secteur des activités récréatives, sportives et de loisirs, nous avons supposé que le développement du biomimétisme forestier n'affecterait pas le process de production des activités

récréatives, sportives et de loisirs, les effets multiplicateurs associés à un million d'euro de chiffre d'affaires du secteur resteraient stables.

Pour le **secteur de l'agroforesterie**, nous avons supposé que la part dans les activités agricoles est actuellement marginale et resterait marginale dans le scénario tendanciel. Le développement du biomimétisme forestier aurait permis l'émergence de ce nouveau secteur. Si l'agroforesterie atteignait un taux de pénétration de 5 %, ce secteur contribuerait à l'économie des deux territoires à 786 M€ de chiffre d'affaires, à 380 M€ de valeur ajoutée et à 6 848 emplois ETP. Chaque million d'euros de chiffre d'affaires dans l'agroforesterie générerait 1,39 M€ de chiffre d'affaires (contre 1,38 M€ pour l'agriculture conventionnelle), 0,69 M€ de valeur ajoutée (contre 0,56 M€ pour l'agriculture conventionnelle) et 12,07 emplois ETP (contre 12,08 emplois ETP dans l'agriculture conventionnelle).

3.3.3. Evaluation du déploiement du biomimétisme pour le niveau 3

Nous rappelons que le niveau 3 intègre en particulier les activités qui pourraient s'inspirer des solutions bio-inspirées dans nos études de cas, à savoir :

- **Le secteur de la construction** : Nous avons repris notre courbe logistique de diffusion de la technologie pour évaluer le taux de pénétration. En 2035, on aboutirait à un taux de pénétration de 32,5%. Nous avons repris l'hypothèse que cette solution permettrait d'économiser 32 % dans les achats de béton pour le secteur de la construction. Ces économies permettraient d'accroître le taux de valeur pour ce secteur.
- **Le secteur de l'industrie automobile** : Nous avons supposé que la solution de Modulatio serait adoptée pour réduire les achats de matières premières pour la construction de véhicules. Cela concerne essentiellement la mobilisation des structures alvéolaires pour les différents matériaux utilisés pour la construction de pièces des véhicules mais également les techniques d'assemblage. L'utilisation de cette solution permet d'accroître la résistance des matériaux avec une masse minimale. Comme pour la construction, nous avons supposé un taux de pénétration de 32,5 % avec une économie possible de 32,5 % dans les achats de matières premières.
- **Le secteur de fabrication des autres matériels de transport** : Comme l'industrie automobile, nous avons supposé que la solution de Modulatio serait adoptée pour réduire les achats de matières premières pour la construction d'autres matériels de transport. Cela concerne la mobilisation des structures alvéolaire des matériaux pour accroître leur résistance avec une masse minimale. Nous avons repris un taux de pénétration de 32,5 % avec une possible économie de 32,5 % dans les achats de matières premières.

Tableau 13 : Retombées socioéconomiques attendues du déploiement du biomimétisme dans les deux régions d'ici 2035, niveau 3

			Construction	Industrie automobile	Fab. d'autres matériels transport
Année 2019	CA (en M€)	Retombées directes	33 750	28 377	4 846
		Retombées totales	53 503	34 405	6 857
	VAB (en M€)	Retombées directes	13 436	5 636	1 201
		Retombées totales	22 050	8 054	2 078
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	224 896	46 680	6 146
		Retombées totales	339 368	77 409	16 659
Année 2035 scénario tendanciel	CA (en M€)	Retombées directes	37 301	31 362	5 355
		Retombées totales	59 131	38 024	7 579
	VAB (en M€)	Retombées directes	14 850	6 229	1 328
		Retombées totales	24 369	8 901	2 297
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	248 556	51 591	6 793
		Retombées totales	375 072	85 553	18 412
Année 2035 - déploiement biomimétisme	CA (en M€)	Retombées directes	37 301	31 362	5 355
		Retombées totales	59 079	38 009	7 582
	VAB (en M€)	Retombées directes	15 112	6 477	1 339
		Retombées totales	24 721	9 180	2 315
	Emploi (en ETP)	Retombées directes	252 939	52 501	6 913
		Retombées totales	379 137	86 199	18 477

Point d'attention : il n'est pas possible d'additionner les retombées totales, du fait des possibles doubles comptes.

L'application développée par Modulatio dans ces trois secteurs n'a qu'un impact relativement marginal sur le chiffre d'affaires. On constate même une baisse pour le secteur de la construction et l'industrie automobile. Cela s'explique par une baisse des effets d'entraînement expliquée par une baisse des achats de matières premières (qui auraient pu être produites localement). Cependant, cette solution a des impacts positifs pour la valeur ajoutée et l'emploi. Par rapport au scénario tendanciel, cette solution apporterait, en tenant compte des retombées totales, une hausse des impacts sur la valeur ajoutée (ou PIB) sur le territoire des deux régions de 351 M€ pour le secteur de la construction, de 279 M€ pour l'industrie automobile et 18 M€ pour la fabrication des autres matériels de transport. Concernant l'emploi, cette solution apporterait, en tenant compte des retombées totales, un supplément d'emploi par rapport au scénario tendanciel de 4 065 ETP pour la construction, 647 ETP pour l'industrie automobile et 65 ETP pour la fabrication d'autres matériels de transport.

Etude d'opportunité d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier

Cette partie du rapport s'attache à présenter les résultats de l'étude d'opportunité de la création d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier.

4.1 Retour sur l'expérience du pôle d'excellence en biomimétisme marin de Biarritz

Historique

Le projet de pôle d'excellence en biomimétisme marin de Biarritz est né initialement de la volonté croisée d'acteurs académiques et politiques, avec le soutien de Ceebios.

A partir de cette envie partagée, la Communauté d'Agglomération du Pays Basque a initié et porté une étude d'opportunité afin de préciser l'intérêt et possibilités d'un pôle physique dédié au biomimétisme marin.

Cette étude menée en 2018 avait pour objectifs : étudier l'opportunité de la création d'un pôle de compétences dédié au biomimétisme marin ; dresser un état de l'art du biomimétisme marin ; identifier la nature des activités pouvant être déployées au sein du pôle ; informer et consulter un panel d'acteurs du territoire ; proposer des pistes de structuration ; et élaborer des recommandations.

Le travail réalisé a permis d'identifier :

- Un intérêt marqué de l'ensemble des acteurs du territoire interrogé, à la fois pour la thématique du biomimétisme et pour le projet de pôle dédié,
- Une connaissance du sujet (à des degrés variables) par les acteurs du territoire,
- La volonté partagée de contribuer à la thématique et de participer au projet de pôle,
- L'envie et mobilisation d'acteurs académiques et économiques,
- Le besoin exprimé en accompagnement et formation.

