

Projet de Fin d'Etudes

**Analyse comparée des techniques
urbaines mises en œuvre dans le
cadre de la conception des
écoquartiers**



2009-2010

Directeur de recherche
BENABDALLAH Mourad

LIU Chen
PAN Shasha
YANG Mo

**Analyse comparée des techniques
urbaines mises en œuvre dans le
cadre de la conception des
écoquartiers**

2009-2010

**Directeur de recherche
BENABDALLAH Mourad**

**LIU Chen
PAN Shasha
YANG Mo**

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer tout une partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à l'ensemble des personnes qui ont suivi et soutenu lors de la réalisation de ce projet de recherche.

A cet effet, je remercie tout d'abord M. Benabdallah, tuteur de ce projet, qui a su nous conseiller et nous guider pas à pas dans l'élaboration de ce projet.

Ensuite, je souhaite remercier l'ensemble des acteurs rencontrés dans le cadre de ce projet.

- M.DUBOIS, Conseil technique en économie d'énergie & énergie renouvelable Energie Les Espace Info-Energie.
- M. Delleske, ingénieur du Forum de Vauban.
- Mme. ANCELLE, Chargée de mission – ADOPTA (Association Douaisienne pour la Promotion des Techniques Alternatives en matière d'eaux pluviales).
- Hélène Bailleul, UMR CITERES Ecole Polytechnique de l'Université de Tours Département Aménagement.
- Marc-André PHILIPPE, ingénieur DPE, maître de conférences Polytech'Tours Aménagement
- M. Jose Serrano, Enseignant chercheur, Polytech'Tours Aménagement

Leur disponibilité et leur intérêt sont à l'origine même des éléments de réflexions présentés dans ce mémoire.

SOMMAIRE

Avertissement.....	4
Formation par la recherche et projet de fin d'études	5
Remerciements.....	6
Sommaire	7
Introduction	8
Partie 1 LA DEFINITION DES ECOQUARTIERS.....	10
1. Les définitions existantes des écoquartiers.....	11
2. Qu'est-ce qu'un écoquartier ? – La définition adoptée	14
Partie 2 Problématique et hypothèse d'études	19
1. Les enjeux et problématiques rencontrés dans les écoquartiers	20
2. Les problématiques spécifiques dans le volet environnemental des écoquartiers et hypothèse.....	24
Partie 3 Analyses comparées des techniques	35
1. L'éco-construction.....	36
2. Energie.....	69
3. La gestion des eaux	99
Partie 4 Ecoquartier idéal	129
1. Introduction.....	130
2. Politiques publiques d'incitation et financement envisageables.....	132
3. La gouvernance et dimension socioculturelle	135
Conclusion.....	137
Bibliographie.....	138
Table des figures.....	144
Tableau.....	146
Table des matières.....	147

INTRODUCTION

Les écoquartiers attirent de plus en plus d'intérêt dans le monde. Ils possèdent deux termes liés, à savoir, « quartier » et « écologique ». Cependant, quels sont leurs secrets de construction ? Afin de réduire au maximum les impacts sur l'environnement, de plus en plus de nouvelles techniques sont utilisées en prenant en compte l'énergie, le traitement d'eau, les transports, le traitement des déchets, la biodiversité, l'éco-construction etc. Toutefois, dans ce vaste panel, existe-t-il des techniques majeures ou déterminantes pour en faire un véritable écoquartier, et quelles techniques doit-on choisir en priorité ? De plus, est-ce que toutes les techniques sont transposables ?

Le modèle d'écoquartier s'est construit en moins de deux décennies à travers trois phases essentielles. La conception a commencé par le proto-quartier durable dans les années 1980 ; il s'agit plus souvent d'un ensemble bâti restreint situé en périphérie des villes, voire dans des zones rurales. Dans les années 1990, le prototype du quartier durable est apparu, mais il a été limité à des opérations de démonstration pour les techniciens et pour les responsables politiques locaux. A partir du milieu des années 1990, ces quartiers ont commencé à évoluer dans une perspective de développement durable et cela à une plus grande échelle.

Aujourd'hui, avec la création du quartier Vauban à Fribourg en Allemagne, Bedzed en Angleterre, Vesterbro au Danemark, Montréal au Canada, la ZAC de la Bonne à Grenoble en France, Dong tan à Shanghai en Chine, le concept d'écoquartier s'est élargi au monde entier afin de diminuer la consommation énergétique, les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), les impacts du changement climatique et d'améliorer la santé des habitants.

Après avoir analysé plusieurs exemples d'écoquartiers en Europe, nous mettrons en évidence la problématique générale suivante : « **Quels choix techniques sont à préconiser dans les écoquartiers ?** »

Pour répondre cette question dans notre sujet de projet de fin d'études « Analyse comparée des techniques urbaines mises en œuvre dans le cadre de la conception des écoquartiers », nous ferons des analyses approfondies des techniques existantes dans trois domaines particuliers: l'éco-construction, les énergies et la gestion des eaux.

Nous choisirons uniquement les trois domaines, à cause de manque de temps.

Notre recherche se présentera autour de quatre parties de la façon suivante :

- La définition d'un écoquartier : cette partie s'attachera à définir les notions fondamentales d'un écoquartier et nous proposerons notre propre définition d'écoquartier.

- Problématique et Hypothèse d'études : cette partie présentera les problématiques générales relatives aux techniques et la problématique individuelle pour chacun des trois champs retenus par nos soins. Nous formulerons alors une hypothèse par rapport à chaque domaine.
- Analyse comparées des techniques : nous analyserons les techniques existantes à travers chacune des thématiques identifiées et justifierons nos problématiques spécifiques pour chaque domaine.
- Écoquartier idéal : nous considérons que la gouvernance et les financements sont aussi importants que les techniques pour élaborer un écoquartier dans des conditions idéales.

PARTIE 1

LA DEFINITION

DES ECOQUARTIERS

1. Les définitions existantes des écoquartiers

Ecoquartier, ou quartier durable¹, est une expression de la modernité urbanistique, c'est-à-dire une nouvelle façon de concevoir la ville. Comment définit-on un écoquartier ? Il existe plusieurs définitions, élaborées par des chercheurs, par l'Etat, par des collectivités etc. Cependant, la notion d'écoquartier est absente du vocabulaire à l'échelle internationale. Dans notre recherche, nous commençons par analyser et étudier les définitions existantes aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle d'une communauté urbaine.

11. Accord de Bristol sur «Quartier durable»

Un quartier durable est une zone de mixité fonctionnelle développant un esprit de quartier ; c'est un endroit où les personnes veulent vivre et travailler, maintenant et dans le futur. Les quartiers durables répondent aux divers besoins de leurs habitants actuels et futurs, ils sont sensibles à l'environnement et contribuent à une haute qualité de vie. Ils sont sûrs et globaux, bien planifiés, construits et gérés, et offrent des opportunités égales et des services de qualité à tous. - Accord de Bristol², Conclusions of Ministerial Informal on Sustainable Communities in Europe, Bristol, 6 – 7 December 2005

12. Dans l'esprit du Grenelle Environnement

Dans l'esprit du Grenelle Environnement, un EcoQuartier se doit aussi d'être un quartier durable, englobant des considérations liées aux transports, à la densité et aux formes urbaines, à l'éco-construction, mais également à une mixité sociale et fonctionnelle et à la participation de la société civile. -Ecoquartier Grenelle³

13. La définition de MEEDDM par l'Etat français

En 2007, le ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a mis en ligne un site internet qui permet de guider les actions des collectivités territoriales pour retrouver les principes fondamentaux de l'élaboration d'un écoquartier et les opérations pilotent déjà réalisées. De même, il lance le concours⁴ annuel aux candidatures en faveur des écoquartiers.

¹ Dans son ouvrage, Taoufik SOUAMI utilise les deux expressions sans distinction. Taoufik SOUAMI, *Ecoquartier : Secrets de fabrication- Analyse critique des exemples européens*, Les Carnets de l'Info, Paris : 2009, P.21.

² Les EnR, « Aménager un quartier durable : les objectifs », [En ligne], <http://www.lesenr.fr/urbanisme-durable/objectifs.html>, (page consultée le 8 mai 2010)

³ MEEDDM, « Ecoquartier », [En ligne], <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Eco-quartiers,7162.html>, (page consultée le 8 mai 2010)

⁴ L'objectif du concours : « assurer une reconnaissance aux collectivités ayant entamé des démarches exemplaires d'aménagement durable, attirer l'attention sur les plus vertueuses d'entre elles par l'octroi d'une distinction spécifique. »

En 2008, le ministère affichait dix principes fondateurs pour établir un écoquartier⁵ :

- 1- *Une façon globale et interactive de penser.*
- 2- *Une maîtrise de la croissance urbaine*
- 3- *Une réorganisation des déplacements*
- 4- *Une implantation de l'écoquartier en continuité avec l'urbanisation existante.*
- 5- *Une conception intégrant neuf principaux paramètres : création d'emploi ; modes de transport alternatif ; éco-construction ; protection des espaces naturels ; gouvernance participative ; choix énergétique raisonné ; système alternatif d'assainissement ; lutte contre les nuisances sonores ; prévention des risques.*
- 6- *Une densification générée par l'invention de nouvelles formes urbaines.*
- 7- *Une éco-construction ou écorénovation prenant en compte les qualités urbaines, sociales, d'usage, environnementales et sanitaires, économiques.*
- 8- *Une gouvernance partenariale et un management environnemental.*
- 9- *Une maîtrise d'ouvrage fédératrice pour le montage d'un écoquartier.*
- 10- *Une législation au service du projet*

Cette définition indique les critères globaux pour concevoir un écoquartier. D'une part, il s'agit de faire penser les aménageurs et de conduire les projets d'une nouvelle façon. D'autre part, la définition vise à inciter davantage la maîtrise d'ouvrage à analyser la législation amenée à évoluer de manière plus fine. Enfin, elle touche les aspects environnementaux, sociaux et économiques en accord avec les trois piliers du développement durable.

14. Un écoquartier selon la Communauté Urbaine de Lille

En 2007, la **Communauté Urbaine de Lille (Lille Métropole Communauté Urbaine)** a élaboré une définition afin d'établir un label qui permet de caractériser les projets initiés sur son territoire en écoquartiers. Cette définition est constituée par les onze aspects suivants⁶ :

1. *Le choix du site, si possible dans le tissu urbain existant.*
2. *La densité et la mixité urbaine : au moins 40 logements/ha + commerces et services de proximité intégré.*
3. *La dépollution des sols anciennement industriels.*
4. *La priorité aux déplacements alternatifs à la voiture afin de minimiser l'impact du stationnement et de la circulation automobile dans l'espace public.*
5. *La gestion alternative des eaux pluviales de voiries consistant, entre autre, à maximiser les surfaces perméables et récupérer les eaux de pluie.*
6. *Les espaces verts permettant de lutter contre la pollution de l'air par la présence de végétaux ; L'aménagement de couloirs biologiques préservant la biodiversité.*

⁵ Pierre Lefèvre et Michel Sabard, *Les écoquartiers*, APOGEE, 11 février 2009. P.11

⁶ Pierre Lefèvre et Michel Sabard, *Les écoquartiers*, APOGEE, 11 février 2009. P.13-14

7. *L'utilisation des matériaux à faible impact environnemental dans l'espace public.*
8. *La gestion des déchets : collecte, tri sélectif et prévention déjections canines.*
9. *La réduction de l'inconfort climatique et du bruit, à l'extérieur comme à l'intérieur.*
10. *L'éclairage urbain économe en énergie utilisant des énergies alternatives produites sur place.*
11. *Le réseau de chaleur urbain utilisant le chauffage urbain en cogénération.*

La Communauté Urbaine a été confrontée à des problématiques locales, dépendantes du contexte local : la dépollution des sites, la gestion des eaux pluviales dans une ville inondée, la stratégie énergétique, la gestion des déchets et les besoins de redynamiser la création d'emplois. De plus, au travers de cette définition d'écoquartier, il apparaît que l'écoquartier s'intègre dans la démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) dans le domaine des bâtiments et dans les démarches environnementales concernant la conception de quartiers (y compris les espaces publics). La définition implique également une démarche participative associant les habitants et favorise la mixité fonctionnelle.

15.«Ecoquartier» dans la vision des chercheurs

Dans le livre *Les écoquartiers*⁷ écrit par **Pierre Lefèvre et Michel Sabard**, les auteurs présentent les deux définitions précédentes du MEEDDM et de LMCU. Les deux chercheurs les comparent la en donnant leur point de vue pour un écoquartier.

- *Vers une définition partagée*

Dans les deux définitions, les éléments communs sont les plus déterminants puisqu'ils traversent les échelles, du planétaire au local. Dans la plupart des villes, il existe des invariants : les différentes thématiques des techniques pour minimiser les impacts environnementaux, le choix du site, le déplacement, la concertation et la participation des habitants. Ces éléments sont incontournables dans les deux définitions du MEEDDM et de LMCU. Si on compare les deux définitions, l'Etat et la communauté lilloise ont suivi les grandes orientations en définissant un écoquartier, mais il existe également des différences selon leur propre contexte. Le MEEDDM met un accent sur le management de la maîtrise d'ouvrage ou la gouvernance. Cela n'est pas présenté dans la définition de la communauté de Lille. Ainsi, les grands principes dans la définition d'écoquartier sont les mêmes. A ceux-ci peuvent s'ajouter d'autres caractéristiques, d'où la multiplication des définitions.

- *L'implantation de l'écoquartier*

Selon le MEEDDM et le LMCU, on doit prendre compte du choix du site pour un écoquartier. Un écoquartier prioritairement dans les zones déjà urbanisées afin de maîtriser la croissance urbaine. D'après les auteurs, *un écoquartier qui serait construit au milieu des champs ou contribuerait d'une façon ou d'une autre à accélérer*

⁷ Pierre Lefèvre et Michel Sabard, *Les écoquartiers*, APOGEE, 11 février 2009. P.15

l'urbanisation de la campagne périurbaine, de ses espaces naturels comme de ses terres agricoles, ne serait pas un véritable écoquartier. En revanche, un écoquartier qui serait à réaliser dans une friche, industrielle, militaire ou portuaire avec l'objectif de requalifier l'ensemble urbain serait un facteur de développement durable.

En effet le phénomène principal de «croissance urbaine interne» détermine le construire « la ville sur la ville »⁸.

- ***L'offre en transport alternatif et pensé à la densité***

Les deux définitions ont aussi montré les importances stratégiques d'une diversification des moyens de déplacement et de rapprochement des transports collectifs. Une continuité de circulations douces assure un meilleur lien entre le quartier et l'ensemble de la ville. Egalement, on trouve les caractéristiques des paramètres sur la mixité des populations et la mixité intergénérationnelle, qui permettent de développer la solidarité et le lien social.

- ***L'éco-construction dans une nouvelle morphologie urbaine***

L'approche HQE donne les nouvelles organisations urbaines tentant d'harmoniser la nature et l'architecture. La notion d'habitat-jardin est également un élément important pour l'amélioration de la qualité de vie dans les quartiers.

- ***La ré-naturalisation du milieu urbain et L'essor de la démocratie participative***

La définition du MEEDDM n'a pas fait figurer la nature dans ses paramètres. Les espaces verts apparaissent dans la liste lilloise et prennent part à la construction du bien-être de la population. Dans les deux définitions, des manques sont constatables sur la notion de la participation des habitants. Leur consultation et implication devrait faire partie intégrante de la nouvelle gouvernance.

2. Qu'est-ce qu'un écoquartier ? – La définition adoptée

Le terme d'écoquartier est de plus en plus utilisé aujourd'hui bien qu'aucune définition officielle n'existe à ce jour. Dans ce rapport, à partir de différentes définitions proposées par des chercheurs et des collectivités territoriales, nous avons pu établir notre propre définition de ce qu'est un écoquartier.

Un écoquartier est un quartier :

- **en accord avec les finalités de l'urbanisme durable...**

Avant tout, la création d'écoquartiers est orientée par les grands enjeux en matière d'urbanisme qui sont les suivants :

- La lutte contre le changement climatique et la protection de l'atmosphère
- La préservation des ressources naturelles (énergie, matières, eau, espace) et de la

⁸

Pour résister aux tentations de l'étalement urbain

biodiversité

- L'amélioration de la qualité de l'environnement local (pollution des sols, de l'air, de l'eau, nuisances sonores, gestion des déchets...)
- L'équité sociale, qui se traduit par l'accessibilité de tous à l'emploi, au logement, aux services et équipements collectifs
- La mixité et la diversité des territoires et des populations
- La solidarité entre les territoires (ou l'intégration des territoires) et entre les populations
- L'attractivité économique du territoire, liée au développement des modes de production et de consommation durables.

- **...qui s'intègre dans l'ensemble de la ville...**

*Un écoquartier se veut d'abord un morceau de ville, comme l'indique la définition dans la démarche HQE²R : Un projet de quartier durable (ou d'écoquartier) se caractérise par la mise en œuvre d'une démarche projet visant à répondre – à son échelle – aux enjeux globaux de la planète, aux enjeux locaux afin d'améliorer la qualité de vie de ses habitants et usagers, et de contribuer à la durabilité de la ville.*⁹

C'est un choix qui relie les actions d'aménagement urbain aux politiques publiques locales, un croisement entre les actions sur l'environnement et celles touchant aux dimensions socio-économiques, en ouvrant des pistes pour faire une ville durable.

Les écoquartiers ne sont pas seulement conçus pour les habitants, mais aussi pour les usagers du quartier et de la ville (employés, commerçants, visiteurs, promeneurs, etc.). À cet égard, il est nécessaire de considérer dans une approche durable la complexité des périmètres qu'utilisent réellement les habitants. Également, le quartier durable intègre les autres périmètres et espaces de la ville. Autrement dit, les autres échelles peuvent fournir de multiples services, équipements et aménagements en intervenant dans le quartier et assurer la compensation des manques manifestés dans le quartier.

- **...en cohérence avec des logiques de développement durable...**

Les quartiers durables considèrent des approches de développement durable. En France, il existe l'approche environnementale sur l'urbanisme (AEU) qui est réalisée par l'ADEME. Elle est une approche globale, transversale et stratégique, qui permettrait de mettre en œuvre une démarche de développement durable dans un projet d'écoquartier, de passer à des bonnes pratiques thématiques (notamment environnementales) et de contribuer ainsi à la durabilité de la ville. D'ailleurs, cette méthode permet de représenter les principes du développement durable en identifiant les enjeux afin de fixer des objectifs opérationnels adaptés et de contribuer à la qualité environnementale des projets d'écoquartiers.

Mise à part l'AEU, il existe d'autres démarches par rapport aux projets de quartiers durables, qui sont mises en œuvre aux différentes échelles de territoire, du niveau international au niveau local. Ces démarches donnent des outils à la fois conceptuels, métrologiques et opérationnels aux élus et aux professionnels de l'aménagement urbain

⁹ Suden.org Réseau Européen du développement Urbain durable, « *Ecoquartier / quartier durable* », [En ligne], <http://www.suden.org/fr/developpement-urbain-durable/ecoquartier-quartier-durable/>, (page consultée le 8 mai 2010).

pour la conception et la mise en œuvre de projets d'écoquartier. Par exemple, la démarche HQE^{2R}¹⁰ est issue d'un projet européen coordonné par le CSTB et cofinancé par la Commission européenne. Elle s'appuie en France sur la démarche Haute qualité Environnementale (HQE), qui intègre le développement durable dans les projets d'aménagement et de renouvellement des quartiers. HQE^{2R} établit des définitions ou éléments métrologiques indispensables en évaluant des projets de quartiers durables. En Angleterre, la BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) est une certification anglaise qui a largement utilisé la méthode d'évaluation environnementale des bâtiments. Elle fixe les normes pour la meilleure pratique dans la conception durable et permet de mesurer la performance environnementale d'un bâtiment. Or, « Le Leadership in Energy and Environmental Design » (LEED) est un système nord-américain de standardisation de bâtiments à haute qualité environnementale créé par le US Green Building Council.

Toutes ces démarches sont des éléments concrets facilitant la rédaction des cahiers des charges indispensables à l'amélioration de la qualité de vie dans ces quartiers.

- **Un écoquartier est aussi un quartier qui renforcer la cohérence sociale et qui apporte des opportunités de développement économique**

Afin de limiter l'étalement urbain, un écoquartier peut permettre la densification par une nouvelle forme urbaine. Il favorise la mixité fonctionnelle en maintenant la potentialité d'un développement économique. Par exemple, la reconversion de friches (friches industrielles, friches portuaires, les terrains militaires etc.) peut concourir à la redynamisation d'un quartier dévitalisé. Ce sont des zones urbanisées, avec une surface importante (presque ≥ 10 ha), en train de perdre leurs activités économiques. Les reconversions ont le potentiel d'augmenter l'attractivité des zones urbanisées et de réhabiliter les quartiers délaissés. Ceux-ci pourraient être transformés en vrais quartiers durables en acquérant un dynamisme économique par la création d'emplois, une mixité fonctionnelle et sociale et par la mise en place de logements diversifiés, d'activités commerciales, d'équipements, d'espaces publics (jardin d'îlot, parc..) de qualité. De plus, le partage des dessertes locales est renforcé, ce qui permet de faciliter la communication entre les usagers du quartier et de favoriser les modes doux de déplacement. Par l'implantation de logement diversifié tel que de l'habitat social :

- Le Prêt Locatif à Usage Social (PLUS) vise à favoriser la mixité sociale et à rendre l'habitat plus solidaire. A l'intention des organismes HLM et des sociétés d'économie mixte, il permet de financer la construction, l'acquisition, l'amélioration de logements.
- Le Prêt Locatif Aidé d'Intégration (PLAI) est un prêt aidé de l'Etat permettant un financement bancaire en vue d'un achat, d'une construction ou d'une rénovation de logements gérés par des organismes HLM et sociétés mixtes à destination des personnes à très faibles revenus, de personnes âgées, des personnes handicapées.
- PLS(Le prêt locatif social) s'adresse aux personnes ayant un revenu plus élevé.

Ainsi, l'accession sociale à la propriété est permise et des logements libres¹¹ participent aussi à un esprit d'équité sociale.

¹⁰ **HQE^{2R}** : Une démarche pour intégrer le développement durable dans les projets d'aménagement et de renouvellement des quartiers. ("sustainable renovation of buildings towards sustainable neighbourhoods").

¹¹ **Les logements libres**, sont des logements vides, les appartements libres et non occupés ainsi que les bureaux vides pour loger des familles et particuliers

- **Un quartier qui minimise les impacts environnementaux**

Par ailleurs, les nouvelles technologies sont des outils impliqués pour minimiser les impacts environnementaux dans différents domaines comme le transport, l'énergie, la gestion des eaux, les déchets, la préservation de la biodiversité, l'éco-construction etc.

- **Pérennisé par un effort collectif**

Enfin, conformément à l'Agenda 21, un écoquartier se réalise dans la concertation publique et renforce ainsi la solidarité entre les populations. Les habitants sont associés en amont des projets, ils sont les futurs gestionnaires, voire exploitants du quartier. Dans la conception des quartiers interviennent les élus, les techniciens et les habitants. En effet, les solutions environnementales adoptées dépendent d'un bon usage mais aussi d'une gestion attentive et directe. Une telle gestion est assurée par les habitants, par exemple par l'organisation de forums.

PARTIE 2

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESE D'ETUDES

1. Les enjeux et problématiques rencontrés dans les écoquartiers

11. Les modes d'implantations des écoquartiers

Il y a une dizaine d'années, les collectivités et les urbanistes reconnaissent que la création d'un quartier dans la campagne périurbaine entraîne des coûts élevés en infrastructures. De plus, il existe des arguments écologiques lorsqu'un écoquartier s'implante dans un milieu naturel : la consommation du sol, la désorganisation de la biodiversité et l'augmentation de dépense des ressources en réseau urbain. Pour ces raisons, il est nécessaire de construire la ville sur la ville.

- **La reconversion de friches, portuaires, industrielles, militaires, ferroviaires**

Les friches militaires localisées dans les périphéries sont progressivement rattachées au centre-ville au fur et à mesure de l'étalement urbain. Le Royaume-Uni a par exemple rencontré des problèmes d'extension urbaine et des difficultés sociales dans les quartiers périphériques en déclin dans les années 1950. Plus récemment, les friches ont représenté des opportunités de développement urbain. On voit que les reconversions ou les requalifications des projets dans les friches participent à l'étalement urbain. Dans ce contexte, les écoquartiers contribuent-ils à la fabrication de l'étalement urbain ?

En recherchant si les écoquartiers ont été implantés en continuité avec l'urbanisation existante, on trouve que la plupart des écoquartiers ont été construits sur des friches urbaines. En Allemagne, le quartier Vauban se situe dans une caserne française, s'intégrant ainsi au centre-ville. Pour relier le quartier au centre-ville, une ligne de tramway a été créée en définissant un tracé dans le plan d'aménagement du quartier. Cependant, la distance ne représente que 4 km soit une quinzaine de minutes à vélo. D'un côté, le quartier Vauban nous illustre le cas réussi de reconversion de friches militaires. D'un autre côté, la création d'un réseau de déplacement collectif et d'un projet urbain en extérieur participe à l'extension de la ville.

Il y a également des écoquartiers qui ont été construits sur des friches portuaires comme celles de Malmö, à Stockholm en Suède, qui ont réussi à être reconverties en écoquartier. Lorsque les sites sont localisés dans les couronnes urbaines, donc les projets sont réalisés en développant les transports en commun pour diminuer la circulation des voitures et minimiser les impacts environnementaux. Néanmoins les déplacements des voitures n'ont jamais été arrêtés. De plus, selon le rapport *Evolution du projet. Environnement BO01*¹², le système de covoiturage ne fonctionne pas car la compagnie responsable a arrêté son activité après l'exposition de l'habitat¹³. Nous remarquons que les reconversions des écoquartiers dans les friches ne sont donc pas si durables dans le domaine du transport.

¹²Lausanne, Retour d'expérience quartier Bo01 - Bo01 "cité de demain", *Evolution du projet. Environnement BO01*, [En ligne],

<http://www.lausanne.ch/Tools/GetLinkedDoc.asp?File=16660.pdf&Title=Retour+d'exp%E9rience+quartier+Bo01>, (Page consultée le 12 mai 2010) P.11

¹³ Bo01 city of tomorrow, une exposition d'habitat européenne

La situation est la même pour les friches industrielles positionnées en première ou deuxième couronne, à proximité des grandes infrastructures. Les exemples démontrent bien que les reconversions des zones industrielles en écoquartiers sont remarquables. Cependant, d'un autre point de vue, la construction de la ville sur la ville cache aussi la création de futurs centres d'urbanisation de plus en plus éloigné du centre-ville en étalant le tissu urbain et en visant les problèmes de transports. Comment peut-on trouver une implantation durable d'écoquartier ?

Selon **Pierre Lefèvre** et **Michel Sabard**, « *d'une façon générale, l'urbanisation est un phénomène planétaire inévitable à long terme. Le moindre mal est de le canaliser et de l'inscrire dans un aménagement cohérent du territoire.* »¹⁴.

- **La requalification du centre-ville et la réhabilitation des quartiers**

Certaines grandes villes ont déjà consommé la totalité de leur territoire si bien que l'urbanisation ne peut pas gagner du terrain tant sur les banlieues que sur les communes périphériques. C'est pourquoi les projets de réhabilitation des quartiers anciens ont été valorisés et considérés comme majeurs par les collectivités locales. En France, la ville de Grenoble a lancé son projet d'écoquartier de la ZAC de Bonne a été construit dans une caserne en ville et a donc permis d'éviter l'étalement urbain contrairement aux exemples présentés précédemment. Ce projet tend à organiser les espaces d'hypercentre et à créer une relation entre la fonction résidentielle et le développement des fonctions centrales (équipements publics). De plus, selon la liste des écoquartiers établie par Taoufik SOUAMI¹⁵, il existe plusieurs projets de réhabilitation d'écoquartiers tels que le quartier des Courtilières en Île-de-France, la Duchère dans la ville de Vénissieux et Malakoff le PréGaucher à Nantes. Par ailleurs, par rapport aux projets situés en cœur de ville, il ne faut pas oublier que les caractéristiques d'un terrain et le mode occupation traditionnel entraînent des difficultés pour une véritable urbanisation sur ces sites.

- **L'urbanisation de la périphérie urbaine**

Les écoquartiers sont majoritairement implantés dans le tissu urbain existant, mais il y a aussi des exemples d'écoquartiers construits dans la périphérie urbaine. En Angleterre, le quartier Bedzed à Londres a été établi dans la périphérie urbaine, sur un terrain de superficie modeste et de moindre coût qu'en centre-ville. Ainsi, les 82 logements et leurs équipements complets sont partiellement éloignés du centre urbain. Il est probable que la construction des écoquartiers dans le périurbain contribue à l'étalement urbain, notamment à cause de la fortes densité urbaine qui orientent les projets d'écoquartiers vers l'extérieur du tissu urbain.

12. La mixité fonctionnelle

L'IAU (Institut d'aménagement et d'urbanisme) Île-de-France, d'après l'ANRU¹⁶ et du Comité d'évaluation, a réalisé une étude sur **la mixité fonctionnelle**¹⁷ dans les

¹⁴ Pierre Lefèvre et Michel Sabard, *Les écoquartiers*, APOGEE, 11 février 2009. P.26

¹⁵ Taoufik SOUAMI, *Ecoquartier : Secrets de fabrication- Analyse critique des exemples européens, Annexe1*, Les Carnets de l'Info, Paris : 2009, P.204

¹⁶ Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine

opérations de rénovation urbaine. Cette étude concerne les activités économiques (artisanales, commerciales), les bureaux, les équipements et les services publics dans le cadre des projets urbains. A l'heure actuelle, on voit que la mixité fonctionnelle est au service du projet urbain. En Europe, beaucoup de projets d'écoquartier prétendent une mixité fonctionnelle et la liaison entre lieu d'habitation et lieu de travail. Ils intègrent des équipements, des bureaux et des espaces pour les activités. A Londres, BedZED¹⁸, un quartier compact, comprend 82 logements et 3200 m² de bureaux et assure une mixité fonctionnelle voire une mixité sociale. En Suède, à Stockholm, le quartier Hammarby¹⁹ contient 10 000 logements et 200 000 m² de bureaux. Grâce à la mixité fonctionnelle et à la densité, le quartier Hammarby permet d'accueillir 20 000 habitants et 10 000 d'emplois. La mixité fonctionnelle progressivement s'adapte aux projets d'écoquartier.

Le quartier Vauban est bon exemple d'illustration des techniques durables. Cependant, il montre des limites en raison du manque de mixité fonctionnelle à ses débuts. Aujourd'hui, le quartier possède une école, des commerces et des café-restaurants. Par rapport au passé, Vauban commence donc à développer la mixité fonctionnelle. Pourtant, les surfaces des bureaux restent très limitées. Représentant l'un des grands enjeux dans les écoquartiers, la mixité fonctionnelle devrait ainsi être intégrée au projet dès sa création.

- **L'attractivité et le bien-être dans le quartier**

Dans ce contexte, la mixité fonctionnelle est devenue un grand enjeu porté par les écoquartiers. On note que la mixité emplois-logements rassure également les usagers qui souhaitent travailler sur le même lieu pour avoir une animation de la vie du quartier. Elle permet aux habitants des écoquartiers de diminuer la distance de travail-domicile et de renforcer des centralités ou polarités avec des formes variées. De même, les diverses activités des écoquartiers peuvent améliorer l'attractivité du quartier et diminuer les déplacements des habitants. En particulier, les équipements sont ouverts à tous les usagers de l'écoquartier, voire aux habitants des quartiers voisins, et contribuent à la dynamique de la vie sociale et culturelle.

- **L'économie locale du quartier**

Par ailleurs, la mixité fonctionnelle comprend également un enjeu économique. Les écoquartiers peuvent développer l'offre de commerces ou des activités économiques afin de valoriser l'économie locale et d'encourager une culture de développement durable (label de qualité...)

La mixité fonctionnelle des projets d'écoquartier comporte de grands avantages, mais il faut aussi prendre en compte quelques problèmes. En effet, il peut se présenter un piège

¹⁷ IAU (Institut d'aménagement et d'urbanisme, Île-de-France), *La mixité fonctionnelle dans les quartiers en rénovation urbaine. Synthèse*, [En ligne], <http://www.iau-idf.fr/nos-etudes/detail-dune-etude/etude/mixite-fonctionnelle-quartiers-en-renovation-tome1.html>, (Page consultée le 11 mai, 2010)

¹⁸ WWF pour une planète vivante, *REDUIRE L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE AVEC LES QUARTIERS DURABLES* WWF, [En ligne], http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PLAKET_QUARTIERS_DURABLES_BD_1__cle618cb2.pdf, (Page consultée le 11 mai 2010)

¹⁹ ZHANG Tong, *GREEN NORTH Sustainable urbanism and architecture in Scandinavia*, Don Nan University, janvier 2009. P.13

de non-durabilité. Même si très bien équipés (logements, bureaux, commerces, équipements etc.), les écoquartiers mal intégrés aux réseaux de transports collectifs ou situés loin du centre-ville ne peuvent pas être considérés comme durables. De même, dans la mesure où les bureaux dans les projets sont en nombre restreint, peu d'habitants travaillent en réalité dans l'écoquartier. Taoufik SOUAMI indique qu'aucun quartier ne consacre 50 % de ses surfaces aux activités et que les bureaux ne représentent qu'en moyenne 10 à 20 % des surfaces totales²⁰.

13. La mixité sociale

Les écoquartiers sont des pôles d'animation urbaine où les habitants peuvent être de statuts sociaux différents et de générations distinctes. La multiculturalité et les caractéristiques diverses des habitants impliquent une mixité sociale et une mixité intergénérationnelle dans les écoquartiers. Elles permettent la cohabitation sur un même territoire de groupes variés par l'âge, la nationalité, le statut professionnel et les revenus.

- **Les logements sociaux dans les écoquartiers**

En France, la volonté de mixité sociale est traduite dans la politique publique et la présence de logements sociaux dans les projets urbains. La loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) impose un minimum de 20 % de logements sociaux dans toutes les communes des agglomérations de plus de 50 000 habitants. Selon cette orientation et *Les 10 principes et objectifs pour des quartiers durables* WWF²¹, on trouve que WWF promeut la justice sociale et un développement économique local (et international équitable) avec au moins 25 % de logements sociaux. L'écoquartier de la ville de Grenoble a prévu 850 de nouveaux logements dont 35 % de logements sociaux, ce qui illustre un autre exemple de la mise en place de logements sociaux dans les écoquartiers. On voit que la présence d'une offre de logements sociaux donne une réponse importante afin d'atteindre un équilibre social. Il semble donc nécessaire de contrôler les ratios de logements sociaux programmés dans ces quartiers.

- **Le « bon profil » des écoquartiers**

Le concept d'écoquartier pourrait rappeler un cadre de vie privilégié, qui revoie aux récepteurs supposés de ce lieu privilégié. De plus, les constructions écologiques sont coûteuses, donc un écoquartier semble vite exclure des populations des classes défavorisées. L'écoquartier d'Hammarby à Stockholm se situe à proximité du centre-ville, mais le caractère innovant de ses infrastructures et la qualité du paysage, qui a nécessité une dépollution, ont été fort coûteux. De plus, le quartier est aussi équipé de dispositifs particulièrement économes en énergie. Ces éléments expliquent le haut niveau des charges et doublent les prix de location ou d'accession. Par conséquent, le projet attire peu de jeunes viennent de s'installer. Au contraire, les retraités aisés veulent

²⁰ Taoufik SOUAMI, *Ecoquartier : Secrets de fabrication- Analyse critique des exemples européens*, Annexe1, Les Carnets de l'Info, Paris : 2009, P.65

²¹ WWF pour une planète vivante, *REDUIRE L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE AVEC LES QUARTIERS DURABLES* WWF, [En ligne], http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PLAKET_QUARTIERS_DURABLES_BD_1__cle618cb2.pdf, (Page consultée le 11 mai 2010)

habiter dans un écoquartier qui est bien desservi et aussi proche du centre.

Les villes doivent donc trouver le « bon profil » pour leurs écoquartiers afin d'avoir une équité et de permettre l'accessibilité à la population. Excepté la façon performante de la mise en œuvre des logements sociaux (exemple français), il faudra également prendre en compte les stratégies d'aide aux populations les plus modestes pour réduire leurs charges.

2. Les problématiques spécifiques dans le volet environnemental des écoquartiers et hypothèse

21.Introduction

Le volet environnemental constitue est un grand enjeu essentiel pour la conception de développement d'un quartier durable. Dans le cadre de la conception des écoquartiers, il est nécessaire de prendre en compte les champs du développement durable, l'objectif environnemental est donc un point très important que l'on doit bien traiter. L'atteinte de cet objectif permettra de contribuer à la réduction des impacts environnementaux et du changement climatique.

Depuis le milieu des années 1990, dans les pays du Nord de l'Europe, l'Allemagne, la Suisse, la diffusion du concept de développement durable a porté un foisonnement réglementaire imposant sa prise en compte dans divers champs techniques, visant la mise en œuvre de politiques environnementales.

En France, bien plus tard, l'Approche Environnementale de l'Urbanisme (AEU) a été développée non seulement pour contribuer au respect des exigences réglementaires en matière d'environnement, mais sur tout pour favoriser la recherche d'un « mieux environnemental » et énergétique dans les pratiques urbanistiques.

La mise en application de l'AEU se concrétise par le traitement de différentes thématiques environnementales. La démarche d'AEU a décliné les principaux enjeux en 7 domaines :

- Déplacement : Diminuer trafic automobile et augmenter usage de transport en commun et de modes doux ;
- Energie : Lutter contre le changement climatique par la réduction de la consommation énergétique et l'utilisation d'énergie renouvelable ;
- Eau : Préserver des sols, réduire la consommation d'eau par la récupération des eaux pluviales et la gestion des eaux usées ;
- Déchets : Réduire des déchets et augmenter le taux de recyclage pour diminuer les impacts sur l'environnement ;
- Environnement sonore : Réduire les nuisances acoustiques ;
- Climat : Lier à celle de l'énergie et du bâtiment et s'agir de lutter contre le changement climatique.
- Biodiversité : Conserver les formations végétales et les entités paysagères

En France, la démarche d'AEU est déjà appliquée dans la conception des écoquartier. Donc, le terme Ecoquartier renvoie le plus souvent à l'idée de performances énergétique et environnementale liées aux bâtiments, à l'eau, aux déchets ou à la biodiversité. A fin d'atteindre cet objectif, les nouvelles technologies liées aux différents domaines environnementaux, comme la gestion des eaux, l'éco construction, l'énergie, la gestion des déchets, le transport, sont mise en œuvre dans des écoquartiers.

22. Les problématiques sur les choix techniques

Aujourd'hui, on peut voir que les techniques dans sur les domaines environnementaux sont des clés de la conception des écoquartiers pour atteindre les objectifs environnementaux.

Les écoquartiers présentent des innovations techniques majeures. Mais, les solutions adoptées dans ces projets ont été expérimentées depuis quelques années et sont bien connues.

Même si des techniques ont déjà été expérimentées, mais elles sont relativement nouvelles. Il existe donc des absences d'expériences. Dans certains cas, les erreurs de conception et des dysfonctionnements sont apparus sur les choix techniques. Ces dysfonctionnements sont en grande partie liés à l'absence de compétences requises lors de la conception ou pendant la mise en œuvre des dispositifs. Ainsi, les pilotes des projets ont fait face de manière différente aux conséquences de leur choix de diversification des solutions.

Par exemple, le quartier à GWL-Terrein, les réservoirs d'eaux pluviales récupérées se sont avérés trop bas pour desservir le réseau de distribution existant, d'où le recours à des pompes. Le quartier à Kreuzberg, la réalisation des toitures végétalisées a été défailante et n'a pu être correctement combinée avec la réfection de certaines toitures.

²² A Vauban, le dispositif de traitement des eaux usées très sophistiqué n'a jamais fonctionné depuis 1995.

