



HAL
open science

Rouen, métropole biosourcée ? Potentiels et actions métropolitaines pour la promotion des matériaux écologiques dans la construction

François Fleury

► **To cite this version:**

François Fleury. Rouen, métropole biosourcée ? Potentiels et actions métropolitaines pour la promotion des matériaux écologiques dans la construction. [Rapport de recherche] Ecole nationale supérieure d'architecture de Normandie; EA 7464 Architecture Territoire Environnement. 2021. halshs-03574747

HAL Id: halshs-03574747

<https://shs.hal.science/halshs-03574747>

Submitted on 15 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Rouen, métropole biosourcée ?

Potentiels et actions métropolitaines pour la promotion des matériaux écologiques dans la construction

Rapport de recherche, projet POPSU Métropole Rouen Normandie, 2021

François Fleury

Sommaire

1. Introduction	2
1.1. Matériaux biosourcés et Eco-matériaux	2
1.2 Labels bâtiments	5
1.3 Actions potentielles	5
2. Les actions métropolitaines	6
2.1 Réglementation urbaine	7
2.2 Maîtrise d'ouvrage de la métropole ou de ses communes	9
2.3 Aide au développement et à la valorisation des ressources	12
2.4 Action politique	13
2.5 Communication	13
2.6 Fourniture ou financement de services d'information, formation, mise en contact	15
3. Etudes de cas	15
3.1 Abri de jardin d'un particulier	15
3.2 École des cygnes à Freneuse	18
4. Perspectives	22
4.1 Limites de l'étude	22
4.2 Repenser les spécifications (PLU, CCTP, CPAUEP)	22
4.3 Enseignements pour l'action	24
4.4 Métabolisme territorial	25
4.5 Architecture	27
Annexe méthodologique	29

1. Introduction

Les matériaux de construction constituent un enjeu environnemental particulier permettant de saisir une facette de la « personnalité écologique » de la Métropole. L'intérêt de cette entrée est que la construction constitue un secteur économique important, qui génère des flux de matières et d'énergie, et qui est très prégnant dans le vécu quotidien de l'espace public. Les qualités spatiales, esthétiques, symboliques, environnementales qui en résultent sont de nature à qualifier le territoire.

La construction avec des matériaux écologiques appelle des stratégies territoriales, intercollectivités, à différentes échelles selon qu'il s'agit de matériaux de réemploi ou recyclés, de terre, ou de biosourcés tels que le bois, la paille, le chanvre ou le roseau pour ne citer que ceux-là. Ces derniers, les matériaux bio-sourcés, sont des produits ou co-produits de l'exploitation forestière et de l'agriculture, qui possèdent chacune leur propre plan stratégique territorial.

Les initiatives métropolitaines pour promouvoir les matériaux bio-sourcés ont-elles des répercussions au delà de ses frontières? Dans quelle mesure dépend-elle des stratégies de ses voisines et de celles des collectivités de plus grande échelle? Quelles opportunités et contraintes ces relations aux autres représentent-elles pour une telle politique d'éco-construction? Le rayonnement des réalisations exemplaires issues - ou non - de l'exercice des responsabilités métropolitaines est-elle de nature à participer d'une identité architecturale métropolitaine fondée sur la mise en œuvre d'éco-matériaux ? Le quartier Rouen Flaubert est un bon cas d'école : l'exigence d'une quantité minimale de matériaux biosourcés dans toute construction peut-elle être un tremplin pour développer de nouveaux secteurs économiques locaux?

Si ces questions forment bien un arrière-plan pour ce travail de recherche en architecture, y répondre demanderait un programme spécifique et pluridisciplinaire avec l'apport de géographes, d'agronomes, et d'économistes. Ainsi l'objectif de cette action dans le cadre du programme POPSU est-il davantage de comprendre la portée d'une telle politique sur l'architecture et sur le positionnement du concepteur, et d'autre part sur le potentiel de l'architecture à accompagner, amplifier, reformuler les objectifs fixés. Il faut pour cela d'un côté caractériser la politique et ses leviers, explorer comment la manière dont elle est formulée influence la façon dont le constructeur peut se l'approprier, la traduire et l'exprimer.

1.1. Matériaux biosourcés et Eco-matériaux

Dans le cadre de ce travail, nous considérons qu'un matériau de construction est écologique s'il répond aux critères suivants :

- son cycle de vie minimise l'énergie grise, les émissions de gaz à effet de serre, ainsi que toutes les pollutions de l'air, de l'eau et de la terre;
- il est renouvelable;
- son impact sur la bio-diversité est faible ou positif.

Compte tenu de l'ampleur du phénomène de réchauffement climatique et de ses conséquences, et considérant l'urgence à agir¹, nous focaliserons dans ce travail les émissions de gaz à effet de serre comme principal indicateur écologique.

Différentes stratégies peuvent être adoptées pour améliorer ces différents critères. Si l'on reste dans une logique industrielle classique et des matériaux courants, il s'agira d'optimiser le système avec une meilleure efficacité énergétique des outils, une plus grande maîtrise des polluants, l'utilisation de matière première recyclée, la valorisation des déchets et la conception de filières de recyclage. Cet angle d'attaque ne modifie pas ou peu les habitudes des maîtres d'ouvrages, des concepteurs, des bureaux d'étude et des artisans.

Transversale aux différents modes productifs, la stratégie qui vise à réduire les distances de transport cible la réduction de l'énergie et des émissions de gaz associées. Le béton pourrait ainsi améliorer son score écologique avec un ciment produit localement, ou du sable et des granulats provenant de carrières proches ou de recyclage de déchets de démolition locaux. Cette stratégie de circuit court pose naturellement assez directement la question des relations entre la Métropole et les autres. Sans doute existe-t-il une taille géographique optimale du système logistique qui réduit les distances parcourues par le matériau tout en correspondant à un volume de marché suffisant.

Une autre stratégie aujourd'hui plus innovante du point de vue du système global de production consiste à se détourner de logiques industrielles au profit de techniques et de matériaux nécessitant le moins de transformations possibles de la matière. L'utilisation de la pierre, de la terre crue, du bois, de la paille ou du roseau demande en revanche une relance de l'économie artisanale locale. Cette approche échappe à la logique « produit », ce qui la rend difficilement compatible avec l'ensemble du système de normalisation actuel qui s'appuie largement sur les fiches FDES (fiche de déclaration environnementale et sanitaire) ou DEP (déclaration environnementale de produit).

Les matériaux biosourcés ont un bon potentiel pour constituer des éco-matériaux. En effet il s'agit d'une ressource renouvelable et qui stocke du CO₂. Mais pour garantir que l'ensemble de son cycle de vie présente de faibles impacts environnementaux, il faut associer à l'origine biosourcée :

- une gestion écologique de la production, et ceci ne concerne pas uniquement le bois (renouvellement, bio-diversité, absence de polluants, bonne gestion de l'eau) ;
- une énergie de production faible ou non émettrice de GES pour la récolte, le transport, le stockage, la transformation, le chantier, la déconstruction ;
- une logique de substitution aux matériaux à forte empreinte environnementale (par fonction équivalente et par une conception globale systémique) ;
- le maintien du coût écologique de l'entretien à un bas niveau ;
- la gestion de la fin de vie : recyclage, valorisation compostage ou énergie ;

1 « Les résultats du travail mené par le GIEC normand démontrent clairement que le changement climatique est une réalité en Normandie. » ; GIEC Normand, Thème : Changement climatique et Aléas météorologiques, O. Cantat (LETG Caen), B. Laignel (M2C Rouen), Z. Nouaceur (IDDES M2C), S. Costa (LETG Caen). Version du 19 mars 2021.

Le journal officiel définit simplement l'adjectif « biosourcé » comme le caractère d'« un produit ou d'un matériau entièrement ou partiellement fabriqué à partir de matières d'origine biologique. »² Pour aller plus loin, le label « Produit Biosourcé »³ est attribué à un produit qui intègre un pourcentage massique minimum de matière première issue de la biomasse, lequel dépend de la famille de produit. Ce pourcentage varie de 90 % pour une isolation en caissons chevronnés, à 2 % pour un enrobé bitumineux destiné à la voirie. Le produit doit également disposer d'une déclaration environnementale de produit (DEP) ou d'une fiche de déclaration environnementale et sanitaire (FDES). La mise en œuvre d'un matériau ou d'un produit qui répondrait à ces définitions peut malgré tout avoir des impacts environnementaux négatifs importants, par exemple si la ressource est mal gérée, si la production génère de la pollution, ou si les distances de transport sont importantes.

Plus complets et de plus grande portée que le label « Produit biosourcé », les labels *NF Environnement*, *l'écolabel européen*, *Nature plus* ou encore *Blaue engel* garantissent la vertu écologique du produit sur la base de l'analyse de cycle de vie en intégrant les principaux critères cités plus haut. Mais bien peu de produits pour la construction sont effectivement labellisés. Les peintures, vernis, revêtements de sols sont assez bien couverts par *NF Environnement*, *écolabel européen* et *Blaue engel*, mais la gamme de produits labellisés *Nature plus* est plus diversifiée, incluant par exemple des blocs de béton cellulaire, des briques ou encore du bois d'œuvre.

Quand ces labels portent sur des produits essentiellement en bois, ils imposent que le bois soit issu de forêts gérées de façon écologique et durable, ayant reçu l'un des deux labels dominants que sont le FSC (forest stewardship council) ou le PEFC (Pan European Forest Certification). Pour ce qui est des produits issus de l'agriculture, le label *Agriculture biologique* (AB) affiche la même ambition, mais ne semble pas être mobilisé pour les produits de construction biosourcés.

A côté de ces labels, des comparateurs écologiques pourraient constituer de bons outils pour aider un maître d'ouvrage dans la rédaction de ses prescriptions. Nibe et BRE sont des outils en ligne qui classent les produits selon leurs ACV, attribuant un score sans toutefois fournir l'ensemble des données environnementales quantifiées. A l'inverse, la fiche FDES fournit toutes les données quantitatives des indicateurs environnementaux, sans attribuer de score. Bien utilisés, ces différentes bases de données permettent de comparer des produits ou des matériaux.

L'évaluation de l'impact écologique de la mise en œuvre d'un produit, fût-il labellisé écologique, doit tenir compte des distances parcourues par le produit entre son lieu de fabrication et son lieu de mise en œuvre. L'origine des matériaux doit donc être connue. Ainsi le label *Produit biosourcé local* assure qu'au moins 80% des matières premières biosourcées utilisées dans le produit doivent être d'origine locale, c'est-à-dire produites ou recyclées et transformées dans un rayon géographique de 350 km autour du site de production du produit.

2 JORF n°0297 du 22 décembre 2016, texte n° 211, Vocabulaire des matériaux et de l'environnement (liste de termes, expressions et définitions adoptés)

3 *Label produit biosourcé, référentiel France*, 12 juin 2019. Téléchargeable à partir du site : <http://produitbiosource.fr/le-label/quoi/> consulté le 26 aout 2019

1.2 Labels bâtiments

Le label *Bâtiment biosourcé* impose quant à lui une quantité minimale de matière biosourcée par unité de surface de plancher. Une matière biosourcée étant ici une matière issue de la biomasse végétale ou animale. Pour aller plus loin que celui qui caractérise le *produit biosourcé*, ce label intègre certaines règles pour qu'un matériau biosourcé soit effectivement écologique et donc comptabilisé, telles que la gestion durable des forêts pour le bois, ou des limites d'émissions de COV (Composé organique volatil). Mais il est encore loin de couvrir toutes les précautions nécessaires.