A partir de ces éléments, quatre piliers, activités centrales ont été identifiées pour le pôle : animation, formation, recherche, accueil d'acteurs économiques. Une feuille de route et calendrier associé ont posé les bases des étapes suivantes.

Ensuite, sur la base de ce travail, un événement a été organisé afin de tester l'idée et vérifier la mobilisation des acteurs. Très réussi, cet événement a été le déclencheur opérationnel du projet et en particulier le lancement du projet de construction pensé comme un lieu hybride où doivent se côtoyer des équipes de recherches, des entreprises, des porteurs de projets et des étudiants.

Le cahier des charges du bâtiment a été co-construit, en intégrant les concepts de la bio-inspiration afin d'atteindre une empreinte régénérative dans la lignée du label LBC – Living Building Challenge et afin de générer des services écosystémiques.

Un appel à projets architecturaux a été lancé et a abouti à la sélection de la proposition de Patrick Arotcharen dont voici ci-dessous la projection.



Figure 16 : Projet architectural réalisé par Patrick Arotcharen

Le pôle d'Excellence en biomimétisme marin aujourd'hui

A l'heure actuelle, malgré la sélection d'un projet architectural, l'identification d'un site, des études initiées et des budgets prévus, le pôle d'Excellence en biomimétisme marin de Biarritz n'a toujours pas vu le jour.

En effet, l'élection de la nouvelle Maire de Biarritz, peu favorable au projet, a mis un coup de frein important à ce dernier. La mobilisation des différents acteurs du territoire (académiques, entreprise, comité des pêches, etc.) n'a pas permis à date de relancer la dynamique.

Néanmoins, et malgré l'absence d'un lieu physique, la thématique avance, les acteurs continuent de travailler sur le biomimétisme, mais avec des synergies limitées :

- Chaire MANTA¹⁴ : initiée et dirigée par Susana Fernandes depuis 2018, la chaire explore les composés et matériaux marins avec une approche scientifique tournée vers le biomimétisme. MANTA se concentre sur les biotechnologies pour le développement de matériaux utilisant à la fois des matériaux d'origine marine et des matériaux inspirés de modèles marins. Elle devait s'implanter au sein du pôle. Faute de lieu physique, elle est basée actuellement à Pau à l'UPPA.
- Laboratoire et travaux sur les matériaux bio-inspirés (auto-assemblage dirigé de briques élémentaires fonctionnelles) par Laurent Billon (enseignant chercheur à l'UPPA) : projetant initialement de déplacer son laboratoire à Biarritz, les travaux se sont poursuivis à Pau. Des travaux de recherche est née une start-up, BIOMIM'Gel (reposant sur une technologie brevetée qui permet d'encapsuler des principes actifs, qu'ils soient hydrophobes ou hydrophiles, dans des microgels

¹⁴ <https://iprem.univ-pau.fr/fr/collaborations/chaieres/manta.html>

biocompatibles, biodégradables et biosourcés et contrôlent leur libération par application d'un stimulus), qui faute de pôle à Biarritz, devrait s'installer à Lacq.

- Master BIM « Bioinspired Materials » : initié en 2020 par l'UPPA, ce master devait s'implanter également au pôle.

Concernant les moyens alloués, une salariée de Ceebios implantée localement voit son poste financé en partie par une convention avec l'Agglomération du Pays Basque (20k€/an) et via une convention avec la Région Nouvelle-Aquitaine. Cette salariée de Ceebios dédie environ 15% de son temps à animer le sujet du biomimétisme marin/ en lien avec l'économie bleue.

Enseignements pour le projet de centre physique

Le retour d'expérience du pôle d'excellence en biomimétisme marin de Biarritz permet de mettre en évidence un certain nombre de facteurs clés de succès et écueils à éviter :

- ✓ **Importance du portage politique** pour que le projet voit concrètement le jour ;
- ✓ **Acteurs académiques, moteur et garant du projet** : la Chaire MANTA a été un élément décisif pour la création du pôle et la concrétisation du projet car cela confirmait le besoin de pôle et matérialisait les activités de recherche, économiques et de formation ;
- ✓ **Co-construire avec les acteurs du territoire**, à partir de leurs besoins ;
- ✓ **Un événement comme moment déclencheur et test** pour passer à l'action ;
- ✓ **Lieu physique comme accélérateur et catalyseur de synergies** : la forte perte de vitesse de la thématique et dynamique sur le territoire s'explique par l'absence matérielle du pôle. Les acteurs étaient mobilisés, désireux de travailler ensemble, ils ont porté le projet, ils se retrouvent aujourd'hui éparpillés sur le territoire.
- ✓ **Perspectives de développement économique** : la dynamique des acteurs autour du centre d'excellence en biomimétisme marin l'a montré à travers la création d'une Chaire et l'émergence d'une start-up, le développement du biomimétisme peut générer des retombées économiques et des emplois, en particulier et à court terme en matière de R&D.

4.2 Analyse de l'opportunité d'un centre dédié au biomimétisme forestier

Besoins et points de vigilance exprimés par les acteurs du territoire

Nous synthétisons ici les intérêts, besoins et intentions exprimés vis-à-vis du biomimétisme forestier par les acteurs du territoire interrogés lors des entretiens menés par Ceebios et Vertigo Lab :

-Un **intérêt réel pour le biomimétisme forestier**, avec des niveaux de connaissance du sujet très variables, de la connaissance théorique du concept à une adoption forte « *On fait ça tout le temps* » ;

- Un **besoin d'approfondissement du sujet**, de son potentiel et de ses applications, notamment via une approche orientée « *technology pull* » et non uniquement « **biology push** » ;
- Un **potentiel identifié en matière d'innovation**, différent selon les acteurs : pour des approches de ruptures sur la filière bois pour certains, en matière d'agronomie en s'inspirant des écosystèmes forestiers pour d'autres, ou encore en complémentarité avec les Solutions Fondées sur la Nature (SfN) ;
- Un **besoin en animation** de territoire, des projets et méthodes pour faire émerger des projets innovants territoriaux avec start-ups et multi-acteurs et que la « *mayonnaise territoriale prenne* » ;
- Un **besoin en financement**, pour soutenir le développement et déploiement du sujet ;
- La nécessité exprimée de l'émergence d'un **acteur légitime qui prenne le lead** et opère des choix stratégiques.