De plus un certain nombre de réalisation en Europe n'a pas atteint l'objectif énergétique, à cause de multiples raisons techniques, financières, environnementales, etc. Ainsi, le bilan final des réductions des GES n'est pas à la hauteur des espérances.

Donc pour notre projet de fin d'étude,

Un enjeu essentiel : Quelles sont les choix techniques essentiels à préconiser dans la conception d'un écoquartier ?

A cause de temps, on ne peut pas analyser les 7 domaines environnementaux. On a choisi 3 domaines : le bâtiment durable à travers l'éco-construction, l'énergie et la gestion de l'eau.

Il est à observer que ces trois domaines sont liés aux ressources. De plus, des matériaux s'inscrivant dans une démarche d'éco-construction sont liés à la notion de performance énergétique, de réduction de la consommation d'énergie fossile. Le domaine de la gestion de l'eau permet d'économiser les ressources en eau. Ils peuvent donc bien répondre des exigences de lutte contre le changement climatique.

²² Source : Taoufik SOUAMI, *Ecoquartier : Secrets de fabrication- Analyse critique des exemples européens*, Les Carnets de l'Info, Paris : 2009, P.78

121. Problématique particulière de l'éco-construction

a) Prévention de l'environnement

Dès les années de 60, la définition d'éco-construction a été donnée. Afin de diminuer au maximum d'impact sur l'environnement et de réduire la consommation d'énergie et la consommation de l'eau chaude et protéger la santé des habitants, pendant la construction des bâtiments, le concept d'éco-construction fait appel à des matériaux de construction et d'isolation d'origine naturelle ou industrielle en limitant les émissions de CO₂. En outre, ces bâtiments peuvent utiliser aussi des énergies renouvelables et naturelles comme l'énergie solaire, l'éolienne, du biogaz, et ils peuvent utiliser des systèmes de traitement d'eau et des systèmes de traitement des déchets etc.

Pour respecter à l'environnement et l'écologie dans la construction des bâtiments, il faut prendre en compte les caractéristiques des matériaux renouvelables et recyclables tout au long du cycle de vie d'un bâtiment aussi bien dans les phases de construction, de l'exploitation, de l'entretien, de la rénovation et de fin de vie, voire dans tous les phases de processus tout en tenant compte des ressources. Il y a des principes principaux à observer, par exemple, la durabilité des matériaux de construction, l'efficacité énergétique et l'efficacité des matériaux etc. On doit choisir un ou des principes, ils peuvent fonctionner ensemble pour bien éco-construire, notamment, les principes dirigeant sont repris par la notion de Bâtiment Basse Consommation et de haute qualité environnementale.

Par ailleurs, la démarche d'éco-construction concerne différents types de logements, bâtiments publics, les logements collectifs, et également les aménagements des espaces publics.

b) Problématique d'éco-construction

i. *Les émissions de CO₂ du secteur résidentiel-tertiaire*

En 2006, le secteur de construction représente 23% des émissions totales de CO₂ en France, soit plus 120 millions de tonnes de CO₂ et 32,7 millions de tonnes de carbone ce qui en fait de la troisième source d'émission qui justement suivi les transports (34%) et l'industrie manufacturière (24%).²³

Selon la carte suivante, on peut trouver :

Entre 1970 et 2006, les émissions de CO₂ du secteur résidentiel-tertiaire a diminué de 19 %, parce que la diminution de contenu carbone des énergies utilisées, notamment pour le chauffage et la production d'eau chaude.

Entre 1980 et 1990, les émissions de CO₂ du secteur résidentiel-tertiaire ont diminués de 26%.

Mais entre 1990 et 2006, les émissions de CO₂ de ce secteur a augmenté de 10%, ce résultat correspond à une augmentation de la consommation d'énergie de ce secteur.

²³ Stat environnement, [En ligne], <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/index.php?id=3520>, (Page consultée le 10 mai 2010)

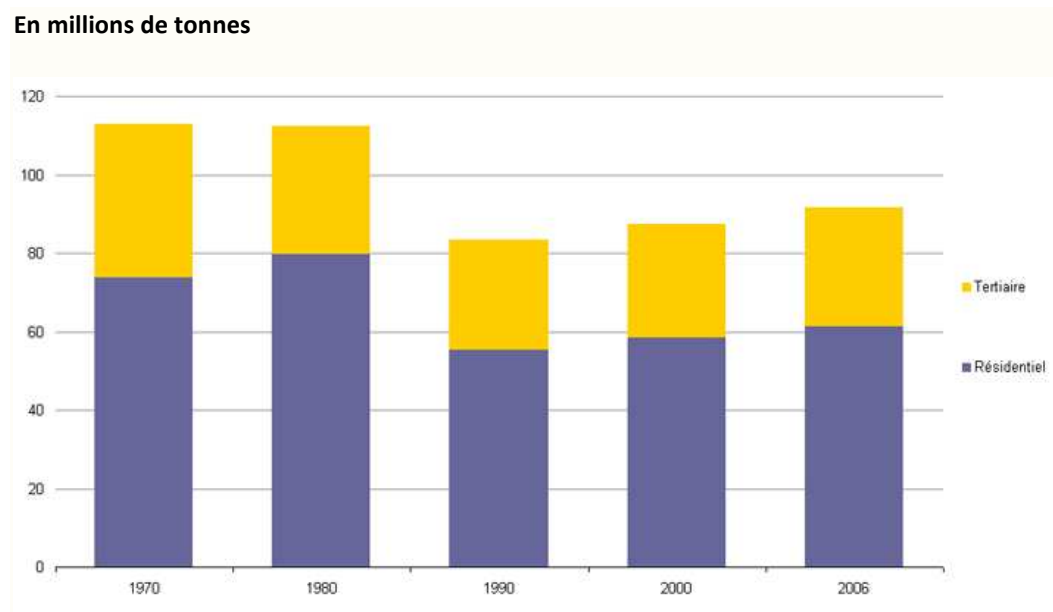


Figure 1: Les émissions de CO2 du secteur résidentiel-tertiaire²⁴

ii. *Les consommations d'énergie du secteur résidentiel-tertiaire*

Pour reconnaître la consommation d'énergie par différents secteurs, nous pouvons regarder comment l'énergie est consommée en France.

²⁴ Source : www.ifen.fr

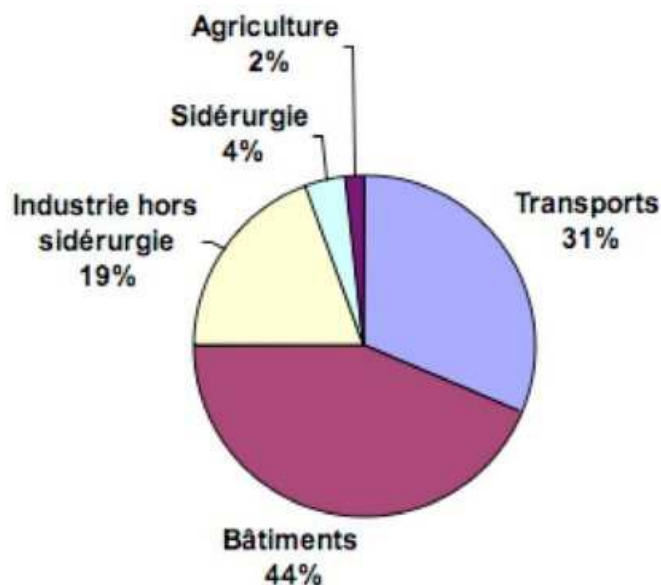


Figure 2: Les consommations d'énergie du secteur résidentiel-tertiaire²⁵

On observe que les bâtiments consomment de 44% d'énergie, 31 % dans les transports, et 23% dans l'industrie. Donc le secteur de bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie.²⁶

Ce résultat de la situation de bâtiment montre que si le bâtiment est mal isolé, il peut être une source importante d'économie d'énergie.

Afin de correspondre à limiter les pertes en énergies soit diminuer la consommation d'énergie, et afin du confort des bâtiments et de la protection de la santé des habitants, ce qui sont les grandes enjeux, on doit choisir une bonne isolation naturelle qui comprend la toiture, les murs, les fenêtres etc.

c) La problématique spécifique et l'hypothèse de travail

Après avoir analysé l'impact des bâtiments dans l'émission de CO2 et la consommation d'énergie, on peut affirmer que le bâtiment est l'un des principaux pollueur et il est le premier consommateur. Donc l'utilisation des matériaux naturels de construction visant à faire chuter ces émissions de CO2 et les consommations énergétiques est primordiale.

Mais *comment peut-on choisir les matériaux s'inscrivant dans une démarche d'écoquartier ?* Par rapport à cette problématique spécifique, une hypothèse spécifique peut être énoncée: « **Les matériaux permettant de concrétiser la notion d'éco-construction sont transposables en toute circonstance lors de la conception d'un écoquartier** ».

²⁵ <http://klnavarro.free.fr/spip/spip.php?article103>

²⁶ <http://klnavarro.free.fr/spip/spip.php?article103>

122. Problématique spécifique de l'énergie

A partir de la figure 3, on peut voir que les énergies fossiles constituent la principale source d'énergie de l'humanité. A cause de l'évolution démographique et économique, on consomme de plus en plus de l'énergie. La consommation

énergétique croissante conduit à se poser

beaucoup de questions dont 3 interrogations majeures qu'on doit prendre en compte:

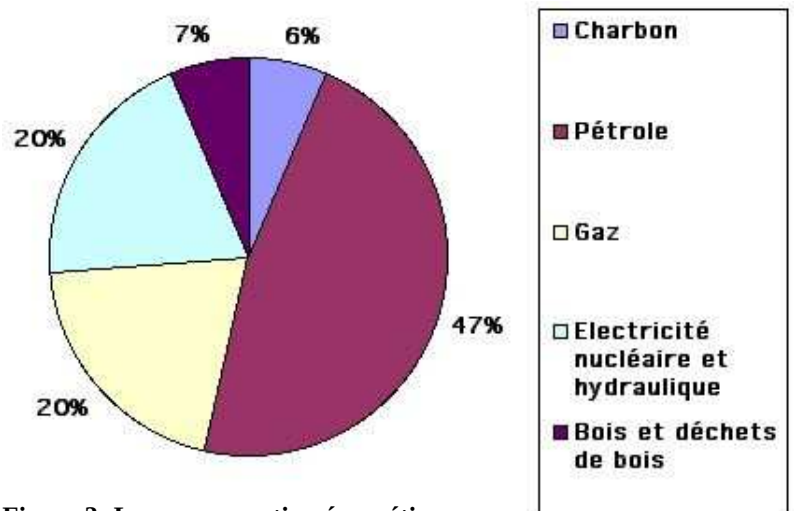


Figure 3: La consommation énergétique

Source : <http://www.manicore.com/documentation/economies.html>

- les ressources sont limitées ce qui va conduire à une pénurie ;
- le prix va augmenter rapidement et continuellement à cause de la croissance économique;
- la production, le transport et la consommation de l'énergie conduisent à un accroissement de la concentration des gaz à effet de serre et à un changement climatique qui sera lourd de conséquences.

a) Enjeux de l'énergie

Aujourd'hui, les enjeux majeurs sont :

- l'économie de la consommation énergétique
- la lutte contre le changement climatique.

Il est donc urgent de mettre en œuvre des mesures qui permettent de limiter puis de faire décroître la consommation des énergies fossiles et lutter contre le changement climatique.

Afin d'atteindre des deux objectifs, le dispositif des certificats d'énergie a été introduit par la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE²⁷). Ce dispositif vise plus particulièrement les importants gisements d'économies d'énergie diffus des secteurs résidentiel et tertiaire et s'appuie sur les fournisseurs d'énergie pour promouvoir l'efficacité énergétique auprès de leurs clients.

De plus, on peut aussi se tourner vers l'énergie renouvelable qui contribuent tout particulièrement au développement énergétique durable. La France a mis en œuvre une stratégie ambitieuse de développement des énergies renouvelables, depuis 2007 et le

²⁷ Loi POPE: Loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique

Grenelle de l'environnement. Le Grenelle de l'environnement a ainsi identifié la production d'énergies renouvelables comme l'un des deux piliers en matière énergétique, le second étant l'augmentation de l'efficacité énergétique des bâtiments. Suite au Grenelle de l'environnement, un groupe de travail s'est réuni et a établi un scénario de référence pour atteindre l'objectif de 23% d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie finale qui est fixé par la directive européenne 28/CE/2009²⁸.

En France, le secteur des bâtiments consomme 46% d'énergie finale et contribue à 25% des émissions de gaz à effet de serre, représente le principal gisement d'économies d'énergie exploitable immédiatement. Donc, le secteur des bâtiments est placé au cœur de la lutte contre le changement climatique et d'économie de la consommation énergétique par la loi Grenelle de l'environnement. La directive de l'éco conception a déjà mis en œuvre pour atteindre ces objectifs. Donc, dans le cadre de la conception des écoquartiers, on doit bien exécuter la directive de l'éco conception et le développement de l'énergie renouvelable.

Dans le domaine d'énergie, à travers des écoquartiers existants, on peut voir que beaucoup de techniques en utilisant de l'énergie renouvelable sont mis en place dans le cadre des écoquartiers. Ils bénéficient des énergies solaires, éolienne, géothermiques, la biomasse pour répondre des besoins de la chaleur et de l'électricité.

b) Hypothèse spécifique

Pour notre recherche, on ne considère que l'utilisation énergétique par rapport à des besoins de la chaleur et de l'électricité dans le domaine d'énergie. On prend en compte de des besoins en chauffage en ce qui concerne tous les bâtiments dans le cadre des écoquartiers. Comme des logements, des bureaux, des hôtels, des écoles, des centres commerciaux, etc.

Comme on a parlé dans la problématique générale, des dysfonctionnements des techniques qu'on a mis en des écoquartiers sont apparus à cause de mal choix des techniques, de l'absence des compétences, le problème de financement sur la mise en œuvre des techniques, etc.

Donc, aujourd'hui, l'enjeu de technique dans le cadre des écoquartiers est : quels choix techniques dans le cadre de la conception des écoquartiers.

Hypothèse :

Pour répondre de la problématique, on prend l'hypothèse spécifique sur l'énergie :

Les choix techniques dans le domaine de l'énergie ne sont pas transposables à appliquer dans le cadre de la conception des écoquartiers. Ils dépendent leur configuration du site et son environnement.

L'environnement concerne l'enjeu politique local, l'investissement économique et financier, les maitrises des techniques, les réglementations sur des techniques, etc.

²⁸ Source : Politique de développement des énergies renouvelables sur le site de Ministère De L'Ecologie, De L'Energie, Du Développement Durable et De la Mer

123. Problématique singulière de l'eau

a) Introduction générale

i. *L'eau : des situations délicates*

L'eau, une ressource indispensable pour la vie et pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres, ainsi que pour les activités humaines, est consommée par les domaines de l'agriculture, de l'industrie et de l'alimentation domestique. Il n'existe pas un problème global de l'eau à l'échelle de la planète, mais plutôt une grande diversité de répartition inégale et de disponibilité de cette ressource. De plus, la surexploitation des nappes pose aussi des problèmes écologiques. Aujourd'hui, on voit que l'eau fait face à des situations de plus en plus critiques :

ii. *La guerre de l'eau*

Guerre mondiale de l'eau:²⁹ *C'est un terme inventé par des écologistes pour un type de conflit en raison d'un manque aigu de l'eau pour boire et irriguer. Environ 40% des populations du monde sont déjà affectés à certain niveaux. En plus, la croissance démographique, le changement climatique et les hausses du niveau de vie déclinèrent la situation. L'Agence d'Environnement de L'ONU prévient que approximativement 3 milliards d'habitant manqueront sévèrement d'eau dans 50 ans. Des points d'ignition possibles ont été prévus dans le Moyen-Orient, les parties de l'Afrique et dans beaucoup de bassins fluviaux majeurs du monde, y compris Danube. Le terme a été utilisé pendant quelques années pour décrire des discussions aux États-Unis du sud et du Sud-ouest sur des droits à l'extraction d'eau de rivières et des aquifères. -Michael Quinion, World Wide Words, 1996-2006.*

En 2009, l'ONU et le Conseil mondial de l'eau montrent qu'une crise d'eau affectera près de la moitié de la population mondiale d'ici 2030. La situation deviendra être critique vers 2050 quand environ 5 milliards d'habitants devront faire face à de sérieuses problématiques d'approvisionnement en eau.

b) Les impacts des changements climatiques sur l'eau

Les changements climatiques concernent les pays du monde entier, mais apportent des effets particulièrement destructifs sur les territoires densément peuplés par des conséquences comme : de violentes tempêtes, des inondations, la montée du niveau des mers et la sécheresse. Ils alourdissent le problème de l'eau et posent des urgences dans les régions du monde. Par exemple, en Europe, les régions de la Méditerranée, quelques parties centrales et de l'Est sont les plus enclines à une augmentation du risque de sécheresse. Ceci appelle à développer la planification d'utilisation durable de l'eau. A cause du changement climatique, les pays concernés par une situation souffrant d'un déficit en eau verront cette ressource diminuer. Il est probable que, tant en raison du changement climatique que des retraits croissants d'eau, le secteur affecté par le manque

²⁹World water wars, « Definition: "World Water War" », [En ligne], <http://www.worldwaterwars.com/>, (Page consultée le 9 mai 2010)

sévère d'eau augmentera la concurrence croissante pour des ressources en eau disponibles.

Ces situations délicates impliquent la nécessité de gérer la ressource en eau qui devient une problématique sans frontière et à toutes les échelles. Notamment, en voyant les conséquences du changement climatique comme les risques d'inondation et de sécheresse, la gestion des **eaux pluviales** devient un grand enjeu de l'eau.

i. *Problématique de l'eau et l'urbanisme durable*

Les réflexions sur la gestion des eaux en terme de développement durable commencent à partir du Grenelle Environnement. L'extension des territoires urbanisés engendre des impacts environnementaux : l'augmentation des prélèvements pour l'alimentation en eau potable, l'accroissement des rejets, la fragmentation des milieux naturels, etc. De même, l'eau est essentielle pour les écosystèmes aquatiques et favorise la diversité biologique. De plus, les cours d'eau peuvent créer un lien entre nature et population. Les cours d'eau et plans d'eau permettent le dynamisme des paysages tout en améliorant la qualité de vie. En France, les documents d'urbanisme sont révisés pour intégrer l'eau dans la planification. Afin d'être en accord avec l'urbanisme durable, les impacts de l'eau doivent être pris en compte en amont des projets structurants à l'échelle d'un territoire.

ii. *Problématique générale de l'eau en l'urbanisme:*

Comment gérer l'eau dans les projets d'aménagement étant en accord avec l'urbanisme durable?

Face à cette problématique, une réponse technique en réduisant la consommation d'eau via de bonnes pratiques est envisagée dans les projets. Les écoquartiers, les projets plus ambitieux dans les agglomérations en termes d'urbanisme durable, sont plus sensibles à la gestion durable de l'eau. Ils adoptent en effet des techniques innovantes.

c) *Les enjeux de la gestion de l'eau dans les écoquartiers*

A travers les écoquartiers en Europe, la gestion de l'eau (en Anglais : water concept/water management) devient de plus en plus importante pour minimiser les impacts environnementaux. En effet, l'éco-gestion ou la gestion durable de l'eau permet de restaurer le cycle de l'eau et préserver la ressource locale en eau douce. En France, l'imperméabilisation excessive de la ville et le rejet des eaux pluviales au réseau d'égouts, qui est lié au système traditionnel du "tout à l'égout" unitaire, sont responsables de déséquilibres importantes du cycle de l'eau telles que les inondations et la dégradation de la qualité d'assainissement des eaux usées.

L'enjeu de la gestion de l'eau est aussi économique. En effet, la gestion de l'eau préventive coûte beaucoup moins cher que la gestion traditionnelle du cycle de l'eau. Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales ont en effet montré leur potentiel d'économie financière. Par ailleurs, la gestion de l'eau touche également un enjeu de qualité urbaine, de qualité d'usage et de convivialité. L'eau dans le quartier

permettrait d'animer le paysage, de conforter la présence du végétal ou de réguler la température en été.

De même, il existe un enjeu très important : celui de la gouvernance qui est à la fois orientée par les volontés politiques de développement durable et contribue à l'amélioration de la qualité de vie quotidienne dans les quartiers. Pour illustrer cela, la gestion de l'eau est un des éléments de la politique de développement durable dans le quartier de Kronsberg à Hanovre en Allemagne. En effet, la ville accueille l'exposition mondiale-EXPO 2000, sur le thème "la nature d'Homme - la Technologie", dont la gestion de l'eau est une partie constitutive du projet. A Stockholm, la ville a établi des objectifs environnementaux pour la gestion de l'eau du quartier d'Hammarby Sjöstad.

En France, Lille métropole (LMCU) indique que « la gestion alternative des eaux pluviales de voiries consiste à maximiser les surfaces perméables et récupérer les eaux de pluie »³⁰ dans sa définition de l'écoquartier. En plus, LMCU précise qu'il faut « étudier de façon détaillée les usages potentiels et besoins en eau pour l'espace public de l'écoquartier (arrosage, ...)»³¹ et « étudier la faisabilité d'une couverture partielle de ces besoins de l'eau pluviale »³².

d) La problématique de la gestion des eaux dans les écoquartiers

Les grands enjeux démontrent que les grandes orientations pour la gestion de l'eau sont la réduction de consommation l'eau, notamment la récupération et la valorisation des eaux pluviales.

Ayant identifié les enjeux de la gestion de l'eau, nous orientons notre recherche vers la question spécifique suit.

Problématique spécifique :

Comment choisir les techniques pour la gestion des eaux dans les écoquartiers ?



Hypothèse spécifique :

Les techniques de la gestion des eaux sont transposables à l'application dans les écoquartiers.

Du point de vue du cycle de l'eau, sa gestion dans les écoquartiers est prise en compte principalement selon deux aspects : **l'économie d'eau potable** et **la gestion alternative des eaux pluviales**.

³⁰ Lille Métropole, « Charte des écoquartiers », *La perturbation du cycle de l'eau*, [En ligne], http://www.lillemetropole.fr/gallery_files/site/152337/152372.pdf, (Page consultée le 9 mai 2010)

³¹ Ibid P.12

³² Ibid P.13

Ces deux aspects se complètent et fondent le système global du concept d'eau dans les écoquartiers. Les techniques de la gestion des eaux sont en lien avec les autres thématiques comme l'énergie, les déchets, la mobilité etc. Ce sont ces trois parties que nous allons développer par la suite en n'oubliant pas de montrer les interactions entre ces thématiques.

PARTIE 3

ANALYSES COMPAREES DES

TECHNIQUES

1. L'éco-construction

Dans ce domaine, je vais principalement présenter les matériaux durables permettant de promouvoir l'éco-construction.

Dans cette partie, seront présentés les matériaux constituant les différents éléments du bâtiment. A ce titre, figurent l'enveloppe de bâtiment, l'isolation, l'étanchéité, le bois pour bardages et le vitrage.

11. Enveloppe des bâtiments

Tout d'abord, sera abordée l'enveloppe des bâtiments.

La définition de l'enveloppe du bâtiment correspond aux éléments qui permettent de séparer l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment, pour protéger l'environnement intérieur et y contrôler le climat. Elle comprend quatre objectifs principaux soit l'intégrité structurelle, le contrôle de l'humidité, le contrôle de la température et le contrôle des limites de pression d'air de toutes sortes. Le contrôle de l'air compte la circulation d'air à travers, dans et hors de l'espace intérieur ce qui affecte l'isolation des bâtiments.

Les composantes de l'enveloppe du bâtiment comprennent les fondations, la toiture, les murs, les portes et les fenêtres. Ces parties se connectent et interagissent pour déterminer l'efficacité et la durabilité de l'enceinte du bâtiment.

Comment mesurer l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment ? Il faut regarder l'élément qui oppose les intempéries et le climat à la qualité de l'air intérieur par apport l'hygiène et la santé publique et à la durabilité du système énergétique et l'efficacité énergétique. Pour répondre à ces objectifs, l'enveloppe du bâtiment doit comprendre une structure solide, un plan de drainage, un pare-air, une barrière thermique, un pare-pluie et un pare-vapeur. En outre, actuellement, des constructions intelligentes utilisent souvent des matériaux naturels pour améliorer la qualité de vie et développement durable.

Donc, cette partie va proposer des exemples de matériaux naturels pour chaque composant de l'enveloppe du bâtiment.

12. Des matériaux d'éco-construction

Les matériaux d'éco-construction sont des matériaux écologiques ou naturels tels que la pierre, la brique de terre crue, le chanvre, la paille, la fibre de bois, la laine de mouton... Ce sont des matériaux conçus dans le respect de l'environnement et ils sont facilement recyclables en ce qui concerne l'isolation, l'étanchéité, les vitrages, les toitures etc.

Mais tout d'abord, on doit connaître quelques définitions liées à l'éco-construction. Les indices des matériaux doivent être bien compris pour bien choisir les matériaux de construction à utiliser. Bien sûr, il ne faut pas seulement faire attention à ces indices, il y a aussi d'autres éléments dont il faut tenir compte comme le coût...

Isolation thermique :

Au moment où il y a deux éléments en contact qui possèdent des températures différentes, il va se produire un échange de chaleur entre eux jusqu'à ce que leurs températures deviennent identiques, et le but de l'isolation est de limiter cet échange de température. Par exemple pour une maison, en hiver il s'agit de freiner ses déperditions de chaleur vers l'extérieur, et en été de freiner la pénétration de chaleur. L'isolation peut permettre de garder les parois de la maison à une température la plus proche de l'air intérieur, de plus la température de la maison sera maintenue stable et la plus fraîche possible sans recours à la climatisation. On utilise souvent **R**, qui définit le Coefficient d'isolation thermique. Plus il est élevé, plus le produit est isolant.

Isolation hydrique :

Elle est une autre chose très importante dans l'isolation, il ne faut pas que de l'humidité puisse se condenser, s'accumuler et provoquer de moisissures. C'est un juste compromis entre conservation de la chaleur et ventilation de l'humidité.

Inertie thermique :

Elle est la capacité d'un matériau à stocker l'énergie ou d'un bâtiment à stocker de la chaleur dans ses murs et planchers. L'inertie thermique permet de garder une maison fraîche en été. En outre plus les éléments constructifs sont lourds (pierre, briques, etc.) plus il y a d'inertie. Il est intéressant de l'utiliser pour faire l'extérieur des murs.

Conductivité thermique:

La conductivité thermique est une valeur propre à chaque matériau. Elle est exprimée en Watt par Kelvin et par mètre ou $W/(K \cdot m)$. Pour bien comprendre, nous prenons l'exemple de l'aluminium, c'est un matériau très conducteur de chaleur. Sa Conductivité thermique est de $237 W/(K \cdot m)$, nous imaginons un mur en aluminium d'un mètre d'épaisseur et dont la surface est $1 m^2$, soumis à un écart d'un degré entre les deux parois, ce mur évacue 237 Watts. Plus la valeur est petite, plus le matériau est isolant.

Et maintenant, je vais commencer par présenter les matériaux de l'éco-construction.

121. L'isolation

a) Isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur est une meilleure solution que l'isolation intérieure qui est plutôt développée dans les pays du nord de l'Europe tel que l'Allemagne. Elle augmente l'inertie thermique de l'habitation et permet avec la même qualité d'isolant de ralentir les pertes de chaleur l'hiver et de conserver la fraîcheur de la nuit dans la maison pendant l'été.

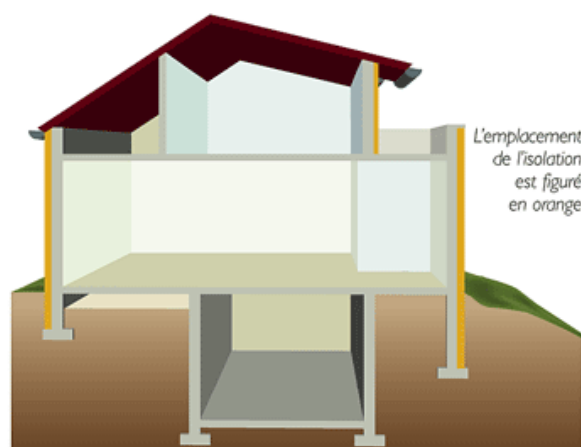


Figure 4: L'isolation par l'extérieur

L'isolation thermique par l'extérieur fixée sur le mur à l'extérieur de l'habitation, assure le traitement thermique de la paroi.

Elle a de nombreux avantages, comme elle ne crée pas de condensation dans les murs qui sont à la même température que l'air ambiant intérieur, il n'émane pas de gaz nocif de polystyrène et de colle dans l'air du logement et elle ne diminue pas la surface habitable.

L'isolation par l'extérieur est plus souvent utilisée sans regret en Allemagne, par contre, en France, l'isolation par l'intérieur qui est principalement utilisée.

Selon l'ADEME, ce type d'isolation permet de mieux réguler les ponts thermiques à l'intérieur de la maison et protège des variations climatiques. Surtout, cette isolation permet de ne pas diminuer la surface habitable.

Sur ses techniques, il y a trois techniques à choisir.

La première technique concerne les enduits minces ou enduits hydraulique. L'enduit mince est composé principalement de polystyrène expansé complété par un enduit armé d'un tissu de fibres de verre et d'un enduit de finition. Le polystyrène est collé au parement, et les enduits mis en œuvre sur la face externe de l'isolant protègent la surface du système. Cette technique est la meilleure pour l'entretien et est la plus aisée à mettre en place.

La seconde possibilité d'isolation par l'extérieur concerne l'utilisation des bardages rapportés ou des ossatures recouvertes de paroi extérieure. Cette isolation est fabriquée à base de polystyrène, laine de roche, laine de verre ou autre qui est fixé au support qui accueille un parement. Ces deux parties sont pré-montées en usine et puis elles sont fixées aux parois. L'aspect esthétique de l'isolation par l'extérieur doit être pris en compte à amont. Ce type de technique permet d'assurer une opération comprenant l'isolation et l'étanchéité.

La dernière technique, plus anecdotique, est une sorte de mortier renforcé utilisant des particules de produits isolants tel que des billes de polystyrène expansé. Cette technique est souvent utilisée comme le complément d'une isolation intérieure. Elle est adaptée aux habitations déjà isolées pour les renforcer.

Parce que l'isolation par l'extérieur modifie totalement l'aspect du bâtiment, elle est très difficile à appliquer sur du bâti notamment ancien. Dans ces cas là, les isolants en bardage sont plus adaptés.

Par contre, les isolations par l'extérieur sont fragiles, il faut faire attention aux chocs.

Les isolations par l'extérieur sont simples à mettre en œuvre mais les prix sont plus chers, ils varient entre 50 et 75 euros/m², alors que les prix de l'isolation intérieure coûtent entre 20 et 40 euros/m².

i. Le bois pour les bardages

Le bardage est un type d'éléments de parement du bâtiment qui s'associe à une isolation par extérieur. Il peut permettre d'améliorer l'isolation thermique et phonique du bâtiment et corriger la planéité de la paroi. Il se pose souvent sur une ossature en bois ou en métal fixée sur la maçonnerie. Il peut aussi être fixé sur d'autres types de constructions telles que des bâtiments en béton, en briques etc., mais le bardage doit se faire dans les règles de l'art, parce qu'il ne résiste pas à la rétention d'eau. Donc il faut

qu'il soit ventilé, c'est-à-dire qu'il faut préparer un espace vide derrière le bardage qui permet la circulation de l'air et l'évacuation de l'humidité.

Aujourd'hui, le bois est le matériel de bardage le plus utilisé dans le monde, grâce à sa bonne durabilité, à sa facilité de mise en œuvre et à ses caractéristiques naturelles d'isolation. Le bois doit supporter un taux d'humidité supérieur à 20 %, donc les essences utilisées sont plus légères et résistantes comme le mélèze, l'épicéa, le peuplier etc. Les dimensions des lames sont différentes, l'épaisseur minimale est de 15 mm et peut aller jusqu'à 18mm en ayant un rapport largeur/épaisseur des lames de l'ordre de 6 à 8.

Il y a trois styles de pose:

A l'américaine, la pose horizontale est la plus fréquente, grâce aux lignes de fuite. Elles peuvent donner l'illusion que la maison est plus grande.

A la scandinave, la pose verticale est la plus traditionnelle, parce qu'elle peut offrir au bâtiment une forme élancée, mais elle nécessite de chanfreiner les bas des lames en biseau pour faciliter l'évacuation des eaux de pluie.

La pose en oblique est la plus élégante, elle doit requérir une grande habileté de la part du poseur et surtout une grande attention afin que les découpes n'engendrent pas une faiblesse.

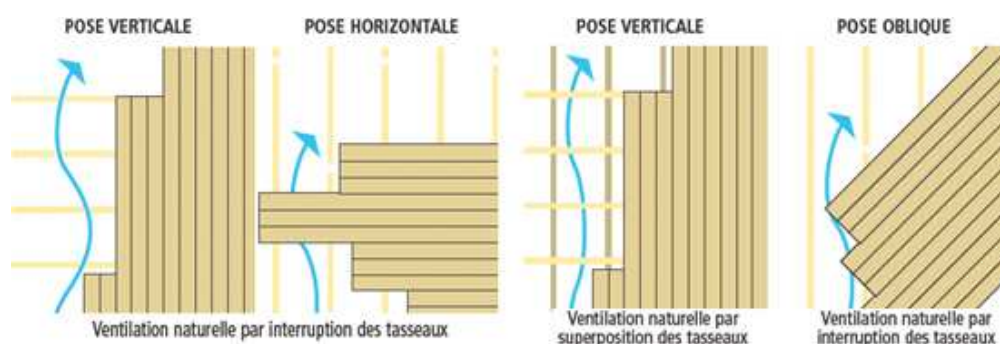


Figure 5: La pose de bardage³³

1. Les lames en bois massif

Pour fabriquer un bardage en bois massif, les essences de bois utilisés sont souvent naturellement résistantes aux intempéries tels que le mélèze, le pin Douglas, le red cedar... ou des bois qui ont subi un traitement thermique comme la Rétification. La réification est une technique qui consiste à chauffer progressivement le bois jusqu'à une très haute température, afin que le bois durcisse et se stabilise. Cette technique peut s'appliquer sur tous les bois locaux comme le hêtre, le frêne,... ce qui peut permettre de réduire la pollution due aux transports longues distances des bois exotiques.

Selon l'essence du bois, le prix de bardage est différent. Pour un bardage aspect bois est de 60 à 90€ le m², pour un bardage de couleur est de 80 à 120€ le m².

2. Les lames en bois composite

³³ <http://www.pointp.fr>

Les lames en bois composite sont fabriquées à base de fibres, de particules de bois recyclées et de résines polymères, donc elles sont résistantes et stables. En outre, les lames en bois composite sont imputrescibles et ne se fissurent pas, et peuvent aussi résister aux rayons ultraviolets et aux écarts de température. Ils n'ont que des avantages, mais leur prix est plus élevé, environ de 140 à 120€ le m².

3. Les lames en contreplaqué

Les bardages sont composés de placages de bois déroulés collés à des fils croisés. Leurs qualités de collage, d'essence et de fabrication assurent leur bonne tenue en extérieur, donc la matière première doit être de qualité CTB-X. Cette norme définit les panneaux contreplaqués aptes aux emplois extérieurs, dont le premier pli sous la face ne doit comporter ni joint monté ou écarté, ni fente ouverte, ni nœud sauté. De plus, les bardages ont besoin d'un travail de calepinage pour limiter des chocs. Le plan de calepinage permet de prévoir le matériel nécessaire à la réalisation d'un chantier, à chiffrer son coût et à optimiser les découpes.

Son prix est environ de 100 à 150€ le m².

4. Les lames en lamellé-collé

Les lames en lamellé-collé sont des lames de bois collées sous pression, mais elles ont le même aspect et la même durabilité que les modèles en bois massif. De plus, elles permettent des longueurs et des largeurs plus importantes.

Son prix est environ de 80 à 180€ le m².

ii. L'entretien de bardage en bois

L'entretien du bardage en bois doit être adapté au matériau utilisé.

Avec un bardage en bois naturel, la teinte évoluera dans le temps. Parce que la surface du bois massif va réagir aux rayons ultraviolets et perdre sa couleur à l'exposition de la lumière du soleil ou de la lune. Même si ce phénomène peut être ralenti, il est impossible de l'éliminer totalement. Tout d'abord, au moins pendant les premières années, il faut un entretien régulier du bardage. Le bois du bardage a besoin d'être traité pour résister aux attaques des champignons, des insectes ou des termites pendant au moins 10 ans. Mais il y a aussi certains d'exceptions, par exemple, les bardages prépeints en usine ne nécessitent pas de soin particulier et certains fabricants les garantissent 10 ans.

Avec un bardage en bois composite, il n'a pas besoin de traitement spécifique. Un simple entretien annuel au savon et à l'eau peu suffire pour conserver leur finition. Ce type de bardage peut résister mieux à l'assaut du temps.

Le fiche technique

	bois massif	bois composite	contreplaqué	lamellé-collé
le coût (m²)	80 à 120€	140 à 120€	100 à 150€	80 à 180€
Préconisations	peut utiliser tous les bois locaux			même aspect et la durabilité que les modèles en bois massif
Avantages	résistantes aux intempéries, permet de réduire la pollution par rapport le transport	résistants et stables, imputrescibles et ne se fissurent pas, résister aux rayons ultraviolets	bonne tenue en extérieur	elles permettent des longueurs et des largeurs plus importantes
Inconvénient	besoin d'un traitement thermique	prix est plus élevé, facile à entretien	besoin d'un travail de calepinage pour limiter des chocs	

Tableau 1: Les bois pour le bardage

b) Isolation en fibre de coton recyclée

Cet isolant est fabriqué à base de textile recyclé. Les vêtements recyclés passent par une phase de lavage et puis par un traitement contre le feu, les acariens et l'antifongique. Choisir le coton recyclé permet d'obtenir une isolation thermique performante et écologique. Cela permet aussi de réaliser un geste social en encourageant les associations récupérant les fibres textiles. La laine de coton est très perméable à la vapeur d'eau, il est un bon régulateur hygrométrique et une source de confort pour l'habitat.

Avec un coefficient de conductivité thermique entre 0,037 et 0,040 W/m·K (rouleaux) et entre 0,037 et 0,042 en vrac, la laine de coton est un bon isolant thermique. En outre, au niveau phonique, la performance est également bonne, en particulier pour isolation phonique.

La laine de coton est traitée contre les insectes et les champignons et peut recevoir un traitement au sel de bore pour la rendre résistante au feu.

Son bilan en énergie grise du coton est moyen.

Le prix de la laine de coton est environ 22€/m² en 100 mm d'épaisseur. La laine issue du recyclage offre des prix plus intéressants.

c) Isolation en Fibres lin et mouton

Cet isolant est fabriqué à partir de fibres de lin ou de laine de mouton issus des surplus de production de l'agriculture. La laine de mouton est un isolant naturel, sain et écologique. Après la tonte, la laine subit différentes étapes : trempage, dégraissage, rinçage, traitements. On lui applique du sel de bore en protection contre le feu, les moisissures et insectes.

La laine de mouton est un bon isolant thermique, avec un coefficient de conductivité thermique entre 0,035 et 0,044 W/m·K. Sa fibre frisée lui permet de stocker l'air, ce qui augmente ses qualités d'isolation. Elle est aussi efficace en isolation phonique, notamment sur les bruits aériens. Mais du fait de sa faible inertie, la laine de mouton est moins propice au confort de l'intérieur en été.

La laine de mouton existe en panneaux, rouleaux, en feutre ou en vrac. Sa grande capacité d'absorption de l'eau la rend impropre aux espaces et parois humides, ainsi qu'au sol. On la réserve généralement à la toiture, aux combles perdus.

La laine de mouton est peu inflammable mais on le renforce tout de même avec un traitement au sel de bore pour l'auto-extinction.