Les labels HQE (Haute qualité environnementale), GBC (Green British Council) et H&E (Habitat et Environnement) portent également sur des édifices et s'efforcent d'aborder la question de manière systémique avec des cibles couvrant l'ensemble des enjeux. Cependant, si l'utilisation de matériaux biosourcés est bien encouragée par l'un des critères de la deuxième cible du label HQE, il ne s'agit que de la sous-cible 2.3 qui ne porte que sur la *connaissance* de l'impact au niveau HQE de base, et sur le *choix* du matériau pour le gros œuvre *ou* le second œuvre pour le niveau HQE performant⁴. L'atteinte de cette cible n'est par ailleurs pas nécessaire pour obtenir le label, pour peu que 7 ou 11 cibles sur 14 soient obtenues respectivement pour les niveau de base et performant. Le label H&E de son côté inscrit le choix de matériaux écologiques dans le thème 4, « Filière constructive et choix des matériaux », qui n'est pas non plus obligatoire.

1.3 Actions potentielles

Comme premier inventaire des actions qu'une métropole pourrait engager pour promouvoir l'utilisation d'éco-matériaux, en particulier biosourcés, dans son périmètre de responsabilité, sont identifiées :

- La réglementation urbaine PLUi , ZAC (via son CPAUEP)
- Une politique de subventions aux projets de construction vertueux
- L'aide au développement et à la valorisation des ressources (agricoles et forestières pour ce qui est des matériaux biosourcés)
- L'action politique (argumentation, pédagogie, négociation, mise en réseau...)
- La communication
- La fourniture ou le financement de services d'information, de formation, de mise en contact.
- La maîtrise d'ouvrage de la métropole ou de ses communes (via le programme, l'avis de publicité, le règlement de consultation, les critères d'analyse, le Cahier des Clauses Techniques Particulières)

4 *Référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments – bâtiments tertiaires*, Certivea, septembre 2011, révision millésime 2015

Parmi les arguments pour prescrire des matériaux biosourcés dans la construction, figure la dynamisation d'une économie locale. Dans l'esprit de ne pas limiter la concurrence, le code des marchés public interdit d'exiger d'un fournisseur l'utilisation de produits locaux. En revanche, la limitation des émissions de GES sur tout ou partie du cycle de vie, qui améliore la performance environnementale du produit ou des travaux peut faire partie des critères d'attribution. Pour éviter la quantification de critères environnementaux, une collectivité peut également recourir au critère de « performance en matière d'approvisionnement direct des produits de l'agriculture » qui porte sur le nombre d'intermédiaires⁵.

Pour ce qui concerne la construction bois, il est aussi possible de prescrire des essences locales et des typologies structurelles qui les favorisent⁶. Pour aller plus loin, certaines collectivités garantissent à 100 % l'utilisation du bois local en fournissant elles-mêmes le bois nécessaire au projet.⁷ Il s'agit de séparer la fourniture de bois du reste du marché pour le mettre à disposition des scieurs/transformateurs.

2. Les actions métropolitaines

Il semble que la question des matériaux bio-sourcés ait été promue en bonne partie par la dynamique forestière. La première charte forestière de territoire date de 2004, et même si le mot « biosourcé » n'est pas présent dans la dernière charte, qui date de 2015 (et arrive bientôt à son terme et à l'heure des bilans), la volonté de développer la construction en bois et de réaliser des bâtiments démonstrateurs a largement contribué à pousser le critère « biosourcé » dans la construction. Dans le document provisoire du Projet d'aménagement et de développement durable (PADD) de 2016, l'objectif de « Promouvoir la sobriété et l'efficacité énergétiques » se décline en différentes actions, dont « Inciter à l'utilisation de matériaux biosourcés, notamment le bois, ou recyclés lors des projets de construction ou de rénovation du bâti existant ». En 2016 également le Cahier de prescriptions architecturales, urbaines, environnementales et paysagères de l'ilôt B de l'écoquartier Flaubert imposait la mise en œuvre de 18kg de matériau biosourcé par m² de plancher construit.

Le critère « biosourcé » a été mis en avant d'abord comme un moyen pour développer la filière bois et ses retombées en matière économique, sociale et environnementale. Bien qu'aujourd'hui formellement relié à des objectifs écologiques plus transversaux, il reste très associé dans les esprits et dans les textes à l'utilisation du bois. Sur les 23 communes sur 71 qui s'engagent à la mise en œuvre de matériaux biosourcés dans les projets de construction municipaux, 19 mentionnent explicitement le bois. Pour le Service Forêt Nuisance de la métropole, le critère de provenance du bois est prioritaire par rapport à la réduction d'émissions de GES au cours de son cycle de vie. D'une

5 article 10 du décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics ; article 62, II-2° du décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics

6 *Intégrer les bois locaux dans la commande publique*, Samuel Riolland et Maxime Baudrand, Atlanbois, 2014

7 *Bois local et code des marchés publics*, Camille Bourgis et Paul Moitier, RET ADEME 2016

part les évaluations de type ACV sont considérées comme non normalisées, pas fiables, et d'autre part un tel critère ne favoriserait pas nécessairement le bois local, et pourrait s'avérer contre-productif par rapport à la mission de développement de cette filière sur le territoire.

Aujourd'hui, tous les leviers identifiés plus haut sont mobilisés par la métropole à différents degrés, sauf celui de la subvention directe aux projets vertueux.

2.1 Réglementation urbaine

Il semble que sur le territoire de la Métropole, la première obligation d'utilisation d'un taux minimum d'éco-matériaux dans la construction soit apparue dans le Cahier de prescriptions architecturales, urbaines, environnementales et paysagères (CPAUEP) de l'îlot Rondeaux B de l'éco-quartier Flaubert en décembre 2016 :

« Il est imposé dans le cadre des procédés constructifs de recourir à une part identifiée de matériaux « biosourcés » (issus de la biomasse), donc renouvelables. Règle : 24 kg de matériaux biosourcés par mètre carré de surface de plancher sont souhaitables (18kg minimum). Le maître d'ouvrage annexera au permis de construire une note de calcul justifiant la quantité de matériaux « biosourcés » selon l'arrêté du 19 décembre 2012. »

La même prescription sera inscrite dans le CPAUEP de l'îlot Rondeaux A en 2018, et n'ayant pas encore obtenu le document, nous faisons l'hypothèse que celui de l'îlot D de Luciline, également éco-quartier, formule l'exigence de 18kg/m² de la même manière.

Le CPAUEP global de la ZAC (décembre 2016) est quand à lui moins précis, ce qui doit permettre de faire évoluer les seuils au fur et à mesure de l'avancement du projet. Ses prescriptions techniques indiquent que la recherche de performances environnementales des constructions *« oriente donc ces choix [ceux des matériaux] vers les procédés constructifs les plus vertueux »* Par ailleurs, *« Pour compléter la démarche de choix de matériaux à faible impact environnemental, la recherche de circuits courts est primordiale. Ils permettent de réduire la consommation de carburants et les pollutions associées, mais aussi de contribuer à l'économie locale. Ce chapitre insiste donc sur la nécessité d'être vigilant dans la passation des marchés. »*

La prescription à l'échelle de l'îlot fait donc référence au label « bâtiment biosourcé »⁸ sans pour autant imposer l'obtention du label. Seul le mode de calcul des quantités est retenu, mais pas les exigences de mixité ou les modalités de contrôle du label. Par ailleurs, le calcul des quantités (article 6 de l'arrêté du 19 décembre 2012) ne peut - en principe - prendre en compte que le contenu biosourcé des produits de construction et tout mobilier fixe (donc non destinés à la décoration) ayant fait l'objet d'une déclaration environnementale, classé A ou A+ en matière d'émissions de composants organiques volatils pour les produits concernés et dans le cas du bois s'il dispose de documents attestant la gestion durable des forêts dont le bois et/ou ses dérivés sont issus. Mais une interprétation souple du CPAUEP peut conduire à ne retenir que l'annexe IV de l'arrêté qui indique

8 Arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé », NOR: ETL1239803A, version consolidée au 26 août 2019.

les ratios par défaut pour estimer la masse de matière biosourcée contenue dans les différents types de produits. Il conviendra d'analyser les notes de calcul qui doivent être annexées aux demandes de permis de construire pour vérifier ce point.

Les retours d'expérience de l'application de ces CPAUEP sont très différenciés pour les trois situations concernées fin 2019. La cible semble atteinte sans difficulté pour l'ilôt D de Luciline, puisque la quantité de matériaux biosourcés du projet lauréat s'élève à 24kg/m² alors que le minimum était fixé à 18 kg/m². L'intégration de la contrainte en amont de la conception, associée à un prix de vente au m² important, ont facilité l'obtention de ce résultat.⁹ Le critère est également respecté en moyenne sur l'ensemble de l'ilôt Rondeaux A dans le quartier Flaubert. Le surcoût associé à la réalisation d'un bâtiment démonstrateur exceptionnel est compensé par la mise en visibilité de l'entreprise et par l'économie réalisée sur les autres édifices de l'ilôt qui, de construction usuelle, ne respectent pas le critère¹⁰. En revanche, la situation se présentait de façon moins favorable pour l'ilôt Rondeaux B. S'agissant des premiers bâtiments situés dans une zone encore peu attrayante et sujette pour longtemps aux nuisances de chantier, le prix de vente est estimé faible. Au vu des quantités de matériaux biosourcés annoncées initialement par les concepteurs (autour de 5kg/m²) il semble clair que le critère n'a pas été intégré en amont dans la conception. Il a fallu le ferme soutien des élus et un suivi rapproché du projet par le service Forêt nuisance de la Métropole et par Rouen Normandie Aménagement (RNA) pour atteindre l'objectif. Le développeur a même fait des propositions complémentaires montrant que ce sujet commence à être intégré car peut-être source d'une commercialité meilleure ou d'une prise de conscience plus importante¹¹.

Par rapport à ces prescriptions chiffrées, le projet de *plan local d'urbanisme intercommunal*¹² est peu contraignant. La demande « *d'optimiser la consommation en ressources naturelles, en privilégiant les matériaux biosourcés et en limitant l'impact carbone des constructions* » ne concerne que les orientations d'aménagement et de programmation (OAP). Parmi celles-ci, 90 % des 94 OAP sectorielles y sont soumises, contre seulement 3 OAP « grands projets » sur 7.

Ailleurs, ce n'est que dans le quartier Flaubert (UR7) qu'il « *est imposé dans le cadre des procédés constructifs de recourir à une part identifiée de matériaux « biosourcés » (issus de la biomasse), donc renouvelables. L'identification de la quantité de matériaux biosourcés par mètre carré de surface de plancher est obligatoire* », en cohérence avec les CPAUEP des îlots A et B.

Notons cependant deux dérogations accordées en cas d'utilisation d'éco-matériaux : dans la ZAC du Levant (640A Saint-Pierre-lès-Elbeuf), une dérogation au respect de l'harmonie entre les bâtiments existants et le site et à l'unité d'aspect et de matériaux est possible si les travaux « *s'inscrivent dans*

9 Entretiens réalisés avec Bertrand Masson, Directeur de l'aménagement et des grands projets et Christelle Simon, responsable du Service forêts nuisances de la Métropole.

10 *ibid.*

11 Précisions apportées par Bertrand Masson par mail du 22 novembre 2019.

12 PLUi version juin 2018, téléchargé en septembre 2019

une démarche de haute qualité environnementale, ou qu'ils favorisent l'utilisation de matériaux et d'énergies renouvelables et/ou durables ». La seconde permet d'augmenter la hauteur des « *bâtiments utilisant un système constructif performant sur le plan énergétique ou environnemental (matériaux biosourcés type structure bois,...)* » de 40cm par niveau, tout en respectant le nombre de niveau maximal prescrit.