Des points d'attention et de vigilance ont également été soulevés vis-à-vis du développement du biomimétisme forestier et la création d'un centre physique dédié :

- L'importance de **se soumettre au jeu du collectif**, d'accepter la confrontation des points de vue ;
- La difficulté de **passer d'un concept et modèle de pensée très intéressant à un prototype puis solution opérationnelle** : « *ce passage constitue un vrai gap de connaissance* » ;
- Le **sentiment que la démarche méthodologique n'est pas encore assez mature**, doit faire ses preuves, et démontrer un intérêt opérationnel concret.

Aussi, de manière générale, le sujet apparaît globalement encore assez nouveau pour la plupart des acteurs, peu connu, et peu mature opérationnellement. Les partenariats entre les acteurs du territoire s'opèrent principalement autour de projets précis, il existe encore peu de démarches collectives et partenariales récurrentes sur la thématique du biomimétisme.

Des acteurs clés avec lesquels construire

Les différents entretiens et travaux réalisés par Ceebios ont permis de mettre en évidence certains acteurs clés du territoire, qui apparaissent pertinents à mobiliser et impliquer pour la création d'un centre physique dédié au biomimétisme. Le tableau ci-dessous synthétise leurs activités actuelles et le rôle potentiel que pourrait jouer ces acteurs vis-à-vis du centre physique.

Acteur	Activité actuellement	Rôle potentiel ¹⁵	Intérêt exprimé/ vision
Parc national de forêts	Pilotage et animation des différentes missions du Parc national (connaissances scientifiques, préservations des patrimoines, développement économique)	Chef d'orchestre de la dynamique territoriale autour du biomimétisme.	Le biomimétisme forestier est explicitement mentionné dans sa charte (document cadre) comme levier à activer pour remplir ses missions.
Des Hommes et Des Arbres, les racines de demain	Animation/ coordination de projets collectifs autour de l'arbre, dont des projets centrés sur les fonctionnalités du vivant.	Contribution à la création d'une dynamique collective, de synergies, mise en réseau.	Intérêt pour la thématique du biomimétisme forestier : « <i>De manière générale, il y a un intérêt à intégrer autant d'expertises que possible, en particulier la bio-inspiration</i> ».
CRITT Bois	Pilotage de projets de recherche appliquée et transfert de technologie dans les entreprises. Focus Bois construction.	Contribution à la dynamique collective ; support pour mener des démarches biomimétiques ; Appui à la diffusion des connaissances et transfert des innovations ;	Intérêt pour la thématique du biomimétisme forestier. Identifie un potentiel plutôt sur des approches d'innovation de rupture.
FCBA	Pilotage de projets de recherche appliquée et transfert de technologie : « transformer des innovations en invention ». Focus renouvellement forêt, valorisation du bois.	Antenne locale (fixe ou permanence selon les besoins)	Intérêt pour la thématique du biomimétisme forestier. Identifie besoin d'encourager une approche plus orientée « technology pull ».
Fibois GE	Interprofession de la filière forêt-bois : représentation, promotion, mise en réseau et synergies.	Contribution à la création d'une dynamique collective, de synergies, mise en réseau. La SMCC peut être considérée comme une approche bio-inspirée. Donc une incarnation concrète sur ce territoire de la mise en œuvre du biomimétisme.	Intérêt pour la thématique du biomimétisme forestier. Questionne l'ordonnancement des usages du bois : chimie verte, puis panneaux avec résidus, et enfin bois énergie.
Forêt Irrégulière Ecole (FIE)	Propose un programme de formation et recherche dédié à la Futaie Irrégulière (ou Sylviculture Mélangée à Couvert Continu).	Contribution à la dynamique collective ; Laboratoire sur site/ expérimentation terrain au Parc	Intérêt pour la thématique du biomimétisme forestier qui fait écho aux leviers de la SMCC.
Unité mixte Silva (AgroParisTech, INRAe, Université de Lorraine)	Travaux de recherche pluridisciplinaires sur le bois, les arbres et les écosystèmes forestiers.		Relative méconnaissance du biomimétisme forestier, « <i>les SFN sont plus présentes</i> ». Identifie un potentiel d'inspiration de la sylviculture au service de l'agronomie.
Forest'In Lab (AgroParisTech, INRAe, Université de Lorraine)	Laboratoire collaboratif pour créer, expérimenter et déployer des solutions innovantes centrée utilisateur, territoire et environnement pour répondre aux enjeux forestiers.		

¹⁵ Ce rôle potentiel est identifié par nos soins, pas nécessairement issus des échanges ni confirmé par l'acteur en question.

ONF	Préservation des écosystèmes forestiers, sensibilisation, surveillance, prévention et valorisation de la ressource en bois.	Contribution à la dynamique collective, appuyer les démarches d'innovation, sensibiliser le grand public	Intérêt pour la thématique du biomimétisme forestier « <i>très intéressant comme modèle de pensée, Asknature est devenu un réflexe</i> » néanmoins « <i>l'opérationnalisation de l'inspiration est un vrai sujet</i> »
------------	---	--	--

Outre ces acteurs, il nous semble qu'il pourrait être pertinent également d'associer des structures telles que l'Agence Régionale de la Biodiversité Bourgogne Franche Comté et l'Office français de la biodiversité Grand Est. En effet, la coopération avec ces acteurs sur le sujet du biomimétisme forestier pourrait être pertinente à double titre :

- en lien avec le potentiel que représente le biomimétisme en matière de préservation des écosystèmes forestiers et par conséquent l'enjeu de préservation de la biodiversité ;
- en lien avec les acteurs économiques et les programmes de sensibilisation, formation et accompagnement à la biodiversité portés par ces acteurs, à l'instar du programme Entreprises engagées pour la nature au sein duquel la thématique du biomimétisme forestier pourrait pleinement constituer un levier d'action à promouvoir.

La thématique du biomimétisme forestier apparaît ainsi à fort potentiel. En effet, s'il semble nécessaire de déterminer une thématique facilement identifiable, le sujet du biomimétisme forestier permet d'englober des sources d'inspirations, écosystèmes, secteurs d'activités et acteurs larges.

De plus, il apparaît comme un potentiel intéressant en ce qui concerne les Solutions Fondées sur la Nature.

A partir de ces différents éléments, nous avons élaboré deux scénarios possibles de création d'un centre physique. En effet, différentes ambitions et modalités de fonctionnement peuvent être envisagées. Nous présentons ci-dessous les deux scénarios élaborés. Ces derniers ont notamment été construits grâce à la méthode dite du « chemin d'impact » (ou théorie du changement) qui permet de construire le chemin d'impact qui devrait être activé par les activités du projet afin d'atteindre les objectifs, et détermine les hypothèses sous-jacentes formulées pour atteindre les objectifs.