Son bilan en énergie grise est faible, avec 55 kWh/m². Il est écologique et sans danger pour la santé, et la laine de mouton est biodégradable, recyclable et réutilisable.

Le prix de la laine de mouton est environ de 12€/m² en 100 mm d'épaisseur.

Conditionnement rouleaux



Figure 6: Conditionnement rouleaux³⁴

Conditionnement anneaux



Figure 7: Conditionnement anneaux³⁵

Mise en œuvre

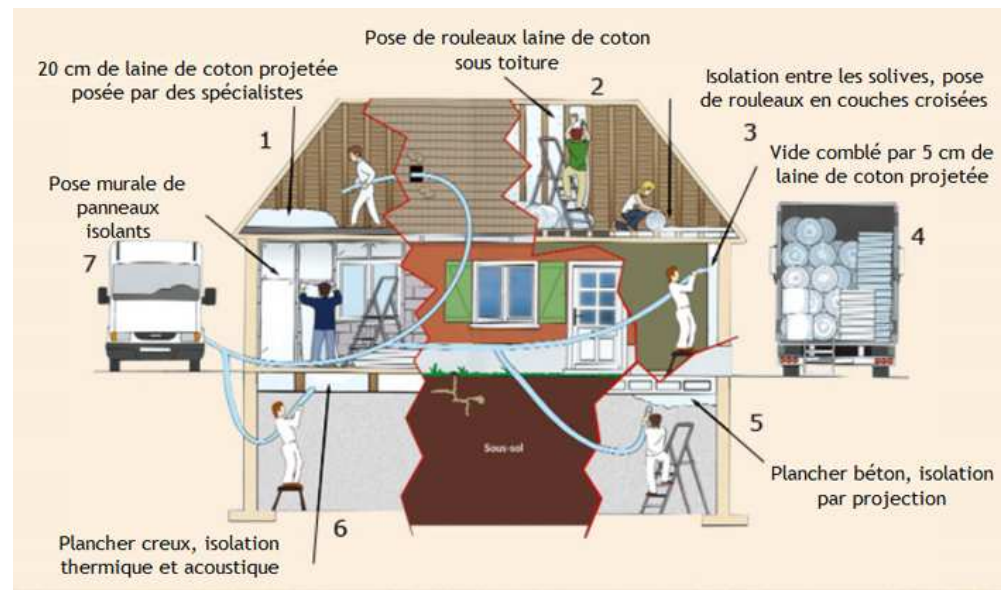


Figure 8: Mise en œuvre³⁶

d) Isolation en liège

Cet isolant thermique et phonique est fabriqué à partir de granulés de liège expansés et agglomérés à la vapeur sans adjonction d'aucun agglomérant. Le liège est un isolant naturel, compact et imputrescible, issu d'un arbre méditerranéen comme le chêne-liège. Il est léger et offre de sérieuses qualités environnementales et mécaniques. Grâce à sa structure formée de millions de cellules remplies d'air immobile, le liège expansé est un très bon isolant thermique (96% d'air). Son coefficient de conductivité thermique est situé entre 0,035 et 0,045 W/m·K pour les panneaux et entre 0,044 et 0,049 pour le liège aggloméré.

Il est présent plusieurs formes, le liège expansé est proposé en plaques ou en vrac, sous forme de granulés. Le liège aggloméré est disponible en plaques, dalles et rouleaux. En granulés, le liège peut être déversé dans les combles non-habitable pour leur isolation. Autrement, il peut assurer l'isolation thermique et phonique des planchers, toitures et

³⁴ http://www.radieux.fr/produit_naturel_isolation_mouton_lin.htm

³⁵ http://www.radieux.fr/produit_naturel_isolation_mouton_lin.htm

³⁶ <http://www.radieux.fr>

murs. Le liège résiste bien au tassement au fil des années, il reste stable face aux différences d'humidité et de températures et ne se désagrège pas. En outre, il est imputrescible, auto extinguable face au feu et ne dégage pas de fumées toxiques, et il n'est pas attaqué par les rongeurs ou insectes.

Le liège est peu gourmand en énergie grise, avec 80 à 90 kWh/m³. Seuls son expansion et les transports sont à comptabiliser.

Son prix est environ 31€/m² pour 100 mm d'épaisseur.

i. Panneaux d'isolation en liège expansé

Le liège expansé pur est un excellent isolant écologique aux qualités techniques reconnues depuis de nombreuses années. Imputrescible et inaltérable, il est le plus sain des matériaux écologiques utilisés pour l'isolation. Le liège expansé est issu du chêne liège de méditerranée d'au moins 30 ans d'âge. Pour sa fabrication, seule l'écorce est utilisée. Une fois l'écorce récoltée, elle est chauffée à 300° avec de la vapeur d'eau pour qu'elle s'expansé à la manière d'un pop-corn. En même temps qu'il s'expansé, le liège se colle avec sa propre résine, et puis il est prêt à l'emploi !

Conditionné le plus souvent sous forme de plaques ou panneaux semi-rigides de 1 m x 0,5 m, le liège expansé est très simple à mettre en œuvre. Il s'utilise pour isoler thermiquement et phoniquement les murs et les combles. Totalement imputrescible il convient parfaitement dans les milieux humides. De plus, puisqu'il est incompressible, il est très souvent utilisé pour l'isolation sous dalle.

ii. Granulés de liège en vrac

Le liège en vrac est utilisé pour l'isolation des combles ou le doublage des murs par remplissage par déversement. En mélange chaux/ciment pour des dalles ou du banchage. Il peut aussi être lié dans un béton de chaux-ciment pour obtenir des planchers légers.

e) Isolation en fibres de bois

Cet isolant est fabriqué à base de fibres naturelles de chanvre et bois. Elle est une réponse idéale aux exigences de la physique des bâtiments et de l'écologie dans les nouvelles constructions. Afin de protéger les locaux, de la chaleur excessive, notamment sous les toits, l'isolant utilisé doit absorber et retarder autant que possible le flux thermique de l'extérieur vers l'intérieur d'un local. La fibre de bois assure d'excellentes performances pour l'isolation thermique. Son coefficient de conductivité thermique est compris entre 0,039 et 0,049 W/m·K. En outre, cet isolant absorbe atténue et limite la transmission du bruit.

Les isolants en fibres de bois sont proposés principalement sous forme de panneaux rigides de différentes densités, mais ils existent aussi en panneaux semi-rigides et panneaux bouvetés ayant reçu un traitement pare-pluie. Il peut être utilisés pour l'isolation par intérieur des murs et des cloisons, pour l'isolation sous dalles et planchers, pour l'isolation des toitures par l'intérieur, pour l'isolation des bâtiments à ossature bois et pour l'isolation extérieure des murs derrière un bardage ventilé.

Les isolants en fibres de bois sont hygroscopiques, ils peuvent stocker l'humidité, assainissent l'air de la maison et régulent l'hygrométrie. Mais cet isolant est plus inflammable que d'autres isolants et il ne dégage pas de fumées toxiques. Un traitement par ignifugation permet un bon comportement face au feu.

Le bilan en énergie grise est variable selon le conditionnement, et les panneaux de fibres de bois réclament entre 800 et 1400 kWh/m³, soit un volume d'énergie grise très élevé.

Son prix est de 15 à 20€/m² pour 100 mm d'épaisseur et 6-7€ pour 40 mm.



Figure 9: Isolation en fibre de bois³⁷

f) Isolation en Plume

Les plumes ont la capacité d'emprisonner une très importante quantité d'air et de réguler l'humidité. Ces caractéristiques offrent un niveau d'isolation supérieur aux autres isolants contre les températures extrêmes, froides comme chaudes. Cet isolant est fabriqué à base de 70% de plumes, 20% de laine de mouton et 10% de fibres textiles qui assurent la consistance et la densité de l'ensemble. La plume est un matériau résilient, imputrescible et régulateur d'humidité utilisé pour l'isolation acoustique et thermique des cloisons ou des doublages intérieurs.



Figure 10: Isolation en plume³⁸

Ses performances thermiques sont donc bonnes, parce que elle a un coefficient de conductivité thermique entre 0,33 et 0,42 W/m·K. C'est aussi un bon isolant phonique, qui agit contre les bruits aériens. Mais la plume n'est pas prévue pour rester apparente. Elle est sensible au feu, donc elle doit être recouverte d'un parement et de préférence posée dans des lieux éloignés de sources de chaleur trop intense.

³⁷ http://www.radieux.fr/produit_naturel_isolation_chanvre_bois.htm

³⁸ http://www.radieux.fr/produit_naturel_isolation_plume.htm

Par rapport aux conditions de pose, cet isolant en plumes est disponible en rouleaux ou panneaux. Il est compressé dans son emballage, il retrouve son volume normal (plus de 5 à 10%) en 15 jours. On les utilise souvent pour les combles non habitables, pour l'isolation des plafonds rapportés, pour les murs, les maisons à ossature bois ou sous les parquets flottants.

L'isolant en plumes est peu gourmand en énergie grise, avec 55 kWh/m². En outre, la plume est traitée pour ne pas être allergène et est facilement recyclable. Mais son prix reste assez élevé, avec une moyenne entre 20 et 25€/m².

g) Les fiches techniques

Après avoir analysé plusieurs types d'isolation, j'ai fait un tableau de synthèse reprenant les caractéristiques des isolants naturels. Le tableau suivant permet de choisir l'isolant naturel à utiliser de préférence.

	Liège		Fibre de coton		Fibre de lin et mouton	Fibre de bois	Plume
	panneaux	aggloméré	rouleaux	en vrac			
Conductivité thermique (W/m.K)	0,035 et 0,045	0,044 et 0,049	0,037 ~0,040	0,037 ~0,042	0,035 ~ 0,044	0,039 ~ 0,049	0,33 ~ 0,42
Le coût (en 100mm d'épaisseur)	Environ 31€/m ²		Environ 22€/m ²		Environ 12€/m ²	Environ 15 à 20€/m ²	Environ 20 à 25€/m ²
Présentation	Rigide		Souple		Souple	Rigide ou semi-rigide	Souple
Préconisations	Isolation phonique et thermique des murs, cloisons et planchers		Isolation thermique des toitures, cloisons et planchers		Isolation thermique des toitures et planchers	l'isolation thermique et phonique des toitures, planchers, cloisons et murs	l'isolation thermique , et phonique des combles, murs, cloisons , et sous les parquets flottants
Contre au feu	difficilement inflammables		difficilement inflammables		difficilement inflammables	peu inflammable	sensible au feu
Avantages	imputrescible, hydrofuge, faible épaisseurs		bon rapport qualité/prix		Imputrescible, régulateur d'humidité, bon rapport qualité/prix	régulateur d'humidité, contre la chaleur	régulateur d'humidité, résilient, imputrescible
Inconvénient	son coût largement supérieur aux autres solutions d'isolation.		plus chère, traitement ignifugeant		Les additifs antimites ont une très légère toxicité pour les animaux à sang chaud	leur poids est un peu lourd	faible perméabilité à la vapeur d'eau

Tableau 2: L'isolation

122. L'étanchéité

L'étanchéité est un facteur important à prendre en compte dans la construction d'un bâtiment. Elle doit permettre de protéger l'habitation contre les infiltrations d'eaux, elle peut réguler l'hygrométrie et elle peut permettre les échanges de vapeur d'eau pour un environnement intérieur plus confortable. Elle se trouve souvent sous forme de plaque ou de film et est mis en place sur les façades humides, les façades chaudes et les cotés intérieurs d'une paroi. Mais les étanchéités sont difficiles à mettre en œuvre au niveau des raccords et des joints. Pour la respiration de la maison, la pose de l'étanchéité entraîne l'installation d'une ventilation mécanique.

L'étanchéité comprend principalement l'étanchéité à l'eau, à la vapeur et au vent.

Les principaux matériaux d'étanchéité utilisés sont : les membranes bitumineuses, les produits asphaltiques, les membranes synthétiques, les étanchéités liquides...

a) L'étanchéité en polypropylène

Le polypropylène est translucide à opaque et semi-rigide. Il peut résister à usure, et ses points forts sont qu'il est hydrophobe et très facile à recycler.

L'étanchéité en polypropylène (PP) assure d'excellentes performances comme pare-pluie et pare-vapeur. Elle peut aussi être efficace face au vent si elle fonctionne avec d'autres matériaux, tel qu'une membrane extra-fine isolante. Les étanchéités sont adaptées à la sous-toiture, sur le lambrissage comme la couche d'évacuation des eaux.

Les types d'étanchéité en polypropylène comprennent principalement le PP qui est fabriqué à base de polypropylène. Ce produit est stable et souple, il peut résister aux déchirures et est compatible avec tous les matériaux isolants.

Les prix des étanchéités en polypropylène sont différents selon les matériaux qui fonctionnent ensemble avec lui. Par exemple, l'étanchéité en deux couches de non-tissé en polypropylène et une couche d'aluminium qui coûte environ 248,00€ en 1,50 x 50 m.

b) L'étanchéité synthétique (ou hauts polymères)

Les types d'étanchéités synthétiques comprennent principaux le EPDM, le PVC, le CPE, le PIB, et les étanchéités projetées comme le polyester ou le polyuréthane. Ils sont difficilement inflammables pendant la pose, ils peuvent durer longtemps et sont insensibles aux rayons ultraviolets.

En France, il y a quatre fabricants leaders sur le marché de l'étanchéité synthétique : 3T, Flag France, Renolit France et Sika France.

EPDM (éthylène propylène diène monomère): Les EPDM sont des caoutchoucs synthétiques qui sont fixés avec des tôles ou collés et qui peut être placé sur une ancienne couche d'étanchéité bitumineuse.

PVC (Polychlorure de vinyle) : Les PVC sont souventes armés avec du polyester ou du voile de verre. Ils peuvent être collés, soudés à chaud ou fixés mécaniquement. Les PVC sont moins durable, ils deviennent friable à cause de la perte des plastifiants. En outre ils ne sont pas toujours résistants aux rayons ultraviolets.

CPE : Les CPE sont comparable au PVC, mais sans les plastifiants.

c) L'étanchéité en bitume

Aujourd'hui, les membranes bitumineuses sont encore très demandées. Elles sont souvent armées avec du polyester ou du voile de verre pour la couche supérieure de toiture.

Il y a deux types de bitumes polymères :

- L'APP est fabriqué à base de 70% de bitume et de 30% d'APP (polypropylène atactique), qui peut résister aux rayons ultraviolets (UV) et qui ne pas besoin d'une couche de lestage.
- Le SBS est fabriqué à base de 88% de bitume et de 12% de SBS (styrène-butadiène-styrène) qui sont plus souples et adhèrent mieux que l'APP.

d) Le système d'étanchéité liquide par résine

Le système d'étanchéité liquide correspond à la couche de protection. Elle est à base de résine synthétique et est mise en place à froid et sous forme liquide en plusieurs couches. Selon leur composition, elles sont plus ou moins résistantes et traversables et peuvent rester apparentes ou avoir besoin d'une protection de surface. Le système est souvent appliqué dans les toitures, les balcons, les planchers intermédiaires de pièces humides etc.

Le fiche technique

	polypropylène	synthétique			bitume		liquide par résine
		EPDM	PVC	CPE	APP	SBS	
Préconisations	sont adaptées à la sous-toiture, sur le lambrissage	peut être placé sur une ancienne couche d'étanchéité bitumineuse.	armés avec du polyester ou du voile de verre	sont comparable au PVC, mais sans plastifiants	armés avec du polyester ou du voile de verre pour la toiture		appliqué souvent dans les toitures, les balcons, les Planchers intermédiaires de pièces humides
Avantages	résister à usure, hydrophobe et très facilement à recycler, stable et souple, compatir avec tous les matériaux isolants	difficilement inflammables, durer longtemps et sont insensibles aux rayons ultraviolets			résister aux UV, pas besoin de lestage	souples et adhérent	résistants et circulables
Inconvénient		le coût est plus élevé que PVC	un peu moins durable, pas toujours résistants aux rayons ultraviolets				

Tableau 3: L'étanchéité

123. Les cloisons et les monomurs

Les cloisons :

La cloison est un matériau de construction utilisé pour la finition des murs et des plafonds intérieurs ou pour diviser une pièce en deux parties sans travaux lourds. Elle n'a pas une grande épaisseur et son matériau est plus léger.

Les cloisons sont classées souvent en trois grandes catégories qui sont :

- a. Les cloisons sèches en plaques de plâtre, briques, matériau alvéolaire ou encore en bois. Elles sont installées à l'aide d'une ossature métallique ou en bois.
- b. Les cloisons à matériaux humides, assemblées avec du mortier ou de la colle. Ces éléments sont principalement des carreaux de plâtre, des briques ou du béton cellulaire.
- c. Les cloisons en pavés de verre.

Selon les trois catégories, les matériaux principalement utilisés pour des cloisons sont le plâtre, la brique, le bois, le matériau alvéolaire et la brique de verre etc.

Les monomurs :

Un monomur est avant tout un matériau de construction, il a pour but de faire partie des murs porteurs d'une habitation. La résistance à la compression de ses éléments permet de construire des bâtiments sur plusieurs étages. En outre, le monomur est aussi un matériau auto-isolant et n'a pas besoin de renforts ou doublages isolants, intérieurs et/ou extérieurs, pour assurer le confort.

Il n'existe pas un seul et unique modèle de monomur. Mais globalement, il est possible de les répartir en trois grandes familles qui sont le monomur en terre cuite, en béton cellulaire et en béton léger.

a) Les cloisons en plâtre

Les cloisons en plâtre, sont bien sûr fabriquées à base de plâtre, souvent sous formes de plaques ou de carreaux.

Aujourd'hui, le carreau de plâtre est plutôt utilisé pour des travaux de rénovation de petite ampleur et est généralement utilisé pour des séparations de cuisines, de salles de bain ou de toilettes. Leur mise en place facile et rapide.

Les plaques de plâtre sont composées de grands panneaux de plâtre habillés d'un parement en carton sur les deux faces. Elles sont légères et correspondent aux cloisons le plus facile à mettre en place. Elles se posent par vissage sur des rails, des montants en bois ou sur des montants métalliques ou par collage direct sur les supports maçonnés au moyen d'un mortier adhésif. Elles sont utilisées en France depuis la Seconde Guerre mondiale et les plaques doivent répondre à la norme NF P 72-302.

Selon l'emploi, il existe trois modèles : bords amincis (BA), bords arrondis (SB) et bords ronds amincis (BRA).

Les plaques de plâtre présentent de nombreux avantages, elles sont disponibles en ignifugée et hydrofugée, elles peuvent améliorer l'isolation phonique et thermique en remplissant de laine minérale le vide entre les plaques et elles affichent un bon rapport qualité/prix. Mais elles ont aussi quelques inconvénients, les colles peuvent contenir et

relâcher des formaldéhydes, et ses performances acoustique et thermique sont moyennes s'il n'y a pas d'isolation.

Les fabricants principaux français sont Knauf, Isolava France, Lafarge Plâtres et Placo.

Son prix est de 5 à 19 € le m².

b) Les cloisons en briques de verre

Les briques de verre sont utilisées pour les murs extérieurs ou pour les cloisons intérieures. Elles sont lourdes mais faciles à installer et il suffirait de bien choisir le sol sur lequel on veut installer la cloison. Les briques de verre ont des formes et couleurs variées pour satisfaire les goûts de tout le monde.

Ce type de cloison ne peut pas dépasser 6 mètres de longueur et 18 m² de surface, sinon, pour des raisons d'efficacité, à plus de deux mètres cinquante de ces mesures données, il faut ajouter un joint d'expansion périphérique et des tiges métalliques.

Les avantages des briques de verre sont nombreux. Elles servent à donner plus d'espace et de lumière pour la pièce où elles sont installées. Elles servent aussi d'isolation thermique et phonique et peuvent isoler aussi du bruit extérieur et elles résistent bien à l'eau.

Les fabricants principaux français sont Saverbat, La Rochère, Seves, Onduline.

Ses prix sont de 60 à 150€ le m².



Figure 11: Brique en verre³⁹

c) Les cloisons alvéolaires

Les cloisons alvéolaires sont constituées de deux plaques de plâtre réunies par un réseau cartonné en forme de nid-d'abeilles, elles sont idéales pour les sols peu résistants comme les greniers, les étages ou les planchers anciens. Ses caractéristiques sont les mêmes que celles des plaques de plâtre. Il existe également trois modèles : bords amincis (BA), bords arrondis (SB) et bords ronds amincis (BRA).

³⁹ <http://www.web-libre.org/dossiers/cloison-briques-verre,5242.html>

Sa pose commence par la vérification de l'horizontalité du sol. Elles se montent à l'aide d'une ossature bois ou d'un rail métallique en pied et sont fixées par des vis à écartement. En outre elles doivent recevoir un revêtement de finition tel qu'un enduit, un papier peint etc., il existe également des modèles pré-peints.

Ce type de cloisons est peu cher et très léger, environ 17kg au mètre carré, donc leur mise en œuvre est facile et rapide.

Les fabricants principaux français sont Lafarge Plâtres, Knauf et Placo

Son prix est de 20 à 25€ le m².

d) Les plaques en fibre gypse

Les plaques sont fabriquées à base de gypse naturel et de fibres de cellulose. Sa mise en œuvre est simple et ne demande qu'un outillage classique, elles sont faciles à percer, scier, et elles se fixent à l'aide de vis, d'agrafes ou de pointes selon les matériaux du support (bois, métal,...)

Les plaques en fibre gypse ont de nombreux avantages : elles sont hydrofuges, ignifugées, ont une haute résistance aux chocs et créent une très bonne isolation acoustique. En outre, elles n'ont pas besoin de l'application de sous-couche et on peut appliquer directement les finitions.

Le fabricant principal français est Fermacell.

Son prix est élevé, de 28 à 40€ le m².

e) Les bétons cellulaires ou le monomur

Les bétons cellulaires sont composés de sable siliceux, de ciment et de chaux et sont recyclables. Ils peuvent être utilisés dans toute la maison. Ils se joignent selon la technique du joint mince et le mortier est déposé en couche régulière sur les joints horizontaux et verticaux. Sur un sol carrelé ou dans les pièces humides, il est placé dans un rail plastique.

Les bétons cellulaires sont ininflammables et très léger et sont de bons isolants phonique et thermique, et ne nécessitent pas la pose d'un isolant supplémentaire. En outre, ils ont une grande résistance mécanique et s'avèrent être de bons régulateurs hygrométriques. Mais les bétons cellulaires ont besoin d'un enduit qui être façonné par grattage ou ponçage pour adapter aux formes irrégulières de la surface.

Le fabricant français est Ytong.

Son prix est de 20 à 50€ le m².

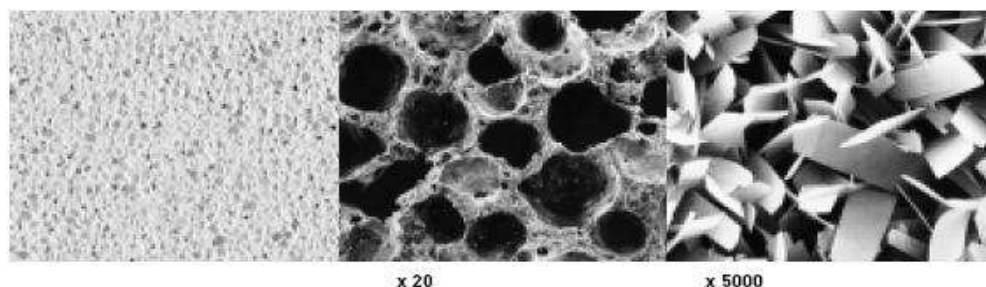


Figure 12: Le béton cellulaire

f) Les bétons légers ou le monomur

La composition de ce béton léger est très proche de son concurrent en béton cellulaire. Mais la grande différence vient du choix du composant minéral. Il n'est pas composé de sable siliceux mais d'un autre élément susceptible d'augmenter encore plus le nombre de pores présents dans le futur bloc monomur.

g) Les cloisons en brique ou Le monomur

Le brique est terre cuite est le plus souvent creuse et légère. Elle permet une très bonne isolation thermique, donc les murs et l'isolation se font en une seule opération et il n'y a pas besoin de rajouter un isolant spécifique pour respecter la réglementation thermique en vigueur.

Les briques sont faciles à découper, et leur assemblage est réalisé en maçonnerie avec du plâtre ou de la colle. Cela permet d'augmenter le coefficient thermique et la solidité du bâtiment. Elles doivent être recouvertes de plaques de plâtre ou d'un enduit à base de plâtre sur les deux faces. Mais leur pose prend du temps car le plâtre doit sécher.

Les cloisons en brique présentent nombreux avantages, elles sont solides et ont une bonne résistance mécanique, elles peuvent résister à des pressions de 300 tonnes au mètre linéaire. Elles sont insensibles aux eaux et peuvent réguler l'humidité, car la terre cuite peut absorber 5 fois moins d'eau qu'un mur ordinaire isolé de l'intérieur. Et elles peuvent offrir une isolation acoustique et thermique.

Les fabricants principaux français sont Sibom, Porotherm, Imerys Structure et Terreal.

Son prix est un peu cher, de 30 à 40€ le m².



Figure 13: Le bâtiment en le brique de terre cuite⁴⁰

⁴⁰ http://www.bricoleurdudimanche.com/page/Enquete_18_La_brique_monomur.html

Le fiche technique

	plaques de plâtre	briques de verre	cloisons alvéolaires	plaques en fibre gypse	bétons cellulaires	bétons légers	briques terre cuite
					monomur	monomur	monomur
le coût (m²)	5 à 19 €	60 à 150€	20 à 25€	28 à 40€	20 à 50€	très proche de béton cellulaire	30 à 40€
Préconisations	pour des séparations de cuisines, de salles de bain ou de toilettes	utilisées pour les murs extérieurs ou pour les cloisons intérieures, servent d'isolation thermique et phonique, résistent bien à l'eau	sont idéales pour les sols peu résistants	elles servent d'une très bonne isolation acoustique	être utilisé dans toute la maison, offre un bon isolant phonique et thermique		très bonne isolation thermique, isolation acoustique et thermique
Avantages	légères, facile à mettre en œuvre, ignifugée et hydrofugée, un bon rapport qualité/prix	faciles à installer, variétés formes et couleurs	pas cher et très légère, leur mise en œuvre est facile et rapide	facile à mettre en œuvre, hydrofuges, ignifugées et de haute résistance aux chocs,	recyclable, ininflammables, léger, résistance mécanique, régulateur d'hygrométrie		légère, solide, insensibles aux eaux, réguler l'humidité
Inconvénient	les colles peuvent contenir et ré-larguer des formaldéhydes, performances acoustique et thermique moyennes sans isolation	lourdes et mal à poser, plus chers	doivent recevoir un revêtement de finition, besoin des vis à écartement pour les fixer	se fixent à l'aide de vis	besoin d'un enduit, il faut être façonné		leur pose doit rester longue temps pour sécher des plâtres

Tableau 4: Les cloisons et les monomurs

124. Les vitrages isolant

L'utilité première des vitrages est la diffusion de la lumière naturelle. Aujourd'hui, ils sont aussi une source d'économies d'énergie et un moyen de réduire la facture de chauffage. L'industrie du verre développe de nouvelles technologies pour réussir une meilleure isolation thermique.

Les vitrages isolants sont principalement composés de feuilles de verre, assemblées en double ou triple vitrage par collage, avec un espace pouvant contenir de l'air ou un gaz plus isolant que l'air. Ces vitrages sont dotés de caractéristiques d'isolation thermique qui sont source de réelles économies d'énergie.

Il y a trois coefficients qui peuvent caractériser le vitrage isolant :

Le coefficient de transmission lumineuse : il quantifie le taux de lumière qui entre dans le bâtiment au travers du vitrage. Son abréviation est TL, est exprimé en %.

Le coefficient de transmission thermique : il caractérise l'isolation thermique des vitrages. Son abréviation est U_g , est exprimé en $W/m^2 \cdot K$. Plus il est bas, plus le vitrage est isolant.

Le coefficient de transmission énergétique : il caractérise la quantité totale d'énergie solaire transmise à travers le vitrage. Son abréviation est g , est exprimé en %. Plus basse sera la valeur, plus grand sera le confort en été.



Figure 14: Vitrage www.interpane.fr

a) Les doubles vitrages à isolation renforcée

En 1994, le double vitrage à isolation renforcée (VIR) est apparu sur le marché, il est fabriqué en une fine couche transparente faiblement émissive composée d'argent ou d'oxydes métalliques déposée sur l'une des faces intérieures du double vitrage. Il peut permettre d'être cinq fois plus performant qu'un verre simple, et jusqu'à maintenant, l'installation d'un VIR reste la solution la plus performante et la plus adaptée aux besoins actuels.

Les vitrages à isolation renforcée présentent de nombreux avantages : Ils permettent de diminuer les pertes de chaleur de 40 % par rapport à un double vitrage et de 70 % par rapport à un simple vitrage. Ils peuvent permettre des économies d'énergie annuelles de 10 % environ sur la consommation de chauffage des habitations et améliorer le confort grâce à la suppression des parois froides et de la condensation.

Ce vitrage répond bien aux exigences de la construction neuve dans le cadre de la nouvelle réglementation thermique (RT 2005). Ils peuvent aussi être installés dans des réhabilitations de bâtiments.

b) Les triples vitrages

Depuis l'apparition du double vitrage à isolation renforcée, le triple vitrage (VIT) est également apparu sur le marché et apporte une isolation encore meilleure.

Le triple vitrage VIT est un vitrage isolant qui comporte trois vitrages séparés par deux couches faiblement émissives performantes et de lames d'argon. Ses valeurs U_g sont inférieures à $1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, donc ce vitrage permet d'obtenir des performances d'isolation thermique élevées. En outre, ses valeurs TL sont supérieures à 65%, donc il peut permettre une très bonne transmission lumineuse malgré la présence de 3 verres. Leurs avantages déterminent l'utilisation des vitrages de fenêtres et châssis au Nord, où il est le plus approprié, car l'isolation thermique et la luminosité optimales y sont recherchées.

C'est la solution idéale pour les maisons passives et faisant notamment référence à la norme allemande "Passivhaus".

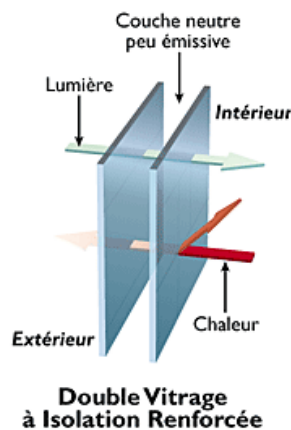


Figure 16: Double vitrage isolation renforcée www.savoirs.ess

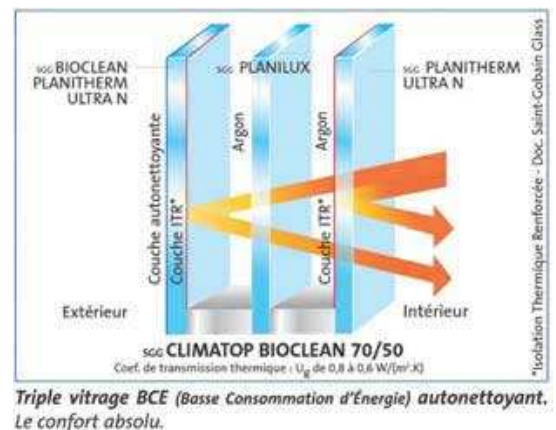


Figure 15: Les triples vitrages www.pointp.fr

125. La rupture des ponts thermiques

Un pont thermique est une zone ponctuelle ou linéaire dans l'enveloppe d'un bâtiment qui présente un défaut ou une diminution de résistance thermique. Il est souvent créé par des liaisons entre deux éléments d'un bâtiment qui ont différentes résistances thermiques ou différentes conductivités thermiques. Par exemple, il peut y avoir un pont thermique à la jonction d'une dalle de sol et d'un mur vertical, ou autour d'une fenêtre. Les principaux ponts thermiques d'un bâtiment se situent aux jonctions des façades et des planchers, des façades et des refends, des façades et des toitures, des façades et des planchers bas, ainsi qu'au niveau de tous les percements tels que portes, fenêtres, loggias....

Un bâtiment non isolé perd en moyenne 30% de son énergie par le toit, 16% par les murs, 16% par le plancher, 13% par les fenêtres, 20% par les systèmes de ventilation et 5% par les nombreuses fuites liées aux ruptures d'isolation dans les parois appelées ponts thermiques.

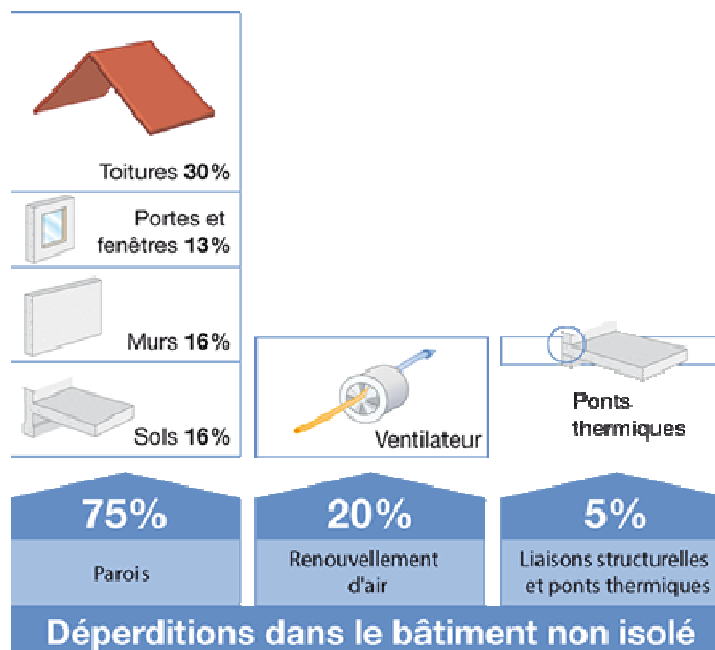


Figure 17: Déperditions dans le bâtiment non isolé⁴¹

Les ponts thermiques constituent des zones de fortes déperditions thermiques où l'humidité peut se condenser entraînant les moisissures et les problèmes sanitaires. Donc la suppression des fuites est nécessaire et pourrait limiter la dégradation de la qualité de l'air intérieur. Une solution est, par exemple, une bonne isolation extérieure car les parois isolant permettent de limiter très fortement les ponts thermiques. En outre, le choix des méthodes de construction, des matériaux du bâtiment peuvent aussi réduire les ponts thermiques.

En France, dans le cadre du Grenelle de l'environnement, est encouragée la rénovation du parc de bâtiment pour réduire les émissions de gaz à effet de serre de 38%. La rénovation a pour but de réduire les dépenses énergétiques. Mais les nouvelles constructions sont aussi concernées. Il s'agit surtout de faire évoluer les niveaux d'isolation des habitations afin de limiter les pertes en énergies.

La réglementation thermique 2005 (RT2005), impose d'ailleurs des valeurs limites, qui encourage fortement un traitement efficace de l'ensemble des ponts thermiques.

a) La rupture de la dalle de compression

La rupture de la dalle de compression peut assurer la performance thermique du système, son principe est montré par le dessin ci-dessous. Le béton seul ne lie pas la dalle au chaînage ... c'est de l'acier qui assure la liaison entre la dalle et le chaînage. En zone sismique ce principe est respecté en renforçant le kit d'acier associé aux rupteurs. Toutefois les produits doivent avoir fait l'objet d'un avis technique avant leur utilisation.⁴²

⁴¹ www.tout.surlisolation.com

⁴² <http://www.aet-loriot.com/upload-categories/000016/Le%20traitement%20des%20ponts%20thermiques.pdf>
Le traitement des ponts thermiques

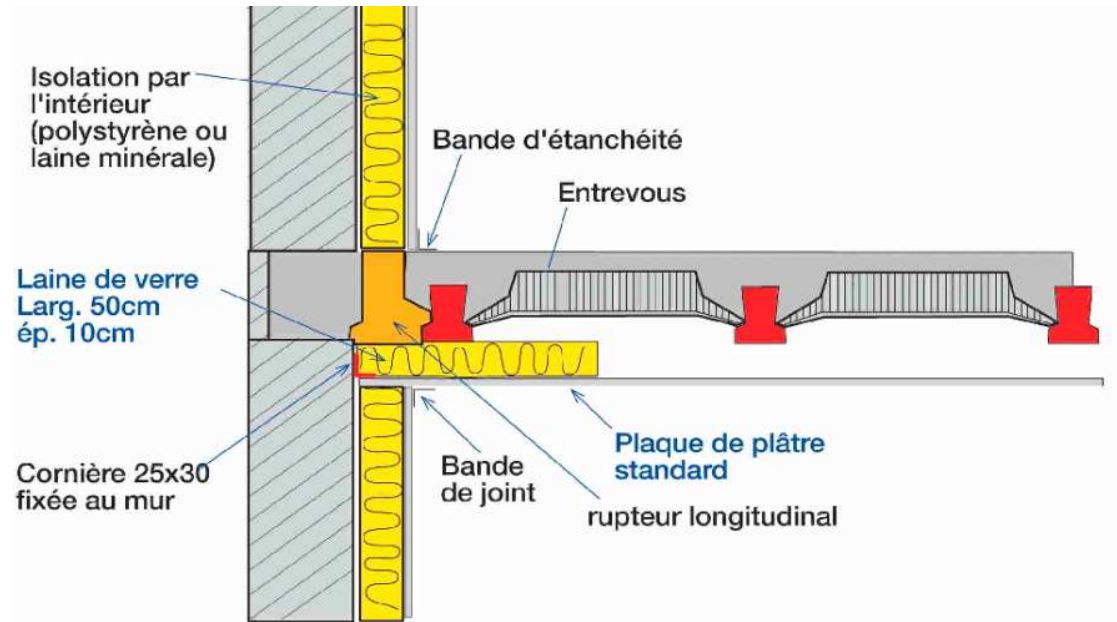


Figure 18: La rupture de la dalle de compression⁴³

b) L'isolation répartie

L'isolation répartie est principalement constituée d'un gros œuvre en béton cellulaire ou en brique isolante et il n'est pas nécessaire d'ajouter une isolation intérieure. Les matériaux permettent de construire des murs à la fois supports et isolants. Ils permettent une économie d'énergie de 10 % par rapport à une maison isolée par l'intérieur et ils limitent efficacement les ponts thermiques liés aux planchers intermédiaires en raison de l'homogénéité des matériaux. En revanche pour de meilleures performances thermiques il est indispensable de mettre en œuvre une correction isolante en nez de dalle.

