



HAL
open science

L'écoconception de bâtiments et de matériaux de construction face aux défis des territoires durables : l'échelle des écoquartiers, prospectives et définition des indicateurs

Julián Ortiz Castaño

► To cite this version:

Julián Ortiz Castaño. L'écoconception de bâtiments et de matériaux de construction face aux défis des territoires durables : l'échelle des écoquartiers, prospectives et définition des indicateurs. Géographie. 2017. dumas-01683958

HAL Id: dumas-01683958

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01683958>

Submitted on 15 Jan 2018

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.

Master mention « Géographie, Aménagement, Environnement, Développement (GAED) »

M2 parcours : «GEOgraphies eSPaces Homme Environnement REssources Systèmes»
(GEOSPHERES)

« L'écoconception de bâtiments et de matériaux de construction face aux défis des territoires durables - l'échelle des éco-quartiers : perspectives et définition des indicateurs »

Stage réalisé au Centre de Recherche et de Développement de Chanteraine (CRDC)

SAINT GOBAIN GLASS

Mémoire soutenu le : 11/09/2017

Devant un jury composé de :

Directeur de mémoire, Madame Sandra ROME - Maître de conférences en géographie, IGA-UGA, Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE, UMR 5001 /UR 252)

Examinateur Madame Dominique BAUD – Maître de conférences en géographie, IGA-UGA, UMR PACTE

Examinateur Monsieur Philippe SCHOENEICH – Professeur des Universités en géographie, IGA-UGA, UMR PACTE

Julián ORTIZ CASTAÑO

M2 GEOSPHERES

ANNEE 2016-2017

Etablissements Partenaires :



Préface

« Il est bien difficile, en géographie comme en morale, de connaître le monde sans sortir de chez soi. » Voltaire.

J'ai commencé à me familiariser avec la géographie en 2015 au sein de l'institut de Géographie Alpine à Grenoble. En effet j'étais conscient que déceler les impacts négatifs sur l'environnement de la construction, des édifices et des infrastructures il fallait intégrer des connaissances en géographie rattachées aux sciences physiques (géologie, hydrologie, climatologie) aux sciences sociales (géopolitique, aménagement du territoire) et économiques.

L'approche spatiale pluri-disciplinaire de la géographie permet d'introduire concrètement les problématiques de l'ingénierie civile dans des études spécifiques propres à chaque espace dans le but d'apporter des réponses aux différents paradoxes rencontrés. Par exemple lors de la construction d'un logement destiné à l'habitation il est nécessaire de tenir compte des spécificités du territoire pour répondre au mieux à la problématique thermique. De fait il faudra par exemple utiliser des matériaux isolants performants pour réduire l'utilisation de la climatisation et du chauffage dans un but environnemental, mais *quid* de l'impact environnemental lié à l'extraction des matières premières nécessaires à la fabrication de ces nouveaux matériaux ?

Ces problématiques sont liées à une interrogation relative aux usages des ressources naturelles dans le cadre très concret de la construction de ponts, de routes, d'immeubles, de maisons ou encore d'usines entre autres. Celles-ci sont variées et les solutions environnementales à apporter peuvent être antagonistes aux solutions économiques ou techniques préconisées à court terme. Une réponse à un problème peut donc soulever d'autres problèmes ; il est de ce fait important d'adopter une démarche-projet d'ingénierie intégrée à son environnement.

En tant qu'ingénieur civil et étudiant en M2 en géographie environnementale, il est pour moi essentiel de promouvoir la conservation et la bonne utilisation des ressources naturelles afin de garantir une cohérence entre l'habitat dit durable et l'intervention humaine sur un territoire. Je reste convaincu que nous, les acteurs de la construction, saurons apporter des solutions innovantes aux enjeux du développement durable grâce aux bonnes interactions avec la géographie dans ses dimensions physique et humaine.

Remerciements

Ce mémoire est le résultat d'un travail de recherche de 6 mois. Je veux adresser tous mes remerciements aux personnes avec lesquelles j'ai pu échanger et qui m'ont aidé à la rédaction de ce mémoire.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon Directeur de mémoire Madame Sandra Rome notamment pour son encadrement et ses conseils avisés m'ayant permis de progresser à chaque étape de ce projet.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et en particulier à Madame Nathalie Dubus, responsable du parcours de Master GEOSPHERES. Leur écoute et leurs conseils m'ont permis de développer mes compétences dans la recherche.

Je remercie ma mère, ma sœur et tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire et de master. Je tiens à témoigner toute ma gratitude à la famille Egarius pour son soutien inestimable depuis le début de ma deuxième année d'études en France.

Enfin, je remercie tous mes collègues de la promotion de master GEOÏDES et GEOSPHERES pour leur accueil, leur esprit d'équipe et en particulier ceux qui m'ont proposé de nombreuses activités d'intégration et qui m'ont permis de mieux m'adapter à la culture française totalement inconnue pour moi au début de mon master.

Résumé

Une des préoccupations actuelles des différents acteurs du secteur bâtiment et travaux publics est de construire de manière durable, c'est-à-dire en utilisant des matériaux de construction performants, de haute qualité environnementale, avec le moins d'impact possible sur le territoire concerné. C'est également le choix de différents fabricants de matériaux, de constructeurs et des utilisateurs qui visent la conception de projets de construction écologiques dont les méthodes et les choix de matériaux et techniques de construction doivent converger. Différentes sensibilités et priorités de la part des intervenants de cette chaîne de construction peuvent s'opposer ou du moins différer : il faut donc définir les buts précis liés à la minimisation d'impacts environnementaux. Pour réaliser ces objectifs éco-innovants et éco-responsables, il convient de préciser quels indicateurs un acteur de la construction devrait considérer afin de traiter les problématiques environnementales variées et parfois divergentes. Ce mémoire s'inscrit dans la dynamique de recherche et de définition des paramètres de solutions écoresponsables dans la construction de bâtiments. Ce travail consiste d'une part, en une recherche bibliographique portant sur l'analyse des normes et labels actuels et, d'autre part, en l'analyse d'un éco-quartier, permettant de définir de tels paramètres.

Mots clés : développement durable, écoconception, territoire, éco-quartier, impacts environnementaux, paramètres.

Abstract

The current concerns of the construction players industry are to construct in a sustainable way, which mean, by using high-quality building materials, high environmental quality, low pollutants and which generate the least impact on the territory concerned. It is also the choice of different manufacturers of materials, builders and users whose methods and choices of materials and construction techniques must converge. Different sensitivities and priorities on the part of stakeholders in this construction chain may be opposed or at least differ; it is necessary to define precise goals related to the minimization of environmental impacts. In order to achieve these eco-innovative and eco-responsible objectives, it is necessary to specify which indicators as aid decision-making tools, an actor, like a constructor or a producer of materials, could address in order to manager the varied and sometimes divergent environmental issues. This document is part of the research and definitions of the parameters of innovative and eco-responsible solutions in the construction of buildings, through a bibliographic search, an analysis of current norms and labels and its application on a territory, eco-neighborhood tested that we hope to define these parameters.

Key words: sustainable development, eco-design, territory, eco-neighborhood, environmental impacts, parameters.

Sigles et abréviations

ACV	Analyse de cycle de vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AFNOR	L'Association française de normalisation
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BTP	Bâtiment et travaux publics
CNTE	Commission spécialisée du Conseil national de la transition écologique
DREAL	Direction régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
EPD	Environnemental produit déclaration
HQE	Haute qualité environnementale
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
LEED	Le Leadership in Energy and Environmental Design
PADD	Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable
SNTEDD	La stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable
UF	Unité fonctionnelle

Sommaire

I. INTRODUCTION

1. Cadre d'étude
 - 1.1. Structure d'accueil – Saint Gobain
 - 1.2. CRDC
 - 1.3. Problématique et hypothèses
 - 1.4. Les principales notions théoriques liées aux préfix ECO

II. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

- 2. Cadre bibliographique régissant l'éco-conception**
 - 2.1. Développement durable
 - 2.2. Eco-conception d'un matériau de construction
- 3. Eco-conception à différentes échelles**
- 4. Présentation du territoire d'étude**
- 5. Construction d'indicateurs. Critère de sélection**

III. CONCLUSION: PERSPECTIVE ET LIMITES DE LA RECHERCHE

IV. REFERENCES WEB & BIBLIOGRAPHIQUES

I. INTRODUCTION

1. Cadre de l'étude

1.1. Structure d'accueil – Saint Gobain

Saint-Gobain est une entreprise française, présente dans soixante-six pays et qui emploie près de 180 000 personnes, spécialisée dans la production, la transformation et la distribution de matériaux, tels que les vitrages, plaques de plâtre, colles de carrelage, mortiers industriels, tuyaux en fonte ductile, revêtements de façade et produits isolants. Les métiers de Saint Gobain sont organisés en trois pôles : distribution de matériaux, produits pour la construction et matériaux innovants.

Dans le cadre de sa stratégie Habitat Durable, Saint-Gobain souhaite apporter à ses clients et à l'ensemble des parties prenantes des marchés de l'habitat une réelle valeur ajoutée. Pour cela, le Groupe s'intéresse à la réduction de l'impact environnemental de leurs solutions. Une des préoccupations majeures de Saint Gobain est la réduction des émissions de CO₂ que l'on retrouve au sein de toutes les étapes du cycle de vie du produit, depuis le choix des matières premières jusqu'à la fin de vie en passant par la phase d'usage.

Afin d'améliorer ses processus, Saint-Gobain utilise l'analyse du cycle de vie (ACV) dans le but d'évaluer l'impact environnemental des produits et solutions. Rigoureux et complet, cet outil est le plus utilisé aujourd'hui sur le marché de la construction durable. Les résultats permettent de comprendre où sont situés les principaux impacts environnementaux associés à un produit.

Ce travail s'inscrit dans une démarche de définition de paramètres environnementaux dont il faut tenir compte pour évaluer des impacts indépendamment pour tous les intervenants de la chaîne de valeur d'un matériau de construction.

1.2. Centre de Recherche et de Développement de Chantereine (CRDC)

Le stage a été effectué au sein d'un des sept grands centres de Recherche & Développement (R&D) de Saint-Gobain. Le centre Chantereine fondé en 1982 est situé près de Compiègne et regroupe 230 collaborateurs qui se répartissent en 80 chercheurs et 80 techniciens de recherche. Ce centre est dédié à l'Activité de Vitrage de Saint-Gobain sur l'ensemble des Activités mondiales, il met au service du Groupe ses compétences spécifiques

et contribue à l'innovation en développant et industrialisant de nouveaux produits et processus (fabrication ou contrôle) pour les vitrages automobiles et bâtiment.

Au cours de ce mémoire, nous nous sommes intéressés aux thématiques liées au développement durable, l'éco-conception de produits et les paramètres environnementaux qui permettent d'identifier les vrais impacts des matériaux de construction sur un territoire pendant leur cycle de vie.

1.3. Problématique

Depuis ces dernières années les questions environnementales représentent un enjeu stratégique pour les entreprises. Longtemps subjuguée aux besoins de l'activité économique où les ressources étaient considérées illimitées, aujourd'hui la correcte utilisation de ces ressources est devenue une préoccupation collective à intégrer aux activités productives. Dans le présent mémoire nous allons nous concentrer sur les activités liées au secteur de la construction ainsi que sur les territoires impactés par telles activités.

Les nouvelles modalités d'intervention sur l'environnement impliquent l'évaluation, le paramétrage et la définition des indicateurs permettant de mesurer l'impact des différentes activités de la chaîne de valeur de la construction. Une des méthodes les plus utilisées aujourd'hui pour évaluer les impacts des matériaux est l'analyse de cycle de vie (ACV)¹, cette méthode est réalisée dans le respect des normes établies au niveau national ou international (en particulier la norme européenne EN 15804 pour les produits de construction). L'ACV permet d'évaluer ses impacts sur l'environnement et, en particulier, sa contribution au réchauffement climatique, à la pollution de l'eau et de l'air, et à l'épuisement des ressources abiotiques.

Il existe donc de véritables défis économiques et scientifiques, pour proposer demain au citoyen de nouveaux produits permettant de réaliser le même type de construction mais avec un coût environnemental le plus faible possible (Escadeillas, 2006). Tout fournisseur de matériaux de construction devrait considérer l'impact environnemental de son activité dans le

¹ L'analyse du cycle de vie (ACV) est un moyen systémique d'évaluation des impacts environnementaux globaux d'un produit, d'un service, d'une entreprise ou d'un procédé. Son but, en suivant la logique de « cycle de vie », est de connaître et pouvoir comparer la pression d'un produit sur les ressources et l'environnement tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) en passant par les ressources naturelles utilisées.

cycle de vie de ses produits. Mais comment mesurer tels impacts ? Quels paramètres sont à considérer lors de la définition des impacts de l'activité BTP sur un territoire. Le territoire considéré dans la démarche ACV est bien le territoire de l'exploitation de la matière première, celui du site de production ou encore le lieu d'installation des matériaux.

Saint Gobain s'interroge sur l'intégration et la cohérence de ses politiques actuelles d'éco-conception avec l'habitat durable. De fait on peut se demander quels indicateurs environnementaux² un constructeur devrait considérer afin de réduire l'impact sur le territoire d'activité ?

Aujourd'hui on parle d'un secteur productif comme le secteur de la construction et sa chaîne de valeur qui s'intéresse à améliorer ses pratiques sur l'éco conception de matériaux et de bâtiments. On parle également de territoires durables, d'éco région et d'éco quartiers. L'objectif de ce mémoire est de bien comprendre les termes liés à l'éco conception de matériaux et des bâtiments au regard des constructeurs ainsi que les paramètres qui caractérisent aujourd'hui un territoire dit durable. L'objectif est de trouver à travers des paramètres et indicateurs, le point d'articulation et de cohérence entre les objectifs durables des acteurs de la construction et la bonne gestion d'un territoire par l'homme. La problématique de ce travail se décline en deux hypothèses :

- **Hypothèse 1**

Quand un acteur de la construction souhaite améliorer ses produits ou créer de nouvelles solutions éco conçues, il doit toujours considérer une vision de type cycle de vie afin d'intégrer à cette vision l'impact de ce produit sur un territoire.