Dans l'avis formulé par l'autorité environnementale sur l'élaboration de ce PLUi, il est notamment écrit qu'elle « *recommande d'intégrer au PLUi l'objectif d'une réduction effective des émissions de gaz à effet de serre, afin de s'inscrire plus résolument dans la trajectoire des engagements nationaux (stratégie nationale bas-carbone...) et internationaux (Accord de Paris...)* ». Elle déplore que le PLUi « *ne se saisit pas des dispositions de l'article L. 151- 21 du code de l'urbanisme qui permettent au règlement de « définir des secteurs dans lesquels il impose aux constructions, travaux, installations et aménagements de respecter des performances énergétiques et environnementales renforcées qu'il définit* ». Notons que seule la consommation d'énergie est explicitement visée dans cet avis, contrairement au principe actuel de l'associer à l'utilisation de matériaux à faible émission de GES.

2.2 Maîtrise d'ouvrage de la métropole ou de ses communes

La fiche no. 4 du programme d'actions associé au *Plan Climat Air Énergie Territorial* (PCAET) de la Métropole Rouen, intitulée « Construire des bâtiments bas-carbone » se donne entre autres comme objectif de « *Systématiser l'intégration de bois local et matériaux biosourcés dans les projets de rénovation et de construction de la Métropole et des communes* » et de « *Promouvoir le futur label « E+C- »* ». On peut penser qu'il s'agit d'anticiper l'application de ce label pour les édifices dont la métropole est maître d'ouvrage, ou pour les opérations dont elle est aménageur, directement en régie ou via la société publique locale RNA (Rouen Normandie aménagement).

Cependant, outre le fait que le label « bâtiment biosourcé » n'est pas demandé dans les ZAC en cours ou en projet, le PCAET laisse une marge de manœuvre importante en ne précisant ni seuil, ni modalité de calcul des quantités, ni les moyens mis en œuvre. A titre d'exemple, aucun critère portant sur les matériaux biosourcés n'a été exprimé dans les pièces administratives de l'opération du Parc du Champ des Bruyères, pourtant citée dans le PCAET¹³.

Il ressort des divers entretiens que nous avons réalisés qu'il s'agit - pour l'instant - davantage de systématiser *l'encouragement* à utiliser ces matériaux plutôt que de prescrire leur intégration effective. Cet encouragement passe par l'action politique - dont l'incitation des municipalités à prendre des engagements dans le cadre de la COP21 locale - , par l'assurance de pouvoir bénéficier d'un accompagnement technique, et par des actions de valorisation de bâtiments exemplaires.

La *charte forestière du territoire*, rédigée en 2015, prévoyait quant à elle « *d'impliquer les collectivités et les grands donneurs d'ordre para-publics ou privés dans la filière bois matériaux* » en indiquant,

13 Entretiens réalisés avec Bertrand Masson, Directeur de l'aménagement et des grands projets et Christelle Simon, la responsable du Service forêts nuisances de la Métropole.

sans en faire un engagement, que « *un/des bâtiment(s) public(s) réalisé(s) ou réhabilité(s) sur le territoire avec une grande part de bois local offrira(en)t un effet démonstrateur non négligeable pour la filière* ». Parmi les actions développées dans cet axe, il était prévu de « *proposer des articles « type » favorisant l'intégration de bois local dans la commande publique* » et de « *Lancer des projets de construction bois local sur le territoire* », avec pour indicateur de réussite le nombre de constructions de bâtiments démonstrateurs en bois local et l'ampleur de leur valorisation. A quelques mois du terme de la charte, il semble qu'aucun bâtiment sur le territoire n'ait encore été réalisé en bois local.

En revanche, les planches du platelage bois des rails du métro du pont Jeanne d'Arc ont bien été remplacées par du bois local¹⁴. D'autres chantiers à maîtrise d'ouvrage métropolitaine s'efforcent d'introduire du bois et de faire appel à la production locale, tels que le projet de réalisation d'abribus ou celui de la rénovation des musées. Le Service forêt nuisances de la métropole mène dans cette voie des actions d'information et de sensibilisation auprès de toutes les directions de la Métropole potentiellement concernées.

Le *pôle éducatif de Freneuse*, livré en 2019 constitue à notre connaissance le seul bâtiment à maîtrise d'ouvrage publique sur le territoire de la métropole ayant incorporé une quantité importante de matériaux biosourcés. Bien que ce soit ici l'architecte qui semble avoir été à l'origine de l'utilisation d'une structure bois¹⁵, la Métropole a effectivement accompagné le projet, d'une part en proposant les services de Profession Bois¹⁶ dans le cadre de la convention qui les associe, et d'autre part en contribuant à la valorisation de la réalisation. Notons que le marché a été passé en « procédure adaptée », donc sans soumission préalable d'un projet. Cela a permis à l'architecte d'avoir davantage de liberté pour proposer des solutions innovantes, ici une solution de structure bois. En effet, un tel projet à structure et bardage bois n'est pas a priori perçu positivement par les maîtres d'ouvrage publics. La procédure adaptée laisse le temps du dialogue, de la pédagogie, et de l'argumentation. Il est remarquable enfin que les arguments de l'architecte et du maire pour le choix de ce matériau mettent en avant la cohérence avec la volumétrie, un chantier propre, rapide et maîtrisé mais ne mentionnent aucunement sa vertu écologique. De fait, aucun autre matériau biosourcé que le bois n'est présent, l'isolation par exemple étant réalisée classiquement en laine de verre.

Dans le cadre de sa *COP21 locale*, la Métropole via le *Service forêt nuisance* de sa *direction énergie, environnement*, a conduit une campagne de sensibilisation à l'utilisation du bois local dans les projets de construction des municipalités, les encourageant à inscrire cette résolution dans leur fiche d'engagement COP21.

14 *ibid.*

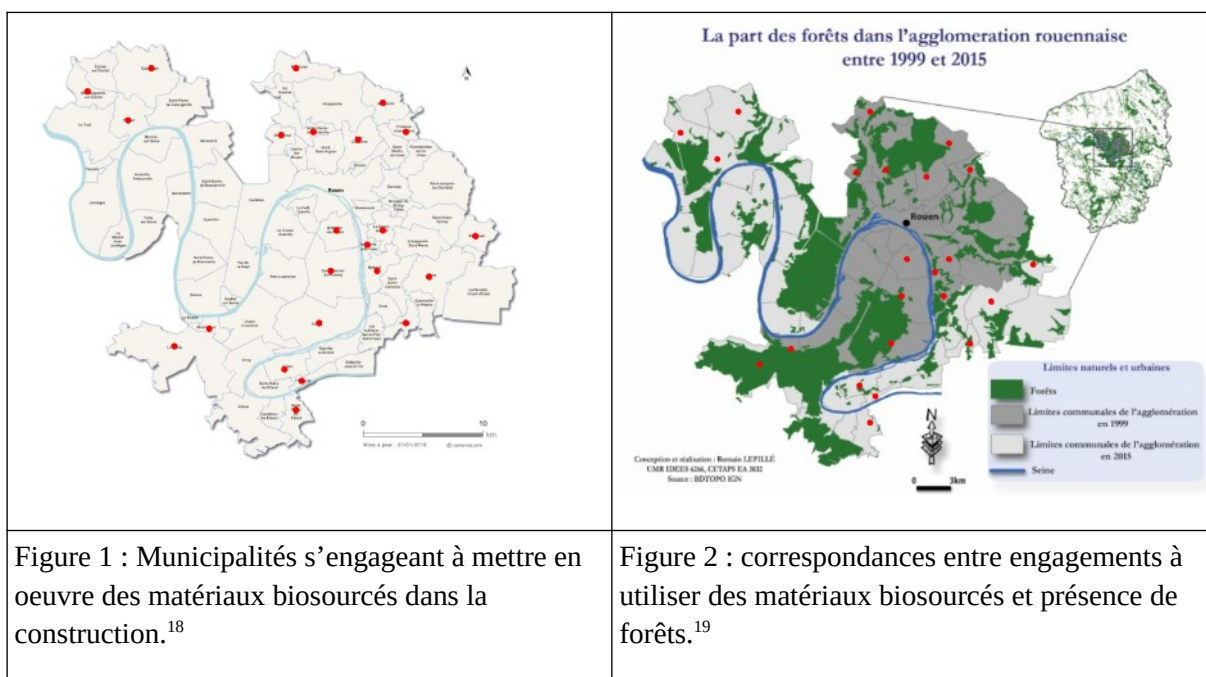
15 Entretien réalisé auprès de Audrey Michelier, Atelier TMF, Architecte du pôle éducatif à Freneuse, et Pascal Baron, maire de Freneuse.

16 Interprofession de la filière Forêt-Bois de Normandie

Sur les 71 communes de la Métropole, 23 mentionnent l'utilisation de matériaux biosourcés, soit un peu moins d'un tiers. Sur ces 23 mentions, 18 citent l'utilisation de bois en précisant « PEFC »¹⁷ pour 16 d'entre elles. Notons que seule la fiche d'engagement de Freneuse mentionne le bois sans l'associer au terme « biosourcé ». L'utilisation du bois en structure est mentionnée par 16 communes, et en bardage ou façade par 13 d'entre elles.

Les formulations des engagements se ressemblent avec quelques variantes. En effet, la chargée de mission de la Métropole qui a réalisé les entretiens proposait des rédactions "toutes faites" aux communes pour faciliter leurs engagements en fonction des thèmes abordés lors des entretiens. A titre d'exemple, 6 communes écrivent littéralement : « Utilisation de matériaux biosourcés : ossature et/ou bardage bois PEFC, isolants naturels ou recyclés, revêtements de sols n'émettant pas de COV, de formaldéhydes ou autres substances nocives pour la santé humaine. »

La carte des engagements à utiliser des matériaux biosourcés peut surprendre (figure 1). D'une part on y décèle des continuités qui restent à expliquer, et d'autre part il semble que les communes les plus forestières ne soient pas les plus engagées à l'utilisation des matériaux biosourcés (dont le bois) (figure 2). Bien entendu, il faudrait compléter ces données en indiquant également les communes ayant un projet de construction ou de rénovation et qui n'ont pas formulé d'engagement en matière d'utilisation d'éco-matériaux.



17 PEFC : Programme Européen des Forêts Certifiées. Cette marque garantit que le matériau bois est issu de forêts qui sont gérées durablement en fonction de règles définies précisément région par région

18 Fond de carte : <https://france.comersis.com/map/Metropole-de-Rouen.png>

19 fond de carte : R. Lepillé, B. Evrard, Mi. Bussi et D. Femenias, « Quand la forêt devient un équipement de la ville : un parc animalier à l'échelle de l'agglomération rouennaise », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Hors-série 28 | avril 2017, mis en ligne le 30/04/2017, consulté le 23 /09/2019. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/18312> ; DOI : 10.4000/vertigo.18312

2.3 Aide au développement et à la valorisation des ressources

La Charte Agricole de territoire approuvée en 2017 axe ses actions prioritaires sur la préservation de la ressource en eau, et sur le *Projet Alimentation Territoriale (PAT)*, dont la synthèse ne mentionne pas le développement des éco-matériaux²⁰. Cependant, un certain nombre d'actions prévues (en italique dans la liste ci-dessous) seraient de nature à encourager ce développement :

- Les actions : « *Encourager le changement de pratiques agricoles* », « *Développer l'offre et l'accessibilité des différentes filières agricoles* » et « *Relocaliser la plus-value agricole (économie, santé, environnement)* » sont en cohérence avec les filières de production de matériaux biosourcés qui relèvent de modèles diversifiés en termes de taille d'exploitation ou de degré d'industrialisation, tout en alimentant une consommation locale.
- « *Mettre en réseau l'ensemble des acteurs du monde agricole* » est une nécessité pour le lancement de nouvelles filières, par l'échange d'expérience, l'atteinte d'une taille de marché critique et une mutualisation des machines spécifiques, encore peu répandues.
- La production de matériaux biosourcés, utilisés en substitution de matériaux industriels, contribuerait à « *Faire de l'agriculture un levier de lutte contre le changement climatique* ».