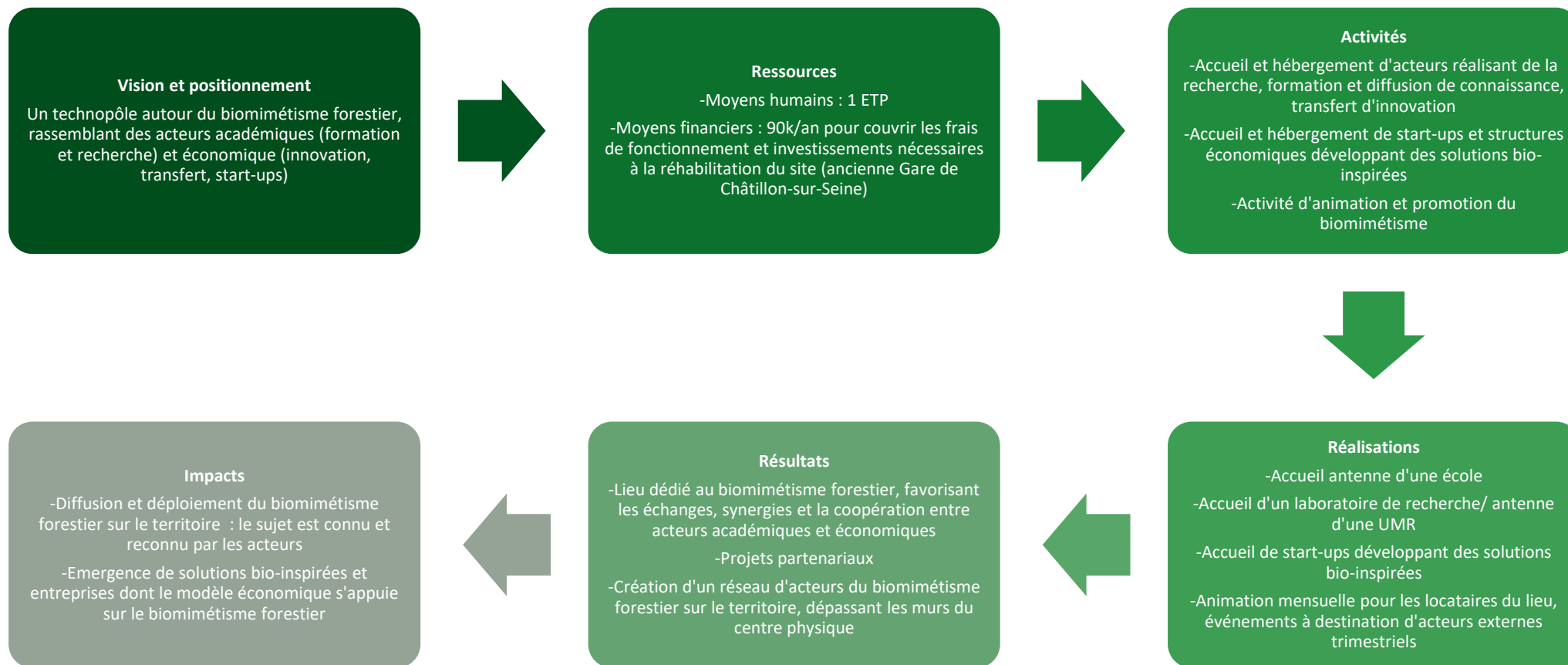
Figure 17 : Illustration théorique de la méthode du chemin d'impact. Source : auteurs

Pour les deux scénarios, le point de départ des besoins et enjeux est le suivant : **un lieu physique pour favoriser les rencontres, synergies et collaborations permettant de développer le biomimétisme sur un territoire forestier.**

Scénario 1 – Centre « technopôle »

Ce premier scénario envisage la création d'un centre physique pensé tel un technopôle qui pourrait héberger à la fois l'antenne d'une école/ formation, d'un laboratoire de recherche (à identifier et déterminer notamment parmi les acteurs listés dans le tableau précédent) mais également des start-ups développant des solutions bio-inspirées.

Le schéma ci-dessous présente la vision proposée, les ressources nécessaires, les activités envisagées avec leurs résultats et les impacts attendus.



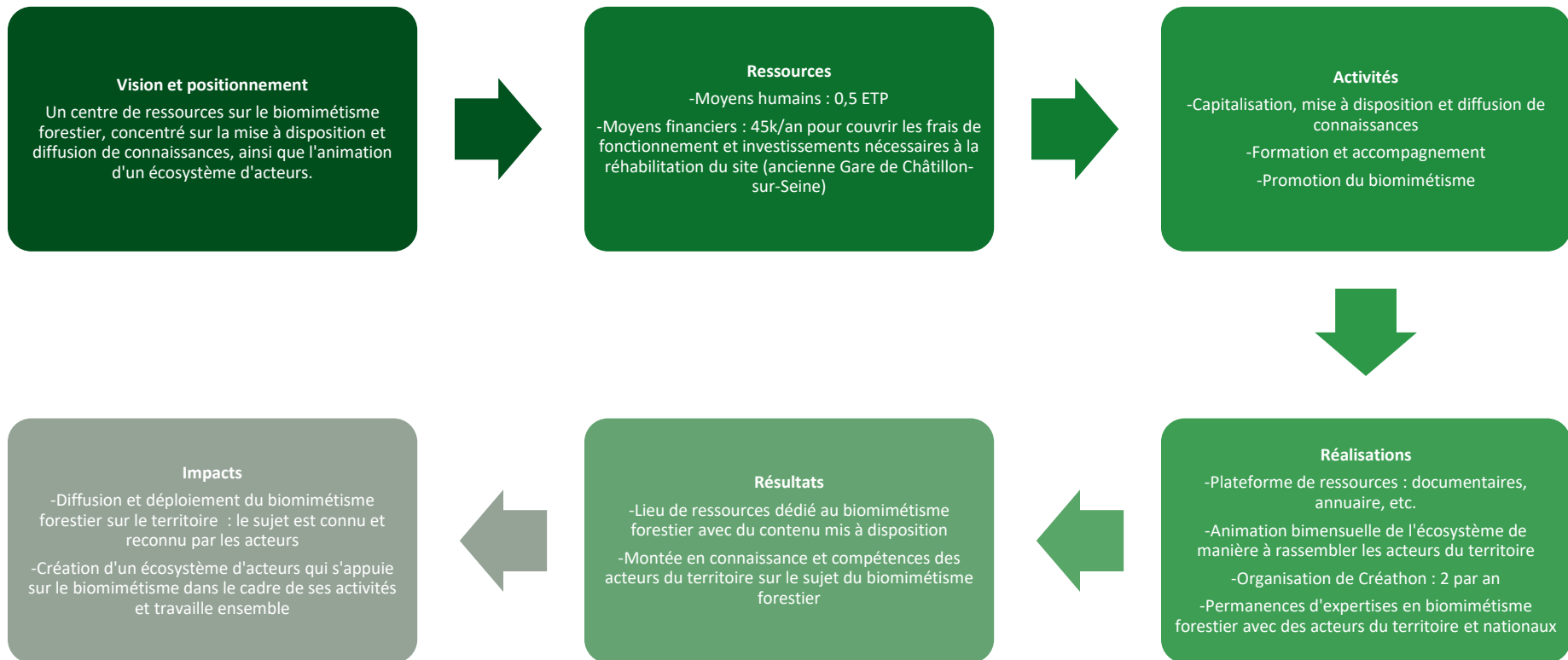
Points d'attention et de vigilance relatifs à ce scénario :