Pour tester cette hypothèse, nous nous appuyerons sur la recherche de données relatives aux différents labels de construction durable (*ex.* HQE), d'études scientifiques et de normes environnementales entre autres. L'objectif est d'intégrer la réflexion des impacts de futurs produits éco-innovants aux mutations environnementales d'un territoire spécifique à travers le temps. Le résultat vise une analyse synthétique à partir de tableaux desservant les catégories

² Indicateur environnemental : *e.g.* quantité d'émissions de gaz à effet de serre, évolution de température, évolution de la concentration de carbone de l'atmosphère, artificialisation de sols, consommation intérieure de matières, consommations d'énergie -renouvelable et non renouvelable- consommée, qualité des cours d'eau et des nappes d'eau souterraine, population exposée à la vulnérabilité énergétique, évolution de l'indice de pollution de l'air en milieu urbain, consommation d'eau, etc.)

des impacts environnementaux, ainsi que la variation des indicateurs environnementaux sur différentes périodes et scénarios.

- **Hypothèse 2 :**

L'analyse de renouvellement du quartier Lefebvre situé à Mulhouse en Alsace, permet de mesurer les méthodes les plus novatrices en termes de quartier durable ou éco-quartier, mais également de trouver la synergie entre les matériaux utilisés et les enjeux environnementaux majeurs de la planète : effet de serre, épuisement des ressources naturelles, préservation de la biodiversité.

Nous employons comme méthodologie une analyse des procédés et des outils d'évaluation dans le cadre des différentes phases d'un projet d'éco-quartier : la phase de conception, la phase de programmation, la phase de réalisation ou de mise en œuvre et la phase de gestion avec le suivi et l'évaluation des opérations et du projet dans son ensemble.

Pour tester cette hypothèse nous fonderons notre étude sur la collecte de données environnementales définies dans le label éco quartier, ainsi que sur les résultats des entretiens avec le responsable du projet Lefebvre, portant sur la considération du projet comme un modèle en termes de développement durable.

Le résultat vise un comparatif entre les catégories des impacts environnementaux décrits dans le projet éco-quartier Lefebvre et les paramètres environnementaux considérés au moment de considérer un matériel éco-conçu.

1.4. Les principales notions théoriques liées aux préfix ECO

Le changement des villes françaises et des habitats est donc un enjeu majeur pour s'engager résolument dans un éco-développement et, au-delà, pour se préparer à absorber les difficultés qui résulteront directement de la crise énergétique et du changement climatique (Arevalo, 2016)

L'éco-conception d'un produit ou encore d'un territoire est devenue un enjeu concurrentiel et une source d'innovation au cœur de l'industrie de la construction et de la vie des décideurs politiques sur les territoires. Cette approche vise à intégrer les aspects environnementaux entre la conception le développement de produits et la correcte gestion d'un territoire peuplé. L'écoconception implique une remise en cause croissante des modes de pensée, d'action et d'organisation dans les différentes échelles. Pour cela, un certain nombre d'outils sont à sa disposition, de label, de normes, de logiciels de calcul et d'estimation de consommation de ressources. Ces outils doivent pouvoir s'intégrer sans difficulté aux processus déjà en œuvre dans l'entreprise. Mais sont-ils cohérents avec la conception d'un territoire éco-conçu tel qu'un éco-quartier ?

1.4.1. Eco-conception

L'éco-conception est une approche préventive des problèmes d'environnement. C'est une démarche centrée sur le produit qui peut être appliquée dans tous les secteurs de l'économie. Elle est aujourd'hui mise en œuvre à des degrés divers et avec une grande variété d'outils dans de très nombreux secteurs comme l'électronique, l'automobile, l'aéronautique, les produits d'équipement et la plupart des produits de grande consommation (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2016).

1.4.2. Eco-construction

D'après la DREAL³, il n'existe pas de définition officielle de l'éco-construction.

³ DREAL : Direction régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement. En ligne <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/l-eco-construction-a277.html>

L'éco-construction est une démarche durable dans une approche globale, en construction comme en rénovation, qui prend en compte tous les éléments d'un projet, de sa phase de conception jusqu'à sa déconstruction.

« Eco-construire » ou « éco-rénover » équivaut aujourd'hui à atteindre une haute performance sur plusieurs cibles touchant à l'environnement et au confort et à la santé des occupants d'un bâtiment, en particulier la préservation des ressources énergétiques (matières premières, eau), la lutte contre le changement climatique, la réduction des déchets et de la pollution, la qualité de l'air intérieur, le confort des occupants (acoustique, visuel, thermique), la qualité environnementale et sanitaire des produits de construction.

L'éco-construction recouvre plusieurs concepts et objectifs, notamment :

- démarche Haute Qualité Environnementale (HQE)
- conception bioclimatique
- bâtiment performant : BBC (à basse consommation), BEPAS (à énergie passive), BEPOS (à énergie positive)
- une économie des ressources
- l'utilisation de matériaux bio-sources et/ou locaux
- l'utilisation optimisée d'énergie renouvelable
- une bonne gestion de l'eau et de la qualité de l'air intérieur.

1.4.3. Eco-quartier

Un éco-quartier est un projet d'aménagement urbain qui respecte les principes du développement durable tout en s'adaptant aux caractéristiques de son territoire. Le ministère s'est doté d'un référentiel en matière d'aménagement durable (Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2016).

Ce travail de recherche bibliographique se compose d'une première partie conceptuelle portant sur les notions théoriques de l'éco-conception, l'éco-construction et les éco-

quartiers, suivie par une classification des labels et d'études scientifiques relatives aux paramètres environnementaux qui indiquent les impacts sur un territoire et sur l'environnement. La partie suivante se compose de la présentation du contexte géographique du quartier Lefebvre situé à Mulhouse, métropole du département du Haut-Rhin, région Grand Est. Enfin, la dernière partie présente une grille d'évaluation des paramètres et des indicateurs d'impacts environnementaux du secteur de la construction ainsi que les paramètres considérés pour évaluer et attribuer le caractère d'éco quartier à un territoire.

II. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

2. Cadre bibliographique régissant l'éco-conception

2.1. Notions théoriques

Une partie importante de ce mémoire est la confrontation et la bonne interprétation des concepts liés à l'éco-conception dans ses différentes échelles (produit, bâtiment et territoire). Dans le cadre du développement durable ces éléments permettent de faire le lien entre eux afin de construire la grille des paramètres et des indicateurs nécessaires dans le but de trouver un langage commun entre les acteurs de la construction et les gestionnaires territoriaux.

«Eco-construire» ou «éco-rénover» équivaut aujourd'hui à atteindre une haute performance selon un prisme composé de trois objectifs : 1/ l'environnement : la préservation des ressources, la lutte contre le changement climatique, la réduction des déchets... 2/ Le confort et la santé des occupants d'un bâtiment, la qualité de l'air à l'intérieur des infrastructures, la qualité sanitaire des produits de construction. 3/ Enfin il vient s'ajouter un volet économique et social. Ces trois thèmes sont les piliers du Développement Durable.

2.1.1. Développement Durable

Le développement durable est défini par Gro Harlem Brundtland (1987), alors Premier Ministre norvégien, comme étant « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

En 1992, le Sommet de la Terre à Rio, tenu sous l'égide des Nations unies, officialise la notion de développement durable et celle des trois piliers (économie/écologie/social) : un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable (figure 1).

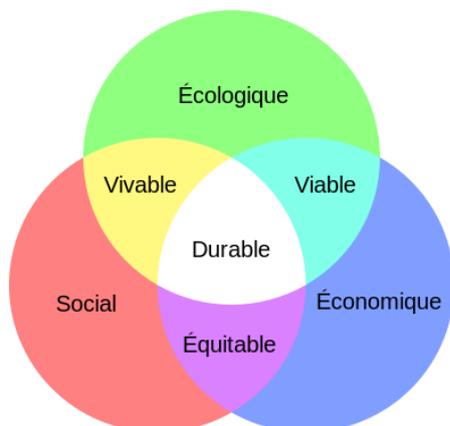


Figure 1. Schéma du développement durable –

Source : Site UVED

(Université virtuelle environnement et Développement durable).

2.1.2. La stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015 – 2020 (SNTEDD)

En France la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015 – 2020 (SNTEDD) succède à la stratégie nationale de développement durable 2010-2013. Elle identifie quatre enjeux écologiques majeurs (*Figure 2*) et propose des actions et leviers pour que la société s’engage dans la voie de la transition écologique vers un développement durable.

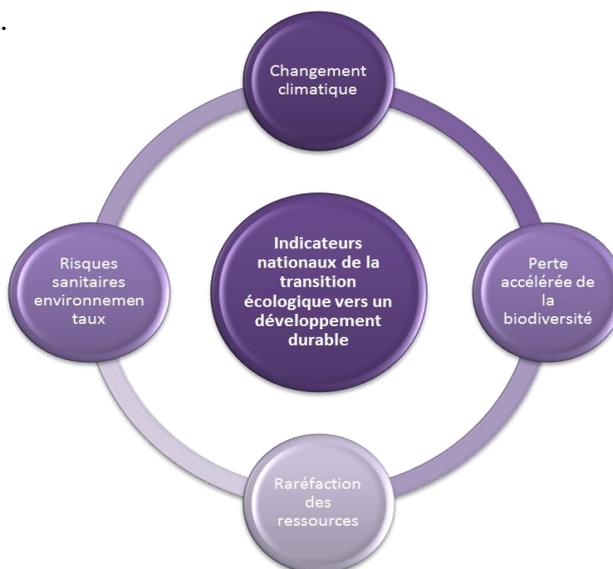


Figure 2. Indicateurs de suivi de la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020 - enjeux écologiques majeurs. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

La commission spécialisée du Conseil national de la transition écologique (CNTE), chargée l’élaboration des indicateurs nationaux de la transition écologique et de l’économie verte s’appuie sur les travaux des observatoires spécialisés sur certains thèmes comme l’Observatoire national de la Biodiversité ou le groupe de travail sur les indicateurs de l’économie circulaire, par exemple.

Les indicateurs portant sur les quatre enjeux écologiques majeurs identifiés en introduction de la stratégie nationale seront suivis par des « indicateurs d’état » pour mesurer l’état de la situation, par des « indicateurs de pression » pour mesurer la pression qu’exercent les activités humaines sur chaque enjeu et par des « indicateurs d’impact » pour refléter les conséquences sur la société et l’économie de ces enjeux écologiques.

Le tableau de bord (tableau 1) proposé pour le Conseil national de la transition écologique sera utilisé comme référence afin de définir les paramètres qui serviront à établir les indicateurs de la performance environnementale d’un produit de construction et son impact sur un territoire.

Tableau 1. Tableau de bord essentiel des indicateurs pour suivre la SNTEDD 2015-2020.

CHANGEMENT CLIMATIQUE	PERTE ACCELEREE DE BIODIVERSITE	RAREFACTION DES RESSOURCES	RISQUES SANITAIRES ENVIRONNEMENTAUX
Émissions de gaz à effet de serre sur le territoire national : évolution depuis 1990, total et par secteur économique	Artificialisation des sols	Consommation intérieure de matières et intensité matières	Evolution de l'indice de pollution de l'air en milieu urbain
Empreinte carbone de la demande finale intérieure	Evolution des populations d'oiseaux communs spécialistes	Consommation d'énergies fossiles	Evolution de l'indice de pollution des cours d'eau (nitrates, phosphates) et de l'indice de pollution des eaux souterraines (nitrates)
Evolution de la température en France métropolitaine depuis 1901	Consommation de produits phytosanitaires	Prix des matières premières : pétrole et gaz	
Evolution de la concentration en carbone de l'atmosphère (niveau mondial)	État de conservation des habitats naturels	Evolution de la part du territoire occupée par des sols artificialisés, des terres agricoles et des espaces naturels ou forestiers	
Déplacement des espèces avec le changement climatique	Proportion d'espèces éteintes ou menacées dans les listes rouges	Qualité des cours d'eau et des nappes d'eau souterraine (directive cadre sur l'eau)	
Evolution du nombre d'événements naturels très graves	État de santé des récifs coralliens	Population exposée à la vulnérabilité énergétique	
Logements et population en zone basse littorale, exposés à des risques de submersion marine			
Montant des indemnités versées par les assurances au titre des catastrophes naturelles			

La commission a appuyé ses travaux sur l'état de l'art existant en matière d'indicateurs. La commission souhaite disposer de comparaisons internationales pour une partie au moins des indicateurs. Elle souhaite aussi des déclinaisons territoriales adaptées aux territoires. À ce sujet, elle propose que soient mises à disposition toutes les déclinaisons régionales ou départementales des indicateurs nationaux qui seront chiffrables. Mais elle

recommande d'analyser plutôt un sous-ensemble de ces indicateurs dès lors qu'ils constituent un levier d'actions pour la transition écologique vers un développement durable à l'échelle locale.

La commission souhaite en outre disposer d'un corpus d'indicateurs sur une période suffisamment longue pour pouvoir suivre des évolutions au-delà des échéances des stratégies successives. En ce sens elle a souhaité que les indicateurs définis pour le suivi des stratégies nationales de développement durable précédentes continuent d'être renseignées et suivies dans le temps, soit dans le tableau de bord de suivi de la nouvelle stratégie, pour ceux qui restent adaptés aux nouvelles orientations, soit par ailleurs par les services ou dans le cadre du Conseil national de l'information statistique (CNIS).

Dans l'optique de rester cohérent avec la politique nationale de développement, les indicateurs choisis dans la dernière partie de ce mémoire doivent être construits dans un souci de pertinence, de lisibilité, de cohérence temporelle et géographique, et de mesurabilité, à l'instar de ce qu'a fait la CNTE au moment de choisir ses indicateurs.