Mais bien que ce pourrait théoriquement être dans le périmètre du service « Agriculture et administration » de la Métropole, celui-ci ne relaie pas actuellement l'engagement de la COP21 locale de « *Soutenir les acteurs du territoire dans le développement d'une filière locale « matériaux biosourcés »* » ni celui inscrit au PCAET de pousser au « *développement des matériaux bio-sourcés, d'origine locale, issus par exemple des forêts gérées durablement (bois construction/bois matériau) ou de la culture du chanvre* ». Il faut dire que ce plan prévoit de s'appuyer sur une coalition dont l'animation est déléguée à un établissement d'enseignement supérieur et sur la charte forestière, mais pas sur la charte agricole. Si les bio-matériaux sont en principe intégrés à la charte agricole, aujourd'hui le service compétent de la Métropole a consacré ses moyens - limités dans un domaine (l'agriculture) qui ne fait pas à proprement parlé partie de ses compétences strictes - sur l'élaboration de son projet alimentaire territorial²¹.

Or l'appui du service « Agriculture et administration » qui développe un réseau privilégié avec les exploitants agricoles, faciliterait considérablement certains des engagements pris dans le PCAET et par la coalition :

« *Le développement d'une ressource stable sur le territoire* »

20 Charte Agricole de territoire, synthèse.

https://metropole-rouen-normandie.fr/files/publications/Agriculture/SYNTHESE_AGRICOLE_WEB.pdf

21 Précisions apportées par Amélie Arnaudet et Laurent Sodini par mail du 18 décembre 2019.

- *Identifier les gisements disponibles et formaliser de nouvelles combinaisons (rotation de cultures, co-produits agricoles et agro-industriels...)*
- *Sécuriser les approvisionnements (volume/qualité)*
- *Étudier les relations propriétés/structures/procédés*
- *Diversifier le spectre des agro-ressources (associer plusieurs agroressources par exemple)*
- *Gérer et valoriser les déchets (ex. granulats recyclés, réflexion sur une démarche de co-valorisation...)* »

De son côté, en parallèle d'actions visant à développer l'utilisation du bois d'œuvre, la charte forestière se donne comme un de ses objectifs de « *Sécuriser l'approvisionnement en bois des industriels, des collectivités et des particuliers* ».

2.4 Action politique

L'animation de la COP21 locale relève clairement de l'action politique, et nous avons identifié plus haut la démarche du service « Forêt Nuisance » pour promouvoir l'utilisation du bois dans ce cadre. Les continuités géographiques des municipalités engagées dans l'utilisation des matériaux biosourcés pourraient trouver une part d'explication dans la manière dont cette campagne s'est déroulée, et dans les relations privilégiées que peuvent entretenir les élus géographiquement voisins.

Cette enquête ne s'est pas focalisée sur l'action politique, et ne prétend pas faire le tour de la manière dont les élus portent ou non la question spécifique des éco-matériaux, laquelle peut être considérée comme implicite dans l'engagement écologique. Mais ce dernier semble davantage focalisé sur la question de l'énergie et de la réduction des pollutions de l'air émises localement. La manifestation écologiste du 21 septembre 2019 à Rouen critiquait quant à elle le « *gaspillage de 1 020 ha de terrains non construits (prairies, vergers...) mais promis à l'urbanisation qu'il faudrait laisser en l'état* ». Les matériaux biosourcés ne semblent pas en tant que tels s'imposer sur le devant de la scène.

En revanche les agents de la métropole impliqués dans le suivi du quartier Flaubert témoignent de l'action essentielle des élus, sans lesquels l'investisseur adjudicataire de l'ilôt B n'aurait pas pris au sérieux l'obligation de mettre en œuvre au moins 18kg/m² de matériaux biosourcés inscrite dans le CPAUEP auquel il a pourtant souscrit. Les services se donnent pour mission de préparer le terrain pour les élus, de montrer que des solutions innovantes sont possibles, efficaces, économiques et visibles. C'est d'abord l'élu qu'il faut convaincre, sans que celui-ci soit toujours à l'initiative.

2.5 Communication

La communication par la Métropole sur l'utilisation des matériaux biosourcés autres que le bois est très limitée. Notons tout de même que l'espace info énergie présente des échantillons de matériaux isolants biosourcés. En revanche pour ce qui concerne le bois d'œuvre, le service Forêt Nuisance

communiqué aussi bien en interne, qu'en externe, en direction des élus ou du grand public. Sans être exhaustif, nous avons relevé les éléments suivants à la date de novembre 2019 :

* Vidéo de 3mn14 « *Tous engagés dans la COP21 : La construction bois* »²². L'architecte et le Maire de Freneuse expliquent pourquoi ils ont utilisé la construction bois respectivement pour la réalisation de sa maison et du pôle éducatif de sa commune. La valeur écologique du bois d'œuvre n'est pas abordée .

* Vidéo de 3mn27 « *Filière bois : la Métropole Rouen Normandie a de la ressource* »²³. À l'occasion de l'élaboration de son Plan d'Approvisionnement Territorial, le document présente les chiffres clefs de la filière bois à l'échelle du territoire métropolitain. Sans que le mot « biosourcé » ne soit prononcé, la vidéo explique que le bois transformé en bois d'œuvre stocke durablement le carbone, à condition que la ressource soit renouvelée.

* Communiqué de presse du 31 janvier 2019 : « *Rouen Flaubert : un bâtiment en Bois pour l'îlot Rondeaux A* ». Le communiqué présente les îlots Rondeaux du quartier Flaubert, en insistant sur l'îlot A et la tour en bois, « exemplaire ». Le communiqué ne dit pas en quoi elle est exemplaire et ne cite les matériaux biosourcés qu'à la fin du document, qui reprend des généralités sur les qualités du quartier Flaubert.

* La page quartier Rouen Flaubert sur site de la Métropole²⁴ (consulté le 27 février) se termine par un petit paragraphe, sous un titre « *Maîtrise de l'énergie : des bâtiments hautement performants* », qui indique que « *La Métropole favorise dans le cadre des projets d'écoquartier et de rénovation des bâtiments, l'utilisation de bois locaux. [...] l'utilisation des feuillus locaux est préconisée. Les bâtiments comporteront des matériaux biosourcés et participeront au développement de la filière Bois locale.* »

* La brochure « *Le guide des bois locaux* »²⁵, réalisée en 2015 à destination des maîtres d'œuvre et de la fédération française du bâtiment, présente les arguments économiques et techniques pour construire en bois local, et explique les compatibilités entre les essences, leurs traitements, et les utilisations possibles dans la construction en fonction de la classe d'emploi imposée. On y trouve également la liste des scieries sur le territoire concerné, et les manières de formuler la commande publique pour privilégier les bois locaux.

* Le Service forêts nuisances de la Métropole a le projet d'organiser pour 2020 des « petits déjeuners « bois » » dans les différents services de la Métropole potentiellement concernés, pour sensibiliser et informer sur les enjeux et les potentiels de la ressource en bois du territoire, autour d'échanges avec des acteurs de la filière.

22 <https://www.youtube.com/watch?v=ill2Qv3y2dw>

23 <https://www.qwant.com/?q=bois%20ressource%20m%C3%A9tropole&t=videos&o=0:78dca82a16eff1f2a2e65d2e2873dd77>

24 <https://www.metropole-rouen-normandie.fr/des-enjeux-pour-une-agglomeration>

25 Réalisée par la Métropole avec Anoribois, avant sa fusion avec son homologue Bas-Normand pour former l'URCOFOR Normandie (Union régionale des collectivités forestières de Normandie) et en partenariat avec l'UNTEC Normandie (Union nationale des économistes de la construction).

2.6 Fourniture ou financement de services d'information, de formation, de mise en contact

Dans ce domaine encore, seul le matériau bois fait l'objet d'actions d'accompagnement, toujours pilotées par le Service forêt nuisances. A titre d'exemples, notre interlocutrice a évoqué :

- la réalisation de la charte forestière du territoire qui fédère tous les acteurs de la filière,
- plusieurs études techniques ou technico-économiques, telles que :
 - une étude comparée sur les émissions de gaz à effet de serre liées à l'utilisation du bois d'oeuvre sur la métropole, en fonction de l'origine du bois,
 - l'étude du grisaillement du bois, identifié comme un frein à l'utilisation du bois en bardage,
 - une étude technico-économique sur le coût et le bénéfice de mettre en oeuvre du bois local dans la construction,
- des rencontres en B to B entre architectes et entreprises de la transformation du bois,
- des conventions avec Profession bois et l'Urcofor qui permettent à tout maître d'ouvrage ou maître d'oeuvre de les solliciter pour obtenir un accompagnement technique des projets.

3. Etudes de cas

L'évaluation des résultats de la politique de la Métropole pour encourager l'utilisation des matériaux écologiques n'entre pas dans le cadre de cette étude. Les données manquent pour estimer les volumes de matériaux concernés et leur évolution, mais nous pouvons cependant compléter l'observation des actions de la Métropole par des études de cas concrets pour comprendre les freins à la dynamique souhaitée, et ouvrir des pistes pour améliorer l'efficacité de l'action.

3.1 Abri de jardin d'un particulier

Le premier exemple porte sur un simple abri de jardin, tel qu'un particulier de la Métropole pourrait le construire (figure 3). Il est constitué de quatre pierres de fondation, d'une structure porteuse, de charpente et de contreventement en bois, et d'une couverture en tuile. Un certain nombre d'éléments métalliques sont utilisés pour l'assemblage : vis, platines, équerres. Enfin une bavette en acier protège la tête haute des chevrons.



Figure 3 : abri de jardin considéré

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'accès du citoyen aux matériaux écologiques, et d'évaluer les gisements de progression en matière d'émission de gaz à effet de serre, sur la base d'une analyse de cycle de vie. Les hypothèses initiales étaient d'une part que les bénéfices écologiques de l'utilisation du bois dans la construction étaient conditionnés par sa provenance d'une forêt proche et éco-gérée, et d'autre part que la réutilisation devait nécessairement améliorer le bilan carbone.

Nous comparons donc ici trois variantes pour cet abri, deux avec des matériaux neufs plus ou moins écologiques, et une avec autant de matériaux de réemploi que raisonnable (Variante C) (Figure 4).