- Nécessaire intérêt et mobilisation d'acteurs moteurs pour porter le projet et désirant s'installer physiquement au sein d'un centre dédié au biomimétisme forestier ;
- Importance du portage politique dans la durée pour envisager un scénario aussi ambitieux. En cela, les élections municipales de 2026 seront clés pour envisager ou non un tel scénario ;
- Un investissement initial et courant plus important, en cohérence avec les ambitions fixées.

Scénario 2 - Centre de ressources

Ce second scénario envisage la création d'un centre physique pensé comme un centre de ressources. Aux ambitions plus modestes mais sûrement plus réalistes à court terme, ce centre de ressources dédié au biomimétisme forestier concentrera son activité autour de la capitalisation, mise à disposition et diffusion de connaissances, ainsi que l'animation de l'écosystème d'acteurs. Il permettra un accès facilité aux connaissances actuelles en matière de biomimétisme forestier et contribuera ainsi à développer le sujet sur le territoire tout en dynamisant un réseau d'acteurs.

Le schéma ci-dessous présente la vision proposée, les ressources nécessaires, les activités envisagées avec leurs résultats et les impacts attendus.



Points d'attention et de vigilances relatifs à ce scénario :

- Articulation à penser avec le centre d'études et de ressources sur la forêt (CERF) du Parc national de forêts ;
- Eviter la redondance avec des réseaux de networking existants et bien doser les sollicitations des acteurs locaux.

4.3 Modélisation des impacts potentiels

A partir des différents scénarios précédemment présentés, nous nous sommes attachés à modéliser les potentiels impacts liés à la création d'un pôle physique dédié au biomimétisme.

Nous avons réalisé ce travail à l'échelle des régions Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est. Il s'agit de modélisations préliminaires, reposant sur des hypothèses détaillées ci-dessous qui mériteront d'être approfondies avec les acteurs du territoire. Ce travail a été réalisé en mobilisant à nouveau l'outil ImpactTer présenté précédemment.

De plus, nous avons également tenu compte de l'opportunité et option envisagée par le Parc et la commune de Châtillon-sur-Seine, de faire de l'ancienne gare une nouvelle Maison du Parc thématique. Aussi, nos hypothèses reposent sur la rénovation et mobilisation de ce bâtiment, à l'aide de grands ordres de grandeur, faute de connaissances précises sur le montant des travaux à mener.

Scénario 1 – Centre « technopôle »

Les tableaux ci-dessous résument les hypothèses considérées pour la modélisation ainsi que les résultats détaillés du premier scénario. Pour la phase exploitation, les hypothèses envisagées le sont à horizon 3 ans, afin de laisser le temps nécessaire à la mise en route du centre.

Description des hypothèses et variables

Ambition et objectifs	Centre physique type "technopôle", rassemblant des acteurs académiques, de l'innovation, start-ups et économiques.
Activités	-Recherche, -Formation et diffusion de connaissance -Transfert d'innovation -Développement de solutions -Promotion du biomimétisme
Moyens humains	1 ETP pour l'animation (soit 60 000€ de masse salariale)
Modèle économique	Modèle qui repose sur du financement européen et public pour le fonctionnement. Une participation des structures présentes aux frais via le versement d'un loyer
Budget investissement	Aménagement du centre physique (enveloppe de 150 000€)
Budget de fonctionnement	Financement du 1 ETP + frais courants (30 000€)
Revenus	-Loyer pour les structures présentes (école/ antenne d'un laboratoire de recherche / start-ups) -Contribution à des projets européens pour financer une partie du poste d'animation -Subventions/ soutien public

Modélisation des impacts

Phase investissement

Impacts socio-économiques	<i>Impacts directs</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	150 000,00 € ¹⁶
	Valeur ajoutée (€)	59 716,26 €
	Emploi (ETP)	1,00
	<i>Impacts indirects</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	59 929 €
	Valeur ajoutée (€)	24 244 €
	Emploi (ETP)	0,32
	<i>Impacts induits</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	30 457 €
	Valeur ajoutée (€)	14 915 €
	Emploi (ETP)	0,2
	Impacts totaux	
	Chiffre d'affaires (€)	240 387 €
	Valeur ajoutée (€)	98 875 €
	Emploi (ETP)	1,52
Impacts environnementaux		-Préservation et optimisation du foncier grâce à la réhabilitation d'un bâtiment existant -Empreinte environnementale limitée grâce au recours à des ressources locales, soutien à la filière bois -Emissions de GES liées au transport de matériaux réduites grâce à l'utilisation de ressources locales
Impacts territoriaux et catalytiques		-Soutien aux artisans locaux et à la filière bois locale

Phase exploitation (impact annuel à horizon 3 ans)

Impacts socio-économiques	<i>Impacts directs</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	79 996,78 €
	Valeur ajoutée (€)	61 241,93 €
	Emploi (ETP)	1
	<i>Impacts indirects</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	14 100 €
	Valeur ajoutée (€)	6 620 €
	Emploi (ETP)	0,08
	<i>Impacts induits</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	37 944 €
	Valeur ajoutée (€)	18 581 €

¹⁶ En phase d'investissement, cette estimation de chiffre d'affaires générés à l'échelle du territoire repose sur une hypothèse d'enveloppe dédié à l'aménagement du centre. Il s'agit ainsi du chiffre d'affaires généré par les entreprises du territoire mobilisées pour l'aménagement du centre.

	Emploi (ETP)	0,25
	Impacts totaux	
	Chiffre d'affaires (€)	132 040 €
	Valeur ajoutée (€)	86 443 €
	Emploi (ETP)	1,32
Impacts environnementaux	-Consommation énergétique du bâtiment limitée grâce à une rénovation du bâti performante -Effets liés aux solutions bio-inspirées développées	
Impacts territoriaux et catalytiques	-Création d'une dynamique thématique et autour du lieu -Effet plutôt à moyen terme sur l'image du Parc, son dynamisme et l'innovation au service du territoire -Effet à plus long terme sur l'attractivité du territoire, qui apparaît comme pionnier et innovant -Contribution au développement du biomimétisme forestier et émergence de solutions bio-inspirées	

Scénario 2 – Centre de ressources

Les tableaux ci-dessous résument les hypothèses considérées pour la modélisation ainsi que les résultats détaillés du second scénario. Pour la phase exploitation, les hypothèses envisagées le sont à horizon 3 ans, afin de laisser le temps nécessaire à la mise en route du centre.