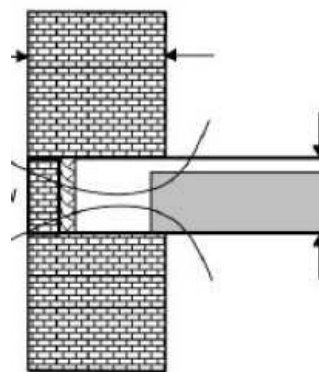


Figure 19: L'isolation répartie⁴⁴

⁴³ <http://www.aet-loriot.com/upload-categories/000016/Le%20traitement%20des%20ponts%20thermiques.pdf>
Le traitement des ponts thermiques

⁴⁴ <http://www.aet-loriot.com/upload-categories/000016/Le%20traitement%20des%20ponts%20thermiques.pdf>
Le traitement des ponts thermiques

c) L'isolation par l'extérieur

Comme j'ai déjà dit ci-dessus, l'isolation par l'extérieur permet de limiter très fortement les ponts thermiques, mais est encore peu utilisée en France. Son principe de fonctionnement est montré par le dessin ci-dessous. Les ponts thermiques sont des ruptures dans l'isolation d'un bâtiment et l'isolation par l'extérieur permet de supprimer ses fuites. Les matériaux utilisés sont souvent en polystyrène

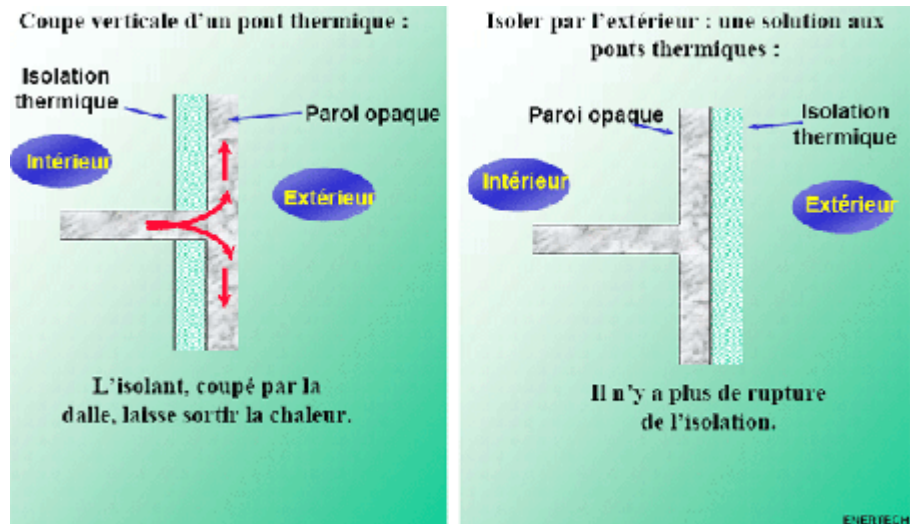


Figure 20: L'isolation par l'extérieur⁴⁵

126. La toiture végétalisée

La toiture végétalisée concerne une toiture qui utilise de la terre et des végétaux en remplacement de l'ardoise, de la tuile etc. Depuis les années 1970, il y a eu de nombreuses expériences avec des objectifs d'esthétisme ou de durabilité en Europe en voulant protéger de la biodiversité et de l'environnement etc.

a) Technique :

À l'origine, la construction de toitures végétales se faisait traditionnellement avec des matériaux facilement disponibles dans plusieurs pays scandinaves et européens. On étendait de la terre ou des mottes de gazon sur de l'écorce de bouleau posée sur le toit afin de réaliser des toitures bien isolées phoniquement, étanches à l'air et à l'eau et résistantes au vent et au feu.

⁴⁵ <http://www.energiepositive.info>



Figure 21: Toiture végétalisée⁴⁶

Les éléments d'une toiture végétalisée

Tout d'abord, l'installation d'un substrat de culture et de végétaux a besoin d'un toit dont la structure est très forte, l'étanchéité est excellente, la pente est relativement faible et l'accès est facile pour l'entretien durant les premières années...

Un toit vert est composé de cinq parties :

- La structure portante ;
- Une couche d'étanchéité ;
- Une couche de drainage et de filtration ;
- Un substrat de croissance ;
- Une couche végétale.

La structure portante

Le matériel de cette couche peut être en béton, acier ou bois. Elle doit pouvoir supporter le double voire le triple du poids de l'installation car elle risque de se remplir d'eau en cas de pluie et de fonte de la neige. Par ailleurs, la pente du toit ne peut pas passer 35°.

La couche d'étanchéité

Cette couche est une couche essentielle qui se trouve en dessous. Elle est composée d'une barrière anti-racines et d'une membrane d'étanchéité qui sépare le toit vivant du bâtiment. Elle doit être résistante à la compression et aux racines. On utilise souvent du bitume, du caoutchouc, de la polyoléfine ou du polyvinyl chloride (PVC).

Sur l'installation de la membrane anti-racine est recommandé l'usage de membranes bitumineuses à cause de son épaisseur et cela pose moins de problème de recyclage.

La couche de drainage et de filtration

Cette couche peut conserver l'excédent d'eau et remonter de l'eau stockée vers les racines quand lors de périodes sèches. La couche drainante est installée selon l'inclinaison de toit, la résistance de la structure portante et l'épaisseur et la nature du substrat. Le matériel utilisé le plus souvent est le polyéthylène gaufré. Il crée un environ 10 mm de hauteur d'espace de drainage et permet de conduire l'eau de pluie ou de fonte de la neige vers le drain du toit ou vers les gouttières extérieures. En outre, pour qu'il ne se bouche pas à cause des particules du sol ou du substrat, on ajoute un filtre géotextile

⁴⁶ <http://base.ekopedia.org/w/images/7/78/Toit-vert-drole-de-maison.png>

non-tissé qui filtre les fines particules du sol et laisse l'eau s'égoutter. Il offre aussi un milieu humide pour les racines des plantes qui absorbent de l'eau qui le traverse.

D'autres matériaux sont utilisés : granulats d'argile expansée, cailloux, graviers, plaques de polystyrène alvéolées et nervurées.

Le substrat de croissance

Le substrat souvent utilisé remplace la terre naturelle, car la terre naturelle devenaient trop lourde quand elle est emplie d'eau. C'est-à-dire que le substrat doit être plus léger et résistant. Il est souvent composé de mousse de sphaigne, de terreau, de terre noire ou de compost ou alors d'écorces mélangé à des agrégats de pierres légères et absorbantes avec le diamètre de 3 à 12 mm.

Les capacités de rétention en eau, de perméabilité, de résistance à l'érosion, de densité peuvent influencer le fonctionnement de tout le système.

La couche végétale

Le choix des plantes est réalisé en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente de la toiture, de l'épaisseur du substrat, etc. Afin de réduire l'assèchement du sol par le soleil et le vent, il faut privilégier des plantes vivaces et natives comme les plantes alpines et rudérales qui peuvent résister aux températures extrêmes et qui peut s'implanter rapidement pour couvrir la surface du toit et ne pas laisser beaucoup de place aux herbes sauvages afin de réduire l'entretien à effectuer.

Les types de plantation

Il existe différents types de plantation selon l'épaisseur de substrat et le niveau d'arrosage souhaité : type extensif, type semi-extensif et type intensif.

Le type extensif

Ce type est adapté aux bâtiments de grandes superficies, aux toitures inclinés ou aux habitations déjà existantes. En outre leur épaisseur de substrat est faible, environ 10 à 15 cm et la plantation n'a pas besoin d'être souvent arrosée.

Le type semi-intensif

Il s'agit d'un type de plantation avec environ 15cm d'épaisseur qui nécessite un système d'arrosage sous le substrat de culture entre le géotextile filtrant et le géotextile anti-racine.

Le type intensif

Le type adapté aux petites et moyennes surfaces, avec une épaisseur de substrat d'environ 15 à 30 cm. Il peut permettre de planter des arbres comme les arbres fruitiers, décoratifs ou nains, qui ont besoin d'être souvent arrosés.

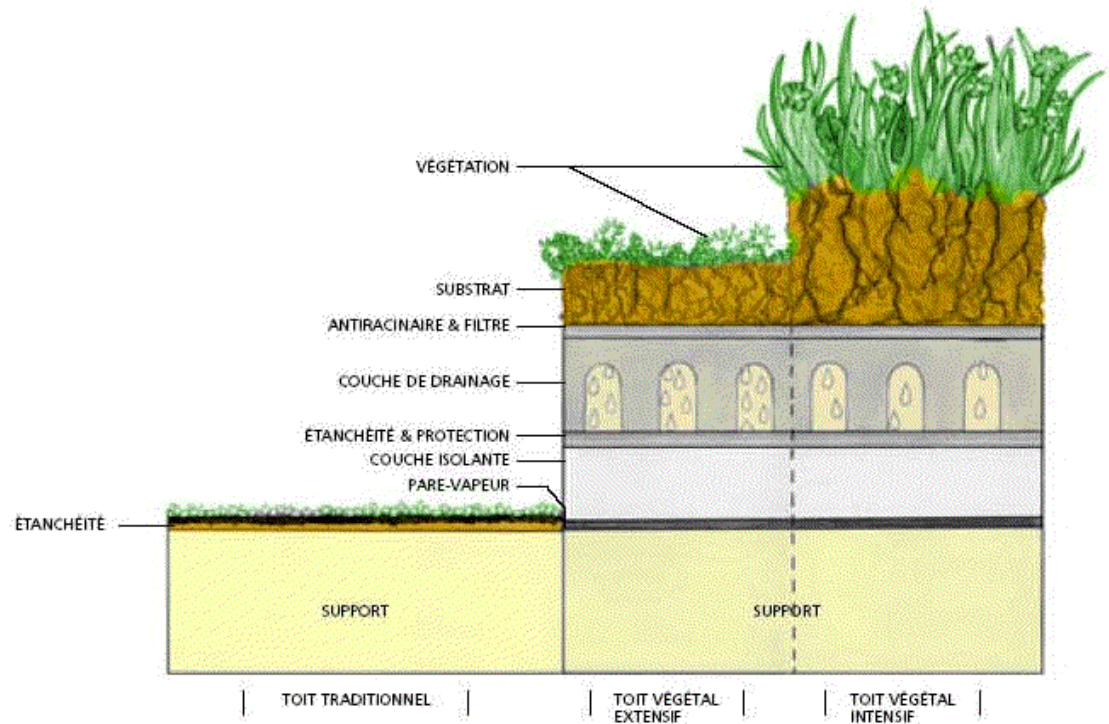


Figure 22: Toiture végétalisée⁴⁷

b) Avantage :

La mise en place de la toiture végétalisée présente un certain nombre d'avantages.

Sur l'environnement

La toiture végétalisée permet de purger d'air et de diminuer des taux de CO et CO₂ en fixant les poussières atmosphériques. Elle augmente la surface des espaces verts et réduit la consommation d'eau.

En outre, la toiture végétalisée est une très bonne isolation phonique qui permet d'absorber les ondes sonores et de diminuer les bruis. De plus, sa capacité d'inertie thermique permet de réaliser des économies d'énergie.

En absorbant la chaleur en été et en réduisant sensiblement les pertes de chaleur en hiver, la toiture végétalisée augmente le confort du bâtiment et offre aux habitants une haute qualité environnementale. De plus, à l'échelle d'une ville, elle peut réduire l'effet d'îlot thermique et diminuer la température dans la ville en été.

De plus, la toiture végétalisée permet de bien intégrer les bâtiments dans leur environnement et ainsi de redonner une valeur esthétique aux villes et d'offrir un paysage agréable.

Sur la santé

Les végétaux ont une fonction de filtre. Ils peuvent éliminer nombre de polluants atmosphériques et améliorent la qualité de l'air.

⁴⁷ http://base.ekopedia.org/w/images/8/89/Coupe_toit_vegetal.png

Sur le social

Les toitures végétalisées offrent à la ville plus d'espace vert et rendent la ville plus agréable.

c) Inconvénient:

L'installation d'une toiture végétalisée a besoin d'une très bonne couche d'étanchéité et elle est mal faite sur des toitures à forte pente par rapport à des pentes de toit qui ne dépassent pas 35°. En outre, la charpente ou dalle doivent être installées en fonction de la végétation qui y sera placée et du poids de terre. Enfin, lors des périodes sèches, un système d'arrosage est nécessaire.

Sur le plan économique, la toiture végétalisée est chère, quatre ou cinq fois plus chère qu'une toiture normale.

d) Coût :

En 2008 et en France :

- la terrasse-jardin est très chère (150 à 300 €/m²) ;
- la complexe étanchéité et la végétalisation extensive coûtent de 45 à 100 € le m²

Par contre, la toiture végétalisée peut diminuer jusqu'à 20 % les coûts de chauffage ou de refroidissement des bâtiments grâce au substrat et à la couche végétale qui servent d'isolant thermique.

Annuellement, elle peut absorber jusqu'à 50 % de la quantité d'eau qui tombe la toiture et permettre d'une réduction des coûts de traitement de l'eau environ de 5 à 10 %

Fiche d'exemple

Eco-quartier	Pays	Type de réalisation (neuf/réhabilitation)	Eco matériaux
Vauban	Allemagne	Réhabilitation	- Normes énergétiques de la « maison passive » pour 150 logements situés en maisons en bande : orientées nord-sud, à vaste baie vitrée et sans ombre portée. Maisons pensées dès la conception, dans l'architecture des bâtiments, pour ne pas excéder 15 kWh/m2/an. - Isolation maximale : triple vitrage, aucun recours au chauffage urbain pour l'eau chaude, et le moins possible pour l'électricité
BedZed	Angleterre	Neuf	- ventilation naturelle avec récupération de chaleur - utilisation de matériaux locaux, naturels et récupérés privilégiés - les murs extérieurs sont constitués de deux épaisseurs de briques séparées de 30cm de laine de roche - Toiture végétalisée
De Bonne	France (Grenoble)	Réhabilitation	- 435 logements neufs et une école élémentaire sont construits à haute performance énergétique (50 kWh/m2/an) - Terrasse végétalisée - Isolation en laine minérale, lame d'air, peau mince en panneau d'apparence matériau laqué ou feuillard aluminium. Socle en feuillard aluminium pour parties non vitrées. - Revêtement de sol : carrelage, parquet bois - Utilisation de matériaux sains ne dégageant pas de composant organique volatile - double ou triple vitrage

Eco-quartier	Pays	Type de réalisation (neuf/réhabilitation)	Eco matériaux
Dong tan	Chine (Shanghai)	Neuf	- toitures végétaux - Construite de toute pièce pour respecter le concept cent pour-cent écologique - Les ressources locales utilisées pour la construction
Vesterbro	Danemark(Copenhague)	Réhabilitation	- constructions de briques et pierres - utilisation des vitrages faiblement émissifs - il a été proposé pour chaque pièce
Västra	Suède	Réhabilitation	- toitures végétaux - Construire des bâtiments de conception très économes en énergie
Zurich	Suisse	Réhabilitation	- Le toit est particulièrement bien isolé avec 36cm de laine de roche - Les façades sur cour avec une isolation par extérieur de 28cm - Les fenêtres sont en triple vitrage - Une ventilation double flux - Une structure métallique posée au sol, appuyée contre la façade et fixée à celle-ci par quelques points d'ancrage, afin de ne pas constituer de ponts thermiques

Tableau 5: Les exemples

Sources : [en ligne] <http://www.limeil-brevannes.fr/dossiers/index.php?2009/11/12/33-les-temps-durables-un-quartier-pionnier-en-france-un-nouvel-atout-pour-notre-ville>

<http://www.ash-romande.ch/pdf/Presentation.VAUBAN.pdf> (consulté le 22 décembre 2009) ;

Philippe Bovet (mai 2009), *Ecoquartiers en Europe*

http://www.web-logix.nl/CreativeEnergy/content/visits/visit_EVA_Lanxmeer.pdf (consulté en décembre 2009)

http://www.secureproject.org/download/18.360a0d56117c51a2d30800078408/Kronsberg_Germany.pdf (consulté en décembre 2009)

Réalisé par LIU Chen, étudiante EPU-DA, 2010.

13.Proposition

Après avoir analysé tous les matériaux d'éco-construction, j'ai le résultat que : ***Les matériaux permettant de concrétiser la nation d'éco-construction sont transposables en toute circonstance lors de la conception d'un écoquartier.***

A fin de répondre le besoin de la construction de bâtiments très économes en énergie et le besoin de la santé des habitants, pendant la construction des bâtiments, on doit respecter la notion de Bâtiment Basse Consommation (BBC) et de Haute Qualité Environnementale (HQE), et choisir des éco-matériaux qui sont sains, recyclables et peu consommateurs en ressources et énergie, et qui sont des bonnes isolations prenant en compte la toiture, les murs et les fenêtres etc.

a) Technique prioritaire

Après analyser la partie d'éco-matériaux, je vais vous proposer les matériaux prioritaires pour améliorer la qualité des bâtiments.

Les cloisons et les monomurs	brique en terre cuite	Il est aussi un type de monomur sert de la très bonne isolation thermique, phonique. Donc il n'y a pas besoin de rajouter de l'isolant spécifique c'est-à-dire que les murs et l'isolation se font en une seule opération. En outre, il a une bonne résistance mécanique et il peut limiter efficacement des ponts thermiques.
	bétons cellulaires	Il est aussi un type de monomur, il est utilisés dans toute la maison, offert un bon isolant phonique et thermique.
	bétons légers	Il est très proche de béton cellulaire.
	plaques en fibre gypse	elles servent d'une très bonne isolation acoustique, elle est hydrofuges, ignifugées et de haute résistance aux chocs.
L'étanchéité	L'étanchéité en polypropylène	il assure d'excellentes performances pour la pare-pluie, le pare-vapeur, et au vent. Il peut servir de matériaux de la couche d'étanchéité de la toiture végétalisée. En outre, il est hydrophobe et très facilement à recycler, stable et souple, il peut compatir avec tous les matériaux isolants.

	L'étanchéité en liquide par résine	Elles sont résistants et circulables.
vitrage	Le double vitrage à isolation renforcée	Il permet de diminuer les pertes de chaleur de 40 % par rapport à un double vitrage et de 70 % par rapport à un simple vitrage.
	Les triples vitrages	il apporte une isolation encore meilleure que le double vitrage à isolation renforcée. Et il permet d'une très bonne transmission lumineuse. On peut le poser au Nord.
Isolation	L'isolation par l'extérieur (lame en bois composite)	L'isolation par l'extérieur permet de limiter très fortement les ponts thermiques. Entre eux, lame en bois composite est un bon choix, il est résistants, stables, imputrescibles, peut résister aux rayons ultraviolets et il ne fissure pas.
	L'isolation par l'extérieur (lame en contreplaqué)	Il a bonne tenue en extérieur.
	Isolation en Liège	Le liège est un isolant naturel, compact et imputrescible, il peut auto extinguable face au feu et ne dégage pas de fumées toxiques, et il n'est pas attaqué par les rongeurs ou insectes.
	Isolation en fibre de coton	Il est un isolant naturel, sert d'isolation thermique des toitures, cloisons et planchers.
La toiture végétalisée		il permet de purger d'air et diminuer des taux de CO et CO2, et il sert d'une meilleure isolation phonique et sa capacité d'inertie thermique permet de réaliser d'économies d'énergie.

b) Technique secondaire

Les cloisons et les monomurs	Briques de verre
L'étanchéité	L'étanchéité en bitume
Isolation	L'isolation par l'extérieur (lame en bois massif et lame en lamellé-collé)
	Fibre de bois ; Plume

c) Technique tertiaire

Les cloisons et les monomurs	cloisons alvéolaires ; plaques de plâtre
L'étanchéité	synthétique
Isolation	Fibre de lin et mouton

2. Energie

21. Introduction

Pour diminuer la consommation énergétique et réduire les impacts de l'environnement, dans le cadre de la conception des écoquartiers, on a mis en œuvre la directive éco-conception qui nous exige de prendre des mesures pour limiter la consommation dans le secteur des bâtiments. Par exemple, la réduction de l'éclairage des rues et des bureaux, le retrait des ampoules à incandescence, etc.

Par ailleurs, on doit développer des énergies renouvelables. A travers des écoquartiers existants, on voit qu'ils bénéficient des énergies renouvelables pour répondre des besoins de la chaleur et de l'électricité de tout le quartier. Ils ont mis en places des techniques qui utilisent des énergies solaires, des éoliens, des énergies géothermiques, des biomasses pour les transformer en énergies électriques et de chaleur.

Pendant la recherche, on ne considère que des techniques qui utilisent des énergies renouvelables. On va faire l'analyse sur des techniques à partir des 4 différents types des énergies :

- Energie solaire
- Energie géothermique
- Energie éolien
- Energie de la biomasse

22. Technique d'énergie

221. L'Energie solaire

L'énergie solaire est l'énergie du soleil par son rayonnement, directement ou de manière diffuse à travers l'atmosphère.

L'homme utilise l'énergie solaire pour la transformer en d'autres formes d'énergie : énergie alimentaire, énergie cinétique, énergie thermique, électricité ou biomasse. On considère qu'on utilise l'énergie solaire comme l'électricité ou l'énergie thermique dans notre recherche. L'énergie thermique est utilisée pour l'eau chaude sanitaire, le chauffage de la maison...

On utilise les panneaux solaires photovoltaïques pour produire de l'électricité et les panneaux solaires thermiques pour produire de l'énergie thermique.

a) L'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire. La production de cette énergie est basée sur les cellules photovoltaïques qui sont les composants électroniques. Cette installation produit de l'électricité qui peut être consommée sur place ou alimenter un réseau de distribution. On distingue deux types d'utilisation celui où l'installation photovoltaïque est connectée à un réseau de distribution d'électricité et celui où elle ne l'est pas. Les installations non connectées peuvent directement consommer l'électricité produite. Par exemple pour fonctionner des appareils électroménagers. Pour celles qui sont connectées à un réseau de distribution, les installations photovoltaïques produisent de l'électricité qui peut être revendu à EDF par exemple.

i. Le principe de fonctionnement des panneaux photovoltaïques

Le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques est assez simple. Les panneaux solaires photovoltaïques sont constitués de cellules électroniques. Ces cellules

sont exposées à la lumière (photons) qui génère simultanément deux types de phénomènes : une tension électrique et un courant continu pour absorber les rayonnements du soleil.

Les panneaux photovoltaïques sont installés sur les toits et reliés à un onduleur qui permet la délivrance des tensions et des courants alternatifs à partir de la source d'énergie électrique continue.

- Pour l'installation non connectée, il permet de consommer directement de l'électricité, donc on peut relier l'onduleur aux appareils électroménagers.
- Pour l'installation connectée au réseau, il est nécessaire de relier l'onduleur à un premier compteur électrique de facturation. Un deuxième compteur électrique sera destiné à l'électricité consommée et achetée en retour au même réseau EDF.
-

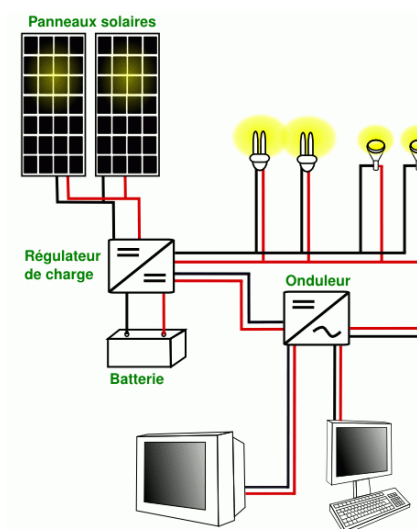


Figure 24: Installation photovoltaïque non connectée au réseau www.hellopro.fr

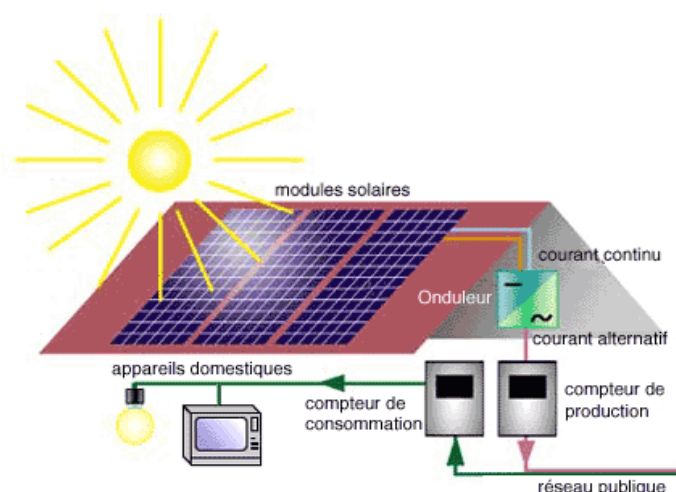


Figure 23: Installation photovoltaïque connectée au réseau www.solaireconcept.fr

ii. L'analyse

Pour bien utiliser l'énergie solaire et bien choisir les panneaux photovoltaïques à mettre en œuvre dans les écoquartiers, on doit faire les études en considérant les contextes d'installation des panneaux, comme le gisement solaire, la situation d'installation, le coût, le savoir-faire et la culture pour voir si les panneaux photovoltaïques sont transposables.

Gisement solaire en France :

Au cours d'une journée, la production d'électricité des panneaux photovoltaïques varie en permanence en fonction de la position du soleil. Dans le périmètre de la France, la production varie aussi en fonction du lieu géographique.

Avant de s'équiper en panneaux photovoltaïques, il est donc intéressant de savoir ce qu'on peut tirer de la puissance de l'énergie solaire au lieu géographique. L'information se trouve facilement sur internet, par exemple la Communauté Européenne a mis en

ligne un logiciel gratuit « PV Estimation Utility ». Selon cet outil, on peut calculer ce qu'on peut obtenir en kWh/kWc⁴⁸/an.

Les cartes ci-dessous présentent le gisement solaire en kWh/m²/an et en kWh/kWc/an en France.

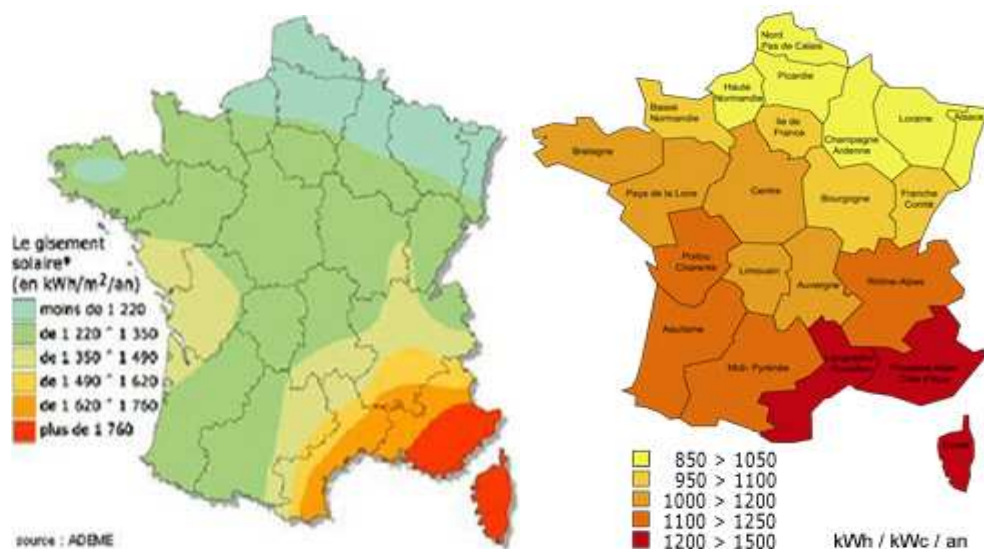


Figure 25: Le gisement

En considérant le paramètre gisement solaire, on peut voir que l'énergie solaire photovoltaïque peut être utilisée dans le périmètre de toute la France. En fonction de la latitude, en France les panneaux solaires photovoltaïques peuvent recevoir entre 3 kWh/m² et 5,2 kWh/m² par jour. Ce potentiel fait de l'énergie solaire une source d'énergie renouvelable incontournable : en moyenne, un panneau solaire photovoltaïque de 100 Wc installé en France produit entre 80 et 300 Wh/jour

Le gisement solaire permet d'identifier, par géolocalisation, la valeur d'énergie disponible pour une installation.

Équation théorique (hors facteurs de perte et de correction)

$$Pu \text{ brute (kWh/an)} = Pu \text{ (kWc)} \times Pu \text{ gisement (kWh/kWc/an)}$$

- $Pu \text{ brute} = \text{puissance théorique}$
 $Pu = \text{puissance crête installée}$
- $Pu \text{ gisement} = \text{puissance gisement solaire}$

Equation générale d'une installation

Exemple :

⁴⁸ **Kilowatt crête (kWc) = Puissance dans des conditions standards**

La puissance crête d'un système photovoltaïque correspond à la puissance électrique délivrée par ce même système dans des conditions standards d'ensoleillement (1000 W/m²), de température (25°C) et de standardisation du spectre de la lumière (AM 1,5). Pour la Wallonie, la puissance crête correspond plus ou moins à la notion de puissance maximale.

Ex: un module de 200 Wc est un module qui produira une puissance électrique de 200 W si on le place sous ensoleillement de 1000 W/m². « ressource en ligne : <http://www.ef4.be/fr/photovoltaïque/aspects-techniques/kw-kwh-kwc-kva.html> »

Pour un système de 3 kWc à installer à Grenoble (38), le gisement solaire sera compris entre 1100 et 1200 kWh/kWc/an. Valeur exacte = 1152 kWh/kWc/an (voir tableau ci-après).

Puissance brute = 3 x 1152 = 3456 kWh/an ⁴⁹ (source : sigma.tec)

Le coût

1. Le coût d'installation

Le coût provient principalement du prix d'achat des modules photovoltaïques et le prix peuvent varier fortement en fonction du mode d'intégration architecturale choisi, du choix de la structure, du raccordement au réseau ou non, de la taille de l'installation.

On considère le prix moyen par Wc installé, on retiendra que le coût total d'un système photovoltaïque se situe entre 5 et 8 euros⁵⁰ par W crête installé selon la taille de l'installation, le type de toit (plat, incliné) et le type de pose choisi.

L'installation de système photovoltaïque peut être connectée ou non connectée à un réseau de distribution, il faut payer plus pour le raccordement au réseau (environ 700 euros HT). Mais, Il présente d'avantage de cette façon d'installation, on peut vendre l'électricité au EDF.

2. Le coût d'entretien

L'avantage des systèmes photovoltaïques, c'est qu'ils demandent très peu d'entretien. L'onduleur demande un peu plus d'entretien car comme tout appareil électronique il s'use, il doit être remplacé tous les 8 à 10 ans (soit environ 1 000 € par appareil remplacé)⁵¹.

3. Les aides financières

L'ADEME peut proposer des aides financières pour permettre la réduction du coût d'installation des panneaux photovoltaïques.

Par ailleurs, on peut aussi revendre de l'électricité au EDF par exemple. Le tarif 2009 de base est de 32,823 centimes d'euros par kWh en France métropolitaine.⁵²

Le savoir-faire

Les techniques sur l'installation des panneaux photovoltaïques ne sont pas compliquées. Pour bien la mise en place et à fin d'acquérir des connaissances en la matière, les compétences liées aux couvreurs et électriciens, les formations QualiPV sont mises en place par Qualit'EnR, durent trois, quatre jours et comptent deux options : l'option 'intégration au bâtiment est destinée aux couvreurs et l'option 'électricité' est faite pour les électriciens. On peut dire qu'on est capable d'installer les panneaux photovoltaïques

L'efficacité :

L'ordre de grandeur de la consommation annuelle d'une famille de 3 à 5 personnes qui vit sans gaspiller l'énergie est de 1000 kWh. En générale, 1 kWc de panneaux solaires, soit aujourd'hui une surface d'environ 7m²,⁵³ selon le gisement solaire en France, on peut

⁴⁹ Source : [en ligne] http://www.sigma-tec.fr/textes/texte_parametres_installation.html

⁵⁰ Source : [en ligne] <http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-economiques/>

⁵¹ Source : [en ligne] <http://www.hespul.org/Couts-et-financement.html>

⁵² Source : « guide ADEME », [en ligne] <http://www.ademe.fr/particuliers/fiches/reseau/rub5.htm>

⁵³ Source : [en ligne] <http://www.ddmagazine.com/314-combien-panneaux-solaires-energie-monde.html>

avoir que ces 1000 kWh peuvent être fournis par 10 mètres carrés de capteurs solaires photovoltaïques placés sur le toit du logement.

Il est donc 1 kWc de panneaux solaires pour 1 000 kWh d'électricité, il est environ 5000-8000 euros de coût d'installation. La durée de la vie des panneaux solaires est environ 20 ans.

Pour conclure, les panneaux photovoltaïques sont bien adaptés dans le cadre de la conception des écoquartiers. Grâce à la ressource de l'énergie solaire qui est propre et inépuisable, il nous permet de capter des rayonnements du soleil et de l'utiliser pour produire de l'électricité à travers les panneaux photovoltaïques. Donc, il n'y a pas de contraintes sur la configuration du site pour utiliser les panneaux photovoltaïques, on peut les mettre en place dans le périmètre de toute la France.

Par ailleurs, l'énergie solaire permet de réduire la consommation énergétique fossile, et les émissions de GES. Il peut bien répondre de la demande de la loi Grenelle.

De plus, le coût total d'installation, d'entretien et de fonctionnement est adapté, l'efficacité par rapport du coût est haute. On a les capacités de mettre en œuvre ce technique. Même si les cellules posent des problèmes environnementaux en fin de vie, mais ils peuvent être recyclés.

Il est donc transposable de mettre en place des panneaux photovoltaïques dans les écoquartiers.

b) Panneaux solaires thermiques

Les panneaux sont des dispositifs permettant de capter le rayonnement solaire et de le transformer en chaleur. Ils sont utilisés dans le cadre de l'installation d'un chauffe-eau solaire individuel (CESI) ou d'un système solaire combiné (chauffage + eau chaude). Il existe deux types de panneaux solaires thermiques : les capteurs à eau et les capteurs à air.

i. Le principe de fonctionnement des panneaux solaires thermiques

Les panneaux solaires thermiques sont placés sur le toit des bâtiments. Ils reçoivent la chaleur du soleil et transmettent celle-ci à un fluide caloporteur antigel qui circule à l'intérieur. Celle-ci est ensuite acheminée par des tuyaux isolés vers un ballon tampon, qui sert de stockage. L'énergie ainsi stockée peut ensuite être utilisée pour alimenter la maison en eau chaude sanitaire ou contribuer au système de chauffage central selon les besoins.

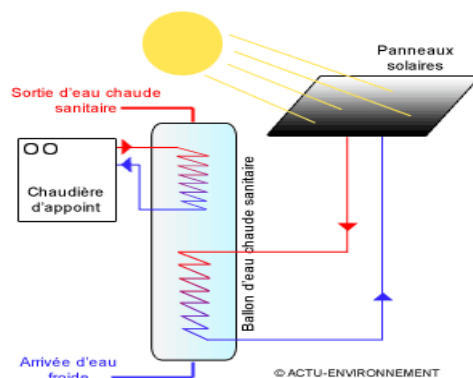


Figure 26: Installation panneaux thermiques⁵⁴

ii. L'analyse

Gisement solaire en France :

Le gisement solaire en France est présenté dans la partie sur les panneaux solaires photovoltaïques.

Le coût

1. Le coût d'installation

Le coût d'installation des panneaux solaires thermiques provient du prix d'achat des poses, des matériaux, des kits, etc. Le prix varie en fonction des différents modèles de panneau solaire thermique. Le coût moyen varie entre 130 et 200 euros par mètre carré (pose et matériel compris). La durée de vie des panneaux solaires thermiques est d'au moins 20 ans.

2. Le coût d'entretien

Les panneaux solaires thermiques nécessitent très peu d'entretien pendant la durée de son utilisation. De ce fait les coûts d'entretien ne sont pas élevés.

3. Les aides financières

Comme pour l'installation des panneaux solaires thermiques, il existe aussi des aides financières pour encourager le choix d'énergie renouvelable.

Efficacité

En général, La dimension moyenne est de 15 m² pour une maison disposant d'une plancher basse température de 100 m² et de 3 à 4 m² pour les installations simples de chauffe-eau solaire.⁵⁵

Le savoir-faire

Les techniques d'installation des panneaux solaires thermiques ne sont pas compliquées. Il existe une appellation **Quali SOL**, recommandée par l'ADEME, qui est un gage de la qualité d'installation de panneaux solaires. Les professionnels QUALI SOL se sont engagés à respecter la charte qualité pour l'installation des systèmes solaires thermiques. Ils disposent des compétences et des assurances nécessaires.

⁵⁴ <http://www.energie-solarus.com>

⁵⁵ Source : [en ligne] <http://www.voizo.fr/energies/panneaux-solaires-thermiques>

Pour conclure, les panneaux solaires thermiques peuvent être mis en place dans le cadre de la conception des écoquartiers.

A partir des analyses, on peut voir que les panneaux solaires photovoltaïques et thermiques sont adaptés pour équiper les écoquartiers. En effet, on doit aussi considérer des besoins énergétiques en hiver qui sont plus qu'en été, au contraire, l'ensoleillement est moins fort en hiver. Il est donc possible de les mettre en œuvre avec d'autre technique comme la cogénération pour alimenter le système de chauffage dans le cadre d'écoquartier.

Dans la conception de certains écoquartiers, il est aussi possible de combiner les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques pour répondre aux besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire et à une partie des besoins en électricité.

Par exemple, un écoquartier en France : *Eco-quartier des Temps Durables*.⁵⁶

Cet écoquartier se situe à la région Ile-de-France, il sera achevé en 2011. C'est un quartier avec 100% d'énergies renouvelables. 5 900 m² de panneaux solaires et photovoltaïques seront mis en place, dont 2 300 m² de panneaux thermo-solaires qui participeront à la production d'eau chaude sanitaire du réseau urbain et 3 600 m² de panneaux photovoltaïques qui alimenteront le réseau du quartier en électricité solaire.

222. L'énergie géothermique

La géothermie désigne aussi l'énergie géothermique issue de l'énergie de la Terre qui est convertie en chaleur. L'énergie géothermique est exploitée dans des réseaux de chauffage, d'eau chaude et d'électricité.

On distingue trois types de géothermie selon le niveau de température disponible à l'exploitation :

- la géothermie à haute énergie
- la géothermie de basse énergie aux températures situées entre 30 et 100°C
- la géothermie de très basse énergie aux températures situées entre 10 et 30°C

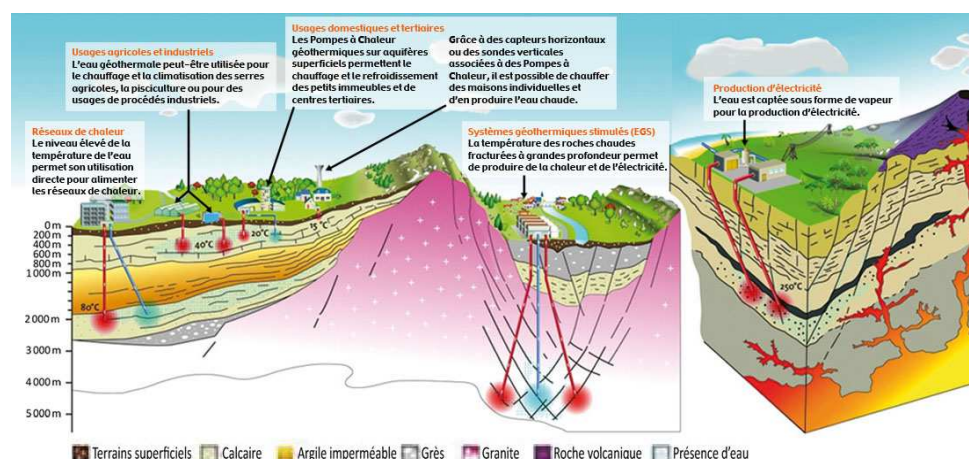


Figure 27: Utilisation de la géothermie⁵⁷

⁵⁶ Source : [en ligne] <http://www.limeil-brevannes.fr/dossiers/index.php?2009/11/12/33-les-temps-durables-un-quartier-pionnier-en-france-un-nouvel-atout-pour-notre-ville>

⁵⁷ Source : [en ligne] www.maisonbrico.com

À partir de la figure, on peut voir que la géothermie peut être utilisée avec plusieurs méthodes en fonction des différents niveaux de température. Pendant la recherche, on ne considère que les techniques utilisant la géothermie de basse énergie et de très basse énergie. On peut mettre en œuvre le réseau de chauffage urbain en exploitant de la géothermie basse énergie, le chauffage avec la pompe à chaleur et le puits canadien en utilisant de la géothermie très basse énergie.

a) Chauffage urbain géothermique

On utilise la géothermie basse énergie pour le chauffage urbain collectif par réseau de chaleur. La géothermie basse énergie est celle qui permet d'atteindre une température de l'eau variant entre 30 °C et 100 °C dans des gisements situés entre 1 500 et 2 500m de profondeur.

i. Le principe d'un chauffage urbain géothermique

On remonte l'eau du puits de production jusqu'à l'échangeur thermique à travers la pompe de production. Cette pompe et son moteur sont généralement immergés à l'intérieur du puits. A travers l'échangeur thermique, l'eau chaude rentre dans le réseau de chauffage urbain. L'échangeur permet le transfert de la chaleur entre la pompe de production et la pompe de réinjection. Pour le réseau de chauffage urbain, c'est une boucle de circulation d'eau constituée par deux canalisations :

- L'une sert à livrer la chaleur jusqu'au sous-sol des immeubles.
- L'autre ramène l'eau refroidie jusqu'à l'échangeur de la centrale.