2.1.3. Eco-conception d'un matériel de construction

La guide sectoriel de l'éco-construction⁴ indique qu'on appelle matériau (ou produit) de construction, tout produit fabriqué pour un usage permanent dans les chantiers de construction, aussi bien pour les travaux publics que pour le bâtiment. En France, la plupart des matériaux de construction proviennent du secteur industriel des matières minérales non métalliques. Ensuite, en quantité moindre, ils viennent de l'industrie forestière, métallique, chimique, ou encore plastique. Il est également possible de constater une évolution de l'offre produit vers des produits moins impactants sur l'environnement, que ce soit de par la valorisation de co-produits de la filière agricole ou de la filière du recyclage mais aussi en développant les filières locales ou des produits nécessitant moins de transformation (et donc moins d'énergie lors de la phase de fabrication). On peut diviser le secteur de la construction en sous-secteurs : bâtiments, travaux publics, industrie de matériaux.

⁴ L'origine de ce guide remonte à 2002, à l'initiative de la Communauté Autonome du Pays Basque, ayant lancé une «Stratégie Basque de l'environnement pour le développement durable 2002-2020», en établissant une stratégie intégrée afin d'inciter à l'émergence de produits plus respectueux de l'environnement, dont IHOBE (IHOBE est l'agence gouvernementale basque concevant les instruments de politique environnementale à plusieurs stades) est en charge de la mise en œuvre.

2.1.4. Approche ACV

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV), qui se dit Life Cycle Analyse (LCA) en anglais, est une évaluation des effets directs ou indirects d'un produit sur l'environnement, depuis l'extraction des matières premières qui entrent dans sa composition jusqu'à son élimination. Voir figure 3.



Figure 3. Représentation d'un AVC - Source: Ministère français de l'éducation, Sciences et techniques industrielles. Allard 2015

Selon l'ISO, l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est la "Compilation et évaluation des consommations d'énergie, des utilisations de matières premières, et des rejets dans l'environnement, ainsi que l'évaluation de l'impact potentiel sur l'environnement associé à un produit, ou un procédé, ou un service, sur la totalité de son cycle de vie".

Le cycle de vie d'un produit, procédé ou service rassemble les phases de fabrication, transformation, utilisation et destruction.

Cette méthode repose sur une démarche en 4 phases décrites par la norme ISO 14040 et 14044:

- La définition des objectifs et du champ de l'étude,
- L'analyse de l'inventaire,
- L'évaluation de l'impact,
- L'interprétation des résultats obtenus en fonction des objectifs initiaux.

Il existe aujourd'hui de nombreux logiciels d'ACV qui permettent de calculer les impacts environnementaux des différents produits et matériaux: SimaPro, Wizard, EIME, GaBi, UMBERTO, KCL-ECO, The Boustead Model, EcoPro, EMIS, Ökobase, PEMS.

2.1.5. Norme NF EN 15804 et Déclarations environnementales de Type III

La norme NF EN 15804 + A1, Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction, décrit le tronc commun des règles de catégories de produits pour les déclarations environnementales de Type III – Norme ISO 14025 :2006.

La norme ISO 14025:2006, Marquages et déclarations environnementaux -Déclarations environnementales de Type III établit les principes et spécifie les modes opératoires pour communiquer des informations environnementales quantifiées sur les produits, basées sur les données relatives au cycle de vie, que l'on désigne déclarations environnementales. Une déclaration environnementale de Type III peut se décrire ainsi : données environnementales quantifiées pour un produit avec des catégories prédéterminées de paramètres basées sur la série de normes ISO 14040, sans exclure pour autant d'autres informations environnementales.

Ce type de déclarations présente la performance environnementale d'un produit afin de permettre des comparaisons objectives entre produits remplissant la même fonction.

2.1.6. EPD⁵

Un DEP (Déclaration environnementale de produit) qui se dit *Environmental product declaration* (EPD) en anglais, est un document enregistré, vérifié, transparent et comparable communiquant les informations sur le cycle de vie et l'impact environnemental d'un produit.

Cette démarche est issue de différentes obligations européennes, intégrée dans une norme internationale ISO. Sous forme de fiche, la déclaration permet d'en connaître beaucoup plus sur le produit, notamment par la réalisation de bilans écologiques sur l'utilisation des ressources, les conséquences sur l'environnement, telles que les émissions de gaz à effet de serre par exemple, et la production de déchets. Toutes les étapes du cycle de vie d'un produit sont étudiées, conformément à une analyse systématisée selon les données des normes ISO de la série 14040.

La déclaration environnementale de produit est utilisée notamment pour constituer les bases de données et les outils d'aide à la décision informatisés basés sur le cycle de vie. Enfin, elle permet de mettre l'accent sur la transparence dont doivent faire preuve les manufacturiers pour voir leur produit installés dans des bâtiments certifiés durables.

2.2. Paramètres décrivant les impacts environnementaux : nature et étendue

Réaliser et promouvoir un habitat durable, économe en énergie et respectueux de l'environnement, est une préoccupation majeure que tous les acteurs de la chaîne de valeur du secteur de la construction intègrent de plus en plus dans leurs pratiques. On entend par **habitat durable** toute construction ou rénovation qui assure la qualité de vie des occupants et qui maîtrise ses impacts sur l'environnement. Mais quels paramètres devons-nous prendre en compte si l'on souhaite réduire de tels impacts ?

Dans le cadre de la politique d'éco-conception, de nombreux acteurs de la construction en Europe ont choisi de mettre l'accent sur certains éléments qui présentent une valeur ou un intérêt particulier au niveau normatif, visiblement la norme NF EN 15804. Ces éléments sont décrits dans le tableau 2 et entre les points 2.4 et 2.6 du présent mémoire.

⁵ Définition du site officielle EPD Système - <http://www.environdec.com/en/>

Tableau 2 - Paramètres décrivant les impacts environnementaux

Paramètre	Catégorie d'impact	Unités
Potentiel d'épuisement - non fossiles (ADP éléments)	Epuisement des ressources abiotiques éléments	kg Sb-Equiv
Potentiel d'épuisement - fossiles (ADP fossile)	Epuisement des ressources abiotiques combustibles fossiles	MJ
Potentiel d'acidification des sols et de l'eau (AP)	Acidification des sols et de l'eau	kg SO2-Equiv
Potentiel d'eutrophisation(EP)	Eutrophisation	kg Phosphate-Equiv
Potentiel de réchauffement global (GWP 100 years)	Réchauffement climatique	kg CO2-Equiv
Potentiel de destruction de la couche d'ozone stratosphérique (ODP, steady state)	Appauvrissement de la couche d'ozone	kg R11-Equiv
Potentiel de formation d'ozone troposphérique (POCP)	Formation d'ozone photochimique	kg Ethene-Equiv

Les ressources naturelles s'épuisent, l'activité humaine provoque un changement significatif du climat qui a déjà des effets importants : inondations, ouragans, sécheresse, canicules.

Selon Le Ministère de la Transition économique et Solidaire le secteur du bâtiment représente 44 % de l'énergie consommée en France⁶, loin devant le secteur des transports (31,3%). Chaque année, le secteur du bâtiment émet plus de 123 millions de tonnes de CO₂, ce qui en fait l'un des domaines clé dans la lutte contre le réchauffement climatique et la transition énergétique.

2.2.1. Réchauffement climatique

Le réchauffement climatique, également appelé réchauffement planétaire, est un phénomène d'augmentation des températures sur la plus grande partie des océans et de l'atmosphère terrestre. Il traduit une augmentation de la quantité de chaleur retenue à la surface terrestre. Il est mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies. Dans son acception commune, ce terme est appliqué à une tendance au réchauffement global observé depuis le début du XXe siècle, entraînant, entre autres conséquences, un changement (ou dérèglement) climatique global.⁷ En 1988, l'ONU crée le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) chargé de faire une synthèse des études scientifiques sur cette question. Dans son quatrième rapport, auquel ont participé plus de 2 500 scientifiques de 130 pays, le GIEC affirme que le réchauffement climatique depuis 1950 est très probablement dû à l'augmentation des gaz à effet de serre d'origine anthropique. Les

⁶ Le bâtiment, premier poste de consommation d'énergie en France. EDF, 5 juillet 2013. Source <https://www.lenergieenquestions.fr/le-batiment-premier-poste-de-consommation-denergie-en-france/>

⁷ Définition proposée par l'ADEME dans le cadre de son projet Terre. Es un site Internet pour trouver toutes les explications sur le développement durable, le changement climatique, des infos, des conseils pour

conclusions du GIEC ont été approuvées par plus de quarante sociétés scientifiques et académies des sciences, y compris l'ensemble des académies nationales des sciences des grands pays industrialisés.

Dans le cadre du réchauffement global, il semble donc important de limiter les dépenses d'énergie fossile, notamment via des matériaux de construction adaptés et bien isolés, assurant un confort thermique intérieur aussi bien estival (moins de climatisation) qu'hivernal (moins de chauffage).

2.2.2. Appauvrissement de la couche d'ozone⁸

Différents groupes d'experts au Canada ont défini l'appauvrissement de l'ozone comme l'expression consacrée pour désigner l'amincissement de la couche d'ozone dans la stratosphère. L'ozone s'appauvrit lorsque l'équilibre naturel entre sa production et sa destruction dans la stratosphère est perturbé en faveur de sa destruction. Les activités humaines sont le principal facteur responsable de la perturbation de cet équilibre naturel, principalement à cause des émissions dans l'atmosphère de produits chimiques de synthèse connus sous le nom de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO). Il s'agit de substances stables qui ne sont pas décomposées dans la basse atmosphère et qui contiennent du chlore et/ou du brome.

Les substances appauvrissant la couche d'ozone qui contiennent du chlore sont les chlorofluorocarbures (CFC), le tétrachlorure de carbone, le méthyl chloroforme et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC).

Les halons, le bromométhane et les hydrobromofluorocarbures (HBFC) sont des SACO qui contiennent du brome.

Les CFC sont les SACO les plus connues et les plus abondantes. Un seul atome de chlore issu d'un CFC peut détruire au moins 100 000 molécules d'ozone. La destruction de l'ozone ne s'arrête que lorsque l'atome de chlore réagit avec une autre molécule pour former une substance stable et ayant une longue durée de vie. À ce moment-là, le chlore n'est plus disponible pour réagir avec de l'ozone.

La libération des CFC dans l'atmosphère est due à leur utilisation dans plusieurs applications de la vie quotidienne tel que les matériels réfrigérants, l'air conditionné, les mousses synthétiques, les gaz propulseur dans les bombes aérosols, la protection contre les

⁸ Environnement et changement climatique - <https://www.ec.gc.ca/ozone/default.asp?lang=Fr&n=2ED3F6DA-1>

incendies, les solvants. Le chlore étant présent dans certains matériaux utilisés dans la construction tels que les solvants et de produits isolants, il faut limiter son utilisation afin de lutter contre le réchauffement global via l'appauvrissement de la couche d'ozone.

2.2.3. Formation d'ozone photochimique⁹

Le Centre Interprofessionnel Technique d'études de la Pollution Atmosphérique définit la pollution photochimique (ou pollution photo-oxydante) comme un ensemble de phénomènes complexes conduisant à la formation d'ozone (O₃) et d'autres composés oxydants (tels que peroxyde d'hydrogène, aldéhydes, peroxy acétyl nitrate (PAN)) à partir de polluants primaires (appelés précurseurs) : oxydes d'azote (NO_x), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), monoxyde de carbone (CO) et méthane (CH₄), et d'énergie apportée par le rayonnement ultra-violet (UV) solaire. Cette pollution atmosphérique riche en ozone, appelée aussi « smog », se rencontre dans la basse couche de l'atmosphère, ou troposphère (0 à 8-10 km d'altitude). La durée de vie de l'ozone est estimée à environ 22 jours mais cette durée de vie est plus courte au niveau de la couche de mélange (0 à 2 km), soit seulement de 1 à 2 jours.

Les oxydes d'azote NO_x proviennent essentiellement de la combustion des combustibles fossiles, en particulier des transports (flux présent au moins 5 fois dans l'analyse de cycle de vie d'un matériau de construction, voir figure 3), mais aussi et de procédés industriels (production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surfaces, etc.). Les NO_x contribuent à l'odeur caractéristique de l'air urbain pollué par la circulation.

L'ozone troposphérique a un impact sur la santé humaine. Il entraîne une irritation des voies respiratoires et des yeux, une baisse des performances physiques et une détérioration de la fonction pulmonaire. L'ozone perturbe l'activité photosynthétique des plantes et altère leur résistance. L'ozone attaque les plantes par leurs stomates.

2.3. Le diagnostic environnemental des Matériaux de Construction (MC)

D'après le guide sectoriel de l'éco-construction il existe des méthodes distinctes, qualitatives et quantitatives, pour évaluer le comportement environnemental d'un produit et

⁹ Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de Pollution Atmosphérique, 2016 : <https://www.citepa.org/fr/air-et-climat/phenomenes/pollution-photochimique>

identifier les axes d'améliorations, par exemple la matrice MET (matériaux, énergie, toxicité), les éco-indicateurs, les ACV¹⁰, entre autres.

L'ACV est une technique quantitative qui permet de compiler et d'évaluer les entrées et sorties de matière et d'énergie, ainsi que les impacts environnementaux potentiels d'un produit, d'un service, ou d'une activité tout au long de son cycle de vie, c'est-à-dire « du berceau à la tombe ». Les principes et le cadre de référence de cette méthodologie sont décrits dans la norme ISO 14040:2006. Les exigences et directives sont quant à eux décrits dans la norme ISO 14044:2006.

Dans une ACV on attribue au produit (ou au système objet), tous les impacts environnementaux dérivés de la consommation de matières premières et d'énergie lors de l'étape de sa fabrication, les émissions et déchets générés durant sa vie utile, les conséquences environnementales associées à sa distribution, son utilisation, et sa gestion finale en tant que déchet. En définitive, une ACV est une sorte de « comptabilité environnementale », dans laquelle on attribue au produit évalué toutes les conséquences. Ce diagnostic permettra d'évaluer le comportement environnemental du matériau à travers un outil : la fiche de déclaration environnementale et sanitaire (EPD au niveau européen).