Description des hypothèses et variables

Ambition et objectifs	Centre physique de ressources, se concentrant sur la mise à disposition et diffusion de connaissances.
Activités	-Formation et diffusion de connaissances -Promotion du biomimétisme
Moyens humains	0,5 ETP pour l'animation (soit 30 000€ de masse salariale)
Modèle économique	Modèle qui repose sur du financement européen et public pour le fonctionnement.
Budget investissement	Aménagement du centre physique (enveloppe de 50 000€)
Budget de fonctionnement	Financement du 0,5 ETP + frais courants (15 000€)
Revenus	-Contribution à des projets européens pour financer une partie du poste d'animation -Subventions/ soutien public

Modélisation des impacts

Phase investissement

	Impacts directs	
	Chiffre d'affaires (€)	50 000 €

Impacts socio-économiques	Valeur ajoutée (€)	19 905 €
	Emploi (ETP)	0,33
	<i>Impacts indirects</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	19 976 €
	Valeur ajoutée (€)	8 081 €
	Emploi (ETP)	0,11
	<i>Impacts induits</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	10 152 €
	Valeur ajoutée (€)	4 972 €
	Emploi (ETP)	0,07
	Impacts totaux	
	Chiffre d'affaires (€)	80 129 €
	Valeur ajoutée (€)	32 958 €
	Emploi (ETP)	0,51
Impacts environnementaux		-Préservation et optimisation du foncier grâce à la réhabilitation d'un bâtiment existant -Empreinte environnementale limitée grâce au recours à des ressources locales, soutien à la filière bois -Emissions de GES liées au transport de matériaux réduites grâce à l'utilisation de ressources locales
Impacts territoriaux et catalytiques		-Soutien aux artisans locaux et à la filière bois locale

Phase exploitation (impact annuel à horizon 3 ans)

Impacts socio-économiques	<i>Impacts directs</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	39 998 €
	Valeur ajoutée (€)	30 621 €
	Emploi (ETP)	0,5
	<i>Impacts indirects</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	7 050 €
	Valeur ajoutée (€)	3 310 €
	Emploi (ETP)	0,04
	<i>Impacts induits</i>	
	Chiffre d'affaires (€)	18 972 €
	Valeur ajoutée (€)	9 291 €
	Emploi (ETP)	0,12
	Impacts totaux	
	Chiffre d'affaires (€)	66 020 €
	Valeur ajoutée (€)	43 222 €
	Emploi (ETP)	0,7
Impacts environnementaux		-Consommation énergétique du bâtiment limitée grâce à une rénovation du bâti performante -Effets liés aux solutions bio-inspirées développées

Impacts territoriaux et catalytiques	-Création d'une dynamique thématique et autour du lieu -Effet plutôt à moyen terme sur l'image du Parc, son dynamisme et l'innovation au service du territoire -Contribution à l'amélioration et diffusion des connaissances en matière de biomimétisme forestier
---	---

Comparaison des impacts des scénarios

Les tableaux ci-dessous synthétisent les impacts respectifs des deux scénarios envisagés, en distinguant la phase d'investissement (réhabilitation du bâtiment) de la phase d'exploitation (effets annuels liés au fonctionnement du site).

On observe des effets plus importants pour le scénario 1, cela étant donné le niveau d'ambition plus élevé, générant une activité plus conséquente sur le site, avec en particulier davantage d'emplois associés.

Impacts des scénarios – phase investissement		Scénario 1 – Centre technopôle	Scénario 2 – Centre de ressources
Impacts socio-économiques	Chiffre d'affaires (€)	240 386,58 €	80 128,86 €
	Valeur ajoutée (€)	98 875,39 €	32 958,46 €
	Emploi (ETP)	1,52	0,51
Impacts environnementaux		-Préservation et optimisation du foncier grâce à la réhabilitation d'un bâtiment existant -Empreinte environnementale limitée grâce au recours à des ressources locales, soutien à la filière bois -Emissions de GES liées au transport de matériaux réduites grâce à l'utilisation de ressources locales	-Préservation et optimisation du foncier grâce à la réhabilitation d'un bâtiment existant -Empreinte environnementale limitée grâce au recours à des ressources locales, soutien à la filière bois -Emissions de GES liées au transport de matériaux réduites grâce à l'utilisation de ressources locales
Impacts territoriaux et catalytiques		-Soutien aux artisans locaux et à la filière bois locale grâce à la réhabilitation du site et son aménagement	-Soutien aux artisans locaux et à la filière bois locale grâce à la réhabilitation du site et son aménagement

Impacts des scénarios – phase exploitation/ fonctionnement (annuel, à horizon 3 ans)		Scénario 1 – Centre technopôle	Scénario 2 – Centre de ressources
Impacts socio-économiques	Chiffre d'affaires (€)	1 612 636,99 €	66 020,23 €
	Valeur ajoutée (€)	833 275,64 €	43 221,71 €
	Emploi (ETP)	9,77	0,66

Impacts environnementaux	-Consommation énergétique du bâtiment limitée grâce à une rénovation du bâti performante -Effets liés aux solutions bio-inspirées développées	-Consommation énergétique du bâtiment limitée grâce à une rénovation du bâti performante -Effets liés aux solutions bio-inspirées développées
Impacts territoriaux et catalytiques	-Création d'une dynamique thématique et autour du lieu -Effet plutôt à moyen terme sur l'image du Parc, son dynamisme et l'innovation au service du territoire -Effet à plus long terme sur l'attractivité du territoire, qui apparaît comme pionnier et innovant -Contribution au développement du biomimétisme forestier et émergence de solutions bio-inspirées	-Création d'une dynamique thématique et autour du lieu -Effet plutôt à moyen terme sur l'image du Parc, son dynamisme et l'innovation au service du territoire -Contribution à l'amélioration et diffusion des connaissances en matière de biomimétisme forestier

4.4 Conclusion, prochaines étapes et préconisations

A l'heure actuelle, si un centre physique semble nécessaire pour réellement initier et développer une dynamique et synergie sur le territoire autour du sujet, les conditions ne semblent pas encore pleinement réunies pour se projeter sur le premier scénario. En effet, le niveau de maturité du sujet sur le territoire et l'intérêt des acteurs ne semblent pas encore suffisants. Il convient de travailler davantage à la mobilisation de ces derniers. Aussi, le scénario 2 apparaît plus réaliste à court-moyen terme, et pourrait constituer une première étape, vers le scénario 1 qui pourrait être envisagé à plus long terme.