Figure 28: Le géothermique

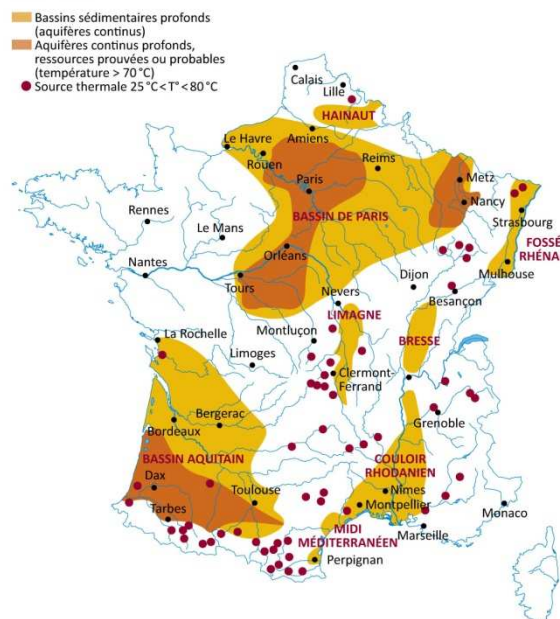
Source : site de semhach

ii. L'analyse

Gisement géothermique

Le réseau de chauffage urbain est alimenté par de la géothermie de basse énergie, présente dans tous les grands bassins sédimentaires du monde. Si l'aquifère est suffisamment profond pour que la température de l'eau géothermale soit supérieure à 60°C, il est alors possible d'alimenter un réseau de chaleur par simple échange.

source : BRGM



Source : <http://soliterre.blog.free.fr>

Selon le gisement géothermique français, à partir la carte, on peut voir la répartition de l'énergie géothermie qui peut être utilisée par le réseau de chauffage urbain collectif. Les zones qui ne se situent qu'au Bassin de Paris, le Bassin Aquitain, le Limagne, la Bresse, la Fossé Rhénan et le Couloir Rhodanien ont des possibilités de mettre en place cette technique.

L'implantation d'une installation géothermique, particulièrement en site urbain, pose premièrement le problème de l'espace nécessaire pour le forage. Une surface de l'ordre d'un hectare doit être dégagée et aplani pour contenir la plate-forme de forage, les bacs à boue et les entrepôts de matériels (tubes, ciment, etc.). D'un part, trouver de tels espaces en site urbain n'est pas facile et d'autre part, le site doit, de préférence, être par ailleurs situé à une distance suffisante des habitations voisines. Le site doit être alimenté en eau et permettre un accès facile aux engins lourds (camions, engins de levage, etc.).

L'investissement d'exploitation de la géothermie pour mettre en place un réseau de chauffage urbain est coûteux.

Dans la démarche qualité ADEME - BRGM - EDF pour la réalisation de sondes géothermiques, il existe 89 foreurs en France, jusqu' au 04/02/2010.⁵⁸ On peut voir qu'on a beaucoup de choix d'entreprise de forage pour exploiter une centrale géothermale.

Efficacité par rapport au coût

Aujourd'hui, afin de répondre aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans le cadre d'écoquartier, il est possible d'utiliser l'énergie géothermique pour produire de la chaleur. Cette technologie présente des avantages pour le chauffage urbain:

78

- Le réseau est alimenté par la géothermie qui est une source d'énergie renouvelable. Elle est propre, il n'y a pas de pollution pour l'environnement, ni émission de GES. Elle contribue à réduire les impacts sur l'environnement et à lutter contre le changement climatique.
- Cette source d'énergie permet d'assurer une production importante (des puissances quelques dizaines de Mégawatt (MW) selon les installations voir des centaines de MW à proximité des points chauds), contrairement au photovoltaïque (1kW) ou aux éoliennes. (1MW)
- Cette ressource a aussi l'avantage par rapport aux autres énergies renouvelables, de produire toute l'année et toute la journée, car l'énergie géothermique est peu sensible aux variations météorologiques.
- Parce que l'efficacité d'une centrale géothermale qui peut alimenter au moins de plusieurs milliers d'équivalent logements. On peut l'exploiter à une grande échelle. Il est possible de faire profiter plusieurs quartiers voisins voire toute la ville du surplus de chaleur produit par cette centrale géothermale.
- Une centrale géothermale peut fonctionner beaucoup d'années, il permet d'économiser des facteurs d'énergie.

Par contre, la mise en œuvre de technique géothermique dans les cadres des écoquartiers est contrainte par sa localisation géographique. Aujourd'hui, cette énergie ne s'adresse qu'à des usagers localisés à proximité de la source (quelques kilomètres).

De plus, les technologies pour mettre en place un réseau de chauffage urbain sont compliquées. L'investissement est élevé. Il est possible d'appliquer cette technique dans le cas de plusieurs milliers de logements. Mais, la taille des écoquartiers est variable, elle n'est donc pas adaptable pour des écoquartiers avec un nombre de logement inférieur à un millier.

Pour conclure, on peut dire que la technique de la centrale géothermale de réseau de chauffage urbain n'est pas transposable.

b) Puits canadien

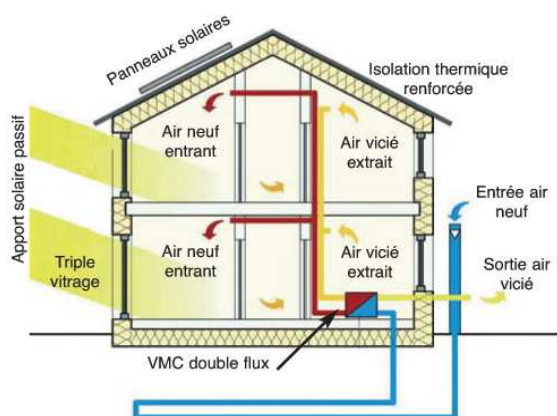


Figure 30: Puits canadien
Source : www.maisonsbiloba.fr

La géothermie très basse énergie est une géothermie au niveau des températures comprises entre 10 °C et 30 °C. Cette énergie peut être appliquée à la climatisation passive avec par exemple le système du puits provençal (puits canadien).

i. Principe de fonctionnement de puits canadien

Le puits canadien est un système géothermique dit de surface. Il consiste à utiliser l'inertie thermique du sol pour prétraiter l'air neuf de renouvellement d'air de la maison, des bureaux, de la construction.

Parce que la terre à deux mètres de profondeur, a une température pratiquement constante tout au long de l'année, elle varie entre 10 et 18°C. Le puits canadien permet de faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air neuf de renouvellement par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres.⁵⁹

En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux. Avec ce système, l'air aspiré par la ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) ne sera pas prélevé directement de l'extérieur (via les bouches d'aération des fenêtres), d'où une économie de chauffage. L'air neuf renouvelé entrant dans l'habitation sera à une température supérieure de +5 °C à + 9 °C par rapport à la température de l'air extérieur.

En été, le sol est à l'inverse plus froid que la température extérieure : ce "puits" astucieux va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour tempérer l'air entrant dans le logement.

Une Ventilation Mécanique Contrôlée double flux avec son réseau de soufflage et d'extraction dans la maison assure grâce à un échangeur à haut rendement (plus de 90 % des calories) et doit permettre de récolter les condensats. Leur gestion est assurée par le puits canadien lui-même, et l'air envoyé dans la maison doit avoir un taux d'hygrométrie idéal situé entre 40 à 60 %⁶⁰.

(Son principe est de réchauffer l'air neuf introduit dans le logement en récupérant la chaleur de l'air évacué.)

ii. Analyse

Avantages

Il a de grande possibilité de mettre en place le puits canadien dans le cadre d'écoquartier car il est adaptable à la maison individuelle et aux immeubles avec plusieurs étages. Il a plusieurs avantages :

-Il peut réchauffer l'air en hiver et le refroidir en été. En hiver, il permet de réduire les besoins de chauffage, et dans le cas échéant à un système de ventilation performant, il peut permettre de remplacer le système de chauffage. En été, l'air peut être introduit entre 15 et 20°C à travers le puits canadien. Il fonctionne comme une climatisation naturelle. Dans le cadre du bâtiment, il aide à limiter la consommation de chauffage et de climatisation classique. Un puits canadien avec une ventilation Mécanique Contrôlée double flux peut permettre de réduire des besoins d'énergie de 30 à 50 kWh/m² par an.

-Il n'est pas compliqué de mettre en place un puits canadien. En moyenne, le tube est enterré à une profondeur allant de 1 à 2 mètres, il est facile à être réalisé. Les travaux sont faciles à réaliser par une entreprise. Le coût d'installation est faible, 70 euros par mètre carré. Le coût d'utilisation est quasi nul. L'entretien qui consiste au nettoyage du puits et des filtres, est simple à faire.

⁵⁹ Source : [en ligne] <http://www.acqualys.fr/pages/index.php?id=134>

⁶⁰ Source : [en ligne] <http://www.acqualys.fr/pages/index.php?id=134> (page consulté le 13 avril 2010)

Inconvénients

Mais, aujourd'hui, il n'y a aucune norme pour l'installation, aucun avis technique du CSTB pour le matériel, aucun système de certification pour les installateurs. De plus, le puits canadien est en général utilisé dans le cadre de maison individuelle. Pour les immeubles avec plusieurs étages, il faut installer le moteur pour atteindre une plus hauteur. Par ailleurs, l'installation de puits canadien est contrainte par la nature du sol. On ne peut pas l'installer sur les sols rocheux ou les nappes phréatiques peu profondes.

Pour conclure, on peut dire que la technique de puits canadien n'est pas transposable. Mais, l'installation contribue à faire des bâtiments performants comme la maison passive pour diminuer la facture de chauffage et climatisation. Mais, il faut bien réfléchir et choisir les installateurs pendant la conception des écoquartiers pour assurer une bonne qualité de fonctionnement.

c) Chauffage avec la pompe à chaleur

La géothermie avec usage de Pompes à Chaleur sur aquifères superficiels, sur capteurs horizontaux ou sur sondes verticales connaît également un regain d'intérêt depuis quelques années pour le chauffage et le refroidissement. La France participe au développement rapide et sans précédent de ce marché qui devient un des plus importants d'Europe : En 2007, 19 000 pompes à chaleur géothermiques ont été installées chez les particuliers.

i. Principe de fonctionnement de chauffage avec la pompe à chaleur

Il existe deux types de captage géothermique, le captage thermique horizontal et le captage thermique vertical. En général, on installe une pompe à chaleur pour prélever dans le sol les calories.

Principe de la géothermie horizontale :

1- Dans le principe, on installe tout d'abord un réseau de capteurs enterrés entre 50 et 120 cm de profondeur. Il s'agit de tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène.
2- Dans ce circuit fermé circule, selon la nature de l'installation, de l'eau additionnée d'antigel ou de fluide frigorigène dont le mouvement est assuré par la pompe à chaleur.
3- Le liquide est alors naturellement chauffé par la terre, et les calories ainsi récupérées sont distribuées au sein de l'habitation, notamment dans le système de chauffage (qu'il s'agisse de planchers chauffants ou de radiateurs).

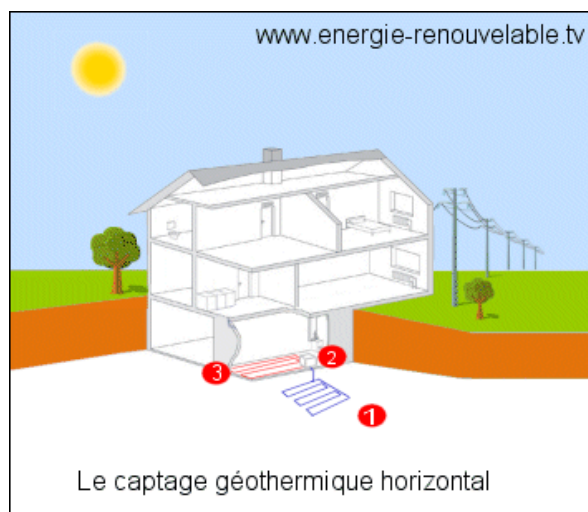


Figure 31: La géothermie horizontale

Principe de la géothermie verticale :

La géothermie par captage vertical fait appel à deux tubes de polyéthylène qui forment une sorte de U installés dans le puits de forage (parfois jusqu'à 100 ou 120 m de profondeur).

La pompe permet de faire circuler l'eau additionnée de liquide antigel dans ce circuit fermé. Ce liquide, au passage de la terre, est naturellement réchauffé puis redistribué dans l'habitation.⁶¹

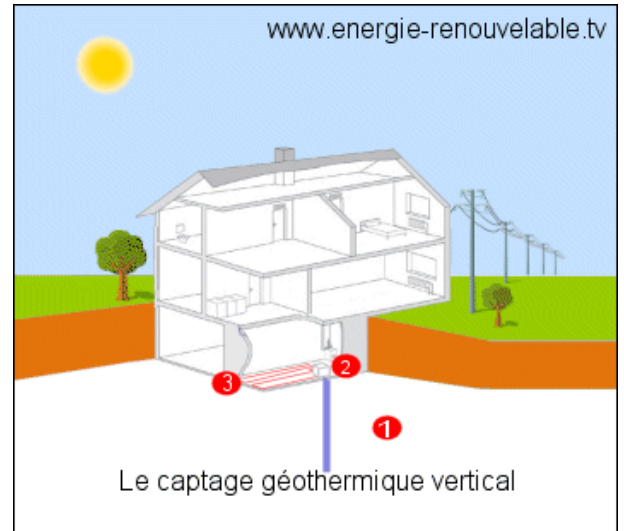


Figure 32: La géothermie verticale

ii. Analyse

Le gisement géothermique

Pour le chauffage avec la pompe à chaleur, on exploite l'énergie sur aquifères superficiels. A partir de la carte du gisement géothermique, on peut voir qu'il est donc possible de réaliser ces techniques dans le périmètre de toute la France.

Le coût

On considère aujourd'hui que le prix d'installation d'un chauffage par géothermie varie entre 18 000 et 30 000 € TTC (pose incluse) pour une habitation de 100 à 150m²,⁶² selon les caractéristiques du terrain, les techniques mises en œuvre, les matériaux utilisés...

Il existe des aides financières qui permettent de bénéficier d'une réduction de 50% sur les impôts.

Le savoir-faire

Bien qu'en pleine évolution en France, cette solution de chauffage reste encore mal connue et son développement fragile. L'ADEME, EDF et le BRGM travaillent depuis 5 ans à la mise en place d'une **démarche d'engagement qualité** pour les foreurs de sondes géothermiques. De plus, l'Association Française pour les Pompes A Chaleur – AFPAC – s'est donnée pour mission de promouvoir le développement des pompes à

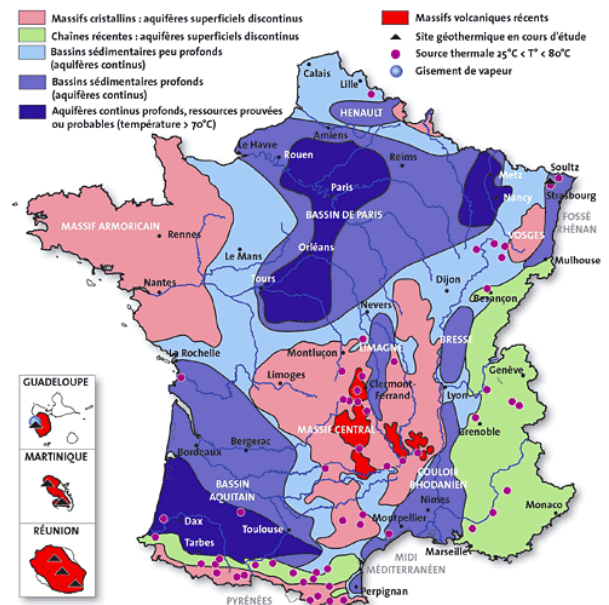


Figure 33: Le gisement géothermique français

Source : www.abc-geothermie.com

⁶¹ Source : [en ligne] <http://www.energie-renouvelable.tv/installation-chauffage-geothermie.html>

⁶² Source : [en ligne] <http://www.energie-renouvelable.tv/installation-chauffage-geothermie.html>

chaleur en France. Ces démarches visent à imposer cette technologie comme système de chauffage, efficace et performant.

L'efficacité

Un système de chauffage avec une pompe à chaleur peut répondre aux besoins d'une maison individuelle. Pour le type horizontal, pour estimer la quantité de capteurs nécessaires dans le cadre de solution géothermique, on considère 1.5 à 2 fois la surface habitable à chauffer. En ce qui concerne les capteurs verticaux, il est courant de considérer qu'il faut généralement 2 sondes de 50 m de profondeur pour chauffer une maison de 120 m² de surface habitable.⁶³

Pour conclure, la mise en place de système de chauffage avec une pompe à chaleur n'a pas de contrainte géographique. Il est possible de l'utiliser dans toute la France. Le coût d'investissement est acceptable. Mais, par rapport à la rentabilité de ce système, il est toujours utilisé dans le cadre de la maison individuelle. Donc, il n'est pas transposable dans le cadre des écoquartiers. Car dans les écoquartiers, il possède les différents types de bâtiment comme les immeubles avec plusieurs étages, des bureaux, des hôtels avec une grande surface.

223. L'énergie éolienne

La croissance de la consommation énergétique et surtout les ressources d'énergie fossile demande de développer des énergies alternatives telles l'énergie renouvelable. L'énergie éolienne est une des formes d'énergie renouvelable. Elle est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie directement tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne. L'énergie éolienne peut être utilisée de deux manières : la conservation de l'énergie mécanique et la production d'énergie électrique.

Les éoliennes utilisées pour produire de l'électricité existent sous différentes tailles. Les éoliennes géantes appelées aussi parcs d'éoliennes, habituellement installées en groupes, peuvent produire de grande quantité d'électricité. Elles peuvent même produire des centaines de mégawatts (MW) d'électricité pour alimenter une centaine de foyers. Les éoliennes domestiques sont des petites machines offrant une puissance nominale comprise entre 100 watts et 50 kW. Elles sont perchées sur des mâts de 10 à 35 mètres de hauteur. Le petit éolien est utilisé pour produire de l'électricité et alimenter des appareils électriques (pompes, éclairage, ...) de manière économique et durable.⁶⁴

Il existe deux types d'éoliennes destinées au marché des particuliers, des collectivités et des agriculteurs : axe horizontal et axe vertical type "pané mone" qui n'a pas besoin d'être orienté dans la direction du vent.

⁶³ Source : [en ligne] <http://www.energie-renouvelable.tv/installation-chauffage-geothermie.html>

⁶⁴ Source : [en ligne] <http://energie-verte.blogspot.com/2009/06/eolien-domestique-eolienne-particuliers.html>

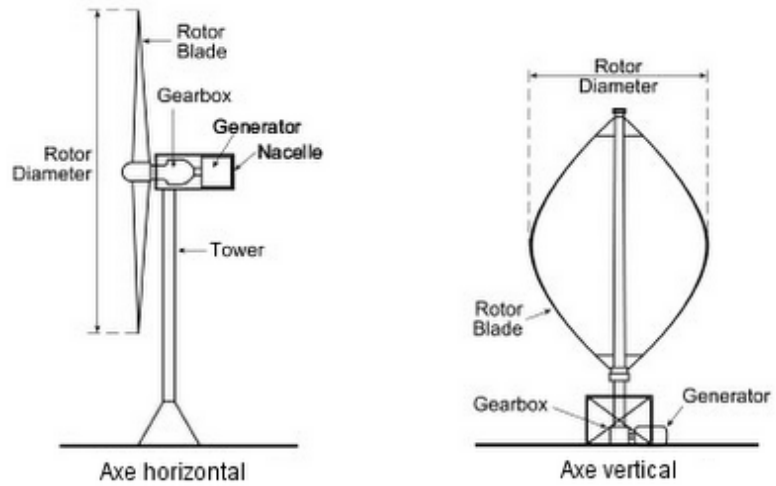


Figure 34: L'énergie éolienne⁶⁵

Dans le cadre d'écoquartier qui se situe dans les zones urbaines ou rurales, on peut choisir de mettre en place les petites éoliennes ou les éoliennes qui peuvent produire des centaines de mégawatts pour répondre à des besoins d'éclairage, des appareils électroménagers, d'eau chaude, de chauffage, etc.

i. Principe de fonctionnement d'éolienne

Le principe de fonctionnement de l'énergie éolienne est relativement simple: le vent fait tourner des pales qui font elles mêmes tourner le générateur de l'éolienne. En règle générale, une vitesse annuelle moyenne du vent d'au moins 4,0 à 4,5 m/s (14,4 à 16,2 km/h) est nécessaire pour qu'une petite éolienne produise suffisamment d'électricité pour être rentable. A son tour le générateur transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique de type éolienne. L'électricité éolienne est dirigée vers le réseau électrique ou vers des batteries de stockage d'électricité éolienne.

⁶⁵ <http://energie-verte.blogspot.com/2009/06/eolien-domestique-eolienne-particuliers.html>

ii. Analyse

Le gisement éolien

Une éolienne produit de l'électricité lorsque la vitesse de vent se situe entre 4 et 25 m/s⁶⁶. Pour utiliser l'éolienne, la ressource de vent est un élément fondamental, il est donc nécessaire d'identifier le gisement éolien en France.

A partir du seuil de vitesse du vent et de la carte ci-contre qui présente la vitesse moyenne du vent on peut voir qu'une éolienne peut fonctionner sur une grande partie du territoire français. Sauf en zone 1 dans le cas de bocage dense, bois et banlieue où le vent a une vitesse inférieure à 4 m/s.

Implantation (choix de site)

Certaines caractéristiques d'un site naturel peuvent en effet constituer des obstacles majeurs à la construction d'un parc éolien : protection d'une faune particulière, présence d'un site classé au patrimoine national, éloignement trop important du réseau électrique auquel on souhaite se raccorder, etc. Parce qu'en fonction de la taille, de la vitesse de rotation et du positionnement de l'éolien, il peut avoir des impacts sur les oiseaux.

De plus, la nuisance sonore va contraindre le choix du site d'implantation des parcs éoliens. Il faut une distance environ 500m entre les éoliennes et les habitations pour protéger les habitants. Donc c'est difficile de mettre en place des parcs éoliens en zone urbaine où il y a une grande densité d'habitation.

Le coût

Le coût total des éoliennes est compris entre quelques centaines d'euros à plusieurs centaines de milliers, mais les prix ont tendance à baisser avec l'augmentation de la demande. Par exemple, le prix (tout compris) d'un système de quelques kW, qui permet de produire quelques milliers de kWh par an, s'échelonne de 15 000 € à 130 000 €.

L'entretien des éoliennes est assez cher, car réalisé par des spécialistes, sauf pour les plus petites. Il a lieu environ deux fois par an, et la durée de vie d'une éolienne est de vingt ans en moyenne. Il faut compter quelques 2 ou 3 % du coût d'ensemble.⁶⁷

L'efficacité

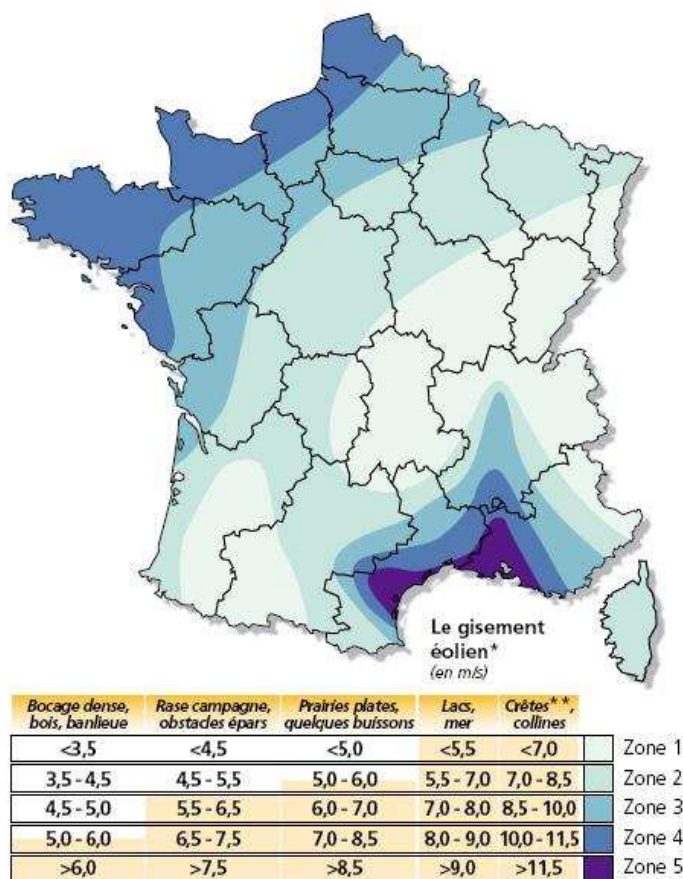


Figure 35: Le gisement éolien français

Source : www.radeux.fr/img/gisement_eolien.jpg&imgrefurl

⁶⁶ Source : [en ligne] <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89olienne>

⁶⁷ Source : [en ligne] <http://www.energieeolienne.net/investir.html>

Pour un petit éolien, un taux de charge de 1600 heures est généralement constaté en France. Une éolienne de 5 KW, il peut donc assurer la production de 8000 KWh par an.

On peut aussi intégrer le système d'éolienne avec le réseau d'urbain, comme EDF, pour revendre le produit électrique. Par exemple, EDF achète l'électricité au tarif éolien fixé par la loi. Ce tarif est plus élevé que le tarif auquel on achète l'électricité à EDF.

A partir des analyses, on peut dire que l'énergie éolienne a une grande de possibilité d'être utilisé dans le cadre d'écoquartier. On peut mettre en place les éoliennes qui sont avec un mât haut au sol en zones avec une faible densité. Dans les zones urbaines denses qui possèdent une basse vitesse de vent, on peut intégrer les éoliennes aux toits des bâtiments dans le périmètre d'écoquartier. Par exemple, dans l'écoquartier de Montpellier, 23 petites éoliennes seront implantées sur les toitures des bâtiments pour produire de l'électricité qui sera revendue au EDF. Il faut bien choisir la puissance d'éolien en fonction de :

- Besoin d'électricité
- Localisation du site : il est dans quelle région, il est en zone urbaine, périurbaine ou rurale ? La situation du site est directement liée à la vitesse du vent.

Mais, la contrainte de vitesse de vent fait qu'il n'est pas rentable de mettre en place des éoliennes dans les zones où la vitesse du vent est inférieure à 4 m/s. Donc, la technique d'éolien n'est pas transposable dans le cadre de la conception des écoquartiers.

224. L'énergie de la biomasse

Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie. Elle est une énergie renouvelable qui peut être de diverses natures :

- le bois qui est sous forme de combustible comme des bûches, des granulés et des plaquettes;



Figure 36 : L'énergie de la biomasse⁶⁸

- les déchets des industriels de la filière bois, exploitants forestiers, scieries, menuiseries : écorces, sciures, copeaux, plaquettes et emballages non traités tels que les palettes;
- les déchets de l'industrie papetière : liqueurs noires, boues papetières;

⁶⁸ <http://www.ecoren.fr/ressources-biomasse-bois-energie.php>

- les déchets des industries agroalimentaires : marcs de raisin et de café, pulpes et pépins de raisin, noyaux d'olives, etc. ...;
- certains produits agricoles (céréales, huiles végétales) et co-produits tels que la paille, la bagasse (résidus de la canne à sucre);
- les cultures énergétiques : taillis à courte rotation (saules, miscanthus, etc.);
- les déchets organiques : les boues d'épuration, la fraction biodégradable des ordures ménagères, les lisiers, ...

La valorisation énergétique de la biomasse conduit à trois formes d'énergie utile, en fonction du type de biomasse et des techniques mises en œuvre: la chaleur, l'électricité (ou les deux combinées en cas de cogénération) ainsi que la force motrice de déplacement (les biocarburants).

La biomasse peut être valorisée de trois manières :

- sous forme de chaleur : les bioénergies.
- par conversion biologique (digestion, fermentation) : le biogaz
- sous forme carburant: les biocarburants

L'utilisation de l'énergie biomasse n'augmente pas les émissions atmosphériques de dioxyde de carbone, une des principales sources de gaz à effet de serre, grâce aux cycles de repousse des plantes et des arbres.

L'utilisation de biomasse peut également réduire les émissions de méthane, un autre gaz à effet de serre, qui provient de la décomposition de matière organique; et la biomasse peut être convertie en différentes formes d'énergie.

a) Cogénération à partir de la biomasse ligneuse

Aujourd'hui, l'énergie de la biomasse est utilisée dans le secteur du bâtiment pour alimenter le chauffage et réchauffer l'eau chaude sanitaire en produisant de la chaleur et de l'électricité. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre les techniques utilisant l'énergie de la biomasse dans le cadre des écoquartiers pour réduire la consommation d'énergie fossile et les impacts sur l'environnement. La technique de la cogénération qui est alimentée par la biomasse est déjà mise en place dans certains écoquartiers.

i. Principe de fonctionnement de cogénération

La cogénération est un principe de production simultanée d'électricité et de chaleur. L'énergie électrique produite sera soit consommée sur place, soit rejetée sur le réseau électrique national. L'énergie thermique sera utilisée en chauffage et/ou pour le réchauffage de l'ECS (Eau Chaude Sanitaire). Elle peut être réalisée à partir de tout combustible, des combustibles solides comme le bois, les restes de bois scié, les produits de pâturage (par exemple, la paille), des plantes entières (par exemple, les céréales), à des combustibles gazeux comme le biogaz, le gaz d'épuration, le gaz de décharge ou le gaz de bois et à des combustibles liquides comme l'huile de colza.

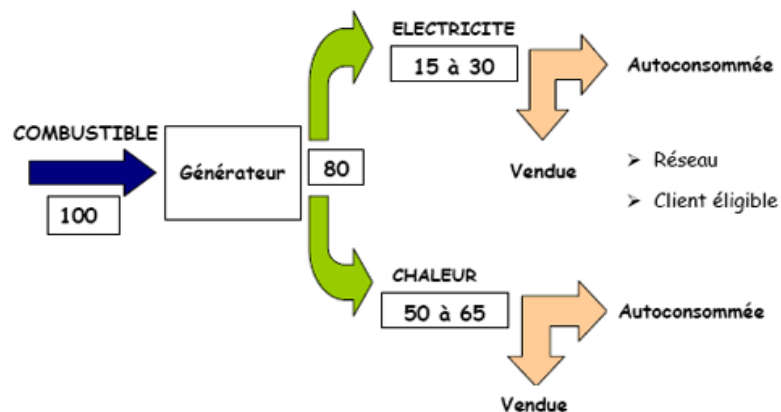


Figure 37: Le fonctionnement de cogénération⁶⁹

Schéma de la cogénération

La cogénération à partir de la biomasse ligneuse est la cogénération qui est alimentée par des combustibles solides comme le bois, des bûches, des granulés, des plaquettes, les restes de bois scié, les pailles, etc.

ii. Analyse

Les ressources de la biomasse ligneuse

La cogénération à partir de la biomasse ligneuse pour alimenter le chauffage, l'eau chaude sanitaire et produire l'énergie électrique dans le cadre des écoquartiers, nécessite un stock de bois important pour assurer de son fonctionnement. On peut alimenter une cogénération en utilisant de la biomasse comme biocombustible. Il nous permet d'utiliser du bois sous la forme de bûches mais aussi de plaquettes forestières ou de granulés. La paille, mais aussi des résidus de culture et des productions dédiées qui peuvent être utilisés comme combustibles.

Les ressources de la biomasse ligneuse sont principalement des bois (forêts, peupleraies, haies), il y a aussi des ressources complémentaires comme des arbres épars, vergers, landes et arbres urbains, etc. Le bois constitue le gisement principal de biomasse en France. L'ADEME a financé en 2009 une étude sur la biomasse ligneuse disponible en France pour l'énergie. Le résultat est que, dans les conditions économiques actuelles, la disponibilité nette en bois de trituration-bois bûche est de 12 Mm³/an et la disponibilité en menus bois (petites branches de moins de 7 cm de diamètre) est de 7 Mm³/an.⁷⁰ Donc, on a assez de ressources pour alimenter la cogénération.

Le coût

Pour le coût, il faut prendre en compte le prix de la biomasse ligneuse. Le prix des plaquettes forestières ou des pailles est peu sensible. Mais il faut considérer le prix de transport, pour les zones qui sont loin de l'approvisionnement

Le rendement

⁶⁹ Source : www.biostral.re/img/energies_renouvelables/co-generation.png&imgrefurl

⁷⁰ Source : évaluation de la biomasse ligneuse sur la période 2006-2020. [en ligne] http://www.fcbainfo.fr/ihm/medias/office/Evaluation_biomasse_FCBA_INFO.pdf

La cogénération qui peut produire simultanément de chaleur et d'électricité permet d'atteindre des rendements élevés, de 75 à 85%.⁷¹ Dans les conditions optimum, de l'ordre de 35% pour la production électrique, et des rendements thermiques de l'ordre de 50% soit un rendement global de 85%. La cogénération permet donc de produire plus d'énergie avec une même quantité de combustible. C'est à dire qu'on consomme moins de combustible pour produire autant d'énergie. De plus, on peut revendre les surplus au réseau national comme EDF.

Environnement

Au niveau environnemental, la cogénération à partir de la biomasse ligneuse permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre en utilisant l'énergie renouvelable.

Aujourd'hui, la technique de la cogénération est bien adaptée en France, et son utilisation est encouragée. Par ailleurs, grâce à son efficacité, peu de impact sur l'environnement, peu de contrainte pour l'implantation, et coût adaptable, il est donc possible de mettre en place la cogénération à partir de la biomasse ligneuse dans le cadre des écoquartiers pour fournir d'électricité, de l'eau chaude et alimenter le réseau de chauffage.

b) Biogaz

i. Principe de production du biogaz

Le biogaz est le produit de la conversion biologique de la biomasse. Il est le gaz produit par la fermentation méthanique de matières organiques animales ou végétales en l'absence d'oxygène. Lorsque des matières organiques se décomposent dans un environnement exempt d'oxygène (dans un digesteur), un processus appelé digestion anaérobie, cette digestion a lieu grâce à l'action de différents bactéries et conduit à une production de biogaz. Ce biogaz peut être utilisé avec différents méthodes. La méthode la plus courante est de le brûler pour produire de la chaleur. Le biogaz peut être intégré dans le réseau de gaz naturel ou utilisé comme combustible dans le cas de la cogénération pour produire simultanément de l'électricité et de la chaleur. Dans certains cas, il peut être utilisé comme carburant pour véhicules.

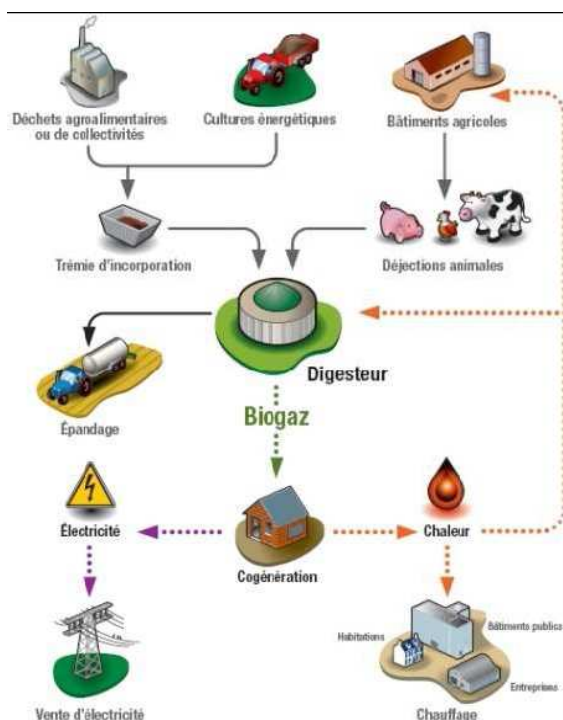


Figure 38: La production de biogaz

Source : www.aeb-energie.fr

Dans le cadre des écoquartiers, on peut réaliser un système de production du biogaz, et le brûler directement pour produire de la chaleur ou on peut mettre en place de la

⁷¹ Source : [en ligne] http://www.actu-environnement.com/ae/news/place_cogeneration_mix_energetique_francais_5709.php4

cogénération à partir du biogaz qui produit de la chaleur et de l'électricité pour répondre à une partie des besoins d'électricité, d'eau chaude sanitaire et de chauffage.

ii. Analyse

• Aspect des ressources

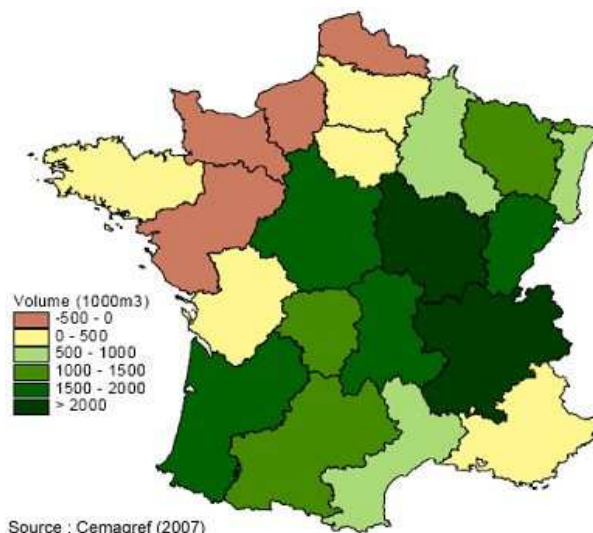


Figure 39: Répartition des déchets mobilisables

L'énergie de biogaz peut être valorisée à partir de la méthanisation de déchets ménagers, de boues d'épuration, des effluents d'élevages et des effluents industriels.

Cette carte présente la répartition des déchets mobilisables en France. On peut voir à travers cette carte que la plupart des régions permet de mettre en place un digesteur pour produire du biogaz en utilisant des déchets en France.

Aspect environnemental

Au niveau environnemental, il y a plusieurs avantages en utilisant du biogaz. Il permet de se libérer des énergies fossiles, de limiter les émissions de gaz à effet de serre. La production de biogaz à partir des déchets permet d'établir un système de traitement des déchets plus durable.

Mais, il est possible de produire les odeurs autour les zones d'implantation des digesteurs qui produit le biogaz.

• Aspect du coût⁷²

Coût d'une unité de production d'électricité à partir de biogaz :

5 000 à 7 000 €/kW, pour une puissance inférieure à 100 kW

3 000 à 5 000 €/kW, pour une puissance supérieure à 100 kW

Coût annuel de maintenance de l'installation de production de biogaz :

2 à 2,5% du montant de l'investissement

Coût annuel de maintenance du générateur :

15 à 20 €/kW (soit 7 500 à 10 000 €/an pour un générateur de 500 kW)

Coût annuel de fonctionnement de l'installation (électricité) :

L'installation consomme l'équivalent de 6 à 10% de l'électricité produite (brasseurs, pompes...). Le coût des matières premières est aléatoire et varie selon le type et l'origine des produits employés (déchets, cultures énergétiques...).

⁷² Source : Production de Biogaz... L'Allemagne en ébullition...La France en frémissment

En France, des aides à l'investissement peuvent être accordées par l'ADEME, les collectivités territoriales (régions, départements) ou l'Europe. Ces aides ne sont pas systématiques et sont donc attribuées selon la qualité du projet présenté.