Chaque diagnostic comporte les informations suivantes :

- Unité fonctionnelle
- Durée de vie typique
- Caractéristiques du produit
- Emballages de distribution
- Produits complémentaires, taux de chutes
- Tableau récapitulatif des impacts environnementaux du produit selon la NF 15804

¹⁰ L'analyse du cycle de vie (ACV) est un moyen systémique d'évaluation des impacts environnementaux globaux d'un produit, d'un service, d'une entreprise ou d'un procédé. Son but, en suivant la logique de « cycle de vie », est de connaître et pouvoir comparer la pression d'un produit sur les ressources et l'environnement tout au long de son cycle de vie, de l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie (mise en décharge, recyclage...) en passant par les ressources naturelles utilisées.

3. Diagnostic environnemental d'un produit de construction

3.1. Diagnostic environnemental d'un produit de construction

Afin de mieux comprendre l'interprétation actuelle du diagnostic environnemental d'un produit de construction au regard des fabricants de matériaux, ci-dessous un exemple, tiré du guide sectoriel de l'éco-construction¹¹ (2013) et de l'expérience pendant mon stage chez Saint Gobain.

Matériau: Fenêtre aluminium à la française 1 vantail ouvrant caché

Caractéristiques:

Unité fonctionnelle : 1m² de surface de fenêtre à la française à un vantail, ouvrant caché, en profilés aluminium et avec double vitrage à isolation renforcée.

Durée de Vie Typique : 30 ans

Emballage de distribution : Habituellement, la fenêtre n'est pas emballée. Dans de rares cas, une pellicule de plastique en polyéthylène pour la protection est demandée : elle n'est pas prise en compte dans le calcul

Produit : Les dimensions de la fenêtre étudiée sont de 1,25 mètre par 1,48 mètre (1,85m²), ayant une surface de clair de vitrage de 1,5 m². La masse totale pour le produit complet est 46,14 kg. Le tableau 3 indique les composants utilisés dans une fenêtre type étudiée (figure 04).

Tableau 3. Les composants d'une fenêtre – source : la guide sectoriel de l'éco-construction.

Produit mis en place (kg/UF)	Fenêtre profilé teinté dans la masse	Fenêtre plaxée 1 face	Fenêtre plaxée 2 faces
Aluminium	kg/m ²	0,213	6,38
Verre	kg/m ²	0,568	17,0
Polyamide 6,6 GF	kg/m ²	0,008	0,238
EPDM	kg/m ²	0,012	0,357
Autres	kg/m ²	0,0304	0,913
Total produit	kg/m ²	0,831	24,9

¹¹ Ce guide représente une collaboration internationale entre deux membres fondateurs du réseau ENEC (the European Network of Ecodesign Centres), IHOBE (l'agence gouvernementale basque) et le Pôle Eco-Conception et Management du Cycle de Vie, aidé par ses partenaires nationaux du pôle écoconception plus spécialisé dans les matériaux de la construction ; le Pôle Innovations Constructives et le Cd2e.

Produits complémentaires. Sur le chantier, les produits sont prêts à poser, il n’y a donc pas de chute lors de la mise en œuvre. Les accessoires de fixation dépendent du support et ne sont pas pris en compte pour cette phase.

12



Figure 4. Fenêtre à frappe ouvrant caché. Source: VMA 50

Les données sont issues de la FDES¹³ “Fenêtre aluminium à la française 1 vantail ouvrant caché”, téléchargeable sur le site de l’INIES¹⁴ (tableau 4).

Les résultats présentés sont de la responsabilité de la structure qui les a chiffrés (normalement fait par des fabricants de fenêtres ou bien par les syndicats de construction de fenêtres, façades et d’activités associées) ils indiquent la performance environnementale moyenne estimée pour ce produit mais ne sont pas représentatifs de tous les modèles existants sur le marché. En notant que ces données ne sont en aucun cas un seuil de référence.

Tableau 4. Contribution de la fenêtre aux impacts environnementaux - la guide sectoriel de l’éco-construction

Contribution du produit aux impacts environnementaux	
Impact environnemental	Valeur par UF
Consommation de ressources énergétiques (MJ)	48,2
Epuisement de ressources (kg Sb eq.)	1,58.10 ⁻²
Consommation d’eau totale (litre)	16,0
Déchets solides (kg)	0,488
Changement climatique (kg CO2 eq.)	2,52
Acidification (kg SO2 eq.)	0,0164
Pollution de l’air (m3)	149
Pollution de l’eau (m3)	0,5
Destruction de la couche d’ozone (kg CFC-11 eq.)	2,73.10 ⁻⁷
Formartion d’ozone photochimique (kg C2H4 eq.)	1,089.10 ⁻³

¹² Fenêtre à frappe ouvrant caché. Source: VMA 50, site internet: <http://eural50.fr/index.php/produits/les-fenetres-en-aluminium-du-fabricant-de-menuiserie-vm50-dans-la-grand-ouest/les-fenetres-a-frappe-ouvrant-cache-en-aluminium-du-fabricant-de-menuiser>

¹³ Une FDES est un document normalisé qui présente les résultats de l’Analyse de Cycle de Vie d’un produit ainsi que des informations sanitaires dans la perspective du calcul de la performance environnementale et sanitaire du bâtiment pour son éco-conception. Source : <http://www.inies.fr/produits-de-construction/>

¹⁴ INIES la base nationale française de référence sur les déclarations environnementales et sanitaires des produits, équipements et services pour l’évaluation de la performance des ouvrages. Source : <http://www.inies.fr/qui-sommes-nous/>

Les résultats des analyses ACV, représentés dans le tableau 4 pour une fenêtre, sont créés à l'aide d'un logiciel qui fournit des données d'inventaire du cycle de vie de tous les matériaux bruts et de ses différents procédés.

Concrètement, on détermine et quantifie en utilisant un algorithme mathématique tous les flux matériels et énergétiques élémentaires dans les limites du système étudié, c'est-à-dire, les flux qui proviennent du milieu sans transformation préalable par l'être humain (par exemple consommation de pétrole, charbon, etc.) et ceux qui vont directement dans la nature (par exemple émissions de CO₂, SO₂, etc.). Les flux élémentaires induisent l'utilisation des ressources, des émissions dans l'air, et des rejets dans les eaux et sols associés au système étudié.

Ces flux environnementaux sont classifiés ultérieurement en divers catégories et indicateurs selon leur potentiel d'impact environnemental, et se transforment pour chaque indicateur en une unité équivalente pour pouvoir être additionnés (par exemple le changement climatique s'exprime en unités d'équivalents CO₂). Cette conversion nécessite des facteurs de caractérisation pour chaque paire de flux-indicateur. Par exemple pour le changement climatique, l'émission de 1 kg de méthane est équivalente à une émission de 23 kg de CO₂.

3.2. Les Certifications environnementales internationales pour la conception et la construction des bâtiments

Le constat de l'urgence écologique est désormais partagé de différents secteurs de l'économie incluant le secteur de la construction. D'après France GBC¹⁵ Dans le secteur de bâtiment, les systèmes de certification s'adaptent de plus en plus aux contextes locaux, pour faciliter leur applicabilité dans différents climats et territoires. La construction de bâtiments est un de secteurs clef à la définition des paramètres servant à mesurer les impacts de la chaîne de valeur de la construction sur un territoire. Le bâtiment (la construction) représente à lui seul environ 40 % des émissions de CO₂ des pays développés, 37 % de la consommation d'énergie et 40 % des déchets produits (Deshayes, 2012)

« Au niveau mondial et depuis une quinzaine d'années, le secteur de la construction - important contributeur dans l'émission de GES, a vu l'émergence d'outils visant à accélérer la

¹⁵ France Green Building Council France GBC, association dont l'objet est d'animer au plan national, une dynamique fédérant le Public et le Privé, au service du développement de la construction et de l'aménagement durables

transformation des pratiques de l'acte de construire : les certifications environnementales. Sur l'ensemble des systèmes de certification développés, trois se distinguent : BREEAM, HQE et LEED¹⁶. Ces certifications ont permis des transformations profondes des manières de concevoir et de construire des bâtiments, dans leur zone géographique respective et au-delà, par des mécanismes de valorisation des performances environnementales et énergétiques dépassant les réglementations en vigueur »¹⁷ (tableau 5).

Tableau 5. Rubriques environnementales traitées dans les trois certifications

BREEAM	HQE	LEED
MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL DE PROJET		
Management (Man)	Système de management global	Integrative process
PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DU BÂTIMENT		
Energy (Ene) + Pollution (Pol)	ENERGIE	Energie
Land Use and Ecology (LE) + Pollution (Pol) + Transport (Tra)	ENVIRONNEMENT	Site
Materials (Mat)		Composants
Management (Man) + Waste (Wst)		Chantier
Water (We)		Eau
Waste (Wst)		Déchets
X		Entretien - Maintenance
Health and Wellbeing (Hea)	CONFORT	Hygrothermique
		Acoustique
		Visuel
		Olfactif
Health and Wellbeing (limité)	SANTÉ	Qualité des espaces
Health and Wellbeing (limité)		Qualité de l'air
Health and Wellbeing (Hea)		Qualité sanitaire de l'eau
Innovation	Valorisation via les principes d'équivalence	Innovation (IN)
X	X	Regional Priority

Globalement, les trois certifications ont des « rubriques » environnementales similaires.

3.3. Eco-conception à l'échelle d'un territoire.

L'objectif du développement durable dans la ville est donc de donner un sens commun à des pratiques professionnelles qui relèvent de logiques différentes¹⁸

Les associations éco-quartiers rassemblent aujourd'hui des citoyens qui partagent la même volonté de vivre la ville de manière différente de ce que propose classiquement le marché immobilier. Les schémas ont tendance à être stéréotypés et le risque est que les termes de HQE et d'éco-quartiers soient progressivement vulgarisés et ne répondent pas à l'attente réelle des citoyens.

¹⁶ Egalement : DGNB (Allemagne), Living Building Challenge™ (USA), CASBEE (Japon), Green Star (Australie), Estidama (Emirats Arabes Unis), etc... Nota : par convention, les sigles © et ® ont été supprimés de la rédaction pour alléger la lecture, cependant BREEAM, HQE et LEED sont des marques de commerces.

¹⁷ France GBC, Juin 2015 - Les Certifications Environnementales internationales pour La Conception Et La Construction des bâtiments non résidentiels http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2016/07/2015_FR_Comparatif_HQE_LEED_BREEAM.pdf

¹⁸ Atelier organisé par le CNFPT – Mission Cohérences territoriales et développement durable.

Consciente des risques, l'ADEME veille à ne pas opposer les acteurs, mais à les faire travailler ensemble. A Strasbourg, les agences d'urbanisme réfléchissent à la cohérence urbaine et aux changements des comportements, notamment au changement du rapport à la politique et à l'environnement. Elles cherchent à accompagner les collectivités locales (Gendron, Atelier organisé par le CNFPT – Mission Cohérences territoriales et développement durable, Synthèse 2007).

Les citoyens de la communauté urbaine de Strasbourg prennent également conscience de l'intérêt des éco-quartiers. Le travail pédagogique porte aujourd'hui ses fruits et les élus sont prêts à faire intervenir les citoyens. Globalement, les collectivités françaises agissent, mais toutes n'en sont pas aux mêmes étapes.

Le rôle des collectivités locales est essentiel elles se doivent aujourd'hui de réinterroger leurs pratiques professionnelles. De fait, il y a un écart entre les propos tenus sur le développement durable et la politique concrète d'organisation du territoire. Pour éco-concevoir les différents projets de micro opérations sont mises en avant, tels que les opérations HQE, LEED, BREEAM¹⁹ mais les collectivités ne tiennent pas toujours compte des quartiers qui les entourent et présentent des lacunes en matière d'ingénierie territoriale. Les Schémas de Cohérence Territoriale SCOT²⁰ permettent toutefois d'avoir une approche territoriale et les plans climats-énergie territoires se mettent en place à l'échelle des intercommunalités.

3.4. Eco-quartier

D'après le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et le ministère de la Cohésion des Territoires, l'aménagement urbain constitue un enjeu prioritaire pour améliorer notre qualité de vie et pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, notamment en mettant en œuvre la Ville durable, en préservant nos ressources, nos paysages et notre territoire (Ministère de la Transition écologique et solidaire).

¹⁹ Systèmes de certification développés. Ces certifications ont permis des transformations profondes des manières de concevoir et de construire des bâtiments, dans leur zone géographique respective et au-delà, par des mécanismes de valorisation des performances environnementales et énergétiques dépassant les réglementations en vigueur.

²⁰ Le SCOT est l'outil de conception et de mise en œuvre d'une planification stratégique intercommunale, à l'échelle d'un large bassin de vie ou d'une aire urbaine, dans le cadre d'un projet d'aménagement et de développement durables (PADD).

Un éco-quartier est un projet d'aménagement multifacettes qui intègre tous les enjeux et principes de la ville et des territoires durables :

- Le pilotage et la participation : les éco-quartiers sont des projets collectifs. Ils doivent répondre aux besoins de tous les acteurs, leur gestion et gouvernance implique tous ces acteurs dans des outils de concertation afin garantir la mise en place et la pérennité du projet garantir la qualité du projet dans la durée et à l'usage ;
- Améliorer le quotidien, en mettant en place un cadre de vie sain et sûr favorisant le lien social pour les habitants de l'espace public ou privé ;
- Participer au dynamisme économique et territorial, par la mixité fonctionnelle et sociale et grâce à une offre adaptée de mobilité au développement d'alternatives à la voiture individuelle ;
- ***La mise en avant d'une gestion responsable des ressources et de l'adaptation au changement climatique, qui intègre les préoccupations liées à la place de la nature dans les zones urbaines.***

C'est sur ce dernier point que les acteurs de la construction pourront apporter des solutions mesurables aux impacts de leur activité. On notera que les habitants d'un bâtiment ne sauraient s'adapter au changement climatique si les matériaux avec lesquels le bâtiment a été construit ne conviennent pas à leur bien-être. Enfin il faut noter qu'un bâtiment doit être cohérent avec la politique environnementale.

Un éco-quartier vise à faire émerger parmi ses habitants des modes de vie fondés sur la prise en compte des ressources locales. Par les propositions ambitieuses qu'ils contiennent, constituent un facteur d'attractivité et de qualité permettant d'engager tous les territoires dans une dynamique vertueuse en réponse aux enjeux nationaux et internationaux (transition écologique, production de logements).