Nous mettons en évidence quelques facteurs clés de réussite et pré-requis :

- ✓ **Portage politique** : nous l'avons vu avec l'expérience du pôle d'excellence en biomimétisme marin à Biarritz, la continuité du portage politique est essentielle afin de faire émerger concrètement un tel projet qui s'inscrit dans le temps long ;
- ✓ **Mobilisation d'acteurs clés moteurs** : le centre physique doit pouvoir vivre au quotidien et surtout éviter l'effet « coquille vide », pour cela, il est indispensable de rassembler en amont un groupe d'acteurs mobilisés, qui porteront le projet, et s'investiront pleinement dans le lieu.

Enfin, à partir de ces scénarios et de la modélisation de leurs effets, nous identifions et préconisons les prochaines étapes et actions suivantes :

1. **Poursuivre les échanges** avec les acteurs du territoire afin de **préciser leurs besoins**, attentes et engagement vis-à-vis d'un centre physique dédié au biomimétisme forestier.

2. En fonction, **ajuster les scénarios élaborés** pour définir l'option la plus pertinente au regard des attentes et besoins du territoire mais également les ambitions et moyens du Parc.
3. **Organiser un événement** mobilisateur sur le territoire, permettant de prendre concrètement la température et vérifier la mobilisation des partenaires du projet.

Afin de faire découvrir le biomimétisme sur son territoire, Vegepolys et la CCI Maine-et-Loire ont souhaité organiser un événement dédié à destination des acteurs économiques, académiques et institutionnels pour tester leur intérêt vis-à-vis de cette démarche. Le pôle de compétitivité Vegepolys Valley étant dédié aux activités liées au végétal, il a souhaité centrer cet événement sur ce dernier. Cet événement a ainsi permis de donner à voir le potentiel d'innovation que revêt le vivant végétal en termes d'inspiration pour développer des solutions plus efficaces et moins impactantes dans le domaine des matériaux, du traitement de l'eau, de l'urbanisme, etc. Quelques 120 participants ont assisté à cet événement, ce qui a permis par la suite de lancer Biom'Loire Impact, un projet au service des entreprises de la région Pays de la Loire, qui traite du principe de la bioéconomie à travers une approche mêlant l'éco-conception, le biomimétisme et une inspiration centrée sur le végétal.

4. Structurer un **groupe de travail/ comité de pilotage** du projet de centre physique qui se réunira afin de porter le projet. Ce groupe devra être composé des acteurs et partenaires clés du centre physique.
5. **Engagement de principe** des acteurs partenaires : selon les modalités privilégiées par le groupe, engagement moral, signature d'une charte d'engagement, etc.
6. **Approfondir et définir le projet** : en fonction du scénario préférentiel choisi, il s'agira de définir précisément les objectifs du centre, les activités visées, les modalités de fonctionnement, de gouvernance, le modèle économique, etc.
7. Recherche de **financements** : il s'agira à la fois de financer la rénovation du site, son aménagement, mais également le fonctionnement. Afin que ce centre vive au quotidien, il apparaît essentiel qu'il bénéficie d'une animation. Les financements européens constituent notamment des pistes intéressantes à étudier, permettant à la fois de financer des frais de fonctionnement tout en travaillant à de la R&D, mise en réseau, et diffusion de connaissances.

Annexe 1 : Présentation d'ImpacTer

Le modèle ImpacTer développé par Vertigo Lab s'appuie sur un modèle entrées-sorties développé par l'économiste Wassily Leontief, prix Nobel d'économie en 1973. C'est un modèle économique robuste et bien connu dans les milieux académiques. Il est actuellement utilisé pour l'évaluation des retombées socio-économiques des activités économiques (p.ex., des études en lien avec l'ancrage territorial des entreprises) et les impacts socio-économiques des politiques publiques. Le BEA, l'équivalent américain de l'INSEE, a élaboré un modèle entrées-sorties, le modèle RIMS, afin d'évaluer les retombées socio-économiques des politiques publiques à l'échelle fédérale des États-Unis d'Amérique.

Le modèle ImpacTer s'appuie sur les tableaux entrées-sorties (ou TES), un des deux tableaux de la comptabilité nationale. Ils sont publiés annuellement à l'échelle nationale par EUROSTAT selon une nomenclature d'activités en 64 branches d'activités. Cette nomenclature s'appuie sur les codes NAF utilisés par l'INSEE pour classer les activités économiques. Les tableaux entrées-sorties comptabilisent dans un cadre cohérent et pour une année civile à la fois le montant des achats des différents biens et services réalisés par les secteurs d'activités, ainsi que le montant de vente des biens et services selon qu'ils soient domestiques ou importés. Par exemple, ce TES donne le montant de production de l'agriculture, avec une ventilation entre ses achats de biens et de services auprès de ses fournisseurs (ex. : semences, produits phytosanitaires, nourriture pour les animaux), ainsi que sa valeur ajoutée ventilée entre la rémunération des salariés, le paiement des taxes et impôts et les profits. Ce tableau renseigne aussi le montant des ventes des produits agricoles auprès des clients producteurs résidents selon leur activité économique (ex. : vente aux industries agroalimentaires), des ménages résidents (ex. : vente directe auprès des consommateurs finals) et des clients non-résidents (exportations).

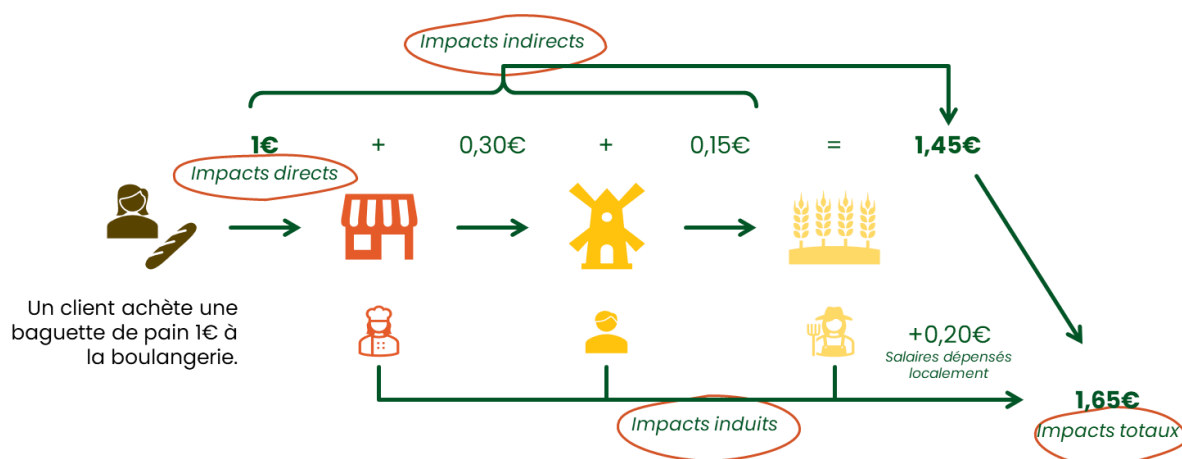
À partir du tableau entrées-sorties, le modèle ImpacTer calcule trois types d'impacts :