Pour la production du biogaz, Il peut y avoir des odeurs si les matières premières ne sont pas gérées correctement. Il n'est pas adaptable pour les écoquartier qui se situent en zone urbaine à cause de l'odeur. En France, la production de biogaz et l'utilisation de biogaz sont souvent en zone rurale où il y a beaucoup de déchet d'élevage ou agricole. De plus, le fonctionnement et le contrôle du système de biogaz peuvent être complexes. L'investissement dans un système de la production de biogaz est relativement cher. La technique la production n'est pas transposable. Donc, la technique de cogénération à partir du biogaz n'est pas transposable dans le cadre des écoquartiers.

23. Les exemples de mise en œuvre des techniques dans les écoquartiers

Eco-quartier	Localisation	Nombre de logement	Mixité fonctionnelle	Les techniques sur l'énergie
EVA-Lanxmeer (Pays bas)	Sur un ancien terrain agricole	250 logements	- 40.000 m² de bureaux - une ferme urbaine écologique - un centre d'information - un centre de bien-être, - un centre de conférences, - des bars, - des restaurants - un hôtel.	• une station de biomasse pour la cogénération • disposition de panneaux solaires photovoltaïques accordés au réseau public et thermiques pour la production d'eau chaude
Vauban (Allemagne)	2,5 km au sud du centre ville	- 2 000 logements collectifs ou individuels - 200 logements « alternatifs » - 600 logements étudiants	- une zone d'activité de 600 emplois (sur 6 hectares) - un centre de service - maison de quartier	• Installation des panneaux solaires photovoltaïques qui sont accordés au réseau national • Usine cogénération à partir du bois (80%) et du gaz naturel (20%)
BedZed (Angleterre)	Banlieue	100 logements	- Commerces - Activité socioculturelle	• Une centrale alimentée par du bois et l'installation des panneaux photovoltaïques pour répondre aux besoins électriques • Système de chauffage solaire
De Bonne (France Grenoble)	En pleine de centre	850 dont 35 % de logements sociaux	- des commerces - un hôtel - des bureaux	• Installation des cogénérations à partir du gaz naturel • Installation des panneaux photovoltaïques • Installation des capteurs solaires thermiques

			- une école élémentaire - un restaurant scolaire - un établissement pour les personnes âgées - une piscine - un cinéma	• ventilation double flux
Les temps durables (France)	Zone urbaine	1200 logements	23 commerces	• 2 300 m2 de panneaux thermo-solaires • 3 600 m2 de panneaux photovoltaïques • Une centrale de cogénération bois-biomasse
Kronsberg (Allemagne Hanovre)	Bordure de la ville	6000 logements	- Trois crèches, une école primaire et un lycée - Une maison de quartier - Un centre ecclésiastique - Un établissement médical - Un complexe commercial	• 2 éoliennes • 2 centrales de cogénération décentralisées • Installation des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques

Tableau 6: Les exemples

Sources : [en ligne] <http://www.limeil-brevannes.fr/dossiers/index.php?2009/11/12/33-les-temps-durables-un-quartier-pionnier-en-france-un-nouvel-atout-pour-notre-ville>

<http://www.ash-romande.ch/pdf/Presentation.VAUBAN.pdf> (consulté le 22 décembre 2009) ;

<http://www.debonne-grenoble.fr/> (consulté en mai 2010).

Ecoquartier – BedZED (Beddington Zero fossil Energy Development – GB), 2008 sur http://www.energy-cities.eu/db/sutton_579_fr.pdf (consulté le 22 décembre 2009).

http://www.web-logix.nl/CreativeEnergy/content/visits/visit_EVA_Lanxmeer.pdf (consulté en décembre 2009)

http://www.secureproject.org/download/18.360a0d56117c51a2d30800078408/Kronsberg_Germany.pdf (consulté en décembre 2009)

Réalisé par YANG Mo, étudiante EPU-DA, 2010.

24.Fiche de synthèse des techniques

	Avantages	Inconvénients
Panneaux solaires thermiques	• Peuvent être mise en place dans toute la France, et en zone urbaine, périurbaine et rurale • Utiliser de l'énergie solaire qui est inépuisable et renouvelable, peu d'impact sur l'environnement • Avoir peu de besoin d'entretien pour des panneaux • Peuvent être bien intégré au niveau de l'architecture	• L'énergie solaire est variable dans le temps, la production est donc irrégulière
Panneaux photovoltaïques	• Peuvent être mise en place dans toute la France, et en zone urbaine, périurbaine et rurale • Utilisent d'énergie solaire qui est inépuisable et renouvelable, peu d'impact sur l'environnement • Avoir peu de besoin d'entretien pour des panneaux • Peuvent être bien intégré au niveau de l'architecture • Peuvent être raccordés au réseau (EDF)	• Le stockage d'électricité est difficile • Le recyclage des cellules photovoltaïques en fin de vie pose des problèmes environnementaux • L'énergie produit n'est pas auto-suffisants • L'énergie solaire est variable dans le temps, la production est donc irrégulière
éoliennes	• Utilisent de l'énergie éolienne propre et renouvelable • Pas d'émission de gaz à effet de serre • Peuvent se recycler après utilisation • Peuvent être raccordées au réseau (EDF) pour vendre de l'électricité	• Investissement est coûteux • la production est viable à cause du vent aléatoire • Détruit de visuelle du paysage • Avoir du bruit de l'éolienne qui tourne avec le vent • Dépend la topographie • Existe des impacts sur la faune
Centrale géothermale pour le réseau de chauffage urbain	• Utilise d'énergie géothermique qui est propre et renouvelable • L'énergie géothermique est fiable et stable • Etre rentable pour alimenter les réseaux chauffage et l'eau chaude • Peut être utilisée dans une plus grande échelle	• Dépend de la ressource géothermique • L'installation nécessite des travaux compliqués • L'investissement est élevé
Puits canadien	• Etre adapté dans de périmètre de toute la France • Permet de réduire des besoins d'énergie • Simple de technique de mise place et d'utilisation	• Avoir besoin d'entretien : nettoyage et remplacement des bouches d'aération et les filtres • Il n'y a pas de forme pour l'installation

	• Faible ou pas de coût de fonctionnement	• Dépend de la nature du sol
Chauffage avec la pompe à chaleur	• Utilise de la ressource géothermique qui est renouvelable et propre • Pas de contrainte géographique • La technologie de mise en place est simple • Le coût d'installation est acceptable	• N'est pas rentable pour des logements collectifs • Consommation d'électricité pour faire fonctionner la pompe à chaleur
Cogénération à partir de la biomasse ligneuse	• Permet de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur • Rentable • Utilise du bois ou des pailles comme combustible • Le coût de combustible n'est pas cher • Permet de réduire d'émission de gaz à effet de serre	• La consommation du bois conduit la déforestation
Biogaz	• Permet de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur en cogénération • Rentable • Permet d'utiliser un nouveau moyen pour traiter des déchets • les technologies de la production du biogaz sont fiables, éprouvées	• La production de l'odeur mauvaise pendant la production du biogaz, on ne peut pas l'utiliser en zone urbaine • L'installation d'un système est coûteuse • Il est utilisé souvent en zone agricole ou d'élevage

Tableau 7: Fiche de synthèse des techniques

A travers cette fiche synthèse, on peut voir que des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques ainsi que la technique de la cogénération à partir de la biomasse ligneuse sont transposables.

Les autres techniques ne sont pas transposables. Elles dépendent des contextes géographiques, environnementaux, l'efficacité, le savoir-faire, l'investissement, etc.

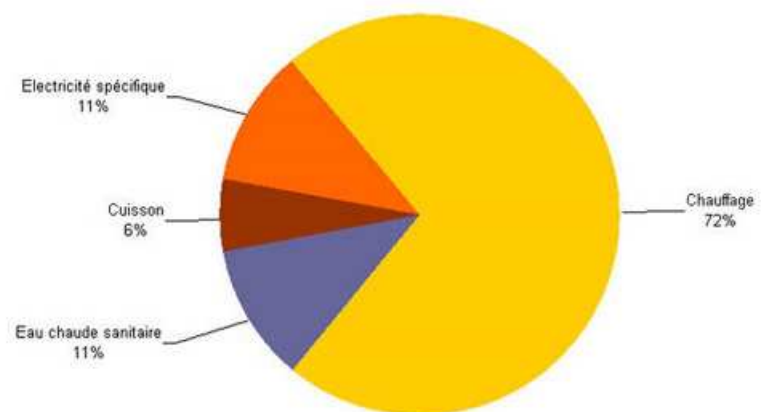
- Des techniques fondées sur la géothermie de basse énergie ne sont utilisées qu'à la proximité des ressources où elles se situent au Bassin de Paris, le Bassin Aquitain, le Limagne, la Bresse, la Fossé Rhénan et le Couloir Rhodanien. De plus, l'investissement est très coûteux pour mettre en œuvre un réseau de chauffage géothermique et la technologie est complexe.
- L'utilisation de puits canadien est contrainte par la nature du sol. Il ne peut pas être installé sur des sols rocheux.
- Le chauffage avec la pompe à chaleur en utilisant la géothermie de très basse énergie est mise en œuvre dans la maison individuelle à cause de sa rentabilité.
- Des techniques pour la production du biogaz sont mises en place en zones agricoles et d'élevage.
- Les éoliennes ne peuvent être installées que dans les zones où la vitesse du vent est supérieure à 3 m/s comme des zones au bord de la rivière, ou des zones moins denses.

Pendant la conception des écoquartiers, on doit bien choisir des techniques pour assurer le bon fonctionnement et la coordination entre les différentes techniques pour permettre de répondre aux besoins énergétiques.

25.Proposition de choix des techniques

Dans le cadre de la conception des écoquartiers, des techniques liées aux énergies renouvelables sont véritablement mise en œuvre pour atteindre les objectifs environnementaux :

- Réduire la consommation d'énergie fossile
- Réduire les émissions de GES
- Minimiser les impacts sur le changement climatique



La consommation moyenne par logement est restée stable. A travers ce camembert, on peut voir que 72% de la consommation pour le chauffage, 11% de la consommation pour l'eau chaude sanitaire, 11% pour l'électricité spécifique et 6% pour la cuisson. Il est donc important d'assurer les performances des bâtiments pour

Figure 40: La consommation énergétique

Source : <http://www.lampe-de-luminothérapie.com/consommation-d-energie>

diminuer la consommation énergétique. Il faut bien choisir des techniques en ce qui concerne les matériaux d'isolation par exemple, il nous permet d'avoir des bâtiments basse consommation.

Selon les besoins énergétiques, on met en place des techniques pour y répondre. Car la plupart des techniques ne sont pas transposables, elles dépendent du gisement de la ressource, de son efficacité, ses compétences d'installation, l'investissement, sauf des panneaux solaires. Pour réaliser des objectifs attendus, on doit bien choisir des techniques en fonction des contextes d'environnement, de contexte géographique, de savoir-faire, de financement, etc.

De plus, en effet, on met plusieurs types de technologies ensemble pour répondre à des besoins d'électricité et de chaleur.

A travers des analyses, on classe des techniques pour proposer de la priorité pour utiliser des techniques en utilisant des énergies renouvelables. On fait un classement en fonction des contraintes géographiques, des compétences d'application, de l'investissement, etc.

- Les techniques prioritaires : ce sont celles qui ne sont pas soumises à des contraintes d'ordre géographique, géologique, où l'investissement est acceptable, et des compétences dans la mise en œuvre existent.

On propose la technique de panneaux solaires photovoltaïques et thermiques comme le technique prioritaire pour mettre en place dans des écoquartiers. Elles permettent de répondre aux besoins de chaleur avec des panneaux thermiques et aux besoins d'électricité avec du photovoltaïque. Dans le cadre des écoquartiers, cette technique est indispensable.

En générale, les panneaux solaires ne suffisent pas pour répondre aux besoins énergétiques de tout l'écoquartier. La cogénération à partir de la biomasse ligneuse peut être aussi proposée comme la technique prioritaire à combiner avec les panneaux solaires. Elle peut être utilisée pour le système de chauffage collectif.

- Les techniques secondaires : soient elles dépendent du contexte géographique, soient elles nécessitent des investissements élevés ou alors les processus de réalisation sont complexes.

A cause du coût élevé d'investissement pour l'installation, le fonctionnement et l'entretien des éoliennes. De plus, l'application des éoliennes dépend de la vitesse du vent. De ce fait, on propose les éoliennes comme des techniques secondaires dans des écoquartiers.

Les techniques utilisant la géothermie font aussi une partie des techniques secondaires. Ils sont contraints par le gisement de ressource d'énergie et des typologies de bâtiments. La centrale géothermale de réseau de chauffage urbain doit être mis en place à proximité des ressources géothermique. De plus, cette technique est très coûteuse, la technologie est très complexe. Le chauffage avec la pompe à chaleur est utilisé dans la maison individuelle. Le puits canadien dépend de la nature de sol.

Le biogaz est généralement utilisé en zone agricole et d'élevage en France.

Techniques prioritaires	• panneaux solaires photovoltaïques • panneaux solaires thermiques • cogénération à partir de la biomasse ligneuse
Techniques secondaires	• Eoliennes • Centrale géothermale pour le réseau de chauffage urbain • Chauffage avec la pompe à chaleur • Puits canadien • biogaz

3. La gestion des eaux

31. Introduction

311. Choix des écoquartier étudiés

a) Méthode de sélection des terrains d'étudiés

Après la construction de notre problématique de recherche, la suite de l'analyse se concentre sur l'observation des opérations d'écoquartiers existantes en Europe afin d'avoir une vision globale en comparant les techniques déjà réalisées de la gestion des eaux. Nous avons choisis des écoquartiers exemplaires internationaux et nationaux selon leur implantation et leurs expériences de différentes pratiques. Nous avons donc orienté la sélection vers une diversité des écoquartiers étudiés selon les trois critères qui suivent.

i. *Choix de pays du nord au sud en Europe*

Tout abord, nous avons sélectionné des écoquartiers dans les pays nordiques, dans la mesure où ces derniers sont des pays plus avancés concernant la prise de conscience de la protection de l'environnement et du développement durable. Les écoquartiers du nord de l'Europe soulignent la haute qualité de cadre de vie et introduisent, dans ce contexte, beaucoup de solutions durables et innovantes. En observant les pays du nord au sud de l'Europe, ceux du sud semblent un peu en retard sur le développement des projets d'écoquartiers par rapport aux pays nordiques. Cependant, les nouveaux écoquartiers dans les pays au sud nous permettent de regarder les évolutions des différences au travers de plusieurs pays en Europe.

ii. *Choix par des implantations et les surfaces de terrains*

Dans la partie II, on trouve que l'implantation des écoquartiers rencontre des enjeux très importants qui pourraient nous aider à déterminer si le choix du site peut influencer les choix des techniques. Par exemple, l'écoquartier De Bonne se situe au centre-ville de Grenoble et le quartier Kronsberg à Hanovre fait partie d'une grande zone agricole. D'une part, ces questions se posent pour compléter notre analyse. Le tableau qui suit montre quels sont les quartiers situés dans les zones urbaines et les périphéries ou zones agricoles.

D'autre part, les surfaces ou la taille d'un projet d'écoquartier sont aussi intéressantes à prendre en compte quant à l'installation des techniques. Le quartier Bedzed au Royaume Uni, avec 1,7 ha de surface constitue un modèle à petite échelle qui semble avoir réussi à atteindre des objectifs de diminution des impacts environnementaux. Par rapport à Bedzed, l'écoquartier Le Raquet de 166 ha de surface et le quartier d'Hammarby de 200 ha nous permettent d'observer des techniques dans les grands quartiers. Ceci nous pose une nouvelle question qui a orienté notre sélection d'écoquartiers à étudier : la taille de projet peut-elle affecter les choix de techniques ?

iii. *Choix par la date de lancement*

Par rapport aux écoquartiers récents, on considère que les écoquartiers déjà construits en Europe peuvent montrer directement les problèmes tant dans la mise en œuvre que la pratique des techniques. De plus, ces écoquartiers représentent des exemples concernant les aspects techniques pour les écoquartiers récents. Le quartier de Vauban en Allemagne est un exemple réputé en Europe dont le système de techniques est important à étudier dans notre recherche. Enfin, au fil de temps, depuis les projets lancés tôt jusqu'au récents, il nous est possible de voir les améliorations et les évolutions des techniques de la gestion des eaux.

b) Le tableau des terrains d'études

Pays	Ville	Implantation	Quartier	Date de lancement	Surface
Angleterre	Sutton	Périphérie	BedZed	1999	1,7ha
Allemagne	Hanovre	Zone agricole	Kronsberg	1993	70ha
	Freibourg-en-Brisgau	Zone militaire	Vauban	1993	38ha
Danemark	Copenhague	Zone urbaine (quartier ancien)	Vesterbro	1990	
France	Grenoble	Centre-ville	De Bonne	2001	8,5ha
	Communauté d'agglomération de Douais	Périphérie urbaine	Le Raquet	2006	166ha
Suède	Malmö	Friche portuaire	BO01	1995	30ha
	Stockholm		Hammarby Sjöstad	1996	200ha

Tableau 8: Terrain d'études⁷³

312. Construction d'un outil d'analyse : une grille

a) Les trois catégories de l'eau dans les écoquartiers

Du point de vue du cycle de l'eau, sa gestion dans les écoquartiers est prise en compte principalement selon trois aspects : **l'économie d'eau potable** et **la gestion alternative des eaux pluviales et la valorisation des traitements des eaux usées**.

b) Les techniques appliquées par échelle

Selon la définition d'un écoquartier de la Partie I, un projet d'écoquartier doit être intégré à toutes les échelles, donc leurs techniques peuvent être analysées selon trois échelles.

i. *L'échelle du tissu urbain*

⁷³Source : Site de MEEDDT, http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=135
Site d'Energie-Cities, <http://www.energy-cities.eu/-Sustainable-Communities->

Un écoquartier est avant tout un morceau de la ville dont les assainissements et les réseaux d'alimentations d'eau sont s'intégrés dans l'ensemble du réseau urbain.

ii. *L'échelle du quartier*

Les techniques à l'échelle du quartier se constituent d'un système identifié par rapport au reste de la ville. Sont concernées notamment les techniques pour récupérer et traiter les eaux pluviales sur place du quartier comme : les bassins de rétentions, les noues, les tranchées filtrantes etc.

iii. *L'échelle du lotissement*

A cette échelle, nous avons observé que les techniques de la gestion des eaux sont utilisées par les résidents du quartier dans les bâtiments, ainsi que les microtechniques comme les surfaces drainantes, les petites cuvettes, les rigoles dont l'installation est simple. Les techniques de cette échelle sont les éléments qui composent le système global de la gestion des eaux du quartier au tissu urbain.

c) La grille d'analyse

Excepté les techniques, il existe aussi des programmes afin d'encourager et de sensibiliser les habitants. Dans le quartier de Kronsberg, l'agence de communication KUKA fut créée en 1997 par trois actionnaires dont la municipalité de Hanovre. Ils ont réalisé des programmes de formation et d'information aux habitants les incitant à économiser l'eau potable. Les programmes de concertation des habitants sont des outils qui permettent de renforcer et d'améliorer la gestion des eaux ; c'est pourquoi nous les mettrons dans la grille.

En raison des éléments précédents, nous avons établi le modèle de grille d'analyse suivant :

	Les techniques appliquées par échelle		
Quartier choisis	Eau potable	Eau pluviale	Eau usée
	Programmation de formation et d'information des habitants		

Tableau 9: Modèle de grille d'analyse⁷⁴

Selon ce modèle, nous avons réalisé des grilles d'analyse⁷⁵. Ces grilles nous aident à mieux comprendre les techniques et facilitent l'analyse. Il y existe également des limites à ces grilles comme la disponibilité des informations et l'accroissement des techniques (les programmes de concertation des habitants). De plus, les techniques de la gestion des eaux sont en lien avec les autres thématiques comme l'énergie, les déchets, la mobilité etc. La grille a eu la limite sur les interactions entre ces thématiques qui pourrait être développée pour aller plus loin dans cette recherche.

313. Choix des deux catégories principales à analyser

D'après nos annexes de grille, nous notons que les techniques sur l'économie de l'eau potable et la gestion de l'eau pluviale sont fréquentes aux échelles du lotissement et du

⁷⁴ Source : Réalisé par PAN.S PFE DA5, EPU-DA, 2010

⁷⁵ Cf; tableaux 12-14

quartier. La gestion des eaux usées fait partie de la grille d'échelle du tissu urbain, c'est-à-dire que les eaux usées sont transportées par les réseaux assainissement et traitées par la station d'épuration avec l'ensemble de la ville. A l'heure actuelle, il n'y a pas beaucoup d'exemples qui montrent les techniques des traitements des eaux usées dans les écoquartiers. Le quartier Bedzed et le quartier d'Hammarby Sjöstad possèdent des stations d'épuration qui combinent les techniques de traitement des eaux usées et de traitement des déchets organiques. Ces exemples poussent les quartiers plutôt vers la valorisation des déchets organiques que des eaux usées.

Par ailleurs, dans le contexte du changement climatique, les projets d'écoquartier sont plus sensibles aux conséquences comme les inondations et les sécheresses. En outre, des arguments ajoutés sur la préservation des ressources pour l'avenir mettent aussi un accent sur la gestion de l'eau potable et de l'eau pluviale. Avec les limites de la disponibilité pour accéder aux informations sur les techniques de la gestion des eaux usées, nous analyserons principalement la gestion de l'eau potable et de l'eau pluviale. Cependant, les techniques des trois catégories sont croisées quant à leur utilisation de l'eau (eau potable, eaux pluviales, eaux usées). En conséquent, la gestion des eaux usées sera relativement étudiée dans la partie de l'eau potable comme une solution alternative afin d'alimenter en eau potable.

32. Economie de l'eau potable

321. Les grands objectifs pour réduire la consommation d'eau

A l'échelle nationale, les collectivités européennes ont affiché des objectifs de réduction de la consommation d'eau potable dans leurs programmes environnementaux. Le tableau suivant montre les baisses de consommation d'eau fixées dans les programmes nationaux.

Quartier	Pays Ville	Les objectifs de réduction de la consommation d'eau
Bedzed	Royaume-Uni	58% par rapport au niveau local (Londres)
Vauban	Allemagne	
Kronsberg	Allemagne	100 l/pers/jour dans le quartier par rapport 142 l/pers/jour en Allemagne
Hammarby Sjöstad	Suède	50% en 2005 et 60% en 2015 par rapport le niveau national
BO01	Suède	
Vesterbro	Danemark	Réduire la consommation d'eau jusqu'à 110 l/pers/jour en 2010
Le Raquet	France	
De Bonne		

Tableau 10: Les objectifs de réduction de consommation d'eau⁷⁶

⁷⁶ Les objectifs de réduction de consommation d'eau Sources :
http://www.hannover.de/data/download/umwelt_bauen/umw_bild/WCK_english.pdf
http://www.hammarbysjostad.se/inenglish/pdf/HS_miljo_bok_eng_ny.pdf
<http://www.lausanne.ch/Tools/GetLinkedDoc.asp?File=16660.pdf&Title=Retour+d'exp%E9rience+quartier+B01>
<http://www.bioregional.com/what-we-do/our-work/bedzed/>
http://www.secureproject.org/download/18.360a0d56117c51a2d30800078407/Hedebygade_Denmark.pdf
 Réalisé par PAN S., étudiante EPU-DA, 2010.

322. Les techniques utilisées dans les écoquartiers

a) Les équipements d'économie d'eau

En France, la consommation moyenne d'eau moyenne par habitant est de 150 litres. Il y a des usages extérieurs (arrosage, lavage des véhicules, etc.) et des usages intérieurs (l'alimentation des chasses d'eau, le lavage du linge etc.). La figure en suivante montre les différents usages et l'eau en France :

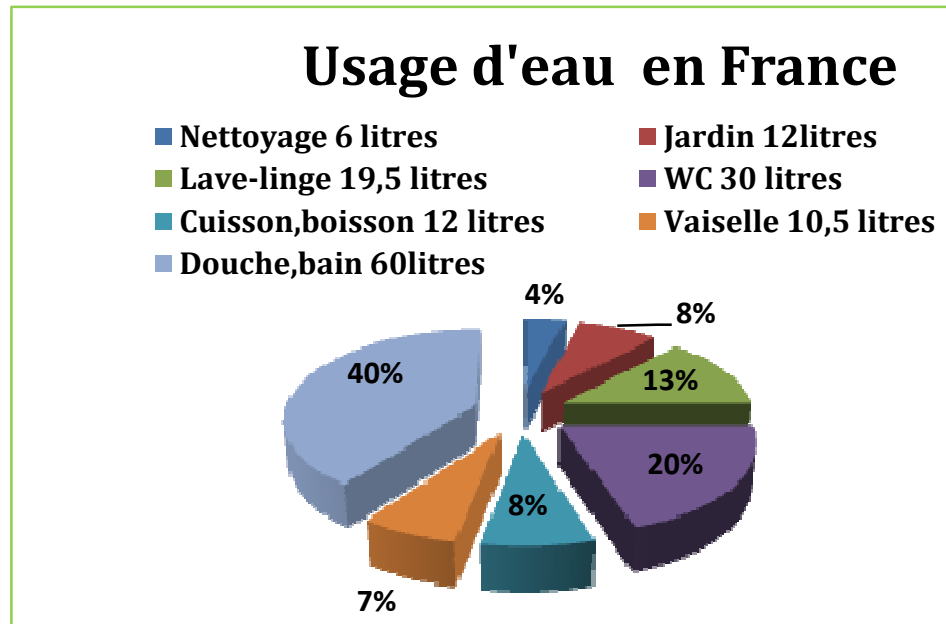


Figure 41: Usage d'eau en France⁷⁷

Dans les écoquartiers étudiés, il existe des techniques de maîtrise de consommation de l'eau pour chaque usage précédemment identifié (Figure 41). En effet, les techniques utilisées sont les suivantes :

- **Les robinets économisant l'eau (robinet aérateur, robinet de mitigeur etc.)**
 - La machine à laver de classe énergétique
 - L'économiseur d'eau sur les douches, les baignoires à plus faible contenance
 - La chasse d'eau à double débit, les toilettes dites « sèches » etc.
 - Le compteur d'eau et le réducteur de pression

⁷⁷ www.hansgrohe.fr/fr_fr/33241.htm

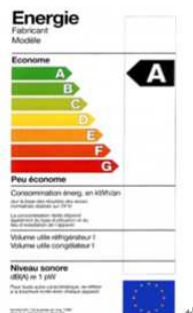


Figure 42: Machine de classe énergétique, la chasse d'eau à double débit et la douche⁷⁸

Par exemple, dans les aspects de réduction de la consommation d'eau :

- des machines à laver de **classe énergétique A** consomment en moyenne 39 litres d'eau, contre 100 litres par rapport les machines à laver traditionnelles ;
- des baignoires à plus faible contenance permettent de diminuer la consommation d'eau pour les douches de 11 m³ par an et par habitant ;
- les chasses d'eau à double débit, 2 et 4 litres, permettent un gain de 11 000 litres par an et par habitant.

De façon générale, les tableaux des annexes⁷⁹ mettent en évidence le fait que **les techniques ne dépendent pas de la configuration du site ou de leur contexte local**. Ce sont des techniques plus efficaces par rapport aux techniques traditionnelles et qui sont déjà beaucoup utilisées dans les projets urbains. Les divers équipements d'économie d'eau ne coûtent pas cher sont simples à la mise en place et permettent des entretiens légers. De même, leur fonctionnement n'est pas complexe pour une utilisation quotidienne des habitants.

b) Les solutions alternatives à l'utilisation de l'eau potable

i. Solution 1 : l'eau de pluie

Aujourd'hui, l'utilisation de la récupération de l'eau de pluie est devenue une préoccupation qui vise à économiser la ressource en eau et à préserver l'environnement. Dans les quartiers, et particulièrement dans les écoquartiers, les eaux de pluie commencent à être récupérées dans des citernes (cuvettes) ou dans des cuves disposées dans certains immeubles. Les cuves sont parfois en sous-sol ou dans des espaces extérieurs communs. Elles alimentent les chasses d'eau des logements ou des bâtiments publics, en particulier dans les écoles. Par exemple, dans l'école primaire de l'écoquartier de Kronsberg, l'eau de pluie est stockée dans une cuve. L'eau de pluie récupérée est utilisée pour le nettoyage et l'alimentation des chasses d'eau ou l'arrosage du jardin scolaire. L'utilisation de l'eau de pluie intégrée permet d'économiser annuellement environ 550 m³ d'eau potable⁸⁰. À l'école, il existe ainsi non seulement

⁷⁸ Google Image

⁷⁹ Cf. tableaux 12-14

⁸⁰ Water concept, Part of the EXPO project-Ecological Optimisation Kronsberg,[En ligne], http://www.hannover.de/data/download/umwelt_bauen/umw_bild/WCK_english.pdf, (Page consultée, le 10 mai 2010)

l'application de la technologie pour réduire la consommation de l'eau mais aussi un enseignement sur son utilisation destiné aux enfants.

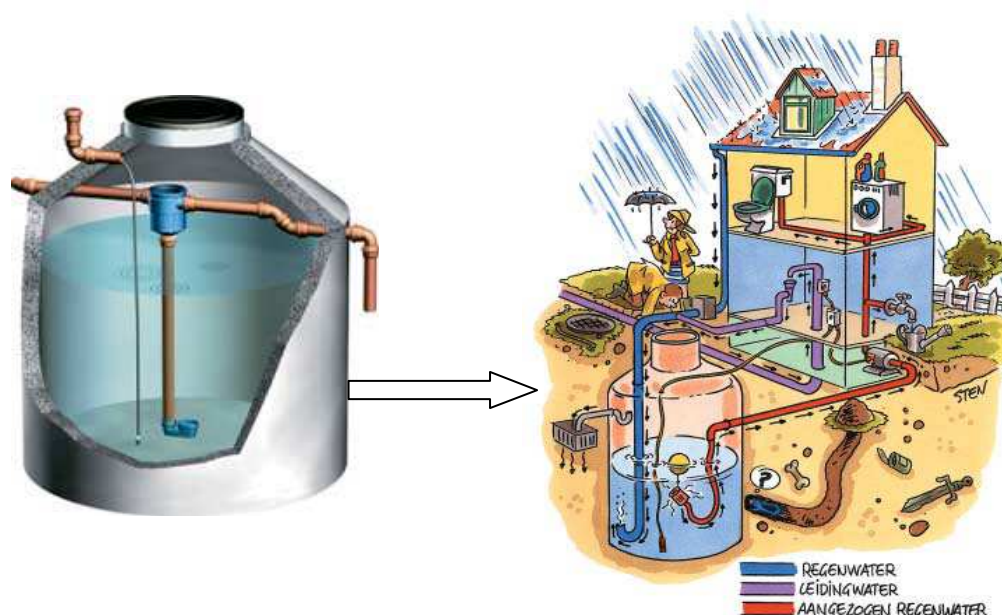


Figure 43:Schéma d'utilisation d'eau de pluie

Source : WWF

Une cuve de pluie est une cuve d'eau qui est utilisée pour stocker l'écoulement de l'eau de pluie, provenant précisément des toits par l'intermédiaire des gouttières. Les cuves d'eau de pluie sont des dispositifs pour le stockage et la récupération de l'eau de pluie.

Avantage : Les cuves d'eau de pluie peuvent économiser la consommation d'eau provenant du réseau public et fournir l'eau de manière autonome. Cette technique peut être utilisée pour l'arrosage des jardins, pour les sanitaires, les machines à laver, le lavage des voitures, etc. Les cuves d'eau peuvent également être utilisées pour conserver l'eau de pluie et ainsi constituer une source d'eau pour un usage ultérieur (le stockage de l'eau pendant la saison des pluies pour un usage au cours des périodes plus sèches). Leur installation est simple.

Inconvénient : Les cuves enterrées sont un peu coûteuses. Les maisons utilisent des cuves de récupération des eaux de pluie à petite échelle. De plus, il faut une pompe pour aspirer l'eau, qui coûte cher. Des entretiens réguliers sont nécessaires. Pour les usages d'eau de pluie, le recours à la récupération d'eau nécessite la prise en compte des périodes de sécheresse par la mise en place d'un double réseau, tout en veillant à ce qu'il n'y ait aucune possibilité de retour des eaux de pluie vers le réseau d'eau potable, ce qui augmente le coût total du système.

Le coût :

Volume	1 à 2 m³	2 à 4 m³	4 à 6 m³	6 à 8 m³	10 m³	50 m³	100 m³
Type de citerne							
Béton			1 200 €	1 500 €	2 000 €		
Cuve de stockage aérien PE	500 - 900 €	1 000 - 2 000 €					
Cuve de stockage à enterrer PE			1 500 - 2 500 €	2 500 - 3 500 €	7 500 €	22 000 €	26 000 €

Figure 44: Prix d'installation des cuves

Source : Eau et Rivières de Bretagne

Pour les équipements annexes (pré filtre, arrivée calme, siphon de trop plein, aspiration flottante, pompe, filtre aval de 25 à 10 microns), le coût varie de 1 000 à 1 500 €, auquel s'ajoute 1 500 à 2 000 € pour un dispositif de basculement automatique vers le réseau d'eau potable (non indispensable). Eau et Rivières de Bretagne

La faisabilité

Les cuvettes ou les citernes sont beaucoup utilisées dans les écoquartiers. Par exemple, dans le quartier de Vauban, le système de cuvette a un coût qui n'est pas élevé, ce qui permet aussi la facilité d'installation et d'entretien. Cependant, les cuves enterrées sont plus coûteuses que les citernes, qui sont utilisées à l'échelle de la maison pour l'arrosage du jardin ou le lavage de la voiture. Il existe un autre inconvénient concernant le coût des pompes, comme l'a exprimé le M. Delleske, ingénieur du Forum de Vauban, au cours d'un échange :

Qui veut, peut bien le faire, et si on n'utilise pas une pompe pour faire monter l'eau dans la maison c'est même écologique. A Freiburg, l'eau du réseau arrive avec sa propre pression de la Forêt noire. Badenova (notre entreprise des réseaux) utilise seulement 0,1 kWh de courant pour pomper 1000 litres. Si vous stockez l'eau pluviale en sous sol et avez besoin d'une pompe, vous consommez plus de 10 fois de courant par 1000 l - alors c'est ne pas écologique à Freiburg. A Paris, Stuttgart, où on pompe l'eau de réseau des puits, c'est bien sûr une autre histoire.⁸¹

En France, selon Mme Ancelle, Chargée de mission – ADOPTA⁸², les cas de récupération des eaux de pluie par les cuves afin d'alimenter tout le quartier ne sont pas fréquents. Cependant, à l'échelle de la parcelle, cette technique commence à être adoptée par les habitants. Suite aux rencontres effectuées pour notre recherche, il semble que cette solution possède des avantages pour être utilisée comme une technique transposable dans les écoquartiers. Toutefois, il ne faut pas oublier les contextes locaux du projet qui déterminent la décision du choix des techniques.

ii. la réutilisation des eaux usées

Il existe une autre possibilité qui permet de véritables gains en matière d'économie d'eau : la récupération des eaux de stations d'épuration pour arroser les espaces verts et alimenter les chasses d'eau.

Dans le quartier de Bedzed, le traitement des eaux usées est effectué sur place par une station d'épuration à boues activées : extraction des nutriments pour l'amendement du sol et traitement UV des eaux pour réutilisation dans les chasses d'eau en complément de l'eau de pluie.

⁸¹ Echange avec M. Delleske, ingénieur du Forum de Vauban, 26-04- 2010.

⁸² ADOPTA : Association Douaisienne pour la Promotion des Techniques Alternatives en matière d'eaux pluviales

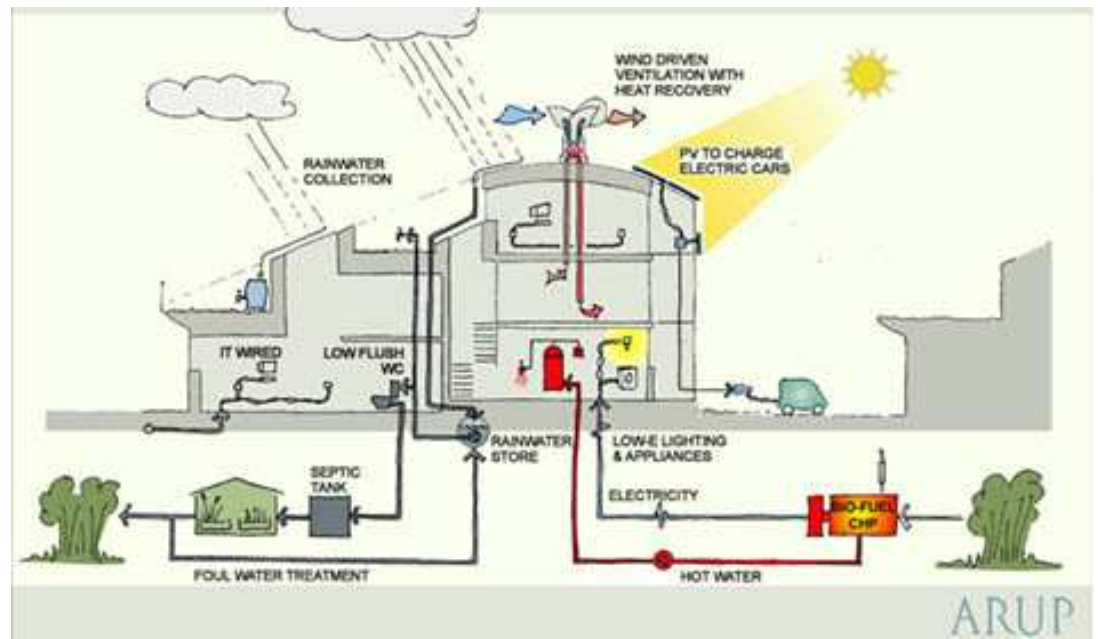


Figure 45: Mechanical and electrical systems

Source: www.bioregional.com/what-we-do/our-work/bedzed/

Les solutions alternatives ont des avantages très remarquables pour diminuer la consommation d'eau. En plus, *la croissance de la demande de réutilisation des eaux usées devrait varier selon les zones géographiques : très forte (de 40 à 60 % de croissance) dans les zones en fort stress hydrique (Espagne, Australie, Italie) ou d'urbanisation intensive (Chine), importante dans les pays industrialisés (environ 25 %)*⁸³. La réutilisation des eaux traitées représente une grande potentialité à exploiter. Par contre, dans les bâtiments, des problèmes peuvent se poser quant à l'usage de l'eau de pluie récupérée et le recyclage des eaux usées dans la mesure où des problématiques de santé doivent être prises en compte.

Concernant la réutilisation des eaux usées, il n'y a pas beaucoup d'écoquartiers qui ont mis en place de cette solution. Parmi les écoquartiers étudiés, Bedzed montre un système innovant illustrant cette solution : le système de **Living machine**.

Living Maching¹: C'est un système de traitement des eaux usées comme station d'épuration à petite échelle. Ce réseau hydrographique « vert » traite les eaux usées domestiques produites sur place et restitue l'eau « verte » nettoyée aux logements pour la chasse d'eau et l'arrosage des jardins. Le système est un hybride. Il est fondé sur un système traditionnel de boues activées auquel s'ajoutent quelques éléments clarifiants et des plantes.

Actuellement le système n'est pas commercialisé, mais cette façon de traiter les eaux usées à petite échelle peut être considérée comme un modèle.

En outre, il est également nécessaire de prévoir un traitement approprié à l'usage qui sera fait de cette eau de pluie. Enfin, il conviendra d'informer les utilisateurs de la non

⁸³ Wikipédia, Réutilisation ou recyclage des eaux usées, *Perspectives d'évolution*, [En ligne], http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9utilisation_ou_recyclage_des_eaux_us%C3%A9es, (Page consultée le 10 mai 2010)

potabilité de ces points d'eau, par exemple grâce à l'affichage d'une étiquette au niveau des toilettes et sur les canalisations ou en condamnant leur accès.