D'après l'ADEME Le « plan d'actions Ville durable » favorise l'émergence d'une nouvelle façon de concevoir, construire et gérer la ville. Il s'appuie sur plusieurs initiatives dont le label ÉcoQuartiers et la démarche ÉcoCité.

Avec le lancement fin 2012 du label national ÉcoQuartier, les exigences sont précisées. Le label est construit autour de trois objectifs fondamentaux :

- proposer un dispositif garantissant l'amélioration de la qualité des projets et leur pérennité ;

- rendre accessibles et visibles au grand public les projets d'éco-quartiers ;
- rendre visibles et promouvoir l'exemplarité des pratiques françaises d'aménagement, en Europe et à l'international.

Le label ÉcoQuartiers contient les dimensions suivantes²¹ dont certaines impliquent les fabricants de matériaux et les constructeurs :

Dimension « Démarche et Processus »

- Engagement 1 : Réaliser les projets répondant aux besoins de tous en s'appuyant sur les ressources et contraintes du territoire
- Engagement 2 : Formaliser et mettre en œuvre un processus participatif de pilotage et une gouvernance élargie créant les conditions d'une mobilisation citoyenne
- Engagement 3 : Intégrer la dimension financière tout au long du projet dans une approche en coût global
- Engagement 4 : Prendre en compte les pratiques des usagers et les contraintes des gestionnaires tout au long du projet
- Engagement 5 : Mettre en œuvre, à toutes les étapes du projet et à l'usage, des démarches d'évaluation et d'amélioration continue

Dimension « Cadre de Vie et Usages »

- Engagement 6 : Travailler en priorité sur la ville existante et proposer des formes urbaines adaptées pour lutter contre l'étalement urbain
- Engagement 7 : Mettre en œuvre les conditions du vivre-ensemble et de la solidarité
- **Engagement 8 : Assurer un cadre de vie sûr et qui intègre les grands enjeux de santé, notamment la qualité de l'air**
- **Engagement 9 : Mettre en œuvre une qualité urbaine, paysagère et architecturale**
- Engagement 10 : Valoriser le patrimoine (naturel et bâti), l'histoire et l'identité du site

Dimension « Développement territorial »

²¹ Ministère du logement et de l'habitat durable – aujourd'hui ministère de la Cohésion de Territoires, 2016.
http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/IMG/pdf/label_ecoquartier_rapport_jund.pdf

- Engagement 11 : Contribuer à un développement économique local, équilibré et solidaire
- Engagement 12 : Favoriser la diversité des fonctions et leur proximité
- **Engagement 13 : Optimiser l'utilisation des ressources et développer les filières locales et les circuits courts**
- Engagement 14 : Favoriser les modes actifs, les transports collectifs et les offres alternatives de déplacement
- Engagement 15 : Favoriser la transition numérique vers la ville intelligente

Dimension « Environnement et Climat »

- **Engagement 16 : Produire un urbanisme permettant d'anticiper et de s'adapter aux risques et aux changements climatiques**
- **Engagement 17 : Viser la sobriété énergétique et la diversification des ressources au profit des énergies renouvelables et de récupération**
- **Engagement 18 : Limiter la production des déchets, développer et consolider des filières de valorisation et de recyclage dans une logique d'économie circulaire**
- **Engagement 19 : Préserver la ressource en eau et en assurer une gestion qualitative et économe**
- **Engagement 20 : Préserver et valoriser la biodiversité, les sols et les milieux naturels**

Nous considérons que les 8 engagements du label EcoQuartiers parmi les 20 cités, s'insèrent dans la cadre de la démarche de ce travail dans la mesure où les acteurs de la chaîne de construction peuvent intervenir et contribuer dans ces engagements en ayant un impact positif sur l'EcoQuartier. Inversement les autres engagements ne concernent pas directement les acteurs de la construction dans la mesure où ils n'ont pas un moyen direct d'impacter positivement la démarche EcoQuartier.

Ces engagements définissent ce qui est faisable dans les différentes étapes d'un projet de labellisation d'EcoQuartier. Ces 4 étapes sont présentées ci-dessous :

Étape 1 : L'ÉcoQuartier en projet. Il est obtenu par la signature de la charte ÉcoQuartier (20 engagements) par les élus et leurs partenaires pour le projet concerné. Cette étape correspond au démarrage de la phase d'étude du projet par la collectivité territoriale. Dès cette étape, les acteurs du projet sont invités à l'identifier avec le label et le projet est répertorié comme « labellisé étape 1 » dans la communication nationale.

Étape 2 : L'ÉcoQuartier en chantier. Une fois les études achevées et le chantier engagé, une expertise du projet est réalisée pour vérifier la conformité du projet à la charte ÉcoQuartier. Les conclusions de l'expertise sont débattues avec la collectivité et ses partenaires, afin d'ajuster si nécessaire les suites du projet. Le label ÉcoQuartier – étape 2 est délivré par la commission nationale ÉcoQuartier sur proposition de la commission régionale, après présentation des conclusions des experts.

Étape 3 : L'ÉcoQuartier livré. Dans les mêmes conditions que l'étape 2, lorsque l'ÉcoQuartier est livré (ou quasi livré), une expertise est réalisée pour l'obtention du label ÉcoQuartier – étape 3. Il est délivré par la commission nationale ÉcoQuartier sur proposition de la commission régionale, après présentation des conclusions des experts.

Étape 4 : L'ÉcoQuartier vécu et confirmé. Trois ans après l'obtention du label – étape 3, la collectivité mesure la tenue de ses engagements dans le temps, la façon dont les usages projetés sont appropriés par les usagers du quartier. Par ailleurs, elle présente également la façon dont les pratiques d'aménagement ont évolué au sein de la collectivité, au-delà du périmètre opérationnel du quartier. Cette étape s'appuie sur la mise en place d'une démarche d'auto-évaluation associant les habitants et usagers du territoire, et tournée vers l'amélioration continue (à l'échelle du projet, et dans les pratiques au-delà, sur le territoire de compétence de la collectivité). Cette étape est validée par la commission nationale.

La figure 5 indique les étapes actuellement atteintes par les quartiers dans les villes au regard du ÉcoQuartier pour 353 projets répartis sur toute la France (DGALN, 2016). Notre hypothèse 2 se concentre sur les quartiers de la ville de Mulhouse située dans la région Grand Est.

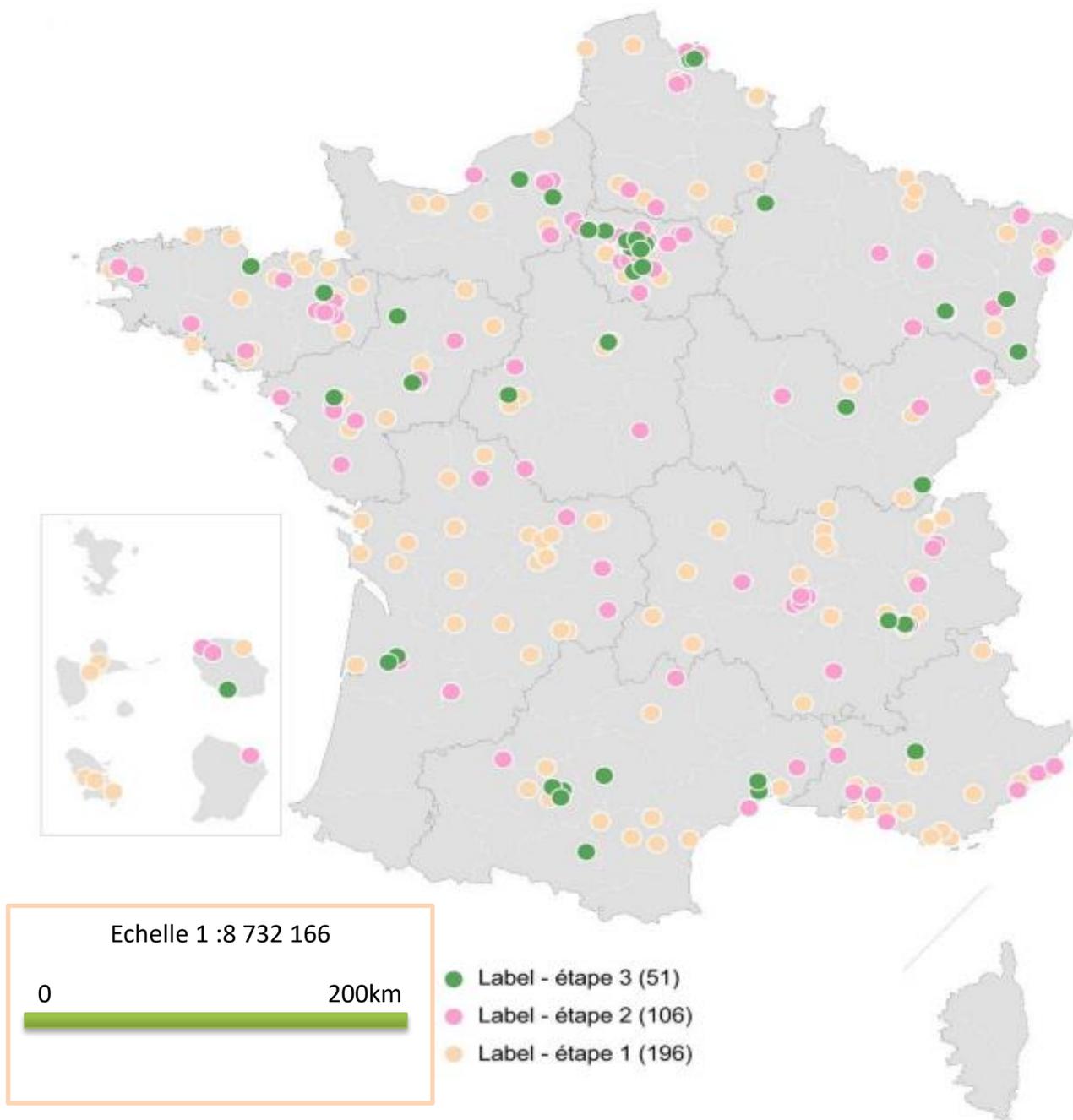


Figure 5. Des éco-quartiers au 08 décembre 2016 – Source : DGALN Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature – AD4

4. Présentation du territoire d'étude

Mulhouse, métropole du département du Haut-Rhin, se trouve dans la région Grand Est et fait partie de la région historique d'Alsace. Elle est proche de l'Allemagne et de la Suisse, avec qui elle entretient des liens économiques importants.

Un bâtiment doit répondre aux exigences qui sont liées à sa destination ; celles de l'habitation, le bureau, le stockage, etc. De fait, selon les cas, les exigences peuvent être différentes : confort thermique, acoustique, éclairage, qualité de l'air, etc. Les bâtiments doivent également intégrer les conditions naturelles et climatiques du lieu de construction afin de garantir les exigences de confort et de bien être des utilisateurs. A noter qu'aujourd'hui les mêmes bâtiments doivent assurer une conservation de ressources naturelles du territoire sur le lieu de leur conception.

4.1. Mulhouse – Programme local de l'habitat²² 2012-2017

Mulhouse et les communes urbaines de la forêt du Hardt compte près 250 000 habitants (Programme local d'habitat Mulhouse, 2011). Le secteur industriel reste encore très marqué à Mulhouse On notera que les dynamiques récentes traduisent un territoire en mutations : les initiatives et les projets sont nombreux et ambitieux.

Selon le programme local de l'habitat 2012-2017 de Mulhouse, les chiffres –relatifs aux objectifs de production de logements neufs à horizon 2020 sont :

- La production de 6 600 logements entre 2006 et 2020 (inclus), 440 logements/an
- Sur la couronne verte et urbaine : 10 200 logements entre 2006 et 2020, 680 logements/an
- Ensembles villageois : 5700 logements neufs entre 2006 et 2020, 380 logements/an
- Région mulhousienne : 280 000 habitants - construction de 22500 logements neufs entre 2006 et 2020 (soit 1500 logements/an) et remise sur le marché de 1500 logements vacants (soit 100 logements/an).

²² Le **programme local de l'habitat** (PLH) est, en France, le principal dispositif en matière de politique du logement au niveau local défini aux articles L.302-1 à L.302-9-2 du Code de la construction et de l'habitation. Il est le document essentiel d'observation, de définition et de programmation des investissements et des actions en matière de politique du logement à l'échelle d'un territoire.

4.2. Le Climat à Mulhouse

La satisfaction de la plupart des exigences au niveau du confort thermique et acoustique repose sur la connaissance des conséquences des phénomènes climatiques relatives à la température, au vent, à l'humidité de l'air. Mulhouse possède un climat tempéré chaud sans saison sèche (Cfb) selon la classification de Köppen-Geiger²³. Cette ville bénéficie d'un type climatique s'apparentant aux climats « océanique altéré » à « semi-continentale et des marges montagnardes » selon la typologie établie par Joly *et al.* (2010), intéressant une mince frange du sud-est de l'Alsace (Figure 7). Les figures 7, 8 et 9 représentent 3 paramètres climatiques à Mulhouse, année 2014.