A - Matériaux neufs, peu écologiques	B - Matériaux neufs, plus écologiques	C – Récupération raisonnable (scénario réel)
Tuiles mécaniques	Ardoise	Tuiles récupérées à 30km
Protection métallique linéaire	Ponctuelle	Identique variante B
Liteaux non durables	Liteaux durables	Identique variante B
Chevrons non durables	Chevrons durables	Chevrons récupérés à 50km
Fondations en béton	Fondation pavés de pierre	Pavés récupérés sur place

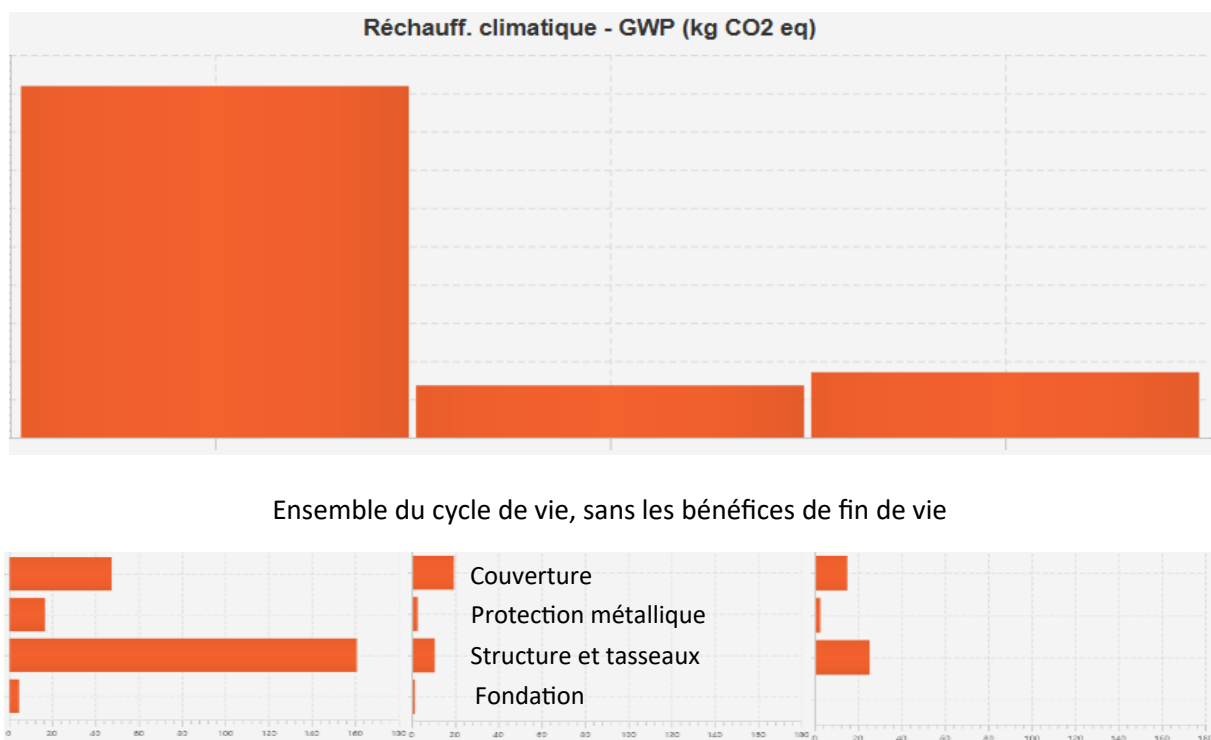


Figure 4 : comparaison des ACV, sans compter les bénéfices de fin de vie.

On note que dans le premier scénario, c'est le bois qui pèse le plus lourd dans les émissions de gaz à effet de serre. Cela provient du fait qu'aucun stockage carbone n'est considéré, un arbre coupé n'étant pas remplacé. Ce scénario ne doit être appliqué que pour du bois qui provient d'Amérique ou d'Afrique. Pour autant, la fiche FDES utilisée pour la variante B correspond à de la charpente traditionnelle 100 % résineux fabriquée en France, et rien n'indique qu'elle est applicable aux produits achetés par un particulier dans les grandes surfaces de bricolage. Ces dernières n'ont pas répondu à nos demande sur l'origine ni sur les fournisseurs de leurs produits.

Le matériau de couverture représente le deuxième poste le plus important dans le scénario de référence, et il est possible de le diviser par 2,44 en remplaçant les tuiles (des Ardennes) par de l'ardoise (d'Espagne). Dans le même temps le coût diminue et le résultat visuel est très différent. Un gain important est également possible en remplaçant la bavette en acier placée sur la rive supérieure qui protège les têtes de chevron par des plaques individuelles. La division par 6,4 des émissions, imputable à cette optimisation de la conception, génère également une économie. Sans tenir compte de la problématique du bois (arguant que le renouvellement des forêts est assuré), on constate qu'une posture écologique raisonnable permet de diviser les émissions par un facteur de 2,3²⁶.

On remarque que la variante avec réutilisation de matériaux n'est pas moins émettrice de GES que celle qui ne met en œuvre que des matériaux neufs. Les émissions considérées pour la tuile et le bois sont directement proportionnelles aux distances parcourues pour les récupérer, avec un petit camion-benne utilisé uniquement à cet effet²⁷. Les distances ont été évaluées sur la base d'un scénario d'achat fondé sur les offres postées sur le site internet « leboncoin » : respectivement 60 et 100 km aller-retour pour les tuiles et les chevrons. Dans la réalité du cas étudié, non évalué ici, les chevrons sont ceux du remplacement de la charpente de la maison, et les tuiles ont été transportées par un véhicule de tourisme qui émet 20 % de moins que le camion considéré. Enfin, les pavés de fondation sont des déchets d'un chantier de pavement de la voie publique.

Ainsi, il n'y a aucun avantage à utiliser des matériaux recyclés selon ce mode de calcul. Il paraîtrait cependant raisonnable de considérer l'ensemble des deux cycles de vie, de l'initial et de la réutilisation, en affectant au cycle de réutilisation d'une part les gains issus de l'évitement des étapes de fabrication du produit (A1, A2, A3, A4) et de traitement des déchets (C2, C3, C4)²⁸, et d'autre part les émissions liées au processus de réutilisation (ici uniquement le transport). Un tel calcul montre qu'on n'évite l'émission totale de CO₂ pour les chevrons qu'à condition de les récupérer à une distance inférieure à 27 km aller-retour²⁹. Ceci est dû au fait que la séquestration du CO₂ dans le bois n'est compté que pour le premier cycle de vie, et que le transport y est très optimisé par rapport à celui pratiqué pour la réutilisation en amateur.

Le bilan est nettement plus avantageux pour la tuile, puisque ce sont ainsi 45,8 kg de CO₂ dont l'émission est évitée par la réutilisation. Cela permet de s'approvisionner jusqu'à 183 km aller-retour.

26 Comparaison entre la variante B et la variante A dans laquelle le bois non écologique a été remplacé par le même bois que pour la variante B.

27 250g de CO₂ équivalent pour 1 km

28 On suit ici la nomenclature de la norme ISO 14044. Les étapes A5 et C1, non déduites, correspondent respectivement à la mise en place des éléments et à leur démontage. Ces étapes ne sont donc pas évitées par la réutilisation.

29 Le calcul se détaille ainsi : étapes A1 à A4 : 82,85 kg de CO₂ séquestré ; étapes C2 à C4 : 89,63 kg émis ; on évite alors l'émission de 6,78 kg de CO₂. Chaque km parcouru émettant 250g de CO₂, il est possible de parcourir 27,12 km pour une émission de 6,78 kg de CO₂.

Cette étude de cas fait ressortir les éléments suivants :

- Une politique de sensibilisation du public peut produire des gains importants. Dans cet exemple, avec un effort raisonnable et sans coût supplémentaire, il est possible de réduire l’empreinte carbone de l’auto-constructeur : la division est supérieure à deux, sans réutilisation et sans recours à une substitution par des matériaux biosourcés.
- L’origine du bois neuf est difficile à connaître, y compris pour les professionnels. Dans tous les cas, compte tenu de l’optimisation des transports considérés dans l’établissement des fiches FDES, améliorer le bilan carbone par un approvisionnement local suppose de mettre en place une filière très peu émettrice dans l’exploitation forestière, le sciage et le séchage.
- Le transport de petites quantités pèse très lourd dans le bilan carbone, et est susceptible de fausser de façon radicale les données fournies par les fiches FDES. Aller plus loin que la norme, pour viser une réalité de réduction d’émissions à l’échelle territoriale suppose de mettre en place une véritable stratégie d’optimisation des transports de matériaux : gros camions bien remplis et peu de parcours à vide, maillage serré des distributeurs avec des capacités de stockage adaptées.
- Le gain obtenu par la réutilisation dépend de la nature du matériau et de la distance parcourue. La réutilisation de la tuile est vite rentabilisée (écologiquement et économiquement) car sa fabrication est très émettrice de GES et elle est directement réutilisable. En revanche, réutiliser la brique suppose généralement un travail long, pénible et coûteux de remise en état pour éliminer le mortier de joint. Pour ce qui est des matériaux biosourcés séquestrant du carbone, l’intérêt de les réutiliser est très sensible aux trajets.
- La Métropole peut également exercer sa compétence en matière de traitement des déchets. La recherche de matériaux de réemploi à partir des plateformes non spécialisées, telles que *Leboncoin*, est fastidieuse, aléatoire et non exhaustive, mais la seule aujourd’hui accessible. Une politique de valorisation des déchets pourrait impliquer une sensibilisation à mettre ses surplus ou matériaux de déconstruction à disposition, à créer une plateforme sur internet dédiée, à réaliser des infrastructures d’entreposage et de remise en état.

3.2 École des cygnes à Freneuse

Par rapport à l’étude de l’abri, il s’agit ici de changer d’échelle et de saisir les enjeux propres à la situation professionnelle et à l’économie du secteur du bâtiment.

Livré en 2019, l’édifice étudié est l’extension d’une école qui intègre des salles d’activités manuelles, une garderie et un espace de bibliothèque. Il s’agit d’un bâtiment en Rez-de-chaussée dont l’ensemble de la structure – poteaux et charpente – est en bois, et qui repose sur des fondations en béton. Le sol est constitué d’une dalle en béton de 20cm, isolée par l’extérieur et l’intérieur, recevant un revêtement souple sur chape. Les cloisons intérieures sont en plaque de plâtre sur rails métallique, et l’enveloppe est en ossature bois, avec une isolation en laine de verre insérée entre

plaque d'OSB et plaque de plâtre. Un isolant classique est également présent en toiture. Les menuiseries extérieures sont mixtes aluminium-bois. Enfin, les parements sont constitués de feuilles de zinc laminées pour la toiture et deux façades et de tasseaux de bardage en Douglas pour le reste.

Ce projet est cité par la Métropole Rouen Normandie comme un exemple de son accompagnement des maîtres d'œuvres et maîtres d'ouvrages qui souhaitent construire en bois. Qu'il s'agisse de la vidéo « *Tous engagés dans la COP21 : La construction bois* »³⁰ ou des entretiens réalisés auprès de l'architecte et du maire, les arguments mis en avant pour le choix de ce matériau portent sur la cohérence avec la volumétrie, un chantier propre, rapide et maîtrisé mais ne mentionnent aucunement sa vertu écologique. De fait, aucun autre matériau biosourcé que le bois n'est présent, l'isolation par exemple étant réalisée classiquement en laine de verre. On note cependant que les Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP) demandent de privilégier le bois local, exigent le label PEFC ou équivalent, et prescrivent de minimiser les traitements du bois ou à défaut d'utiliser des produits écologiques.

Audrey Michelier, architecte de l'atelier d'architecture TMF, a bien voulu nous fournir un dossier complet dans l'objectif d'évaluer les classements « Bâtiment biosourcé » et « E+C- » auquel cet édifice correspondrait du point de vue de ses matériaux de construction. Le bâtiment met en œuvre environ 62 kg de bois par m² de surface de plancher, sans compter les menuiseries. Si le bois provient d'une forêt labellisée PEFC, alors l'édifice est largement au niveau 1 du label Bâtiment biosourcé, qui donne un seuil à 18kg/m² pour cette catégorie de bâtiment. Il pourrait être au niveau 3, dont le seuil est à 36 kg/m², si au moins deux familles de produits de construction biosourcés avaient été mis en œuvre, ce qui n'est pas le cas. Il reste à évaluer comment l'édifice se positionnerait vis-à-vis du classement E+C-.