33. La gestion des eaux pluviales

331. Les grands enjeux de la gestion des eaux pluviales

➤ **La prévention des risques d'inondation**

L'un des premiers enjeux de la gestion des eaux pluviales est la maîtrise des risques d'inondations. Les principes de gestion sont les suivants :

- Réduire l'imperméabilisation des surfaces du sol (ou supplémenter les effets de cette imperméabilisation).
- Diminuer les quantités d'eau et le risque d'inondation en aval ;
- Limiter les volumes jointés aux réseaux pour éviter leur débordement en aval

➤ **La maîtrise des risques environnementaux**

L'infiltration sur place permet de maintenir les flux d'alimentation naturelle des nappes et petits cours d'eau amont, participant au maintien de la ressource. De plus, les eaux pluviales, captées au plus près du lieu où elles tombent sont moins chargées en polluants ; la pollution des milieux récepteurs est ainsi limitée. Enfin, les eaux de pluie favorisent des usages de l'eau (arrosage de jardin, chasse d'eau etc.).

➤ **L'amélioration du cadre de vie**

Les espaces aménagés pour la gestion de l'eau possèdent des fonctions multiples. Par exemple, ces espaces peuvent avoir une fonction secondaire pour les activités de loisir (terrain du jeu d'enfants, terrain du sport, jardin etc.). On voit qu'ils représentent parfois une réelle opportunité technique et financière de créer des équipements publics.

➤ **L'optimisation des coûts**

L'expérience montre aujourd'hui que, pour un même niveau de protection, les solutions alternatives de gestion des eaux pluviales sont moins coûteuses en investissement que les solutions traditionnelles. De plus, la plurifonctionnalité des équipements permet d'optimiser le coût global des opérations et les coûts d'entretien. Le fait de décharger les réseaux de collecte permet également de limiter les investissements en station d'épuration et de réduire l'importance des dégâts liés aux débordements.

332. Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales

Les techniques de la gestion durable des eaux attirent beaucoup d'attention dans les écoquartiers. Quasiment tous les écoquartiers ont installés leurs propres systèmes qui concernent les mêmes principes des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales. Elles sont approchées du cycle naturel de l'eau en mettant deux formes principales fondamentales dans les quartiers :

- la rétention : **pour réguler les débits et étaler les apports à l'aval,**
- l'infiltration dans le sol : **pour réduire les volumes s'écoulant vers l'aval.**

D'après les annexes⁸⁴, des techniques sont synthétisées dans les tableaux selon trois différentes échelles : l'échelle du lotissement, l'échelle du quartier et l'échelle du tissu urbain.

a) Les techniques à l'échelle du lotissement

i. Les micro-techniques

1. Les principes

Les microtechniques sont probablement à appliquer aux petites surfaces, en particulier à adapter à l'échelle de la parcelle. Les principes de ces techniques sont de gérer des eaux pluviales à la source et de trouver leurs profits dans le cadre de lotissements ou immeubles, voire où la multiplication des ouvrages permet de contrôler l'ensemble des eaux pluviales de l'opération. Elles peuvent prendre des formes très variées : toitures vertes, citernes, étroites gouttières, surfaces drainantes (caniveaux pavés...), etc. Ces techniques recouvrent les principes de fonctions des techniques précédentes : stockage, réutilisation, infiltration, ralentissement et allongement du parcours de l'eau.



Figure 46: Citerne de récupération des eaux pluviales de Vauban⁸⁵



Figure 47: Parking drainant⁸⁶

2. Analyse par leurs points forts et faibles

Avantages : Les microtechniques ont une très bonne intégration dans l'aménagement en s'adaptant à l'échelle de la parcelle. Elles ont besoin de peu d'emprise foncière et peuvent limiter la pollution par lessivage des surfaces par les eaux pluviales. De plus, elles réduisent le risque de colmatage et peuvent favoriser l'alimentation de la nappe phréatique qui n'a pas besoin d'exutoire. Enfin, les citernes contribuent à la réduction de l'utilisation d'eau potable pour l'arrosage.

⁸⁴ Cf. Tableau 12-14

⁸⁵ <http://www.lausanne.ch>

⁸⁶ www.sol-aire.fr/.../fiche.php?id_produit=6

Inconvénients : Les usagers et propriétaires ont besoin des informations nécessaires sur le fonctionnement et l'entretien des ouvrages. Un autre point faible des citernes vient du fait qu'il faut une pompe pour réutiliser l'eau.

3. La faisabilité

Les microtechniques sont différentes des régulations traditionnelles du réseau. Elles évacuent non seulement les eaux pluviales mais gèrent aussi ces volumes sur place. Par rapport aux canalisations, elles sont adaptables et complémentaires dans le réseau, qui ne nécessite pas de grands travaux de terrassement. La mise en œuvre des microtechniques est possible dans les zones d'urbanisation telles que les centres-villes. Par exemple, le quartier Vesterbro a but pour le renouvellement urbain dans un ancien quartier de la ville de Copenhague. Il a adopté les cuves et les toitures vertes pour la gestion de l'eau de pluie. De même, l'écoquartier la ZAC de Bonne s'inscrit premièrement dans une politique de sauvegarde patrimoniale et de reconquête urbaine, les toitures végétalisées étant prévues d'être installées prioritairement sur le projet. Ces expériences de pratiques nous permettent de voir les intérêts engendrés par les microtechniques.

Globalement, ces microtechniques ne dépendent pas la configuration du site. Elles sont peu coûteuses, ne demandent ni un savoir-faire, ni une technicité particulière pour la réalisation, mais doivent être généralement soignées. Cela consiste essentiellement à maintenir la propreté des ouvrages pour limiter le colmatage et la stagnation de l'eau. Les règlements de copropriété doivent préciser les dispositions qui s'imposent. Ainsi, les techniques sont très réalisables dans les quartiers.

ii. Les toitures vertes/ végétalisées

1. Pourquoi représenter les toitures végétalisées ?

Les toitures végétalisées sont un compris dans la catégorie des microtechniques, mais couvrent tous les écoquartiers choisis à étudiées de notre recherche et représentent sensiblement un label de la gestion des eaux pluviales. En vue cette particularité, nous considérons que cette technique doit être étudiée séparément par rapport aux autres présentées précédemment.

2. Les principes

Les toitures vertes sont des toitures stockantes⁸⁷ qui permettent de récupérer les eaux pluviales. La plupart de l'eau de pluie est réservée dans la couche drainante ou couche réservoir de toits, ce qui réduit les débits d'origine du toit. Il existe différents types de toitures vertes en fonction de l'épaisseur du support et, en conséquence, en fonction du type de végétation.

⁸⁷ Toiture stockante : cette technique consiste à ralentir le plus tôt possible le ruissellement grâce à un stockage temporaire de l'eau sur les toitures.

3. Analyse par leurs points forts et faibles

Avantages : Les toitures vertes sont bien intégrées dans tous les types d'habitat de façon esthétique. Elles permettent de stocker l'eau immédiatement et temporairement et ont une faible consommation d'espace. Par rapport aux toitures traditionnelles, elles n'ont pas besoin de technicité particulière, mais doivent être entretenues. Par ailleurs, cette technique permet une bonne isolation qui permet d'économiser d'énergie en termes de climatisation.



Figure 48: Toit vert dans le quartier BO01

Source : <http://www.lausanne.ch>

Inconvénients : Le volume de stockage d'eau est très limité et la réalisation doit d'être opérée par un professionnel. Les toitures planes ne sont pas adaptées au climat de montagne (risques liés au gel en hiver et aux surcharges pondérales). De plus, il existe des nuisances dues à l'eau stagnante. Les techniques sont difficiles à mettre en place pour des toits de pente supérieure à 2 %. Enfin, il y a des possibilités de problème de surcoût.

Coût en France : De l'ordre 50 à 100 €/m² de toiture⁸⁸.

4. La faisabilité

Cette solution, peu coûteuse, est bien adaptée en milieu urbain dense, à l'assainissement pluvial de petites surfaces imperméabilisées (comme le quartier Bedzed) et aux grandes surfaces d'écoquartiers (comme le quartier Hammarby ou le quartier Le Raquet). Les techniques ne dépendent pas de leur localisation. Elles sont applicables à tous les écoquartiers étudiés de notre recherche et sont donc considérés comme des techniques transposables.

Cette technique est non seulement utilisée pour la gestion de l'eau, mais aussi peut servir comme bonne isolation. Dans le quartier BO01, les toits verts de faible poids absorbent les eaux de pluie en fournissant un isolant supplémentaire. Par contre, le volume stocké est une contrainte sur l'efficacité de cette technique, c'est-à-dire que cette solution doit prendre en compte une évolution lors de son utilisation. De plus, l'entretien est difficile, notamment sur le système de régulation (en France, la chambre syndicale recommande deux visites d'entretiens par an⁸⁹). Ce type d'architecture, composante d'un phénomène de mode, permet des réalisations intéressantes. Cependant, il pourrait conduire à l'homogénéité des formes architecturales dans les quartiers. Selon Taoufik SOUAMI⁹⁰ :

-à GWL-Terrain (écoquartier au Pays-Bas), les réservoirs d'eau de pluie récupérée se sont avérés trop bas pour desservir le réseau de distribution existant, d'où le recours à des pompes ;

⁸⁸ CRIT, Sols extérieurs: les nouveaux chemins de l'eau, [En ligne], <http://www.crit.archi.fr/produits%20innovants/FICHES/Impermeabilisation/technique.html#Anc> hor-Chapitre-9,(Page consultée le 13 mai 2010)

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ Taoufik SOUAMI, *Ecoquartier : Secrets de fabrication- Analyse critique des exemples européens*, Les Carnets de l'Info, Paris : 2009, P.78

-à Kreuzberg (écoquartier en Allemagne), la réalisation des toitures végétalisées a été défailante et n'a pu être correctement combinée avec la réfection de certaines toitures. Cela a conduit à des réparations et modifications coûteuses.

Ces deux exemples montrent que les toitures végétalisées sont transposables à travers les écoquartiers en Europe. Cependant, leur réalisation doit considérer toutes les autres techniques dans le système de gestion de l'eau afin d'éviter les défaillances de leur efficacité.

b) Les techniques à envisager à l'échelle du quartier

i. Les fossés et les noues paysagères

1. Principes

Un fossé est un ouvrage à ciel ouvert de faible largeur, assez profond, avec des rives abruptes⁹¹. Une noue est un large fossé, peu profond avec un profil présentant des rives à pentes douces⁹². Fossés et noues établissent deux systèmes permettant de ralentir l'évacuation de l'eau, avec un écoulement et un stockage de l'eau à ciel-ouvert. L'eau est amenée dans les fossés soit par des canalisations, soit par ruissellement direct. Elle est rejetée par infiltration et/ou en étant transportée vers un exutoire (puits, bassin, réseau de collecte). Concernant le problème de pollution, les fossés présentent l'avantage de saisir et de dégrader des polluants au cours du flux d'eau sans les concentrer. Ils ont la spécificité d'organiser l'espace et de s'adapter à la géographie et à l'aménagement du site.

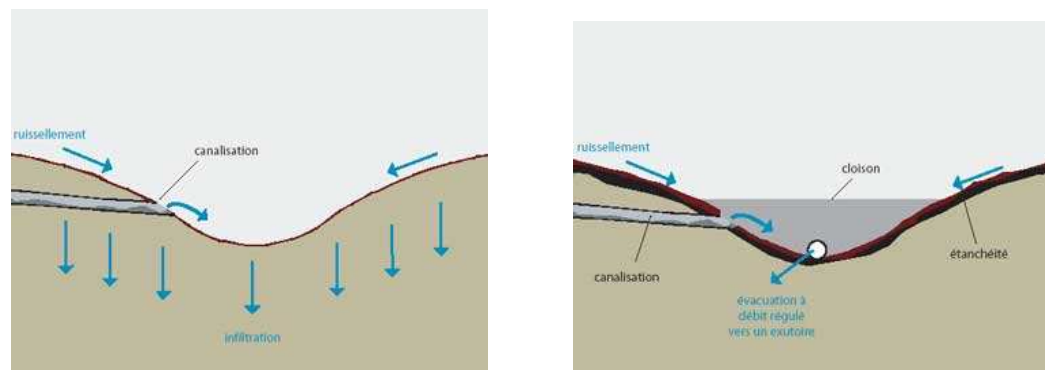


Figure 49: Principe d'une noue d'infiltration et d'une noue de rétention⁹³

2. Analyse par leurs points forts et faibles

Avantage :

- Pour les noues

⁹¹ CRIT, Sols extérieurs: les nouveaux chemins de l'eau, *Les toits stockants*, [En ligne], <http://www.crit.archi.fr/produits%20innovants/FICHES/Impermeabilisation/technique.html#Anchor-Chapitre-9>, (Page consultée le 13 mai 2010)

⁹² Ibid.

⁹³ Région Rhône-Alpes

La réalisation de noue est simple et le coût est peu élevé. C'est une structure avec un multi-fonctionnement des eaux pluviales (à la fois la collecte, le stockage et l'évacuation). En effet, cette solution s'intègre bien aux paysages et crée des espaces verts. Elle permet de réalimenter les nappes phréatiques et traiter efficacement des eaux pluviales par la décantation et l'infiltration. Par ailleurs, une noue peut également sensibiliser le public à visualiser directement le problème du traitement des eaux pluviales. Enfin, une noue est capable de débiter autant qu'une canalisation (*selon le site de CRIT⁹⁴ : une noue de 2 mètres de large débite autant qu'une canalisation de 400mm*).

- Pour les fossés

Ils se connectent facilement aux pipes des gouttières (caniveaux) des résidants locaux afin d'apercevoir simplement la profondeur du travail et de la compréhension de son profil structuré. En milieu rural, le fossé présente des avantages quant aux applications le long des voies principales de desserte. En comparaison avec les noues, les fossés sont moins sensibles aux dégradations liées au stationnement et au franchissement.



Figure 50: Fossé d'infiltration au quartier Vauban, Freiburg

Source : Etude sur l'imperméabilisation en région bruxelloise, 2006

Inconvenant :

- Pour les noues

Cette solution risque de polluer le sol (si infiltration) et d'entraîner des nuisances de stagnation d'eau par défaut de réalisation ou manque d'entretien. Il y a des dépôts de boues de décantation à évacuer lorsque leur quantité induit une modification du volume utile de rétention.

- Pour les fossés

Les fossés nécessitent des entretiens spécifiques et peu aisés par leur profondeur et par le fait qu'ils soient souvent en eau. Par conséquent, **ces contraintes ne permettent pas leur réalisation en milieu urbain ou périurbain**. Dans des zones urbaines, le profil du fossé rend difficile son maintien régulier : il risque progressivement d'être rempli par des dépôts divers.

Le coût en France:

- **Pour les noues** : 8 à 18€ / m³ stocké.
- **Pour les fossés** : 30 à 40€ / m³ pour le terrassement.

3. La faisabilité

La solution des noues et des fossés ne demande pas une technicité singulière. Notamment, le concept de noue est le plus utilisé parmi les techniques alternatives de la gestion de l'eau (à part entière ou en complément d'autres techniques). L'intégration paysagère des fossés est délicate dans les zones urbaines, dans la mesure où il est

⁹⁴ CRIT, Sols extérieurs: les nouveaux chemins de l'eau, *Les toits stockants*, [En ligne], <http://www.crit.archi.fr/produits%20innovants/FICHES/Impermeabilisation/technique.html#Anchor-Chapitre-9>, (Page consultée le 13 mai 2010)

difficile de planter des végétaux. De part sa nature et sa morphologie, le fossé est destiné à être implanté en milieu rural ou industriel. Le quartier Kronsberg à Hanovre, se situe en zone agricole, adopte un réseau de fossés et de trous d'infiltration. Un autre quartier Vauban de la ville de Fribourg-en-Brigau choisit pareillement la solution de fossé d'infiltration. D'après les exemples utilisés, la réalisation de ces techniques est plus adaptée au milieu rural ou industriel. Cependant, on remarque que les fossés sont fortement adoptés dans les écoquartiers.

Contrairement à celles des fossés, l'implantation des noues n'est pas limitée par de telles contraintes. En effet, une noue peut être utilisée en milieu urbain, périurbain ou rural et aussi bien en lotissement que sur site industriel. De plus, les noues sont moins coûteuses que les fossés et le réseau d'assainissement classique. En comparaison avec les fossés, la solution des noues est donc prioritaire (avec les coûts précédents). Dans la communauté d'agglomération du Douaisis en France, le quartier Le Raquet établit actuellement un système de noues aux parcs ou aux voiries⁹⁵.

Noues et fossés possèdent donc des contextes d'implantation favorables différents.

ii. Les tranchées drainantes et infiltrantes

1. Principes

Une tranchée⁹⁶ est un ouvrage superficiel de faible profondeur (entre 1 et 2 m), linéaire, situé à l'aval du secteur imperméabilisé. Elle devient bien intégrée dans les aménagements, le long de la construction des bâtiments, le long des réalisations des voiries (trottoirs ou pistes cyclables) ou en éléments composants le parking. De plus, les tranchées peuvent avoir **la même fonction que les noues** en assurant le stockage temporaire des eaux de ruissellement. Le stockage de l'eau s'effectue dans les structures granulaires reconstituées (galets, roches concassées, graviers) et les tranchées sont revêtues de dalles de béton ou de pelouse. Elles peuvent également servir à écouler des eaux pluviales ou à les infiltrer.



Figure 51: Tranchée dans le quartier de Kronsberg

Source : PDF-Water concept

2. Analyse par leurs points forts et faibles

Avantages : Les tranchées ont besoin de faible emprise foncière et leur mise en œuvre est aisée. Cette technique s'adapte à la collecte et à l'évacuation des eaux pluviales de toiture d'un pavillon à l'échelle d'une parcelle individuelle. Elles s'intègrent bien en milieu urbain. Le coût de réalisation est modeste, autant qu'un coût d'un réseau classique de collecte des



Figure 52: Rigole dans le quartier de Vauban

Source : PDF-Présentation de Vauban

⁹⁵ Le Raquet, [En ligne], <http://ledouaisis.free.fr/raquet.php?page=60>, (Page consultée le 10 mai 2010)

⁹⁶ Ibid.

descentes de gouttières. Par ailleurs, elle diminue les débits de pointes et des volumes s'écoulant vers les exutoires. Elle permet de réalimenter des nappes phréatiques et de dépolluer des eaux pluviales en les filtrant.

Inconvénients : Les tranchées sont difficilement adaptées aux terrains naturels à forte pente. Il existe un risque de pollution de la nappe et un risque de colmatage de la tranchée, surtout pour les tranchées le long des voies circulées et étalées. De plus, un entretien régulier spécifique est nécessaire pour les tranchées.

Coût en France : 30 à 38 €/m² terrassement + remplissage + géotextile

La faisabilité

Les aménagements réalisés sur les tranchées sont divers et variés. Les petites rigoles constituent une des catégories de tranchée. En effet, une rigole est une petite tranchée creusée afin de permettre l'écoulement de l'eau. Nous remarquons que le quartier Bedzed et le quartier BO01 en Suède construisent les rigoles pour transporter le flux d'eau et alimenter la nappe phréatique. Les écoquartiers allemands (Vauban et Krosberg) ont également adopté les mêmes conceptions des techniques. Dans les écoquartier, les tranchées doivent être combinées avec les autres solutions constituant le système du réseau d'eau.

Ecoquartier BO01 : Les rigoles représentent une partie très importante de ce système et intègrent les eaux de pluie. Les rigoles peuvent notamment récupérer les eaux pluviales provenant des toitures végétalisées et les transporter à travers des collecteurs spéciaux du quartier. De plus, aux abords des rues du quartier, elles collectent les eaux de pluies et conduisent la moitié⁹⁷ de la quantité d'eau du projet aux canaux (qui amènent les eaux à la mer). Cependant, le système de BO01 ne met pas en pratique la récolte des eaux pluviales pour leur réutilisation dans le quartier. Au contraire, l'eau est déversée dans la mer. Cela pose encore une question : le système de gestion des eaux récupère ou évacuer l'eau de pluie, mais aussi il faut prendre en compte sa réutilisation.

Quartier Vauban : L'infiltration de l'eau de pluie est assurée par un système de cuvettes et de tranchées filtrantes connectées à la nappe phréatique.

Les tranchées peuvent aussi être de formes diverses, comme des espaces verts, des chemins piétonniers, des trottoirs. Cette solution ne présente pas de contraintes urbanistiques et topographiques majeures, hormis la nécessité d'avoir un terrain naturel faiblement pentu et un sous-sol non encombré.

⁹⁷Lausanne, BO01 –Cité de demain,[En ligne], <http://lausanne.ch/Tools/GetLinkedDoc.asp?File=16660.pdf&Title=Retour+d'exp%E9rience+quartier+Bo01>, (Page consultée le 2 mai 2010)

iii. Les puits

1. Principes

Ce sont des dispositifs de plusieurs mètres, qui transfèrent des eaux pluviales vers les couches perméables du sol et l'infiltration. Ils s'assurent un débit de rejet compatible avec les surfaces drainées, après stockage et prétraitement éventuels. Cette solution s'adapte à tout type d'opération, de la simple parcelle aux espaces publics. Les puits peuvent associer avec les différentes techniques de stockage comme : le chaussée-réservoir, la tranchée drainante, le fossé ou les bassins, dont ils assurent alors le débit de fuite du système d'eau. D'après les fonctionnements distincts, il existe deux modèles de puits : les puits d'infiltration⁹⁸ et les puits d'injection⁹⁹.

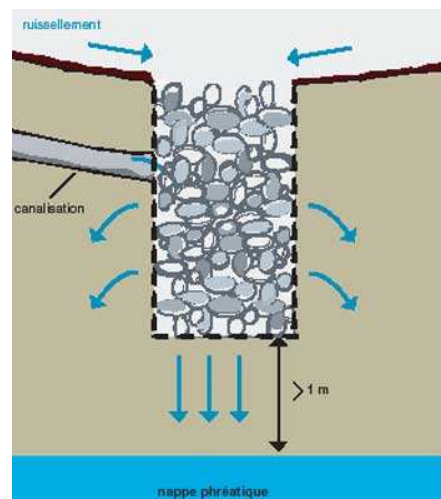


Figure 53: Puits d'infiltration

Source : Rhône-Alpes

2. Analyse par leurs points forts et faibles

Avantages : Les puits permettent une bonne intégration dans le tissu urbain et leurs surfaces peuvent servir comme le parking, l'espace collectif etc. La conception des puits est simple en ayant un coût très faible. De plus, il convient à tous les usages sauf pour les industries. C'est une technique, bien adaptée aux terrains plats où l'assainissement est difficile à mettre en œuvre. Elle permet également la dépollution des eaux pluviales ainsi que la réalimentation des nappes. Un exutoire n'est pas nécessaire car les puits réduisent les débits de pointes des volumes s'écoulant vers les exutoires.

Inconvénients : Pour éviter la pollution du sol et de la nappe, il faut garantir au moins un mètre entre le fond et la nappe. En plus, sa capacité de stockage est limitée et dépend de la hauteur et des fluctuations de la nappe. Il y a un entretien spécifique mais indispensable.

Coût en France : 3 €/m² de surface assainie

3. La faisabilité

Les Vaîtes¹⁰⁰ (un écoquartier aux portes du centre ville de Besançon) : choisit des mettre les noues pour récupérer des eaux pluviales qui transitent vers des bassins de stockages où elles s'infiltreront au moyen de puits d'infiltration.

Nous remarquons que par rapport aux solutions précédentes, les puits sont moins coûteux et peuvent s'intégrer dans tous les types de projets. Ils sont très compatibles en associant des autres techniques dans le système de l'eau. Par ailleurs, l'entretien régulier doit d'être pris en compte : la propreté du puits et des ouvrages annexes pour limiter le

⁹⁸ Le puits d'infiltration, qui n'est pas en contact direct avec la nappe phréatique

⁹⁹ Le puits d'injection, qui est en contact direct avec la nappe et infiltre donc directement l'eau dans la zone saturée.

¹⁰⁰ Eco-OBS, Opération : Quartier des Vaîtes, Gestion de l'eau, [En ligne], http://www.eco-obs.org/index.php?option=com_ecoobs&view=ecoobs&Itemid=24&itemsid%5B%5D=10, (Page consultée le 25 avril 2010)

colmatage et la pollution est nécessaire. *La recherche¹⁰¹ de techniques alternatives pour limiter le ruissellement des eaux de pluies lié à l'imperméabilisation des sols, (bassins de retenue, plans d'eau, puits d'infiltration...) s'accélère pour devenir un élément central de la conception de l'espace urbain.* Dans les réseaux de la gestion d'eau, on note que le puits s'adapte aux toutes les usages (excepté l'industrie) représente une solution prioritaire par rapport aux autres techniques alternatives : beaucoup moins coûteux, compatibles, bien intégrés etc. Dans la réalisation d'écoquartiers, cette solution est transposable et prioritaire.

iv. Les chaussées à structure réservoir

1. Principes

Les chaussées à structure réservoir stockent les eaux pluviales dans les couches constitutives du corps des chaussées. L'eau est infiltrée par un revêtement drainant en surface (enrobé drainant ou pavé poreux). En définitive, cette solution peut évacuer l'eau vers un exutoire prédéfini, vers un réseau d'eau pluviale, ou par infiltration.



Figure 54: Chaussée réservoir du quartier de Kronsberg Source : Kronsberg_handbook

2. Analyse par leurs points forts et faibles

Avantage : Cette solution de technique existe sous plusieurs formes : sous forme d'espaces verts, de voies d'accès pour les piétons, de voies d'accès pour les véhicules. En tant qu'ouvrage souterrain, la technique n'occupe pas l'emprise de foncière ce qui constitue un avantage pour le projet urbain. Grâce au revêtement de surface enrobé drainant, les chaussées réservoirs diminuent le bruit de roulement et améliorent l'adhérence. Elles réalimentent la nappe et réduisent les débits de pointe vers les exutoires.

Inconvénients : Cette solution technique est plus onéreuse qu'une solution classique, telles qu'une chaussée normale, une canalisation ou un bassin de rétention, car le coût est élevé. De plus, une intervention sous la chaussée devient difficile sans détruire la structure. Enfin, son entretien est complexe, l'accès à l'intérieur de la structure n'étant pas facile, voire impossible.

Coût en France :

Chaussée enrobé drainant : de 270 à 450 € HT par mètre linéaire de chaussée. (Chaussée enrobé classique : de l'ordre de 250 € HT par mètre linéaire)

¹⁰¹ ideesneuvessurleau, Comment repenser l'eau au sein des écoquartiers et de la ville durable ?, [En ligne], <http://www.ideesneuvessurleau.net/idees/blog/comment-repenser-l-eau-au-sein-des-eco-quartiers-et-de-la-vi>, (Page consultée le 12 mai 2010)

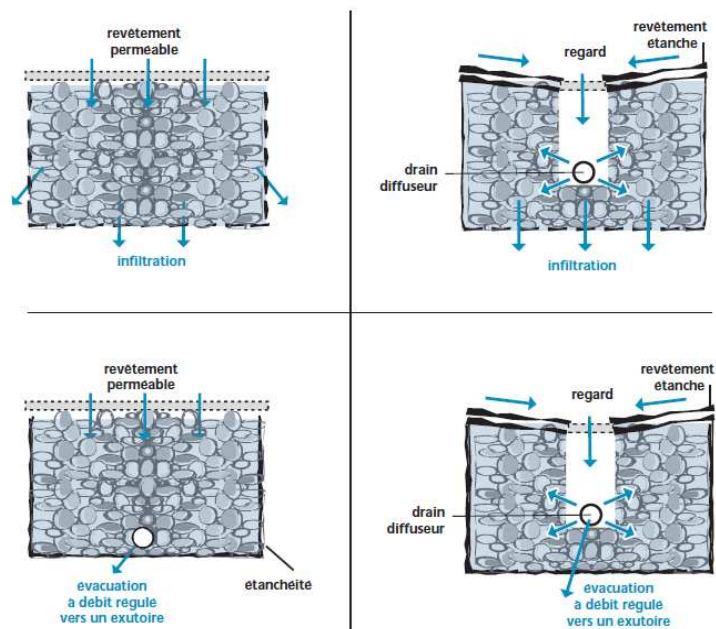


Figure 55: Différents principes de chaussées à structure réservoir¹⁰²

3. La faisabilité

Cette solution reste une solution de coût élevé. L'entretien de telles chaussées est difficile et fréquent. Cependant, les chaussées à structure réservoir empêchent les eaux pluviales de rejoindre le réseau d'assainissement, d'où un fonctionnement indépendant de gestion des eaux de pluie. Ceci permet aux chaussées à structure réservoir d'avoir un intérêt financier non négligeable en milieu urbain. En effet, la réalisation des autres solutions (comme noues, fossés) nécessite une emprise foncière importante contrairement aux chaussées à structure réservoir.

Selon Mme. ANCELLE, Chargée de mission – ADOPTA, les vraies expériences montrent leur efficacité et leurs avantages au travers de la pratique du système. A l'heure actuelle, il n'y pas de contrainte ou de problème concernant leur entretien et leur fonctionnement. Ainsi, parmi les choix des techniques de la gestion des eaux pluviales, cette solution apparaît très fréquemment dans les projets d'écoquartiers et peut être considérée comme un système transposable.

v. Les bassins secs et les bassins et les bassins en eau

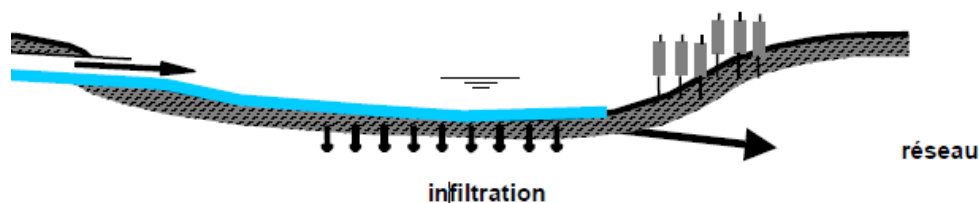


Figure 56: Bassin sec¹⁰³

¹⁰² Rhône-Alpes

1. Principes des bassins secs

Selon M. CHOCAT, ingénieur directeur de l'URGC hydrologie urbaine à l'INSA, *Le¹⁰⁴ premier type d'ouvrage envisageable est le bassin sec dans lequel l'eau est stockée pendant les périodes pluvieuses. Elle sera, ensuite, restituée au milieu naturel avec un débit contrôlé. Cette restitution peut se réaliser vers un réseau hydrographique, naturel ou artificiel, ou par infiltration.*

Les bassins secs se situent au niveau du terrain naturel et sont constitués par trois parties : un ouvrage d'alimentation, une zone de stockage et un ouvrage de régulation garantissant le débit de fuite. Il existe deux types de bassins secs : les bassins secs plantés¹⁰⁵ ou enherbés et les bassins secs revêtus¹⁰⁶.

2. Analyse par leurs points forts et faibles



Figure 57: Quartier Augustenborg, Malmö

Source : Vivre en ville 2002

Avantages : La réalisation d'un bassin sec est simple et de faible coût, puisqu'il ne s'agit que de terrassements généraux en déblai et remblai. De plus, cette solution permet une pluri-fonction en s'intégrant bien au paysage. Les bassins peuvent aussi conserver des espaces verts en zone urbaine et sensibiliser le public par visualisation directe du problème du traitement des eaux pluviales. De plus, ces ouvrages comportent les mêmes avantages que des noues « élargies », qui permettent une utilisation plus large (stockage de l'eau).

Inconvénients : Pour réaliser les bassins secs, il est nécessaire de réfléchir dès le début du projet aux aspects paysager et urbanistique. Par ailleurs, les bassins occupent une emprise foncière importante qui augmente le coût de réalisation.

Coût en France : de l'ordre de 9 à 90 €/m²

3. Principes des bassins en eau

Le bassin en eau est un plan d'eau permanent qui permet d'évacuer les eaux pluviales et de ruissellements collectés au cours de l'épisode pluvieux. De tels bassins ont des tailles variées en fonction de l'usage, du petit étang en fond de jardin au lac pouvant accueillir des activités navales. De même, un bassin en eau préserve toujours un « écosystème » aquatique. Les berges végétalisées des bassins sont réalisées afin d'améliorer l'aspect paysager et garantir la stabilité des ces berges.

¹⁰³ Esquisse_verte Annales_PDF

¹⁰⁴ Bernard CHOCAT, L'Esquisse verte-Conférences 2004-2005- Concours co-organisé par L'Arene et l'Ademe IDF, *Gestion des eaux pluviales urbaines*, P. 97.

¹⁰⁵ Bassin sec planté : espaces verts, aire de détente, terrains de jeux

¹⁰⁶ Bassin sec revêtu : espaces de jeu, parkings de surface etc.

Avantages : Tout abord, les bassins en eau s'intègrent bien au paysage et peuvent permettre de conserver la totalité des eaux pluviales, voire de réutiliser les eaux de pluies. Le bassin en eau assure également la récréation d'un écosystème et la dépollution efficace des eaux pluviales par décantation des particules. Par ailleurs, le réaménagement d'un plan d'eau existant ne demande pas d'investissement.

Inconvénients : Ils ont besoin d'une emprise foncière importante. En visant des contraintes strictes pour la qualité des eaux collectées, ils impliquent la mise en place d'un réseau séparé et d'un système de prétraitement en amont.

Coût en France : Surcoût d'environ 30 % par rapport à un bassin sec de même surface.

4. La faisabilité de bassins secs et bassins en eau

Les bassins secs sont bien intégrés aux milieux périurbain ou rural avec des fonctions très variées. L'entretien est simple. Afin de réduire les investissements, les bassins peuvent être plurifonctionnels (aires de jeu, de détente etc.) et permettent également de minimiser les impacts environnementaux en valorisant les espaces verts. Dans les projets d'écoquartier, cette solution est efficace et durable.

Les bassins en eau se situent dans le domaine public ou en lotissement. Cette solution permet la création de différents types de paysages. La réalisation des bassins crée des zones humides artificielles qui se rapprochent des zones humides naturelles. Cela fait aussi un lien entre les techniques et la nature, mais des limites demeurent. Pour que leur entretien soit rendu obligatoire et donc que leur pérennité soit assurée, ils peuvent avoir un usage secondaire tel que des activités de loisir.

Selon M. CHOCAT, le coût du foncier est un problème pour les bassins. Mais, la solution présente une efficacité intéressante en terme de dépollution des eaux pluviales. En effet, ils permettent de gérer les flux d'eau, mais également filtrer les eaux pluviales. Les bassins représentent des dispositifs important en exploitant des différents services par la collectivité ou propriétaire. Ces dispositifs sont réalisés à l'échelle du quartier. Ils apportent une solution lorsque les zones sont déjà équipées¹⁰⁷.

En analysant les grilles construites¹⁰⁸, on note que les bassins de rétentions sont appliqués prioritairement voire indispensablement par rapport aux autres techniques présentes dans les écoquartiers étudiés. Notamment leur fonctionnement ne peut pas être remplacé et les bassins constituent des éléments principaux et essentiels du système de gestion des eaux pluviales. Enfin, cette solution nous paraît transposable dans les écoquartiers.

vi. Les canaux-les trames bleues

1. Principes

¹⁰⁷ Bernard CHOCAT, L'Esquisse verte-Conférences 2004-2005- Concours co-organisé par L'Arene et l'Ademe IDF, *Gestion des eaux pluviales urbaines*, P. 98

¹⁰⁸ Cf. tableaux 12-14

Un canal est un cours d'eau artificiel qui doit assurer un débit optimum. Il sert à l'irrigation, au drainage, à la régulation des crues et l'évacuation d'eau. Les canaux relient des étendues d'eau existantes (bassin de rétention, étang, lac ou la mer). Dans les écoquartier français, le canal peut prendre le nom de trame bleue, notamment en lien avec la trame verte (un réseau connecté d'espaces verts ou cohérence écologiques fortes souvent structurées autour de chemins de promenades ou randonnées).

2. La faisabilité

Les deux écoquartiers (BOO1 et Hammarby Sjöstad) en Suède sont situés dans des friches portuaires. Les canaux de ces écoquartiers transportent ainsi le surplus des eaux de pluie vers la mer. Cette solution reste une solution moins pertinente que les fossés et les noues. En effet, par rapport aux fossés, aux noues ou aux tranchées infiltrantes :



Figure 58: Canal dans le quartier Hammarby Sjöstad

<http://www.hammarbysjostad.se>

- les canaux demandent une emprise foncière très importante qui limite leur implantation (souvent le long du parc dans les quartiers) ;
- ils ne peuvent pas réalimenter les nappes phréatiques, car ils sont les ouvrages artificiels avec les fonds imperméables ;
- la réalisation des travaux est plus compliquée et son entretien n'est pas aussi facile ;
- ils ont une mono-fonction ;
- si les canaux n'ont pas un débit optimum, il existe des risques de dysfonctionnement ou de perte d'efficacité.

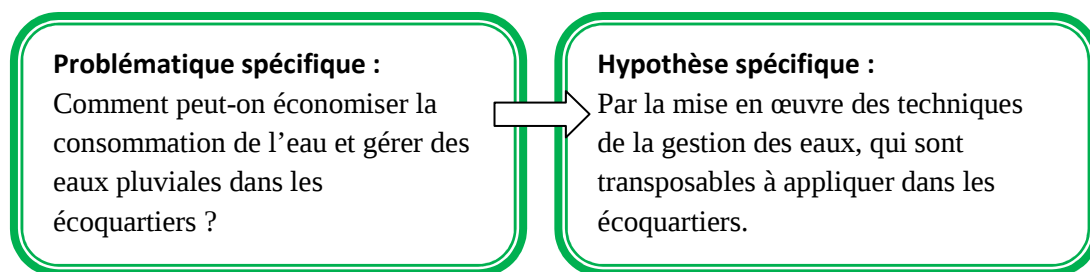
Par contre, comme c'est le cas pour les canaux de l'écoquartier BOO1, ils peuvent déverser les eaux pluviales dans la mer, ce qui évite le traitement des eaux de pluie dans une unité centralisée. De plus, par rapport aux cuves enterrées qui nécessitent des pompes pour remonter les eaux, cette solution permet d'éviter les consommations énergétiques d'une pompe et d'économiser le coût d'un investissement du système de réseau d'eau.

En comparaison avec toutes les autres techniques, un canal est une solution qui existe depuis long temps dans le monde et que nous pouvons considérer comme une solution transposable. Les canaux offrent un paysage esthétique, mais il ne faut pas oublier que la mise en œuvre d'un canal peut aussi représenter un piège de technique vitrine.

34. Conclusion

341. Justifier l'hypothèse de la gestion des eaux

D'après les analyses des techniques de la gestion des eaux, nous avons observé que toute solution, soit pour l'économie de la consommation d'eau, soit pour la gestion des eaux de pluie et la valorisation des eaux usées, peut être appliquée sans des contraintes obligatoires. Les techniques possèdent différentes compétences au sein du système de réseau d'eau, qui sont en lien avec le coût global, l'intégration paysagère, l'entretien et leur fonctionnement. Elles possèdent de fait des avantages distincts à considérer lors de la réalisation d'un écoquartier. De même, la réalisation de ces solutions ne dépend pas leur contexte local. Pour ces raisons d'après notre analyse, nous pouvons justifier notre problématique spécifique avec l'hypothèse spécifique dans le domaine de l'eau.



342. Les nécessités d'encourager les techniques

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a réalisé un document technique sur *le Changement climatique et l'eau*¹⁰⁹. D'après leur analyse sur les conséquences du changement climatique en Europe, l'augmentation des risques de crues toucherait le continent. Les régions de l'est et du nord de l'Europe, de la côte atlantique et de la partie centrale du continent seraient les plus concernées par une croissance de la fréquence des crues. De plus, le sud et le sud-est de l'Europe présenteraient un risque d'augmentation significative de la fréquence de sécheresses. Particulièrement, dans certaines régions, les risques de crues et de sécheresses devraient augmenter simultanément.

Vis-à-vis des situations critiques susceptibles de survenir en Europe, les réflexions sur la gestion des eaux en termes de développement durable commencent à devenir une problématique générale. Les projets d'écoquartiers restent les quartiers les plus attentifs au sujet du développement durable. C'est pour quoi, les techniques de la gestion des eaux, surtout la gestion des eaux de pluie et les problématiques de diminution de la consommation de l'eau potable sont nécessaires à porter parmi les projets prioritaires en Europe.