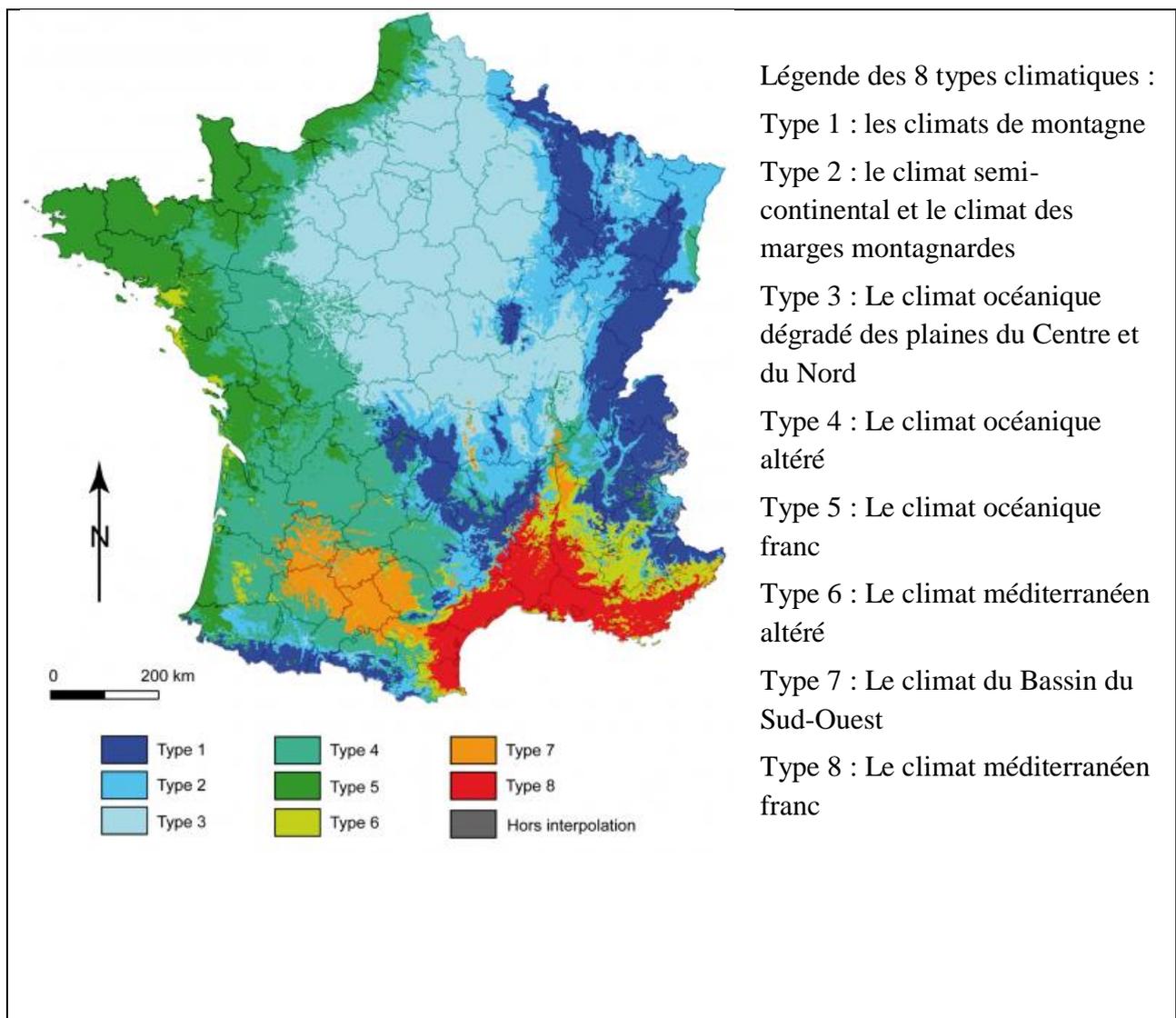


Figure 6. Typologie climatique du territoire français en 8 classes. Source Joly *et al.* (2010).

²³ La classification de Köppen est une classification des climats fondée sur les précipitations et les températures. C'est le botaniste Wladimir Peter Köppen qui l'a inventée en 1900. C'est la plus courante des classifications climatiques dans sa version présentée par Rudolf Geiger en 1961.

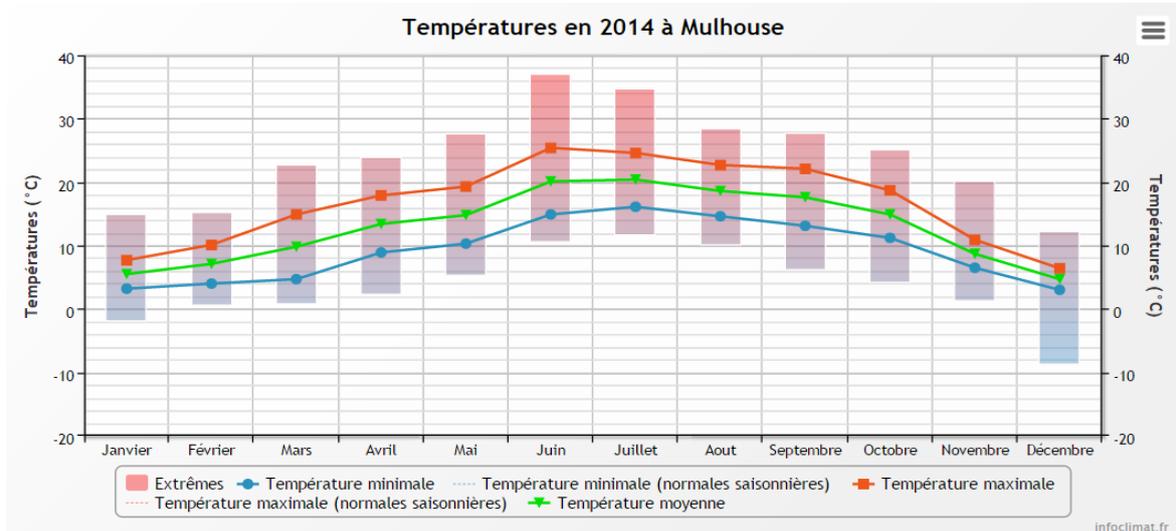


Figure 7. Températures moyennes mensuelles en 2014 à Mulhouse. Source : infoclimat.fr

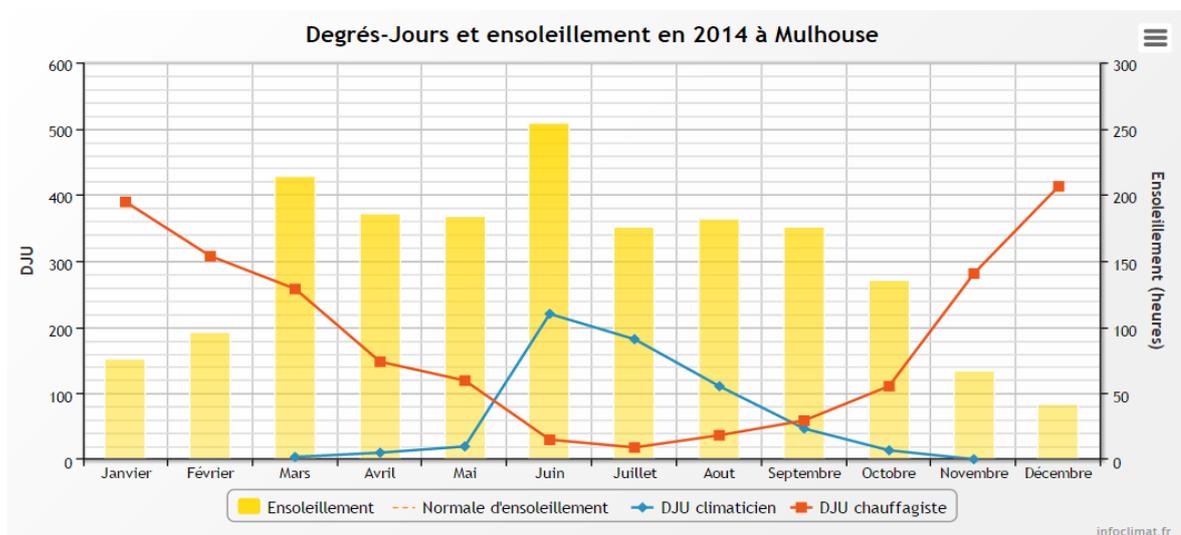


Figure 8. Degrés-Jours et ensoleillement mensuels en 2014 à Mulhouse. Source : infoclimat.fr

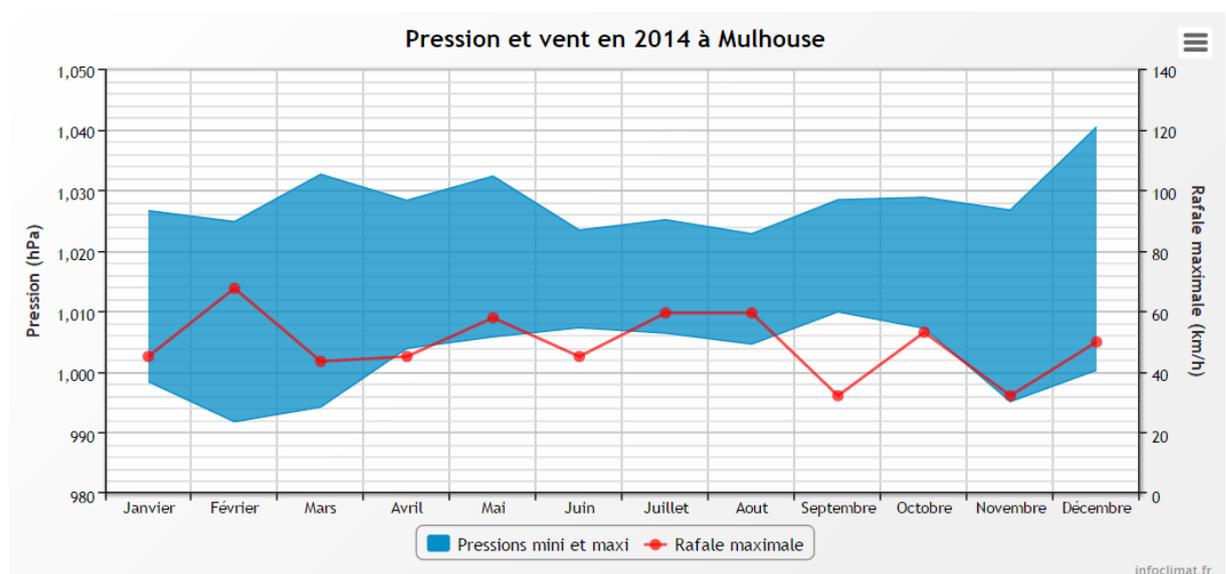


Figure 9. Pression et vent mensuels en 2014 Mulhouse. Source: infoclimat.fr

Ces caractéristiques climatiques permettent d'illustrer les besoins et le confort énergétiques des bâtiments, notamment durant la période estivale (recherche de fraîcheur à l'intérieur des bâtiments) et hivernale (besoin en chauffage), qui varient en fonction des particularités du climat de chaque ville. Par exemple, l'ensoleillement et la température conditionnent fortement les besoins thermiques des bâtiments à travers les saisons mais également pendant une même journée entre la matinée et le début de soirée.

4.3. Les enjeux environnementaux – Milieu naturel

D'après le DREAL les enjeux environnementaux regroupent de nombreuses thématiques liées à la biodiversité, l'eau, le sol, les risques naturels et industriels, l'air, le paysage. Les milieux naturels sont à la fois sources de richesse et garantie de qualité de vie ils sont essentiels au développement et contribuent l'attractivité du territoire.

Le tableau 9 et la figure 10 indiquent le type d'espace – milieu naturel du territoire d'étude.

Tableau 6. Surfaces et part occupées par les espaces naturels et semi-naturels en 2008 (en ha). Source : <http://www.per.alsace.developpement-durable.gouv.fr>

Types d'espaces	Bas-Rhin	Haut-Rhin	Alsace
Forêts	177 004	147 955	324 960
Formations préforestières	17 485	122 44	29 728
Roches nues	3	124	127
Surfaces en eau	7 555	4 014	11 569
Espaces agricoles favorables à la biodiversité : prairies-haies-bosquets-vergers traditionnels	785 28	39 214	117 742
Surface totale d'espaces naturels et semi-naturels	280 576	203 550	484 126

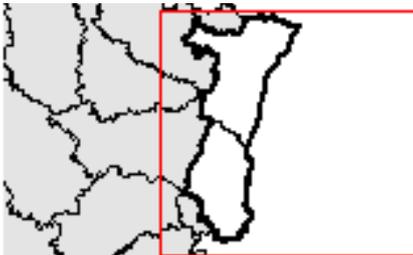
Profil environnemental de la
région Alsace

Mesures de protection et de gestion des milieux naturels

Echelle 1 :970 000

RGF93/Lambert 93

Situation



Légende

- Mesures de protection et de gestion fortes - Grenelle
- Réserves naturelles nationales
- Réserves naturelles régionales
- Arrêtés préfectoraux de biotope
- Réserves biologiques
- Forêts de protection
- Périmètres de contractualisation possible
- Natura 2000 - SIC (Dir. Habitats)
- Natura 2000 - ZPS (Dir. Oiseaux)
- Parcs naturels régionaux
- Occupation du sol
- Espaces naturels et prairies
- Limites administratives