Dans une logique de respect de l'environnement, trois choix paraissent d'emblée peu favorables : la dalle en béton, l'isolation en laine de verre et la couverture et bardage en zinc. Il est apparu que la peinture était une forte contributrice aux émissions. Nous étudions donc quatre variantes :

- A : telle que réalisée, avec dalle béton, isolation laine de verre, plaques de plâtre sur ossature métallique et peinture classique.
- B : dalle en béton de chanvre sur hérisson ; isolation - à résistance thermique égale - par de la laine de chanvre ; certaines plaques de plâtre avec leurs ossatures métalliques remplacées par des plaques de fermacell sur ossature bois, et peinture recyclée gamme professionnelle.
- C : identique à la variante B, mais en remplaçant la dalle au sol par un plancher bois, avec isolant équivalent, pare-vapeur étanche à l'air et pare-pluie.
- D : identique à la première variante, en remplaçant la structure bois par une structure acier³¹. En effet, la logique constructive et les principaux intérêts d'un chantier sec sont alors conservés.

30 <https://www.youtube.com/watch?v=ill2Qv3y2dw>

31 La quantité d'acier est estimée en calculant l'équivalent en termes de raideur en flexion (EI), avec des profilés acier de type IPE : Le rapport ainsi trouvé entre poids d'acier et poids de bois est relativement constant et autour de deux pour les différentes sections de charpente mises en œuvre. L'équivalence est cohérente également pour les poteaux, le flambement étant déterminé par la raideur en flexion.

Les analyses de cycle de vie³² ont été réalisées en ne tenant compte que des systèmes suivants : fondations, plancher bas isolé, murs à ossature pour la façade et les refends, charpente, cloisons, et complexes de mur ou façade qui comprennent selon la position dans l'édifice : peinture, parement intérieur, ossature de parement, frein vapeur, isolant, ossature d'OSB, pare pluie, ossature de bardage, bardage³³.

On note les éléments marquants suivants dans l'édifice tel que réalisé :

- La dalle en béton avec son isolant représente à elle seule environ un tiers des émissions de GES.
- Le complexe classique plaque de plâtre sur rail métallique et isolant en laine de verre est responsable de 65 % (façade, refends et cloisons) des émissions associées aux murs.
- La peinture est un poste important : 6,6 % des émissions totales.
- En dehors de la fondation et de la dalle, l'ensemble de la structure (murs, poteaux et charpente) est en bois et ne représente qu'une fraction négligeable des émissions de GES (0,22%).

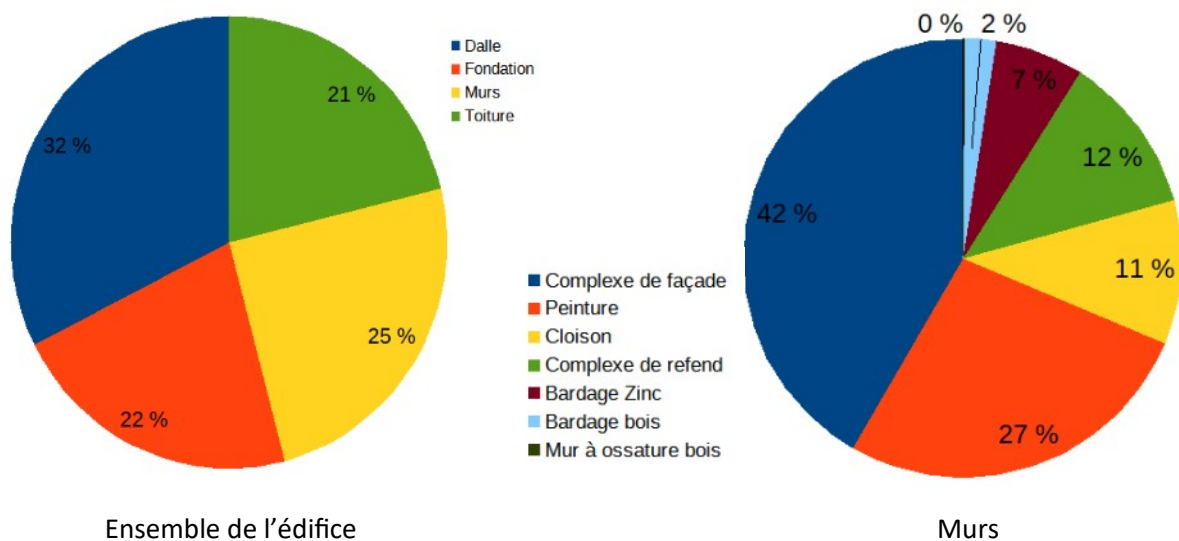


Figure 5 : Répartition des émissions de GES

32 Réalisés selon la norme ISO 14044, en utilisant les fiches FDES de la base de données INIES (<https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html>)

33 Ainsi les menuiseries, revêtements de sols, équipements de sanitaire, de chauffage et de ventilation, gaines diverses, dispositifs d'angles ou de rive, chéneaux, quincaillerie, etc. n'ont pas été pris en compte.

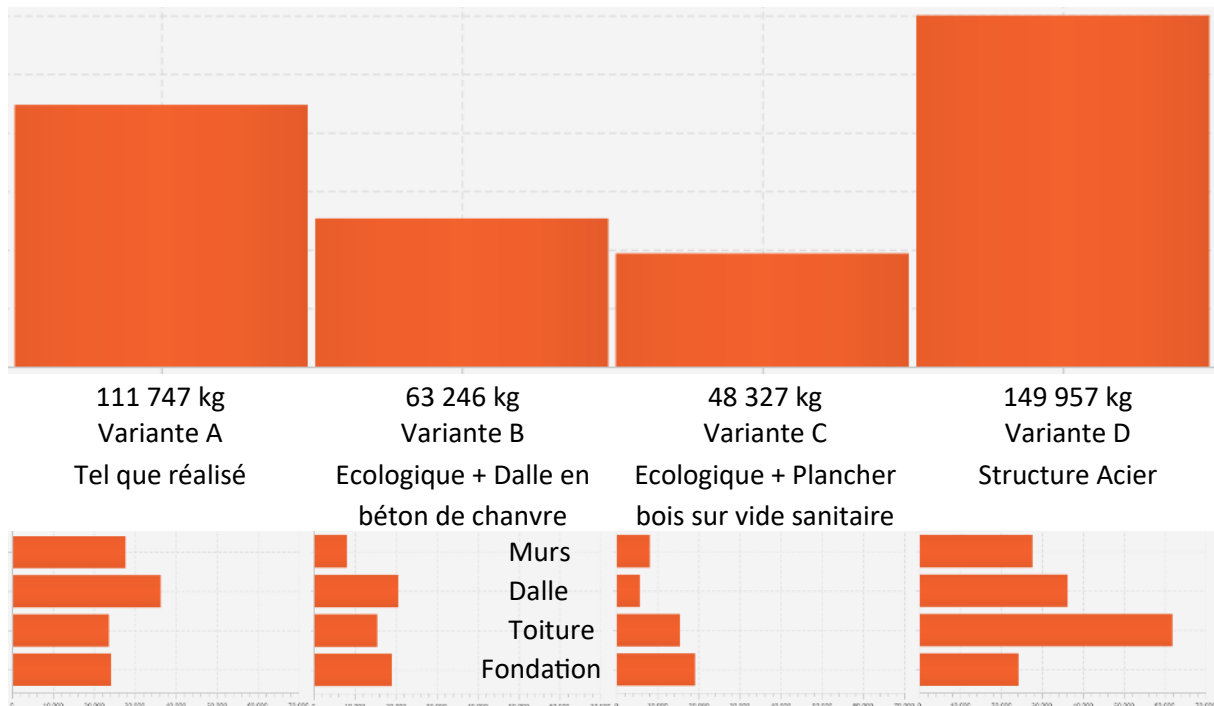


Figure 6 : comparaison des ACV, sans compter les bénéfices de fin de vie.

Si la structure principale qui porte la toiture avait été réalisée en acier (variante D), celle-ci aurait été responsable de 38,3 t équivalent CO₂, c'est-à-dire que le bilan carbone se serait alourdi d'un tiers. L'utilisation du bois a donc résulté en une réduction notable des émissions de GES, mais il aurait été possible d'aller beaucoup plus loin.

En effet, il est possible de diviser par 2,3 les émissions de GES par rapport à l'édifice tel que réalisé, sans modifier son architecture, mais en utilisant davantage de matériaux biosourcés : laine de chanvre à la place de la laine de verre, tasseaux en bois à la place des rails métalliques, fermacell au lieu des plaques de plâtre, peinture recyclée et suppression de la dalle béton.

Du point de vue économique, nous n'avons pas réalisé d'étude précise, mais si la laine de chanvre est environ 2 à 2,5 fois plus chère que la laine de verre, en revanche les différences de prix entre peintures classique et recyclée ou entre fermacell et plaque de plâtre performante est raisonnable, et remplacer les rails métalliques par des tasseaux aurait permis de réaliser des économies.

On peut donc imaginer qu'une plus grande sensibilisation du maître d'ouvrage et du maître d'oeuvre aurait permis de rendre exemplaire cet édifice public, d'autant qu'un pas important vers l'écologie avait déjà été réalisé en acceptant le bois en structure et en façade. L'accompagnement de la Métropole aurait certainement pu aller au-delà de la promotion du bois.

4. Perspectives

4.1 Limites de l'étude

Les entretiens réalisés avec d'autres acteurs que ceux de la Métropole restent à exploiter, d'autres sont à mener. Il s'agit de mieux connaître l'ensemble des initiatives, qu'elles soient publiques aux échelles communale, départementale ou régionale, ou privées issues de démarches de propriétaires, de concepteurs ou d'associations.

La connaissance de ce contexte permettrait de mieux situer la Métropole, de comprendre les enjeux de ses relations aux territoires, de découvrir d'autres points de vue et modes d'action sur la question des matériaux écologiques pour la construction.

Un premier inventaire d'édifices exemplaires construits ou en projet sur le territoire de la Métropole s'est avéré très limité. C'est aujourd'hui la performance énergétique qui est mise en avant, et la volonté d'utiliser des matériaux écologiques est peu présente ou peu valorisée. Il s'agirait donc avant tout de compléter et de hiérarchiser le corpus à étudier, qui comprend aujourd'hui :

- Le pôle éducatif de Freneuse
- Les projets du quartier Rouen Flaubert
- Le projet de l'ilôt D de Luciline
- Les édifices du Parc de Bruyères
- Les projets de rénovation à Malaunay (ou une autre commune fortement engagée dans la COP21)
- La rénovation d'une maison à Sotteville par Objectif 15
- Une maison individuelle de Valérie Parrington

Malheureusement, les données ne sont pas aisées à obtenir directement auprès des entreprises et les calculs de volume uniquement sur la base des plans est longue et coûteuse. Ainsi, en fonction de l'accessibilité aux données, seraient privilégiés d'une part les édifices les plus représentatifs de grandes catégories et d'autre part les édifices pour lesquels une cible d'utilisation de matériaux écologiques est explicitement visée, afin de comprendre l'origine des décalages entre la cible et le résultat.

4.2 Repenser les spécifications (PLU, CCTP, CPAUEP)

L'observation des actions de la Métropole pour promouvoir l'utilisation des éco-matériaux dans la construction conduit à proposer les pistes suivantes pour amplifier encore la portée des engagements pris dans le PCAET et la COP21 locale.

Les premières prescriptions en 2016 d'utilisation des matériaux biosourcés visaient le développement de la filière locale de bois d'oeuvre. Aujourd'hui, pour le Service Forêt Nuisance de la métropole, le critère de provenance du bois reste prioritaire par rapport à la réduction d'émissions

de GES au cours de son cycle de vie, alors que le Plan Climat Air Énergie Territorial énonce clairement l'objectif de bâtiments bas carbone.