¹⁰⁹ IPCC, Le Changement climatique et l'eau, *Analyse des aspects régionaux du changement climatique et des ressources en eau*,

343. Classifier les techniques en différentes catégories

Suite à l'analyse des techniques sur la gestion des eaux des écoquartiers, nous avons classifié les choix de techniques en deux catégories :

- Les techniques prioritaires : ont des fortes compétences, sont nécessaires au projet d'écoquartier
 - Les techniques indispensables : qui ne peuvent manquer par rapport au projet
 - Les techniques optionnelles : qui devraient se comparer selon leurs propres compétences
- Les techniques secondaires : possèdent une grande potentialité à se développer, mais demeurent des solutions limitées aujourd'hui.

LES TECHNIQUES PRIORITAIRES	
<i>Indispensable</i>	- Equipements économisant de l'eau potable - Le bassin de rétentions - Programme d'information des techniques aux habitants
<i>Optionnelle</i>	- Microtechniques - Toiture végétalisée - Puits - Tranchée - Noues ou Fossé - Canal
LES TECHNIQUES SECONDAIRE	
Station d'épuration à petite échelle	

Tableau 11: La priorité des techniques

LA GESTION DES EAUX À L'ÉCHELLE DU LOTISSEMENT

Quartier	Eau potable	Eaux pluviales		Eau usée
	Des équipements économisant de l'eau potable - Robinet aérateur - Machine à laver de classe énergétique - Baignoires à plus faible contenance - Chasse d'eau à double débits - Compteur d'eau	- Toiture végétalisée - Citerne de récupération des eaux de pluies		
Vauban	Les équipements économisant d'eau (les toilettes dites « sèches », Un réseau à basse pression aspire séparément les selles des urines...)	Toitures plates sont végétalisées (compris celles des locaux à déchets)	Citernes de récupération	
Kronsberg	• Robinet aérateur, • Les limiteurs de flux et des stabilisateurs de flux	Toiture végétalisée		
Bedzed	• Pré-équipement d'appareils à faible consommation • Baignoires à plus faible contenance et l'utilisation de réducteurs de pression • Chasses d'eau à double débit • Compteur d'eau	Toiture végétalisée	Citernes de récupération	
Hammarby	Eco-friendly installation (Machine à laver de classe énergétique des, toilettes à faible chasse d'eau, robinets de mitigeurs Air etc. ...)	Toitures végétalisées		
Bo01	• Le système de surveiller la consommation d'eau (Compteurs...)	Toits verts de faible poids	Etroites gouttières	
Vesterbro	• Les robinets économisant d'eau • L'économiseurs d'eau, sur les douches • Les chasses d'eau limitées	Toitures végétalisées		

	un compteur de consommation d'eau			
Le Raquet		Toitures végétalisées		
De Bonne	Equipement performante de distribution de l'eau(les robinets, les chasses d'eau, douches etc.)	Toitures végétalisées		

Tableau 12: La gestion des eaux à l'échelle du lotissement

LA GESTION DES EAUX À L'ÉCHELLE DU QUARTIER

Quartier	Eau potable	Eaux pluviales	Eau usée
		- Systèmes de cuvettes, Sols composés de revêtements, perméables, caniveaux pavés - Tranchées filtrantes, - Fossés ou noue paysagère, - Puits/trous d'infiltration - Bassins de rétention - Canaux aménagés	Système de traitement des eaux usées
Vauban		Un système de cuvettes, caniveaux pavés Tranchées filtrantes Bassin d'orage végétalisée	
Kronsberg		Un réseau de fossés et de trous d'infiltration Les canaux Bassins de rétention Réservoir des eaux pluviales Revêtement de la surface des voiries, des aires pavées	
	Programme d'économie d'énergie KUKA (2 robinets aérateurs gratuits/ ménage, les pipes pour l'eau potable sont plus petites, les exigences de lutte anti-incendie. La formation et d'information		
Bedzed		Cuves placées sous les fondations Une rigole spécialement Un canal à ciel ouvert Revêtement de la surface des parkings	Station d'épuration du quartier
	Un guide contenant des conseils		
Hammarby Sjöstad		Cuves enterrés Les canaux Bassin spécial	Station d'épuration du quartier

		Revêtement de la surface des parkings	
Bo01		Rigoles pavées	
Vesterbro		Cuves de récupération Bassin de réserve	
Le Raquet		La trame bleue (canal) Les noues aux parcs ou aux voiries Les bassins d'infiltration	
De Bonne		Les rétentions de l'eau Les bassins d'infiltration	

Tableau 13: La gestion des eaux à l'échelle du quartier

LA GESTION DES EAUX À L'ÉCHELLE DU TISSU URBAIN			
Quartier	Eau potable	Eaux pluviales	Eau usée
	Réseau municipal		Station d'épuration de la ville
Vauban			Station d'épuration de la ville
Kronsberg			Station d'épuration de la ville
Bedzed			
Hammarby			
Bo01			Station d'épuration de la ville
Vesterbro			
Le Raquet			
De Bonne			

Tableau 14: La gestion des eaux à l'échelle du tissu urbain

PARTIE 4

ECOQUARTIER IDEAL

1. Introduction

Dans la partie III, nous avons analysé les techniques afin de trouver les bonnes solutions en réduisant les impacts environnementaux. Cependant, un éco-quartier idéal nécessite non seulement une partie technique, mais également d'autres aspects présentés présentement dans cette partie VI. Tout d'abord, le contexte politique est également déterminant, car un projet d'écoquartier dépend d'une forte volonté de politique. De même, un écoquartier doit tenir compte de son coût global. Nous avons trouvé qu'il existe plusieurs types d'aides de financement des projets des écoquartiers qui apporte une valeur ajoutée afin de réaliser sa concrétisation. Deuxièmement, la gouvernance est un autre élément essentiel pour la construction d'un projet d'écoquartier. La gouvernance permet une communication entre les habitants et les décideurs du projet d'écoquartier.

2. Politiques publiques d'incitation et financements envisageables

21. Politiques publiques d'incitation

Afin de promouvoir la mise en œuvre des démarches liées au développement durable, il existe nombreuses politiques publiques qui permet d'encourager la construction de Bâtiment Basse Consommation. Cette partie va citer quelques entre eux.

La Réglementation Thermique 2012 (RT2012) :

La réglementation thermique en vigueur sera, par conséquent, renforcée afin que toutes les constructions neuves présentent, en moyenne, une consommation d'énergie primaire (avant transformation et transport) inférieure à 50 kWh/m²/an.

Elle s'applique :

- A partir du **1er janvier 2011 pour les bâtiments publics et les bâtiments tertiaires privés** (bureaux, commerces, entrepôts, etc.) ;
- A partir du **1er janvier 2013 pour tous les bâtiments résidentiels**.¹¹⁰

Cette Réglementation Thermique a pour objectif de limiter les consommations énergétiques des bâtiments neufs autour de cinq usages énergétiques : chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires (ventilation, pompes...). Cet objectif est défini la loi sur la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, elle reprend le niveau de performance énergétique défini par le label BBC-Effinergie.

La démarche HQE Aménagement :

*La raréfaction des ressources et l'effet de serre d'une part, la demande des usagers de plus de confort et de sécurité d'autre part, deux exigences apparemment contradictoires : le défi que la démarche HQE® tente de relever avec tous les professionnels s'inscrit dans une perspective de développement durable.*¹¹¹

HQE™ Aménagement contribue à l'évolution des pratiques pour une meilleure prise en compte de la préservation de l'environnement, de l'équité sociale, du développement économique et de la qualité de vie. Déclinaison logique du Grenelle de l'Environnement, HQE Aménagement s'inscrit en cohérence avec la dynamique « écoquartier » impulsée par le Ministère de l'écologie de l'énergie, du développement durable et de la mer.¹¹²

¹¹⁰ <http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr/index.php/actualites-du-plan/grands-dossiers/121-comprendre-la-reglementation-thermique-2012>

¹¹¹ <http://www.assohqe.org/>

¹¹² <http://www.assohqe.org/docs/DP%20HQE%20Amenagement.pdf>

HQE™– Aménagement Une démarche pour des opérations d'aménagement durable

La norme ISO 14001

La norme ISO 14001 est une norme internationale qui concerne le management environnemental. Elle prescrit les exigences relatives à un système de management environnemental (S.M.E.) permettant à un organisme de formuler une politique et des objectifs prenant en compte les exigences législatives et les informations relatives aux impacts environnementaux significatifs.¹¹³

L'Agenda 21 local

*L'Agenda 21 local est un projet politique pour un territoire qui se présente sous la forme d'un programme d'action répondant aux finalités, principes et défis du développement durable. L'Agenda 21 est un outil très utile pour favoriser la stratégie de rupture que constitue la mise en œuvre d'une démarche de développement durable, notamment en matière d'urbanisme.*¹¹⁴

La loi de Grenelle Environnement

Le Grenelle Environnement a confirmé l'attente de la société française pour que des solutions locales d'aménagement durable, à l'échelle du quartier, soient identifiées et mises en œuvre : citoyens, élus et professionnels plébiscitent tous, à leur niveau, un nouvel art de vivre ensemble dont l'EcoQuartier est en passe de devenir le symbole.

Eco-quartier est un engagement fort du Grenelle Environnement, suite à la table ronde finale du octobre 2007 :

*« Sous l'impulsion des collectivités locales, au moins un EcoQuartier avant 2012 (en continuité avec l'existant et intégré dans l'aménagement d'ensemble) dans toutes les communes qui ont des programmes de développement de l'habitat significatif. Définir un référentiel pour les EcoQuartiers. »*¹¹⁵

22.Financement envisageables

Afin d'encourager la mise en place des projets d'écoquartier, il existe plusieurs types d'aides financières à différentes échelles (Europe, Etat, régions, département, intercommunalité, commune...) et à diverses thématiques, (AEU, écoquartier, aménagement durable...)

Les aides financières dans le cadre d'un projet d'écoquartier sont nombreuses en France, nous allons donc citer les principales aides possibles, et de ce fait, cette liste n'est pas exhaustive.

Fonds européen de développement régional (FEDER)

¹¹³ <http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/iso14000/iso14001.php4>

¹¹⁴ « L'urbanisme Durable » 2009 Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin

Page 192 L'Agenda 21 Local

¹¹⁵ http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=7162 (14 mai 2010)

Le Fonds européen de développement régional (FEDER) est un des instruments financiers de la politique de cohésion de l'Union européenne de l'objectif "Compétitivité régionale et emploi".

Les conditions d'attribution

La recherche, l'innovation, les questions environnementales et la prévention des risques représentent les domaines prioritaires pour les financements FEDER.

Les projets d'écoquartiers, pour être cofinancés par le FEDER, doivent s'inscrire dans les axes et les actions du programme opérationnel POFEDER « Commission régionale et emploi1 » 2007-2013 adopté par la Commission européenne le 21 décembre 2007. De plus, les porteurs de projet peuvent se rapporter aux fiches relatives aux différentes actions dans lesquelles ils trouveront plus d'information sur les critères d'éligibilité et sur la démarche à suivre.

Montants des subventions

De manière générale, l'aide FEDER est plafonnée pour que l'ensemble des aides publiques sont entre 50 et 85%¹¹⁶. En concernant des actions, on peut demander des différentes aides en fonction des domaines.(des énergies renouvelables ou des bâtiments à énergie positive par exemple)

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)

ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'ADEME accorde des aides financières pour soutenir les projets mettant en œuvre sur le terrain la politique issue du Grenelle de l'environnement. Elle s'assure que le projet porté par le bénéficiaire de l'aide comporte une dimension de développement durable (AEU, écoquartier,...).

Approche environnementale de l'urbanisme (AEU)

Pour contribuer au respect des exigences réglementaires en matière d'environnement et, surtout, pour favoriser la recherche d'une véritable plus-value environnementale et énergétique dans les pratiques que l'ADEME a développé l'approche environnementale de l'urbanisme.

L'AEU intervient dans le cadre d'une mission d'Assistance à la Maîtrise d'Ouvrage (AMO). C'est un outil d'aide à la décision qui permet d'analyser un projet d'environnement au regard d'exigences environnementales réglementaires et choisies et de faire des choix d'aménagement en conséquence. L'AEU aborde les différentes thématiques suivantes : gestion de l'eau, les déplacements et la mobilité, la gestion de l'énergie, les déchets, le bruit, la biodiversité et le microclimat.

Les conditions d'attribution

Les propositions de mission doivent respecter de la démarche AEU. Et l'élaboration de la mission est, selon les étapes et les thématiques de l'AEU.

¹¹⁶Source : [en ligne] « Gestion des fonds » les condition de financement
http://ec.europa.eu/regional_policy/policy/manage/index_fr.htm

Un dossier de demande d'aide décrivant le projet, la démarche AEU (phases, animateur, durée, coût prévisionnel) doit être soumis à l'ADEME.

Montants des subventions

Pour les projets d'aménagement de type ZAC, l'aide est de 50% d'un montant d'étude plafonné à 20 000 €¹¹⁷

EcoQuartier

En 2008, à la suite du Grenelle de l'Environnement, lancement du concours EcoQuartier par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.

L'objectif du concours est d'assurer une reconnaissance aux collectivités ayant entamé des démarches exemplaires d'aménagement durable.

Les conditions d'attribution

Le projet d'EcoQuartier doit justifier d'une qualité significative sur les trois piliers du développement durable : le pilier social et sociétal, le pilier économique et le pilier environnemental.

Montants des subventions

Soutien de l'ADEME : mise à disposition d'informations et de guides pratiques, aides financières aux études ou à des opérations de démonstration dans les domaines Energie-Climat, prévention et gestion des déchets, maîtrise de l'énergie et énergies renouvelables.

Il existe aussi des aides financières au niveau de la région, par exemple, Nouveaux Quartiers Urbains en région Ile-de-France, Quartiers Durables en Rhône.

¹¹⁷Source : <http://www.ademe.fr/centre/management/aidesfi.htm>

3. Gouvernance et dimension socioculturelle

31. La gouvernance

Pour élaborer un projet d'écoquartier, la gouvernance nécessite des nouvelles formes¹¹⁸ : *La multitude de cibles, les objectifs de performance, la durée du projet, les ambitions affichées d'une amélioration du cadre de vie, de la contribution de la ville aux grands enjeux de la planète, l'exemplarité de la démarche, etc. Il existe un renforcement des partenariats tout au long de la mise en place du projet.*

Dans la définition ministérielle d'écoquartier, le MEEDDM démontre qu'*Une gouvernance partenariale et un management environnemental*, c'est-à-dire la gouvernance durable, ou une nouvelle gouvernance, se fixent un double objectif sur les **usagers** et les **porteurs du projet de quartier**. Elle s'agit de **changer les comportements** de chacune des personnes du quartier et de demander aux décideurs de se mettre en accord entre les offres et les besoins des habitants. Pour ces raisons, nous considérons que la meilleure solution se concentre sur les changements de comportement de la population.

311. Changer le comportement

a) Par une agence de communication

Dans un projet d'écoquartier, une agence de communication devrait être créée par les municipalités afin de permettre une communication générale entre les habitants et les décideurs du quartier. La communication générale concerne la représentation de la commune sur les écoquartiers. En Allemagne, l'agence de communication KUKA a été créée par les acteurs privés du projet d'écoquartier et la municipalité de la ville de Hanovre. Le rôle d'agence KUKA est de développer différents types de communication en fonction des publics: habitants, riverains, investisseurs, visiteurs, professionnels du projet. Elle organise des réunions, expositions, manifestations publiques, cycles de formation et de sensibilisation grand public afin de partager des idées communes au projet.

b) Par les associations des habitants

Un écoquartier vise la mixité sociale et intergénérationnelle, donc une association d'habitants devrait être créée pour organiser des conférences-débats, animer des activités au sein du quartier, sensibiliser les nouveaux habitants et faciliter les informations à maintenir les techniques du quartier etc. Le Forum Vauban est une association d'habitants qui fonctionne bien dans le quartier de Vauban en Allemagne. Cependant, le quartier de Vauban manque de mixité et ce sont les professionnels qui travaillent dans le

¹¹⁸ Catherine CHARLOT-VALDIEU Philippe OUTREQUINO, Ecoquartier mode d'emploi, Page 102

Forum Vauban. En effet, les habitants du quartier sont dans une grande majorité des familles appartenant à la classe aisée et les populations modestes sont faiblement représentées. Un écoquartier vise à l'obtention d'une équité sociale. L'association d'habitants doit permettre une accessibilité aux habitants de populations différentes.

c) Par le changement de la dimension social-culturel

Dans les plusieurs projets d'écoquartiers, les habitants sont issus de domaines professionnels particuliers. Par exemple, les personnes qui vivent ou travaillent dans le quartier de Kronsberg concernent généralement les métiers de bâtiments : les urbanistes, les architectes, les promoteurs, les immobiliers, les maitrises d'œuvres etc. De même, la plupart des habitants du quartier Vauban sont des professionnels intéressés et attentifs sur l'environnement. Probablement qu'il y aura un risque que soient les professionnels de l'aménagement, soit les jeunes qui sont plus sensibles à l'environnement s'installent dans les écoquartier dans le futur.

Un écoquartier se doit aussi d'être pensé dans la culture de son propre pays. Nous avons remarqué que le changement des comportements des habitants est relié à la mentalité ou la culture, donc faire changer la mentalité des habitants ou leur culture est un élément très important.

Selon M. Delleske¹¹⁹, ingénieur du Forum de Vauban, la mentalité ou la culture pourraient changer et devrait changer pour avoir une vision écologique de l'environnement.

Je me sens un Européen ou mieux citoyen du monde, être humain, mais J'ai vu que parler d'une mentalité différente c'est l'excuse plus souvent utilisé pour ne rien faire. Pour moi, si j'écoute quelqu'un parler des mentalités, je vois que cette personne ne veut rien changer. Si un homme ou une femme a compris les avantages d'une technique ou idée, il ou elle va l'appliquer. Il s'agit d'un choix, pas une mentalité ou religion. L'écologique, c'est rien que bon sens appliqué. C'est aussi bien vrai que il y a des personnes ne comprennent pas vite, ou ne veulent pas apprendre.

En Europe, les pays du nord sont très attentifs sur leur environnement et au développement durable. Leurs lois sont ainsi plus pertinentes et fixent des normes pour minimaliser les impacts environnementaux. Leur culture est plus collective par rapport à la France. Dans le contexte de la dimension sociaux-culturelle, il faut aller plus loin avec les habitants afin de faire changer les façons de penser.

¹¹⁹ Echange avec M. Delleske, ingénieur du Forum de Vauban, 26-04- 2010.

CONCLUSION

Dans ce projet de fin d'étude, nous avons analysé et comparé des techniques applicables dans les écoquartiers afin de déterminer lesquelles seraient prioritaires à mettre en place dans des projets d'écoquartier. Au cours de notre recherche, nous avons choisi trois domaines qui nous paraissent essentiels : les matériaux durables s'inscrivant dans une démarche d'éco-construction, l'énergie et la gestion des eaux.

A partir de la problématique générale sur le choix des techniques, nous avons identifié une problématique individuelle pour chacun des trois domaines. A la suite de ces problématiques individuelles, nous avons formulé les hypothèses suivantes :

- L'éco-construction : Les différents matériaux durables sont transposables dans tout écoquartier ;
- Energie : Les choix énergétiques ne sont pas transposables lors de la conception des écoquartiers. Ils dépendent de la configuration du site et de son environnement ;
- La gestion des eaux : Les différentes techniques liées à la gestion des eaux sont transposables et applicables à tout écoquartier.

Pour justifier ces hypothèses, nous avons procédé à des analyses des différentes techniques mises en œuvre dans les écoquartiers existants en Europe. Par rapport à chaque technique, nous avons pris en compte des critères tels que le contexte géographique, les compétences liées à la conception et également aux capacités de réalisation, les investissements, l'impact des politiques publiques....

Suite à ces analyses, nous concluons que ces techniques, dans leur majorité, sont transposables sauf les techniques utilisant des énergies géothermiques, éoliennes et le biogaz.

A la fin de cette analyse, nous hiérarchisons les dispositifs techniques pour chacun des trois domaines, ce qui permet d'aider à faire des choix prioritaires à mettre en place dans les futurs écoquartiers.

Nous sommes conscientes que notre recherche possède des limites. Par manque de temps, nous avons analysé des techniques existantes uniquement dans trois domaines. Cependant, dans un projet d'écoquartier, il faut aussi considérer l'ensemble des techniques tels que la gestion des déchets, les déplacements, la biodiversité, l'air.... De plus, pour chaque domaine analysé, nous n'avons pas pu couvrir l'ensemble des techniques.

Néanmoins, malgré ces limites, ce travail permet d'ouvrir des perspectives de recherche ultérieures qui permettront de compléter ces études dans les autres domaines.

BIBLIOGRAPHIE

Livres de référence

Catherine Charlot-Valdieu et Phillippe Outrequin. (2009) *L'URBANISME DURABLE Concevoir un écoquartier*, Le moniteur, France.

Catherine Charlot-Valdieu et Phillippe Outrequin. (2009), *ECOQUARTIER MODE D'EMPLOI*, pp. 98-106.

Philippe Bovet (mai 2009), *Ecoquartiers en Europe*

Pierre Lefèvre et Michel Sabard. (2009), *Les éco-quartiers*, APOGEE.

Taoufic Souami. (2009), *ECOQUARTIERS SECRET DE FABRICATION Analyse critique d'exemples européens*, Les Carnets de l'info, Paris.

Site internet

APPROCHE ENVIRONNEMENTALE DE L'URBANISME- Le Guide Méthodologique- « Cahier Méthodologique », pp. 4-7. sur

<http://www.ademe.fr/martinique/images/156Guide%20m%C3%A9thodologique%20AEU.pdf> (consulté le 26 avril 2010).

Benchmark Study-European Sustainable Urban Development Projects, sur

http://www.secureproject.org/download/18.360a0d56117c51a2d30800078407/Hedebygade_Denmark.pdf (consulté en février 2010)

Bernard CHOCAT, *L'Esquisse verte-Conférences 2004-2005- Concours co-organisé par L'Arene et l'Ademe IDF, Gestion des eaux pluviales urbaines*, p.97, sur

http://www.areneidf.org/medias/publications/Esquisse_verte_annales_.pdf (consulté en avril 2010).

CRIT, Sols extérieurs: les nouveaux chemins de l'eau, sur

<http://www.crit.archi.fr/produits%20innovants/FICHES/Impermeabilisation/technique.html#Anchor-Chapitre-9>, (consulté le 13 mai 2010)

DEVELOPPEMENT URBAIN DURABLE – L'ECO-QUARTIER EXEMPLAIRE DE HANOVRE-KRONSBURG, sur

http://www.hannover.de/data/download/umwelt_bauen/m/Hannover_Kronsberg_franz_bilder_6_061.pdf (consulté en novembre 2009)

Dongtan Eco-City, Shanghai, mars 2007, sur

http://www.arup.com/_assets/_download/8CFDEE1A-CC3E-EA1A-25FD80B2315B50FD.pdf (consulté le 5 décembre 2009).

Dossier-La norme iso 14001, le 18 juin 2005 sur

http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/iso14000/iso_glossaire.php4 (consulté 13 mai 2010).

Ecoquartier – BedZED (Beddington Zero fossil Energy Development – GB), 2008 sur http://www.energy-cities.eu/db/sutton_579_fr.pdf (consulté le 22 décembre 2009).

Eco-OBS, Opération : Quartier des Vaîtes, Gestion de l'eau, sur http://www.eco-obs.org/index.php?option=com_ecoobs&view=ecoobs&Itemid=24&itemsid%5B%5D=10, (consulté le 25 avril 2010)

ECO QUARTIER : CADRAGES-PHASAGE caractéristiques générales-situations de références, 10 mars 2009, sur http://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/Pdf/territoire/Grands_Projets/Carre_d_e_Soie/Concertation/20090310_Panorama_Eco-quartier.pdf (consulté le 21 décembre 2009).

Eco quartier Vauban-Freiburg-Allemagne, octobre 2006, sur <http://www.ash-romande.ch/pdf/Presentation.VAUBAN.pdf> (consulté le 22 décembre 2009).

Ecoquartier-Vesterbro (Copenhague-DK), 2008, sur http://www.energy-cities.eu/db/copenhagen_579_fr.pdf (consulté en octobre 2009).

EcoViikki (Helsinki - FI), sur http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/Ecoquartiers_Eco-Viikki.pdf?PHPSESSID=5li1mri469s4evcudcnu88o8s1 (consulté en octobre 2009).

Energie renouvelable sur le site consoGlobe <http://www.consoglobe.com/energies-renouvelables/> (consulté en février 2010).

EOLIENNES POUR LA PRODUCTION DOMESTIQUE AUTONOME, décembre 2003, sur http://www.apere.org/manager/docnum/doc/doc47_Eol%20installation.pdf (consulté en mars 2010).

Etude sur l'imperméabilisation en région bruxelloise, 2006, sur http://evelyne.huytebroeck.be/IMG/pdf/Etude_eau.pdf (consulté en mai 2010)

EVA- Lanxmeer (Culemborg - NL), sur http://www.energy-cities.eu/IMG/pdf/Ecoquartiers_Eva-Lanxmeer.pdf?PHPSESSID=pv4vb37ia96q8dsupg6b53kfi0 (consulté en décembre 2009)

GWL – Terrein (Amsterdam - NL), sur http://www.energie-cities.org/IMG/pdf/GWL-Terrein__Amsterdam-NL_.pdf (consulté en novembre 2009)

Hammarby Sjöstad – a unique environmental project in Stockholm, sur http://www.hammarbysjostad.se/inenglish/pdf/HS_miljo_bok_eng_ny.pdf (consulté en mai 2010)

HQETM-Aménagement- Une démarche pour la réalisation d'opérations d'aménagement durable, <http://www.assohqe.org/docs/DP%20HQE%20Amenagement.pdf> (consulté le 13 mai 2010).

http://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_thermique (consulté le 27 avril 2010).

<http://isolation.comprendrechoisir.com/comprendre/plume-canard> (consulté le 21 avril 2010).

<http://www.bois.com/particuliers/amenager/revetement-exterieur/guide-achat-bardage/choix> (consulté le 5 mai 2010).

<http://www.bioregional.com/what-we-do/our-work/bedzed/> (consulté en février 2010).

http://www.cotemaison.fr/solution-maison/renover/plan-interieur/quels-materiaux-pour-des-cloisons_5362.html?p=2 (consulté le 3 mai 2010).

<http://www.ef4.be/fr/photovoltaique/aspects-economiques/> (consulté en février 2010).

<http://www.energie-renouvelable.tv/installation-chauffage-geothermie.html> (consulté le 18 mars 2010).

<http://www.lausanne.ch/Tools/GetLinkedDoc.asp?File=16660.pdf&Title=Retour+d%27exp%E9rience+quartier+B01> (consulté en mars 2010).

<http://www.paperblog.fr/679410/vitrages-a-isolation-renforcee-meilleur-confort-economies-d-energie-et-respect-de-l-environnement/> (consulté le 7 mai 2010).

<http://www.radiateur-electrique.org/isolation.php> (consulté le 2 mai 2010).

http://www.radieux.fr/vente_isolation_naturelle.htm (consulté le 17 avril 2010)

<http://www.web-libre.org/dossiers/cloison-briques-verre,5242.html> (consulté le 3 mai 2010).

Ideesneuvessurleau, Comment repenser l'eau au sein des éco-quartiers et de la ville durable ? sur <http://www.ideesneuvessurleau.net/idees/blog/comment-repenser-l-eau-au-sein-des-eco-quartiers-et-de-la-vi> (consulté le 12 mai 2010).

Lebreuil Thomas, *les éco-quartiers-De l'utopie à la pratique, en Europe et en France*, Janvier 2009, sur

http://appli7.hec.fr/amo/upload/AMO_Eco%20quartiers.pdf?PHPSESSID=f7595c85d5a5c33c0aecd29fe232597f (consulté en décembre 2009).

Le Changement climatique et l'eau-Analyse des aspects régionaux du changement climatique et des ressources en eau, sur <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-fr.pdf> (consulté en mai 2010).

L'éolien domestique : les petites éoliennes pour particuliers, Juin 2009, sur <http://energie-verte.blogspot.com/2009/06/eolien-domestique-eolienne-particuliers.html> (consulté en avril 2010).

Le Grenelle Environnement-*Plan Climat en France*, mars 2010, sur http://www.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=article&id_article=14496 (consulté le 5 mai 2010).

L'isolation par l'extérieur, sur <http://www.travaux.com/dossier/isolation/78/L-isolation-par-l-exterieur.html> (consulté le 25 avril 2010).

Le traitement des ponts thermiques, sur <http://www.aet-loriot.com/upload-categories/000016/Le%20traitement%20des%20ponts%20thermiques.pdf> (consulté le 8 mai 2010).

Pierre Nijskens, *La cogénération Bases et principes*, novembre 2008, sur http://www.ef4.be/documents/conference--4-nov/080_Nijskens_Dapesco.pdf (consulté en avril 2010).

Pour la gestion des eaux pluviales- Stratégie et solutions techniques, sur http://www.eaurmc.fr/typo3conf/ext/dam_frontend/pushfile.php?docID=732 (consulté en avril 2010).

Production de Biogaz... L'Allemagne en ébullition...La France en frémissement, octobre 2006, sur <http://www.caussade-semences.com/File/BIOGAZ.pdf> (consulté en avril 2010).

Protéger l'environnement, Maîtriser l'énergie, l'offre ADEME aux collectivités, sur <http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=F1A18B23D7A9C9B91FF2E381D5BEE65D1260364508041.pdf> (consulté le 14 mai 2010).

Rodolphe Deborre, *Ecoquartier : pour sortir du flou*, 14 avril 2009, sur <http://www.lemoniteur.fr/191-territoire/article/point-de-vue/605093-ecoquartier-pour-sortir-du-flou-par-rodolphe-deborre> (consulté le 9 décembre 2009).

Site de Bonne, <http://www.debonne-grenoble.fr/> (consulté en mai 2010).

Site de l'ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96> (consulté en avril 2010).

Site de LA GEOTHERMIE,

http://www.semhach.fr/semhach.asp?site=g&frame=a&page=atouts_secu.htm (consulté en février 2010).

Site de la MAISON BRICO

<http://www.maisonbrico.com/index.phtml?sru=87&iart=2933> (consulté en février 2010).

Site de l'ECOREN : ETUDES, CONCEPTIONS, REALISATIONS EN ENERGIES NOUVELLES, <http://www.ecoren.fr/ressources-biomasse-bois-energie.php> (consulté le 25 avril 2010).

Site de l'Energie Biomasse, <http://www.energie-biomasse.fr/Ou-trouve-t-on-l-energie-biomasse-Biomasse/p/3/19/0/> (consulté le 11 avril 2010).

Site de l'ENERGIE POSITIVE, <http://www.energiepositive.info/fr/reduire-besoin/reduire-ponts-thermiques.html> (consulté le 9 mai 2010).

Site de l'EUROCARBON,

http://www.energiesdurables.com/biomasse_cogeneration.htm (consulté le 20 avril 2010).

Site de l'EUROPA

http://ec.europa.eu/regional_policy/policy/manage/index_fr.htm (consulté en mai 2010).

Site de Qualit'EnR, <http://www.qualit-enr.org/> (consulté en mars 2010)

Site du BRGM

<http://www.brgm.fr/> (consulté en Janvier 2010).

Site du GEO environnement

<http://www.geo.fr/environnement/les-mots-verts/ecoquartier-environnement-developpement-durable-45637> (consulté 1 décembre 2009).

Site du Grenelle Environnement, <http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr/index.php/actualites-du-plan/grands-dossiers/121-comprendre-la-reglementation-thermique-2012> (consulté le 12 mai 2010).

Site du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer <http://www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr> (consulté en décembre 2009).

Site du QUARTIER VAUBAN,

<http://pagesperso-orange.fr/archicaro/vauban%20gestion%20ville.htm> (consulté en mars 2010).

Water Concept Kronsberg-Part of the EXPO projet-Ecological Optimisation

Kronsberg-, sur

http://www.hannover.de/data/download/umwelt_bauen/umw_bild/WCK_english.pdf

(consulté en avril 2010)

Water Work UK Ltd, Example: Small Scale on-site Sewage Treatment Plant, sur,

<http://www.wwuk.co.uk/bedzed.htm>, (consulté le 10 mai 2010)

Wikipédia, Réutilisation ou recyclage des eaux usées, Perspectives d'évolution, sur

[pedia.org/wiki/R%C3%A9utilisation_ou_recyclage_des_eaux_us%C3%A9es](http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9utilisation_ou_recyclage_des_eaux_us%C3%A9es),

(consultée le 10 mai 2010)

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Les émissions de CO2 du secteur résidentiel-tertiaire.....	27
Figure 2: Les consommations d'énergie du secteur résidentiel-tertiaire	28
Figure 3: La consommation énergétique.....	29
Figure 4: L'isolation par l'extérieur	37
Figure 5: La pose de bardage	39
Figure 6: Conditionnement rouleaux.....	43
Figure 7: Conditionnement anneaux	43
Figure 8: Mise en œuvre.....	43
Figure 9: Isolation en fibre de bois	45
Figure 10: Isolation en plume.....	45
Figure 11: Brique en verre.....	52
Figure 12: Le béton cellulaire.....	54
Figure 13: Le bâtiment en le brique de terre cuite.....	54
Figure 14: Vitrage	56
Figure 15: Les triples vitrages.....	57
Figure 16: Double vitrage isolation renforcée.....	57
Figure 17: Déperditions dans le bâtiment non isole	58
Figure 18: La rupture de la dalle de compression.....	59
Figure 19: L'isolation répartie	59
Figure 20: L'isolation par l'extérieur	60
Figure 21: Toiture végétalisée	61
Figure 22: Toiture végétalisée	63
Figure 23: Installation photovoltaïque connectée au réseau.....	71
Figure 24: Installation photovoltaïque non connectée au réseau	71
Figure 25: Le gisement.....	72
Figure 26: Installation panneaux thermiques.....	75
Figure 27: Utilisation de la géothermie	76
Figure 28: Le géothermique	77
Figure 29: Le gisement géothermique français.....	78
Figure 30: Puits canadien	79
Figure 31: La géothermie horizontale	81
Figure 32: La géothermie verticale	82
Figure 33: Le gisement géothermique français.....	82
Figure 34: L'énergie éolienne.....	84
Figure 35: Le gisement éolien français	85
Figure 36 : L'énergie de la biomasse.....	86
Figure 37: Le fonctionnement de cogénération	88
Figure 38: La production de biogaz.....	89
Figure 39: Répartition des déchets mobilisables	90
Figure 40: La consommation énergétique.....	96
Figure 41: Usage d'eau en France.....	103
Figure 42: Machine de classe énergétique, la chasse d'eau à double débit et la douche.....	104
Figure 43: Schéma d'utilisation d'eau de pluie.....	105
Figure 44: Prix d'installation des cuves.....	105

Figure 45: Mechanical and electrical systems.....	107
Figure 46: Citerne de récupération.....	109
Figure 47: Parking drainant.....	109
Figure 48: Toit vert dans le quartier BO01.....	111
Figure 49: Principe d'une noue d'infiltration et d'une noue de rétention.....	112
Figure 50: Fossé d'infiltration au quartier Vauban, Freiburg.....	113
Figure 51: Tranchée dans le quartier de Kronsberg.....	114
Figure 52: Rigole dans le quartier de Vauban.....	114
Figure 53: Puits d'infiltration.....	116
Figure 54: Chaussée réservoir du quartier de Kronsberg.....	117
Figure 55: Différents principes de chaussées à structure réservoir.....	118
Figure 56: Bassin sec.....	118
Figure 57: Quartier Augustenborg, Malmö.....	119
Figure 58: Canal dans le quartier Hammarby Sjöstad.....	121

TABLEAU

Tableau 1: Les bois pour le bardage.....	41
Tableau 2: L'isolation	47
Tableau 3: L'étanchéité.....	50
Tableau 4: Les cloisons et les monomurs.....	55
Tableau 5: Les exemples	66
Tableau 6: Les exemples	93
Tableau 7: Fiche de synthèse des techniques	95
Tableau 8: Terrain d'études.....	100
Tableau 9: Modèle de grille d'analyse	101
Tableau 10: Les objectifs de réduction de consommation d'eau.....	102
Tableau 11: La priorité des techniques	123
Tableau 12: La gestion des eaux à l'échelle du lotissement	125
Tableau 13: La gestion des eaux à l'échelle du quartier	127
Tableau 14: La gestion des eaux à l'échelle du tissu urbain	128

TABLE DES MATIERES

Avertissement.....	4
Formation par la recherche et projet de fin d'études	5
Remerciements.....	6
Sommaire	7
Introduction	11
Partie 1 La définition des écoquartiers.....	13
1. Les définitions existantes des écoquartiers	14
11.Accord de Bristol sur «Quartier durable».....	14
12.Dans l'esprit du Grenelle Environnement	14
13.La définition de MEEDDM par l'Etat français	14
14.Un écoquartier selon la Communauté Urbaine de Lille	15
15.«Ecoquartier» dans la vision des chercheurs.....	16
2. Qu'est-ce qu'un écoquartier ? – La définition adoptée	17
Partie 2 Problématique et hypothèse d'études.....	19
1. Les enjeux et problématiques rencontrés dans les écoquartiers	20
11.Les modes d'implantations des écoquartiers	20
12.La mixité fonctionnelle.....	21
13.La mixité sociale	23
2. Les problématiques spécifiques dans le volet environnemental des écoquartiers et hypothèse.....	24
21. Introduction	24
22. Les problématiques sur les choix techniques	25
221. Problématique particulière de l'éco-construction.....	26
222. Problématique spécifique de l'énergie	29
223. Problématique singulière de l'eau	31
Partie 3 Analyses comparées des techniques.....	35
1. L'éco-construction	36
11. Enveloppe des bâtiments	36
12. Des matériaux d'éco-construction.....	36
121.L'isolation	37
122.L'étanchéité.....	48
123.Les cloisons et les monomurs.....	51
124.Les vitrages isolant.....	56
125.La rupture des ponts thermiques.....	57
126.La toiture végétalisée.....	60
13.Proposition.....	67
2. Energie	69
21. Introduction.....	69

22. Technique d'énergie.....	70
221. L'énergie solaire.....	70
222.L'énergie géothermique.....	76
223.L'énergie éolienne.....	83
224.L'énergie de la biomasse.....	86
23. Les exemples de mise en œuvre des techniques dans les écoquartiers	92
24. Fiche de synthèse des techniques.....	94
25. Proposition de choix des techniques	96
3. La gestion de l'eau	99
31. Introduction.....	99
311. Choix des écoquartier étudiés.....	99
312. Construction d'un outil d'analyse : une grille.....	100
313. Choix des deux catégories principales à analyser.....	101
32. Economie de l'eau potable.....	102
321. Les grands objectifs pour réduire la consommation d'eau.....	102
322. Les techniques utilisées dans les écoquartiers.....	103
33. La gestion des eaux pluviales.....	108
331. Les grands enjeux de la gestion des eaux pluviales.....	108
332. Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales.....	108
34. Conclusion	122
341. Justifier l'hypothèse de la gestion des eaux.....	122
342. Les nécessités d'encourager les techniques.....	122
343. Classifier les techniques en différentes catégories.....	123
Partie 4 Ecoquartier idéal	129
1. Introduction	131
2. Politiques publiques d'incitation et financement envisageables	132
21. Politiques publiques d'incitation.....	132
22. Financement envisageables.....	132
3. La gouvernance et dimension socioculturelle	135
31. La gouvernance.....	135
311. Changer le comportement.....	135
Conclusion.....	137
Bibliographie.....	138
Table des figures.....	144
Table.....	146
Table des matières.....	147