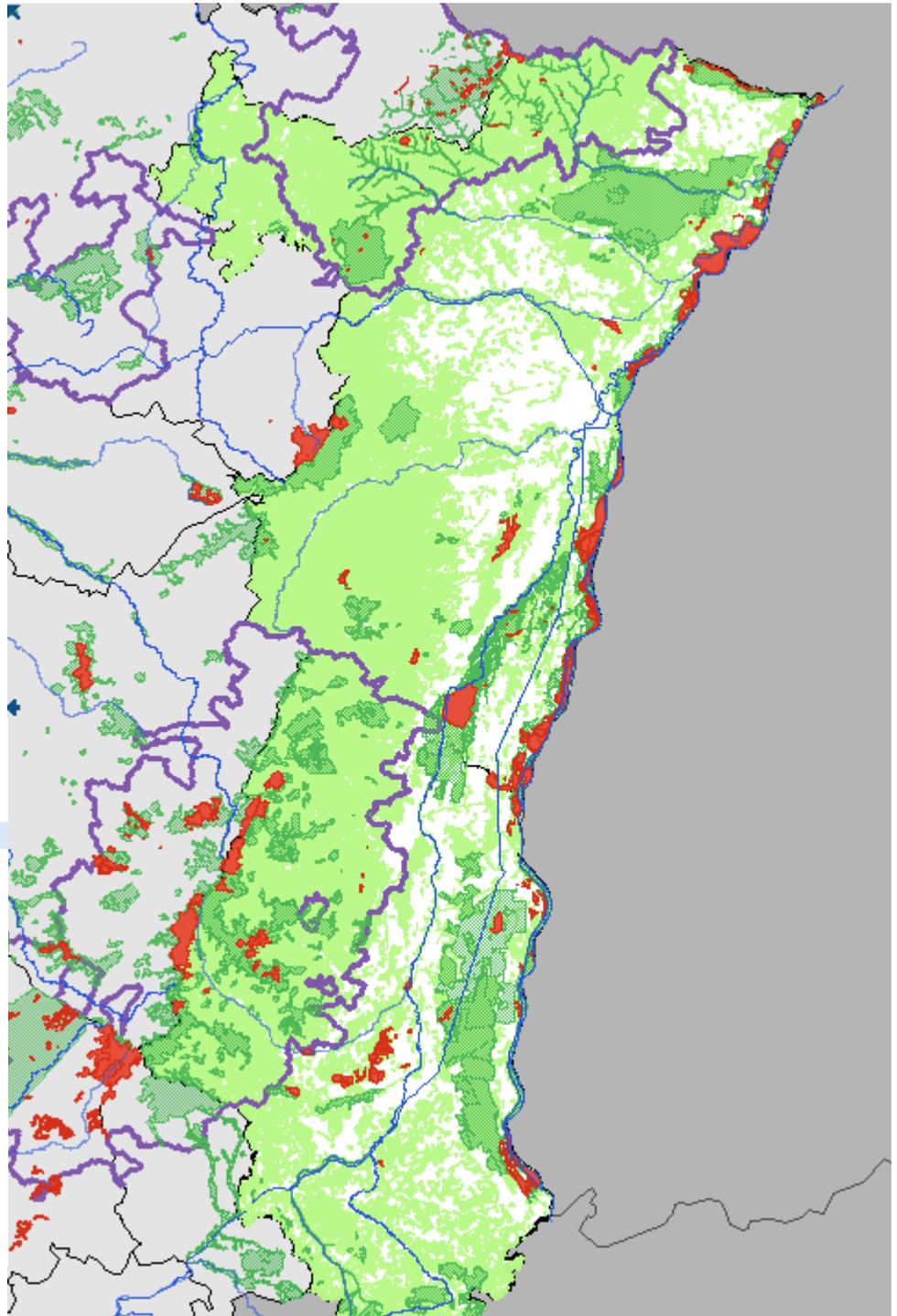


Figure 10. Mesures de protection et de gestion des milieux naturels source :
http://carto.per.alsace.developpement-durable.gouv.fr/1/mesures_protection_gestion.map

4.4. La rénovation des quartiers mulhousiens

Le but du Programme de rénovation urbaine (PRU) est d'améliorer le cadre de vie en renforçant l'offre de logements (rénover l'existant, soutien aux copropriétés en difficultés et constructions de logements neufs), en modernisant des équipements publics (rénovation d'écoles, création d'accueils petite-enfance, de périscolaires, construction de centres socioculturels) et en requalifiant et embellissant les espaces publics.

Une convention a été signée en ce sens le 1^{er} juin 2006 entre l'Agence nationale de rénovation urbaine (ANRU), la Ville de Mulhouse et vingt autres partenaires. Au total, 342 millions d'euros ont été alloués au Plan de renouvellement urbain (PRU), un des budgets les plus importants de France. (Mulhouse.fr, 2006)

Le programme de renouvellement urbain se décline à travers 172 opérations, réalisées à 87%, réparties dans six quartiers mulhousiens (Bourzwiller, Wolf-Wagner, Vauban-Neppert, Franklin, Briand et les Coteaux).

Les opérations les plus représentatives sont :

- la création de l'éco-quartier Wagner,
- la création de l'éco-quartier des Berges de la Doller à Bourzwiller (disponible dans la rubrique "grands projets urbains"),
- le projet des Jardins Neppert (disponible dans la rubrique "grands projets urbains"),
- la création de la place de l'Égalité,
- les quartiers Franklin-Fridolin et Cité-Briand, dont le réaménagement de la place Franklin.

Ces territoires concernent près de 34 000 habitants, un Mulhousien sur trois. Ce rapport passe à 40 % si l'on considère les territoires de vie qui bénéficieront directement et indirectement du Programme de renouvellement urbain. Ces quartiers représentent 27 % des résidences principales et 49 % du parc social de la Ville.

Chiffres clé :

- 342 millions d'euros
- 6 quartiers concernés : Bourzwiller, Wolf-Wagner, Vauban-Neppert, Franklin, Briand et les Coteaux,
- 172 opérations urbaines différentes,

- 10 espaces publics créés ou rénovés (places, parcs...),
- 17 équipements publics créés ou rénovés (scolaires, sportifs, culturel, socio-éducatif),
- 140 000 heures d'insertion professionnelle.

4.4.1. la création de l'éco-quartier Wagner, principales caractéristiques

La ville de Mulhouse²⁴ indique que ce quartier se trouve proche du centre-ville et des principaux équipements de la ville. Cet éco-quartier a connu de profondes mutations depuis 2002. Ainsi, 405 logements ont été réhabilités entre 2002 et 2003. Dans la cité-jardin Wolf, les halls et les parties communes 227 logements ont été remis à neuf.

Dans la rue Mertzau, les 230 logements démolis en 2004, ont été remplacés par 166 nouveaux logements répondants aux normes de la Haute qualité environnementale (HQE). Les 30 derniers logements qui ont été livrés en 2011 signalent la fin du programme.

Le quartier est réservé aux piétons et propose des stationnements et des garages (individuels et en silo) sur son pourtour.

²⁴ Mulhouse.fr- <http://www.mulhouse.fr/fr/wolf-mertzau-wagner/>.

5. Méthodologie pour la construction des indicateurs d'éco conception

Critères de sélection

Il existe de nombreux documents portant sur l'évaluation environnementale et qui proposent des critères de sélection des indicateurs. Ces documents constituent la base de construction des normes (ex ISO 96-6). Les critères choisis pour la définition des indicateurs dans ce mémoire sont :

- **Cohérence** dans le temps et dans l'espace, pour permettre la comparaison (entre différents niveaux : un bâtiment, un quartier, un produit de construction)
- **Exactitude d'analyse** : construction sur une base scientifique et technique saine. Objectivité et non-ambiguïté des résultats.
- **Mesurabilité** : accessibilité des données ou bien considérer s'il existe la possibilité de créer une nouvelle base de données
- **Pertinence** les indicateurs doivent fournir une information répondant à un besoin des acteurs de la construction et des parties intéressées. Visiblement les gestionnaires des éco-quartiers, chaque indicateur doit être lié à un objectif.
- **Quantitatifs** : les indicateurs doivent être dans la mesure du possible
- **Représentativité** : ils doivent représenter le phénomène auxquels on s'intéresse.

Il n'est pas évident de réunir l'ensemble de ces critères car même si l'environnement est une caractéristique commune, les échelles de travail et les objectifs des différents acteurs divergent. Par exemple un producteur de matériaux de construction et un architecte dessinateur d'un éco-quartier n'ont pas les mêmes objectifs finaux. Le premier s'intéresse à la qualité industrielle du produit et le second s'intéresse à la conception architecturale du quartier.

5.1. Méthode de construction

L'Afnor, propose une méthode de construction des indicateurs, qui s'attache au suivi des différentes étapes permettant d'arriver à la définition finale d'un indicateur. La méthode proposée par l'Afnor ajuste plus particulièrement la construction d'indicateurs pour la gestion de production, mais les étapes suivies restent appropriées pour les indicateurs environnementaux. Les étapes sont :

- **Définition du champ de mesure.**
- **Choix des objectifs. l'identification des variables.**
- **Choix des paramètres mesurables.**
- **Sélection des indicateurs**
- **validation des indicateurs sélectionnés.**
- **l'élaboration du tableau de bord,**
- Un indicateur doit avoir un **nom**, une **définition**, un **mode de calcul**, une **unité de mesure**, une **fréquence d'actualisation**, une **source d'origine** et une **maille de validité**.

La figure 11, montre les principales étapes à la définition des indicateurs selon la méthodologie Afnor



Figure 11. Etapes de définition des indicateurs

6. Construction de paramètres et indicateurs

Afin de réaliser les objectifs éco-innovants et éco-responsables dans le secteur de la construction, il faut préciser les indicateurs à utiliser au sein de chaque étape d'un projet de construction. La difficulté est que ces indicateurs doivent être considérés par les acteurs de la construction afin de traiter les problématiques environnementales variées et parfois divergentes.

Dans ce travail les acteurs sont séparés en 3 grands groupes :

- Les fabricants de matériaux de construction
- Les constructeurs
- Les organismes de planification et de gestion de territoires (ex. L'Agence nationale pour la rénovation urbaine (ANRU)²⁵

Les acteurs dans chacun de ces groupes déterminent leurs paramètres et indicateurs de mesure des impacts sur l'environnement en fonction de leurs priorités. Afin de promouvoir une bonne gestion des ressources naturelles il est nécessaire de trouver les points de convergence. Les tableaux 7, 8 et 9 présentent les points communs en fonction groupes d'acteurs :

Tableau 7. Paramètres environnementaux selon la NF 15804

x = prioritaire pendant sa conception (Referentiel NF 15804)	Echelle		
	Matériaux de construction	Batiment	Eco quartier
Parametre			
Consommation totale d'énergie primaire	x	x	x
Consommation d'énergie non renouvelable	x	x	x
Changement climatique	x	x	x
Consommation d'eau	x	x	x
Déchets dangereux	x	x	x
Déchets non dangereux	x	x	x
Déchets radioactifs	x	x	
Acidification atmosphérique	x	x	x
Formation d'ozone photochimique	x	x	

²⁵ L'ANRU est un établissement public à caractère industriel et commercial créé par l'article 10 de la loi d'orientation et de programmation pour la ville et la rénovation urbaine du 1er août 2003, afin d'assurer la mise en œuvre et le financement du programme national de rénovation urbaine (PNRU).

Tableau 8. Paramètres décrits dans le référentiel HQE

Parametre/Indicateur	x = prioritaire pendant sa conception (Referentiel HQE)	Echelle		
		Matériaux de construction	Batiment	Eco quartier
Energie	Energie	x	x	x
Environnement	Site		x	x
	Composants	x	x	
	Chantier		x	
	Eau	x	x	
	Dechets	x	x	
Confort	Entretien - Maintenance	x	x	
	Hygrothermique	x	x	
	Acoustique	x	x	
	Visuel	x	x	
Sante	Olfactif	x	x	
	Qualité des espaces	x	x	
	Qualité de l'air		x	
	Qualité sanitaire de l'eau		x	

Tableau 9. Paramètres décrits dans les engagements du label EcoQuartier

Parametre/Indicateur	x = prioritaire pendant sa conception (Referentiel label Ecoquartier)	Echelle		
		Matériaux de construction	Batiment	Eco quartier
Cadre de Vie et Usages	Assurer un cadre de vie sûr et qui intègre les grands enjeux de santé, notamment la qualité de l'air	x	x	x
	Mettre en œuvre une qualité urbaine, paysagère et architecturale	x	x	x
Développement territorial	Optimiser l'utilisation des ressources et développer les filières locales et les circuits courts			x
Environnement et Climat	Produire un urbanisme permettant d'anticiper et de s'adapter aux risques et aux changements climatiques			x
	Viser la sobriété énergétique et la diversification des ressources au profit des énergies renouvelables et de récupération	x	x	x
	Limiter la production des déchets, développer et consolider des filières de valorisation et de recyclage dans une logique d'économie circulaire			x
	Préserver la ressource en eau et en assurer une gestion qualitative et économe			x
	Préserver et valoriser la biodiversité, les sols et les milieux naturels			x

Dans les tableaux précédents nous abordons l'éco-conception en indiquant les principaux paramètres selon les priorités de chacun des groupes de la chaîne de valeur de la construction. L'objectif est de définir les interactions possibles entre les 3 groupes. On peut remarquer que certains indicateurs sont uniquement qualitatifs dans la mesure où il est difficile de définir des paramètres quantitatifs à la conception d'un éco-quartier. Dans le cas des paramètres

décrivant les impacts environnementaux des produits de construction et de bâtiments une partie du chemin est achevé dans la mesure où les constructeurs peuvent construire un profil environnemental d'un bâtiment en faisant l'addition des impacts des matériaux composants le bâtiment. Dans tous les cas il faudrait que les 3 groupes considèrent les impacts directs sur le milieu naturel au regard de leurs activités. Ce dernier point n'est pas encore en place.

III. CONCLUSIONS

L'ACV est reconnue aujourd'hui comme étant une méthode pertinente à l'évaluation de la durabilité environnementale d'un produit (par ex. verre, brique, tuile) ou d'un système de construction (ex. fenêtre, mur, toiture). Même si des études existent (Peuportier, Popovici et Trocmé, 2004) qui illustrent l'ACV à l'échelle d'un quartier, l'application de l'ACV à l'échelle urbaine est encore lacunaire en raison des difficultés inhérentes à la caractérisation d'un éco-quartier. En effet il y a des indicateurs utilisés pour définir un éco-quartier qui ne sont pas quantitatifs et sont peu cohérents à l'échelle d'un bâtiment ou des matériaux de construction. De fait, ceci pose des difficultés à la définition de l'unité fonctionnelle d'un système urbain.

L'étude ACV a montré les principaux facteurs aux impacts environnementaux d'un produit de construction. La représentation de ces impacts apporte des pistes d'amélioration en termes d'éco-conception d'un processus de fabrication ou d'un matériau de construction. La collecte des données reste cependant une contrainte importante à la modélisation nécessaire pour réaliser l'ACV.

Il est possible, en s'appuyant sur la richesse d'information du modèle actuelle conçu pour l'élaboration des déclarations environnementales des produits, d'adapter ce dernier aux processus de simulation des impacts environnementaux des produits et de certaines étapes du processus de production. La gestion de cette information est déjà en place au sein de départements de certains fabricants de matériaux et constructeurs. Au cours de cette recherche bibliographique on a noté les efforts des acteurs de la chaîne de valeur de la construction. Ces efforts concernaient notamment les processus de consommation d'énergie qui visent à réduire la production de CO₂ et l'épuisement des ressources fossiles. L'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments constitue un axe d'amélioration prioritaire.