- *Il conviendrait d'étudier à nouveau la possibilité de prescrire des limites en termes d'émission de GES, en faisant l'hypothèse que le bois local possède toutes ses chances d'être compétitif de ce point de vue.*
- *La promotion de la construction bas carbone doit déborder du périmètre du Service Forêt Nuisance. Les compétences de ce service, qui possède l'expérience, pourraient être élargies à l'ensemble des éco-matériaux. Dans le même temps, il paraît indispensable, pour développer les filières de matériaux biosourcés autres que le bois, de missionner le Service Agriculture dans ce sens, en lui faisant bénéficier de toute l'expérience acquise sur le bois. Il doit jouer un rôle moteur, sinon central dans la coalition « matériaux biosourcés » pilotée par Unilasalle.*

La Métropole Rouen Normandie assoit sa personnalité écologique sur sa surface forestière exceptionnelle, ce qui lui donne d'emblée une légitimité pour inscrire sa contribution à l'échelle régionale, et jouer un rôle attendu à ce niveau.

- *La Métropole pourrait être plus présente dans les dispositifs à l'échelle régionale pour la promotion des éco-matériaux, dont il faut encore faire l'inventaire. Dans cette direction, un rôle actif dans le groupe de travail éco-construction piloté par l'association ARPE³⁴ fera l'objet d'une convention en 2020.*

La Métropole est ambitieuse pour ce qui concerne la performance énergétique des bâtiments, mais

- *la logique E+C- de la prochaine réglementation pourrait être mieux intégrée, en associant systématiquement la performance énergétique avec l'utilisation de matériaux bas carbone.*

Le PLUI est peu ambitieux sur la question des matériaux biosourcés, mais demande cependant de privilégier l'utilisation de matériaux biosourcés ou bas carbone dans certaines OAP.

- *Cette règle – qui pourrait être généralisée - a du potentiel à condition que les modalités de son respect soient précisées. Comment le maître d'œuvre peut-il faire la démonstration qu'il a bien privilégié les éco-matériaux ? Il s'agirait de donner les moyens aux services d'instruction des permis de construire de vérifier que des solutions moins émettrices de GES ont bien été envisagées, et se sont avérées déraisonnables.*

Dans le quartier Flaubert, la prescription du CPAUEP à l'échelle de l'ilôt fait référence au label « bâtiment biosourcé » sans pour autant imposer l'obtention du label. Seul le mode de calcul des quantités est retenu, mais pas les exigences de mixité ni les modalités de contrôle du label. Une interprétation souple peut conduire à ne retenir que l'annexe IV de l'arrêté qui indique les ratios par défaut pour estimer la masse de matière biosourcée contenue dans les différents types de produits.

- *Pour mieux assurer la qualité écologique des matériaux utilisés, et faciliter le contrôle, le label « bâtiment biosourcé » pourrait être exigé dans les CPAUEP des OAP concernées.*

Le label peut être jugé inadapté quand le matériau ne fait pas (encore) l'objet d'une fiche de déclaration environnementale,

34 ARPE : Association régionale pour la promotion de l'éco-construction

- *Il semble important d'étudier la possibilité de valoriser la mise en œuvre de matériaux vertueux, ayant fait leur preuve dans les traditions constructives, sans pour autant avoir de fiche FDES, tels que la construction en terre crue ou la couverture en chaume.*

ou quand la quantification par la masse semble inappropriée, ou encore pour mieux tenir compte des émissions dues au transport ou du respect des effets sur la biodiversité par exemple.

- *Une alternative consisterait à s'appuyer sur le volet Produits de Construction et Équipements du label E+C-, et de prescrire des seuils d'émission.*

La COP21 locale a fédéré des énergies variées, généré de nombreux engagements, lesquels sont formulés de façon plus ou moins opérationnels, et plus ou moins quantifiés. Globalement, sur l'ensemble des actions inventoriées dans cette étude, peu font l'objet de critères de réussite explicite et mesurables, et peu d'évaluations n'ont encore été réalisées.

- *Pour faire mieux tout en assurant une meilleure valorisation, la Métropole pourrait se donner des cibles de suivi des actions plus rigoureux et plus représentatifs, et préciser les moyens d'évaluation. Mieux encore, organiser, formaliser et partager le retour d'expérience permettrait d'exploiter pleinement ces mesures.*

Le caractère contraignant du CPAUEP ne paraît pas être acquis et ses termes semblent pouvoir être négociés. Par ailleurs, les différentes modalités de concours et d'attribution des marchés génèrent des relations entre élu, aménageur, investisseur et concepteur plus ou moins favorables à l'innovation.

- *Il est alors proposé d'envisager le recours à la procédure de « dialogue compétitif » par laquelle l'acheteur dialogue avec les candidats admis à y participer en vue de définir ou développer les solutions de nature à répondre à ses besoins et sur la base desquelles ces candidats sont invités à remettre une offre³⁵.*

4.3 Enseignements pour l'action

De leur côté, les études de cas ont montré qu'une meilleure formulation des prescriptions et le travail en direction des filières pourraient être d'autant plus efficaces qu'elles seraient accompagnées des actions suivantes :

- *Une politique de sensibilisation et d'information du public, des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvres peut produire des gains importants. Elle doit dépasser la seule promotion de la construction en bois local.*
- *Compte tenu de l'optimisation des transports considérés dans l'établissement des fiches FDES, améliorer le bilan carbone par un approvisionnement local suppose de mettre en place une filière très peu émettrice dans l'exploitation forestière, le sciage et le séchage.*
- *Le transport de petites quantités pèse très lourd dans le bilan carbone. Viser une réalité de réduction d'émissions à l'échelle territoriale suppose de mettre en place une véritable stratégie*

35 Décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics - Articles 75 et 76

d'optimisation des transports de matériaux : gros camions bien remplis et peu de parcours à vide, maillage serré des distributeurs avec des capacités de stockage adaptées.

- *La Métropole peut également exercer sa compétence en matière de traitement des déchets. Une politique de valorisation des déchets pourrait impliquer une sensibilisation à mettre ses surplus ou matériaux de déconstruction à disposition, à créer une plateforme sur internet dédiée, à réaliser des infrastructures d'entreposage et de remise en état.*
- *La Métropole ne semble par autonome concernant les ressources alternatives envisagées ici, biosourcées ou de réemploi. Une étude plus approfondie des gisements pourrait être réalisée sur la base d'études de cas similaires à celles présentées ici, et qui inclurait d'autres alternatives, telles que la terre crue, le bardage de chaume, pour ne citer que des matériaux vernaculaires locaux.*

4.4 Métabolisme territorial

La prescription de matériaux bio-sourcés par la Métropole a vu le jour grâce à la dynamique forestière, et avec l'espoir de développement de cette économie locale par la construction en bois et la réalisation de bâtiments démonstrateurs. C'est bien au départ dans une vision de type « métabolisme » territorial que la politique forestière s'est développée. C'est elle qui est à l'origine de la contrainte imposée aux investisseurs de l'éco-quartier Flaubert de mettre en œuvre un minimum de 18kg/m² de matériaux biosourcés. L'idée n'était pas tant de réduire les émissions de gaz à effet de serre que développer et structurer la filière bois local. C'est une des raisons pour laquelle ce n'est pas une limite en termes d'émissions qui est imposée. Il s'agit de construire avec du bois, et autant que possible, du bois local. Mais alors que la première charte forestière date de 2004, la première prescription de matériaux biosourcés de 2016, on ne peut toujours pas attester qu'un volume de bois local conséquent est utilisé dans la construction.

Aujourd'hui le critère biosourcé est formellement relié à des objectifs écologiques plus transversaux, qui sont portés par la nouvelle réglementation environnementale, dite E+C- (énergie positive et empreinte carbone négative). Or, ce n'est pas forcément en intégrant un volume minimum de matériaux biosourcés dans l'édifice que ces critères sont atteints. L'impact environnemental d'un matériau biosourcé dépend beaucoup de la manière dont il est produit, des distances qu'il parcourt et de ce qu'il devient en fin de vie. Ces dernières données peuvent intégrer une étude de type métabolisme territorial.

Au terme de cette étude il apparaît que nous n'avons pas les outils pour anticiper l'efficacité de propositions ciblées visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre associées au cycle de vie des matériaux de construction. A quelles échelles agir ? Les besoins et les ressources locales sont-elles en correspondance ? Comment mesurer les gains en émissions associés à telle stratégie d'infrastructure de recyclage ou de stockage ? Quels impacts sociaux et économiques associer aux gains écologiques ?

Le métabolisme territorial est sans doute un outil particulièrement adapté pour anticiper l'efficacité des stratégies d'action vers un meilleur respect de l'environnement à une échelle donnée. Les différents acteurs, privés, institutionnels et consommateurs, ont certainement besoin de cette connaissance pour contribuer à la bonne santé du cadre de vie. Mais dans quelle mesure et à quelle condition cette structure d'information – qui décrit les flux - permettrait-elle d'intégrer la question environnementale, de faire le lien entre les échelles, de s'adresser à l' élu comme au maître d'ouvrage, à l'architecte comme au particulier ? Est-il possible d'associer à ces flux des valeurs économiques, sociales, écologiques ?

Contrairement aux grandes centrales d'achat et de distribution, les acteurs de la construction n'ont généralement que peu de représentations géographiques des ressources qu'il manipulent. Si la question des flux de matières et d'énergie est en partie présente dans l'ACV, celle-ci ne parle en revanche pas d'économie ni d'enjeux sociaux. Or c'est également une préoccupation de certains architectes et de plus en plus de maîtres d'ouvrages, qu'ils soient publics ou privés.

L'analyse de cycle de vie se base sur certaines des données qui constituent le métabolisme, essentiellement pour la première et la dernière étapes de l'ACV, celles de production et de fin de vie qui sont en lien avec le métabolisme. En effet, si l'on prend l'exemple d'un matériau biosourcé, comme le chanvre, la production comprend toutes les émissions associées au labour, à la semence, à l'arrosage et à l'épandage éventuel, à la récolte au packaging et à l'entreposage, mais on comptabilise aussi dans cette étape le transport du lieu de récolte aux différents lieux successifs de transformation, puis aux lieux de stockage et de distribution. L'évaluation des émissions en fin de vie met encore en jeu des flux de matière. Les différents scénarios impliquent des flux différents. Un matériau de construction peut être enfoui, brûlé, recyclé, réutilisé, et cela implique différentes infrastructures, et de nouveaux flux.

Ainsi, avant d'engager une étude de métabolisme, faut-il évaluer la possibilité d'intégrer des données spécifiques à l'écologie sociale :

- Dans quelle mesure les données nécessaires à la réalisation d'une fiche FDES ou d'une analyse de cycle de vie, peuvent-elles contribuer à l'évaluation du métabolisme ? Traçabilité et métabolisme sont-ils en synergie ?
- Le métabolisme s'intéresse aux flux de ressources et de déchets, à savoir l'eau, l'énergie et les matériaux, mais les polluants sont-ils également quantifiés ? Par exemple est-il pertinent de considérer dans les bilans, celui des émissions de gaz à effet de serre ? Quand un territoire décide de diviser par 4 ses émissions, est-ce plus facile quand on importe ses produits ?
- Peut-on rendre explicite le flux d'énergie grise, ou de « carbone gris » dans la représentation d'un métabolisme ? A l'image de l'énergie grise, le carbone gris serait la quantité d'émission de gaz à effet de serre attachée au produit, au matériau qui transite.
- Peut-on de la même façon « attacher » une quantité qui serait la « valeur sociale » (emplois) ?

Pour initier l'évaluation de la faisabilité d'une étude de métabolisme territorial qui intègre les indicateurs environnementaux, il est proposé de limiter l'étude des flux à ceux d'un petit nombre de matériaux de construction. Commencer par le bois paraît pertinent, la Métropole ayant de longue date une bonne connaissance de son stock et de l'économie locale associée. Il s'agirait de mener l'enquête sur les provenances des bois, et comptabiliser de façon juste les indicateurs environnementaux et sociaux associés aux transformations, stockage et transports depuis la forêt loitaine jusqu'à l'entrée dans la zone géographique considérée.