- **Les impacts directs** : ce sont des impacts pour les activités directement concernées par une politique ou un projet.
- **Les impacts indirects** : Ce sont des impacts pour les activités qui se trouvent dans la chaîne des fournisseurs des activités directement concernées par une politique ou un projet (cela incorpore les fournisseurs, mais aussi les fournisseurs des fournisseurs, etc. en remontant dans la chaîne de valeurs).
- **Les impacts induits** : ce sont des impacts pour les activités qui profitent de la consommation des salariés qui travaillent dans les activités impactées directement et indirectement (via la chaîne des fournisseurs) par une politique ou un projet.

Les différents impacts (directs, indirects et induits) sont calculés par le modèle ImpacTer à partir des valeurs des **multiplicateurs**. Ils indiquent les montants de production, de valeur ajoutée et d'emplois qui sont générés sur l'économie suite à une dépense d'un euro pour un bien ou un service. Il existe autant de multiplicateurs que de secteurs d'activités et d'indicateurs socio-économiques.

Le calcul de la valeur des multiplicateurs est utilisé pour apprécier les effets d'entraînement (ou effets domino) qu'une dépense ou une activité génère sur l'ensemble de l'économie du territoire. Plus la valeur d'un multiplicateur est élevée, plus la dépense génère sur l'économie des impacts importants sur les autres secteurs d'activités du territoire.

Le graphique ci-dessous illustre le calcul des multiplicateurs pour le cas de la production du pain.



Graphique 2 : Présentation des multiplicateurs de chiffre d'affaires à travers l'exemple du boulanger

Supposons qu'un consommateur achète 1 € de pain auprès d'une boulangerie. La dépense d'un euro par ce consommateur correspond à la valeur du chiffre d'affaires pour la boulangerie. Avec cet euro, la boulangerie achète 30 centimes d'euro de farine auprès de la meunerie. Cette dépense de 30 centimes par la boulangerie correspond à la valeur du chiffre d'affaires pour la meunerie. Avec ce revenu de 30 centimes d'euro, la meunerie achète pour 15 centimes d'euros du blé provenant de l'agriculteur. Ces 15 centimes d'euro d'achat par la meunerie correspondent au chiffre d'affaires de l'agriculteur. Les impacts directs et indirects correspondent à la somme du chiffre d'affaires qui est généré par cet euro provenant de l'achat de la baguette par le consommateur, à savoir 1 € + 0,30 € + 0,15 € = 1,45 €. De plus, le revenu généré par cet euro de la baguette sert à rémunérer le boulanger, le meunier et l'agriculteur. Ce revenu est utilisé pour consommer des biens et des services en partie produits sur le territoire. Dans cet exemple, la consommation de ce revenu génère comme impacts induits pour le territoire un chiffre d'affaires de 20 centimes d'euros. Ainsi, les impacts totaux (directs, indirects et induits) de la dépense d'une baguette est de 1,45 € + 0,20 € = 1,65 €. Chaque euro acheté pour une baguette génère sur le territoire 1,65 € de chiffre d'affaires, tous impacts confondus.

Le modèle entrées-sorties, comme tout modèle économique, s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses :

- **Les rendements d'échelle sont constants** : un doublement de la production nécessite de doubler tous les achats de biens et services et de doubler le nombre de travailleurs. Autrement dit, le processus de production est supposé stable.
- **Le modèle est linéaire** : l'effet multiplicateur est supposé constant. Chaque euro supplémentaire consommé dans un bien ou un service génère le même impact supplémentaire (absence d'effets de seuil). Le modèle ne tient pas compte de la

rareté de la ressource (ressources naturelles, ressources humaines...) qui limite l'impact socio-économique lié à une augmentation de l'activité économique sur un territoire.

- **Les résultats sont dépendants du niveau de désagrégation des activités économiques** (biais d'agrégation). Les résultats sont plus précis pour des tableaux entrées-sorties qui adoptent une nomenclature désagrégée des activités.

Annexe 2 : Liste des 38 postes de secteurs d'activité

Activité économique en 38 postes	
AZ	Agriculture, sylviculture et pêche
BZ	Industries extractives
CA	Fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac
CB	Fabrication de textiles, industries de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure
CC	Travail du bois, industries du papier et imprimerie
CD	Cokéfaction et raffinage
CE	Industrie chimique
CF	Industrie pharmaceutique
CG	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques
CH	Métallurgie et fabrication de produits métalliques à l'exception des machines et des équipements
CI	Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques
CJ	Fabrication d'équipements électriques
CK	Fabrication de machines et équipements (non compris ailleurs)
CL	Fabrication de matériels de transport
CM	Autres industries manufacturières ; réparation et installation de machines et d'équipements
DZ	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné
EZ	Production et distribution d'eau ; assainissement, gestion des déchets et dépollution
FZ	Construction
GZ	Commerce ; réparation d'automobiles et de motocycles
HZ	Transports et entreposage
IZ	Hébergement et restauration
JA	Edition, audiovisuel et diffusion
JB	Télécommunications
JC	Activités informatiques et services d'information
KZ	Activités financières et d'assurance
LZ	Activités immobilières
MA	Activités juridiques, comptables, de gestion, d'architecture, d'ingénierie, de contrôle et d'analyses techniques
MB	Recherche-développement scientifique
MC	Autres activités spécialisées, scientifiques et techniques
NZ	Activités de services administratifs et de soutien
OZ	Administration publique
PZ	Enseignement
QA	Activités pour la santé humaine

QB	Hébergement médico-social et social et action sociale sans hébergement
RZ	Arts, spectacles et activités récréatives
SZ	Autres activités de services
TZ	Activités des ménages en tant qu'employeurs ; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre
UZ	Activités extra-territoriales

vertigo
lab

Darwin Ecosystème
87 Quai de Queyries
33100 Bordeaux

www.vertigolab.eu