Parmi les solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique il existe des solutions qui concernent directement une bonne gestion et utilisation des matériaux de construction, à l'instar d'une bonne isolation thermique, ou encore d'une meilleure étanchéité des murs et des toits. Ce type de solutions a un impact direct sur le périmètre urbain ou rural considéré.

Lors de l'analyse des impacts environnementaux d'un produit ou d'un système ainsi que l'évaluation de son impact sur un territoire, il est conseillé de définir en premier lieu les objectifs de l'étude et de vérifier les résultats sur un minimum de deux territoires éco-quartiers. Réaliser ce type d'études (impact des matériaux de construction et des bâtiments sur un éco quartier) sur 2 territoires différents permet d'évaluer les spécificités en termes de

caractéristiques environnementales d'un territoire ainsi que les différentes catégories de solutions proposées (type de matériaux à utiliser) qui ne sont pas forcément les mêmes et qui varient selon les caractéristiques environnementales d'un territoire.

Au travers d'enjeux clairement identifiés il est essentiel de préparer le territoire à cette transition. Les différentes normes et labels étant considérés comme des leviers de la mise en œuvre de cette adaptation ne sont pas les seuls outils à mettre en place il est également nécessaire d'avoir une « conscience collective » de la part des acteurs de la chaîne de valeur de la construction.

La construction des immeubles et le renouvellement urbain représentent un enjeu important au niveau de la gestion des ressources (matières premières, énergie, eau et déchets). En raison de la durée de vie des bâtiments, il est indispensable pour les constructeurs d'anticiper l'amélioration des niveaux de performance environnementale des immeubles et de développer de vraies solutions durables afin de limiter l'augmentation des dégâts sur le territoire concerné.

La satisfaction d'exigences en termes d'objectifs environnementaux des futurs utilisateurs des immeubles peuvent être guidées par la connaissance des aspects environnementaux du territoire impacté par l'immeuble considéré, ainsi que par la compréhension et l'observation des phénomènes climatiques comme l'humidité de l'air, la température et le rayonnement solaire, phénomènes à observer à moyen et à long termes. De plus, il est également important de mesurer les changements et les pertes de biodiversité des territoires concernés en raison des conséquences de la construction. Aujourd'hui il existe des études portant sur les impacts sur la biodiversité en raison de l'intervention humaine. Cependant celles-ci ne traitent pas des liens directs entre les différents scénarios en termes d'utilisation des matériaux, c'est-à-dire, les choix de matériaux pour réaliser une construction et ses impacts sur la biodiversité sur un territoire.

La gestion de l'information sur les différents logiciels peut nous permettre de voir des résultats alternatifs dans le cas d'évaluation d'impacts des différents types de matériaux, ainsi que leurs impacts sur l'environnement. En changeant les variables du modèle, nous pouvons voir l'impact de chaque composant d'un bâtiment sur l'ensemble. La simulation est utile dans un large spectre de conditions mais pas encore très claire en termes d'impacts directs sur un éco-quartier. La validité de la source d'information (bases de données, mesures de consommation d'énergie et d'eau, type et quantité de déchets) utilisée déterminera la précision des résultats et des décisions prises à partir de la simulation résultante. Au moment

du choix des matériaux de construction ou de la solution adoptée, la simulation servira soit à justifier ces choix, soit à revenir plus en amont à la démarche de sélection.

Table de tableaux

Tableau 1. Tableau de bord essentiel des indicateurs pour suivre la SNTEDD 2015-2020. ...	17
Tableau 2 - Paramètres décrivant les impacts environnementaux	22
Tableau 3. Les composants d'une fenêtre – source : la guide sectoriel de l'éco-construction.	26
Tableau 4. Contribution de la fenêtre aux impacts environnementaux - la guide sectoriel de l'éco-construction.....	27
Tableau 5. Rubriques environnementales traitées dans les trois certifications	29
Tableau 6. Surfaces et part occupées par les espaces naturels et semi-naturels en 2008 (en ha). Source : http://www.per.alsace.developpement-durable.gouv.fr	39
Tableau 7. Paramètres environnementaux selon la NF 15804	45
Tableau 8. Paramètres décrits dans le référentiel HQE.....	46
Tableau 9. Paramètres décrits dans les engagements du label EcoQuartier.....	46

Table de Figures

Figure 1. Schéma du développement durable –	15
Figure 2. Indicateurs de suivi de la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020 - enjeux écologiques majeurs. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.	16
Figure 3. Représentation d'un AVC - Source: Ministère français de l'éducation, Sciences et techniques industrielles. Allard 2015	19
Figure 4. Fenêtre à frappe ouvrant caché. Source: VMA 50.....	27
Figure 5. Des éco-quartiers au 08 décembre 2016 – Source : DGALN Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature – AD4.....	35
Figure 7. Typologie climatique du territoire français en 8 classes. Source Joly et al. (2010).	37
Figure 8. Degrés-Jours et ensoleillement mensuels en 2014 à Mulhouse. Source : infoclimat.fr	38
Figure 9. Températures moyennes mensuelles en 2014 à Mulhouse. Source : infoclimat.fr...	38
Figure 10. Pression et vent mensuels en 2014 Mulhouse. Source: infoclimat.fr	38

Figure 11. Etapes de définition des indicateurs..... 44

Table des matières

Préface.....	2
Remerciements.....	3
Résumé.....	4
Abstract.....	5
Sigles et abréviations.....	6
Sommaire.....	7
1. Cadre de l'étude.....	8
1.1. Structure d'accueil – Saint Gobain.....	8
1.2. Centre de Recherche et de Développement de Chantereine (CRDC).....	8
1.3. Problématique.....	9
1.4. Les principales notions théoriques liées aux préfix ECO.....	12
2. Cadre bibliographique régissant l'éco-conception.....	15
2.1. Notions théoriques.....	15
2.2. Paramètres décrivant les impacts environnementaux : nature et étendue.....	21
2.3. Le diagnostic environnemental des Matériaux de Construction (MC).....	24
3. Diagnostic environnemental d'un produit de construction.....	26
3.1. Diagnostic environnemental d'un produit de construction.....	26
3.2. Les Certifications environnementales internationales pour la conception et la construction des bâtiments.....	28
3.3. Eco-conception à l'échelle d'un territoire.....	29
3.4. Eco-quartier.....	30
4. Présentation du territoire d'étude.....	36
4.1. Mulhouse – Programme local de l'habitat 2012-2017.....	36
4.2. Le Climat à Mulhouse.....	37
4.3. Les enjeux environnementaux – Milieu naturel.....	39
4.4. La rénovation des quartiers mulhousiens.....	41
5. Méthodologie pour la construction des indicateurs d'éco conception.....	43
5.1. Méthode de construction.....	44
6. Construction de paramètres et indicateurs.....	45

IV. REFERENCES WEB & BIBLIOGRAPHIQUES

Les références WEB sont soulignées

CNTE, C. I. (2015, juin). . Consulté le juin 25, 2017, sur Proposition d'indicateurs de suivi de la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable 2015-2020 : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Etudes_et_documents/2015/ed127-_proposition-indicateurs-sntedd-juin2015.pdf

AB, E. I. (s.d.). *The Internaional EPD System*. Consulté le 06 16, 2017, sur EPD: <http://www.environdec.com/>

Agglomération, M. A. (s.d.). *www.mulhouse.f*. Récupéré sur Programme local de l'habitat 2012 - 2017: <http://www.mulhouse.fr/fr/programme-local-de-lhabitat/>

Allard. (2015). Consulté le aout 26, 2017, sur http://eduscol.education.fr/sti/ressources_pedagogiques/gyropode-activite-choix-de-materiaux-et-acv

Alliance HQE - GBC. (s.d.). *Alliance HQE - GBC*. Consulté le juillet 21, 2017, sur <http://www.hqegbc.org/accueil/>

Atmosphérique, L. C. (2016, decembre 1). *CITEPA*. Consulté le aout 28, 2017, sur <http://www.citepa.org/fr/>

Bruno Peuportier, E. P. (2004). *Ecole des Mines de Paris, Centre Energie et Procédés*. Consulté le aout 02, 2017, sur Analyse de cycle de vie à l'échelle du quartier: file:///C:/Users/julian/Downloads/ACV_quartier_ADEQUA.pdf

Roux, C G. H. (2016, juin 15). Consulté le 08 2017, 28, sur Éco-Conception des ensembles bâtis et des infrastructures: <http://www.chaire-eco-conception.org/fr/content/183-l-analyse-de-cycle-de-vie-un-outil-d-aide-a-la-conception-de-projets-urbains>

Canada, S. E. (s.d.). Consulté le juin 16, 2017, sur Appauvrissement de la couche d'ozone: <https://www.ec.gc.ca/ozone/default.asp?lang=Fr&n=2ED3F6DA-1>

data.org, C. (s.d.). Clima data.org. Consulté le aout 26, 2017, sur <https://fr.climate-data.org/region/362/>

Deshayes, P. (2012). *Le secteur du bâtiment face aux enjeux du développement durable : logiques d'innovation et/ou problématiques du changement*. Consulté le 06 16, 2017, sur Innovations: <http://www.cairn.info/revue-innovations-2012-1-page-219.html>

Direction regionale de l'Envrionnement, (2017, juin 19). Consulté le 25 aout, 2017, sur <http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/l-eco-construction-a277.html>

Dollfus, F. (s.d.). *La republique de Mulhuse*. Consulté le aout 25, 2017, sur <http://www.republique-de-mulhouse.net/home.htm>

Durable, U. v. (s.d.). *UVED*. Consulté le mai 05, 2017, sur <https://www.uved.fr/a-propos/les-missions-duved/>

Labouze, E R. L. (1995, novembre). La comptabilité de l'environnement - Paris. *Revue française de comptabilité*, p. 92.

Echos.fr, L. (2005, juillet 27). Consulté le aout 25, 2017, sur Mulhouse, la belle industrielle: https://www.lesechos.fr/27/05/2005/LesEchos/19422-535-ECH_mulhouse--la-belle-industrielle.htm

Eco quartier Daudet. (s.d.). Consulté le 06 16, 2017, sur <http://www.projetdaudetsmh.fr/le-projet-urbain/le-label-ecoquartier/>

Escadeillas, G. (2006). LES ECO-MATERIAUX DANS LA CONSTRUCTION : ENJEUX ET PERSPECTIVES. *Journées scientifiques du Regroupement francophone pour la recherche et la formation sur le béton*, <http://www-lmdc.insa-toulouse.fr/RF2B/Actes-RF2B-2006/%25pdf-Escadeillas.pdf>.

Gattino, O. C. (1992). Indicateurs et tableaux de bord, Paris : AFNOR Gestion, 1992, 245 p. Paris. Consulté le mai 06, 2017, sur Agora 21: <http://wwwv1.agora21.org/entreprise/biblio.htm>

Gendron Y. (2007). De l'éco-quartier à la politique urbaine durable. Strasbourg: <http://www.inet-ets.net/wp-content/uploads/2014/10/atelier-22.pdf>.

GIEC. (s.d.). *Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)*. Consulté le juin 16, 2017, sur http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml

gouv.f. (s.d.). *Carto.per.alsace.developpement-durable*. Consulté le aout 28, 2017, sur http://carto.per.alsace.developpement-durable.gouv.fr/1/mesures_protection_gestion.map

Heliot, R. (s.d.). *Cedis*. Consulté le 06 16, 2017, sur Ville durable et eco-quartiers: <http://www.cedis-formation.org/wordpress/wp-content/uploads/2010/09/%C3%89COQUARTIERS-internet.pdf>

Henri, A. (s.d.). *Cedis*. Récupéré sur Formation pour des élus: <http://cedis-formation.org/media/Offreformationnvxelus.pdf>

Hydroquebec. (s.d.). Récupéré sur <http://www.hydroquebec.com/developpement-durable/centre-documentation/analyse-cycle-de-vie.html>

INIES. (s.d.). Consulté le juin 17, 2017, sur Les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment: <http://www.inies.fr/accueil/>

INSE. (s.d.). *Institute national de la statistique et d'études économiques*. Consulté le 07 23, 2017, sur <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1644>

IV, P. I. (s.d.). *Eco construction*. Consulté le juin 16, 2017, sur Association Eco Territoire: <http://www.interreg4-fwvl.eu/admin/upload/project/pdf/117-fr.pdf>

Ministere de la Transition ecologique et Solidaire. (2016, Novembre 15). Consulté le aout 25, 2017, sur <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/leco-conception-des-produits>

Ministre de la Cohésion des territoires. (2016, juin 17). *Label ÉcoQuartier*. Récupéré sur [Label ÉcoQuartier: http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/IMG/pdf/label_ecoquartier_rapport_jund.pdf](http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/IMG/pdf/label_ecoquartier_rapport_jund.pdf)

Mulhouse.fr. (s.d.). *Programme de rénovation urbaine*. Récupéré sur <http://www.mulhouse.fr/fr/programme-de-renouvellement-urbain/>

Parisien, L. (s.d.). *Dictionnaire.sensagent*. Consulté le mai 05, 2017, sur <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/D%C3%A9veloppement%20durable/fr-fr/>

Publiques.fr, S. (s.d.). *Collectivites-locales*. Consulté le aout 25, 2017, sur <https://www.collectivites-locales.gouv.fr/comptes-des-communes-et-des-groupements-a-fiscalite-propre-donnees-individuelles-millesimes-2000-a>

Solidaire, M. d. (s.d.). *Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN)*. Consulté le aout 18, 2017, sur <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/direction-generale-lamenagement-du-logement-et-nature-dgaln>

Territoires, M. d. (2016, decembre 06). *Les ÉcoQuartiers*. Consulté le juin 15, 2017, sur <http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/les-ecoquartiers>

Vasco, I. G. (2013). *Ekopolis*. Consulté le juin 24, 2017, sur Guide sectoriel d'éco-conception : <https://www.eco-conception.fr/data/sources/users/7/docs/2014-01-10-guide-materiaux-de-construction-final.pdf>