Mais il conviendrait également de conduire l'étude des flux internes de façon beaucoup plus fine que ce qui est disponible actuellement, de sorte à saisir notamment les petits trajets, qui portent sur des petites quantités. En effet, ces petits trajets sont les seuls comptabilisés dans l'évaluation de l'impact environnemental de la production locale, et pèsent relativement lourd dans les bilans, mais ils sont absents des fiches FDES, celles-ci ne tenant compte que de transports généralement de grandes quantités, avec des taux de remplissage importants.

Il conviendrait de confronter Métabolisme et ACV, de sorte à ce que les formes données à ces deux informations intégrées soient adaptées aux différents acteurs : élus, techniciens des collectivités, architectes, entrepreneurs, consommateur.

4.5 Architecture

Enfin, l'observation des discours, engagements et actions de la Métropole ou des acteurs de son territoire pour la promotion de l'utilisation des éco-matériaux dans la construction conduit à poser des questions d'architecture :

Dans quelle mesure l'intégration de la cible de réduction des émissions de GES par l'utilisation d'éco-matériaux en amont du processus de conception permet-elle de réduire les coûts, de garantir l'efficacité écologique de la démarche, tout en améliorant globalement la qualité architecturale ?

Plus globalement, quel rôle l'architecte peut-il jouer dans le réseau d'acteurs impliqués ? Peut-il, ou doit-il, par la façon de les mettre en œuvre et de les questionner, être le garant du sens et de la cohérence des contraintes réglementaires, des prescriptions environnementales, des aspirations collectives ? Les procédures d'attribution des marchés sont-elles compatibles avec un tel rôle ?

La mise en œuvre de ces matériaux est-elle de nature à participer d'une identité architecturale métropolitaine ? Dans quelle mesure ces matériaux sont-ils rendus visibles, ou impliquent une modification des formes construites ? La provenance locale de ceux-ci est-elle communiquée ? Quelles connotations portent-ils, et comment celles-ci sont-elles mises en scènes (écologie, high-tech, innovation, tradition, sain, local, chaleureux, etc.) ou désamorçées (dépassé, vulnérable, cheap, cher, etc.) ?

Quel est le statut des démonstrateurs, des édifices emblématiques ou manifestes ? Sont-ils susceptibles de communiquer les aspirations des élus ? Constituent-ils des objets frontières³⁶, support d'échanges de connaissances de traductions hétérogènes, comme dispositif d'intégration des savoirs, comme médiation dans les processus de coordination d'experts et de non-experts ? Peuvent-ils faire l'objet d'un retour d'expérience scientifique et formalisé ?

36 au sens de Susan L. Star et James R. Griesemer dans « Institutional Ecology, 'Translations', and Boundary Objects: Amateurs and Professionals » , *Social Studies of Science*, 19(3): 387-420, 1989.

Annexe méthodologique

A1 Analyse des actions de la métropole

Les actions de la Métropole Rouen Normandie pour la promotion des éco-matériaux dans la construction sont en cours d'inventaire via des entretiens et l'analyse de documents. Le présent point d'étape vise à enclencher une deuxième phase de récolte de données via les réactions des acteurs à ce document.

A1.1 Entretiens

Quinze entretiens d'environ 1h30 à 2h chacun ont été réalisés auprès de différentes catégories d'acteurs : des acteurs institutionnels (Métropole, Commune, CAUE, Région), des architectes de réalisations remarquées, des acteurs de l'association ARPE, une entreprise de conseil et d'accompagnement de projet basse consommation d'énergie située à Ecopolis.

Personne	Fonction	Date
Frédéric Charrier	Métropole, Chargé du PCAET, Direction énergie, environnement	04/02/2019
Brigitte Lauretou	Métropole, Direction des bâtiments, Cheffe service gestion énergétique	04/02/2019
Bertrand Masson	Métropole, Directeur de l'aménagement et des grands projets	19/03/2019
Christelle Simon	Métropole, responsable du Service forêts nuisances	26/03/2019
Gregory Boulen	ARPE	01/04/2019
Valérie Lopez	CAUE	03/04/2019
Isabelle Valtier	CAUE	05/04/2019
Amélie Arnaudet	Métropole, Responsable du service agriculture	19/04/2019
Audrey Michelier	Atelier TMF, Architecte du pôle éducatif à Freneuse	03/05/2019
Pascal Baron	Maire de Freneuse	03/05/2019
Quentin Delescluse	Objectif 15, conseil et d'accompagnement de projet basse consommation d'énergie	24/05/2019
Valérie Parrington	Architecte spécialisée en MBS, Conseil administration de l'ARPE	28/05/2019
Samuel Lesart et Aurélie Cognard	Région Normandie, Direction Energies, Environnement et Développement Durable, Service Bâtiments durables	29/05/2019
Emmanuel Patrizio	Bureau 112, architecte de ecopolis	07/06/2019
Armelle Dumontier	Conseillère matériaux, Multi-bat. Cliente de V. Parrington et auto-constructrice.	11/06/2019

Seuls sont exploités ici les entretiens réalisés avec les agents de la Métropole, ainsi que celui qui nous a été accordé par Audrey Michelier et Pascal Baron.

A1.2 Documents analysés

« **Accord de Rouen pour le climat - jeudi 29 novembre** » 2018, ADEME, WWF, Métropole Rouen Normandie. Document téléchargeable à l'adresse :

<https://www.metropole-rouen-normandie.fr/sites/default/files/publication/2018/Accord-de-Rouen-FINAL.pdf>

« **Politique climat air énergie - octobre 2018 volet 2 – Stratégie** », Métropole Rouen Normandie. Document téléchargeable à l'adresse :

<https://www.metropole-rouen-normandie.fr/modules/contrib/filebrowser/documents/PCAET-strategie-nov18.pdf>

« **Politique climat air énergie - octobre 2018 volet 3 – Programme d'actions 2019/2024** », Métropole Rouen Normandie. Document téléchargeable à l'adresse : <https://www.metropole-rouen-normandie.fr/modules/contrib/filebrowser/documents/PCAET-Actions-nov18.pdf>

Projet de Plan Local d'Urbanisme Intercommunal, arrêté le 27 juin 2019, téléchargeable à l'adresse : <https://www.registre-numerique.fr/plu-metropole-rouen-normandie/documents#> :

- 3. Orientation d'aménagement et de programmation OAP Grands projets
- 3. Orientation d'aménagement et de programmation OAP sectorielles
- 4,1,1 livre 1 dispositions communes applicables a toutes les zones
- 4,1,1 Livre 2 titre 1, zones U, AU, A et N
- 4,1,1 Livre 2 titre 2, zones UR, URP, URX

Avis délibéré de la Mission Régionale d'Autorité environnementale de Normandie sur l'élaboration du plan local d'urbanisme intercommunal de la Métropole Rouen Normandie (76), Avis n°2019-3055 en date du 20 juin 2019

« **Ecoquartier Flaubert - Cahier de Prescriptions Architecturales, Urbaines, Environnementales et Paysagères - CPAUEP d'ensemble** », Décembre 2016, Rouen Normandie Aménagement, Métropole Rouen Normandie, Atelier J. Osty et associés / Attica / Egis / Burgeap

« **Ecoquartier Flaubert - Cahier de Prescriptions Architecturales, Urbaines, Environnementales et Paysagères - Macrolot Rondeaux ML1** », Décembre 2016, Rouen Normandie Aménagement, Métropole Rouen Normandie, Atelier J. Osty et associés / Attica / Egis / Burgeap

« **Ecoquartier Flaubert - Cahier de Prescriptions Architecturales, Urbaines, Environnementales et Paysagères - Secteur Rondeaux** », Décembre 2018, Rouen Normandie Aménagement, Métropole Rouen Normandie, Atelier J. Osty et associés / Attica / Egis / Burgeap

Engagements des communes dans la cadre de la COP21 locale, 71 documents téléchargeables à l'adresse : http://www.notrecop21.fr/engagements?field_type_de_str_value=Commune&title=

« 3e plan d'actions de la Charte Forestière de Territoire de la Métropole Rouen Normandie », Métropole Rouen Normandie, 2015.

« Charte Agricole de Territoire et de ses aires d'alimentation de captages – Synthèse », Métropole Rouen Normandie, document non daté téléchargeable à l'adresse : https://metropole-rouen-normandie.fr/files/publications/Agriculture/SYNTHESE_AGRICOLE_WEB.pdf

A2 Etudes de cas

A2.1 Abri de jardin de particuliers

Les données ont été fournies par le particulier, qui a réalisé lui-même l'abri. Le bois utilisé pour la structure (hors liteaux support des tuiles) était déjà sur place, issu du démontage ancien de la charpente de l'habitation 17 ans auparavant. Pour les besoins de l'étude, un trajet a été comptabilisé correspondant à une offre appropriée identifiée sur le site « leboncoin ».

- Les quantités considérées sont celles qui ont été récupérées ou achetées, et comprennent donc une part non utilisée, comptabilisée malgré tout.
- La quincaillerie n'est prise en compte que de façon forfaitaire dans le choix de la fiche FDES pour la charpente française traditionnelle.
- Les émissions associées au chantier ont également fait l'objet d'un traitement forfaitaire pour les matériaux neufs, et sont négligés pour les matériaux récupérés. Il s'agit essentiellement de l'énergie utilisée pour les outils électriques portatifs.
- Le calcul de l'ACV a été réalisé en utilisant le logiciel COCONBIM, avec la méthode de l'ACV standard statique, sans prise en compte de l'étape D (avantages et charges au delà du système). La durée de vie considérée n'est pas précisée : aucun remplacement n'est prévu avant la fin de vie.

A2.2 Groupe scolaire de Freneuse

L'ensemble des documents a été fourni par Audrey Michelier, conceptrice de l'édifice pour l'agence d'architecture TMF :

- Un ensemble de photographies du chantier
- Les CCTP (Cahier des clauses techniques particulières) des différents lots
- Les DPGF (Décomposition du prix global et forfaitaire) des différents lots
- Des plans et coupes de l'édifice, comprenant certains détails techniques.

Les quantités réelles commandées ne sont pas connues.

Les analyses de cycle de vie ont été réalisées en ne tenant compte que des systèmes suivants : fondations, plancher bas isolé, murs à ossature pour la façade et les refends, charpente, cloisons, et complexes de mur ou façade qui comprennent selon la position dans l'édifice : peinture, parement intérieur, ossature de parement, frein vapeur, isolant, ossature d'OSB, pare pluie, ossature de bardage, bardage.

Ainsi les menuiseries, mobilier intégrés, revêtements de sols, équipements de sanitaire, de chauffage et de ventilation, gaines diverses, dispositifs d'angles ou de rive, chéneaux, quincaillerie, etc. n'ont pas été pris en compte.

La quantité d'acier pour la variante D est estimée en calculant l'équivalent en termes de raideur en flexion (EI), avec des profilés acier de type IPE. En effet, c'est généralement le critère en raideur qui est dimensionnant pour les structures en acier et en bois. Pour les différentes sections de charpente bois utilisées, on cherche le profilé acier le plus proche en matière de raideur en flexion. Le rapport ainsi trouvé entre poids d'acier et poids de bois est relativement constant et autour de deux pour les différentes sections de charpente mises en œuvre. L'équivalence est cohérente également pour les poteaux, le flambement étant déterminé par la raideur en flexion.

Le calcul de l'ACV a été réalisé en utilisant le logiciel COCONBIM, avec la méthode de l'ACV standard statique, sans prise en compte de l'étape D (avantages et charges au delà du système). La durée de vie considérée est de 50 ans.