Analyser la transition énergétique. Caractériser les contextes territoriaux favorables à l'émergence de l'énergie décentralisée en Europe

Nicolas Louvel

▶ **To cite this version:**

Nicolas Louvel. Analyser la transition énergétique. Caractériser les contextes territoriaux favorables à l'émergence de l'énergie décentralisée en Europe. Environnement et Société. 2015. dumas-01274192

HAL Id: dumas-01274192

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01274192

Submitted on 15 Feb 2016

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

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

UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

Rapport de fin d'étude de Master 2

IDT

Ingénierie du Développement Territorial

Analyser la transition énergétique

Caractériser les contextes territoriaux favorables à l'émergence de l'énergie décentralisée en Europe

présenté par Nicolas LOUVEL
louveln[at]gmail.com

Juin 2015

Stage effectué au sein du Laboratoire Pacte

Programme Impact du développement de la Décentralisation des Energies sur le système Energétique (IDEE) du Conseil Français de l'Energie (CFE)

Institut de Géographie Alpine (IGA) et Institut d'Urbanisme Grenoble (IUG)

sous la direction de Magali TALANDIER
Maître de conférence

Tuteur pédagogique : Magali TALANDIER

NOTICE ANALYTIQUE Rapport de fin d'étude
M2 IDT –Ingénierie du Développement Territorial

PARCOURS : ❑ IDT-stratégie ❑ IDT-animation ■ IDT-géomatique

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2014/2015

OBSERVATIONS DU JURY

A : Très bon rapport de fin d'étude
B : Bon rapport mais avec des faiblesses sur quelques aspects
C : Rapport acceptable présentant un intérêt particulier sur certains aspects

Précisions éventuelles sur les faiblesses et les forces du mémoire :

Signatures

<table>
<tr><td rowspan="2">AUTEUR</td><td>NOM</td><td colspan="3">PRÉNOM</td></tr>
<tr><td>LOUVEL</td><td colspan="3">Nicolas</td></tr>
<tr><td>TITRE</td><td colspan="4">Analyser la transition énergétique – caractériser les contextes territoriaux favorables à l'émergence de l'énergie décentralisée en Europe</td></tr>
<tr><td rowspan="2">UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER
&
Institut de Géographie Alpine</td><td>Nom et prénom du Tuteur pédagogique</td><td colspan="2">Nom de la structure dans laquelle le stage a eu lieu (et localisation)</td><td>Nom et prénom du responsable professionnel présent dans le jury</td></tr>
<tr><td>Talandier Magali</td><td colspan="2">Laboratoire Pacte 14 bis Av. marie Reynoard</td><td>Seigneuret Natacha</td></tr>
<tr><td rowspan="2">COLLATION</td><td>Nb. de pages</td><td>Nb. de volumes</td><td>Nb. d'annexes</td><td>Nb. de réf. biblio.</td></tr>
<tr><td>155</td><td>1</td><td>3</td><td>29</td></tr>
<tr><td>MOTS-CLÉS</td><td colspan="4">Transition, transition écologique, transition énergétique, énergie décentralisée, systèmes énergétiques, développement territorial</td></tr>
<tr><td>TERRAIN D'ÉTUDE OU D'APPLICATION</td><td colspan="4">Eco-systèmes urbains européens</td></tr>
</table>

RÉSUMÉ français

La notion de transition semble bien caractériser l'ensemble des travaux réalisés dans le cadre du master IdT. La première partie revient donc sur cette notion, les enjeux qui lui sont associés et son cadre règlementaire notamment français et européen. La deuxième partie présente le contexte du stage tandis que la troisième en présente les différents livrables réalisés à ce jour. La quatrième partie plus conclusive boucle ce rapport en traitant des apports de ces deux ans de master.

RÉSUMÉ autre langue

The transition concept seems to characterize all works done during the IdT master. The first part talk about this concept issues and French and European legislations. The second part explain internship environment. The third one shows different notes. The fourth one is like an overview about last two years.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce rapport de fin d'études et soutenu pendant ces deux années de master.

En premier lieu, je remercie Magali Talandier, pour la confiance accordée en m'intégrant dans le programme de recherche IDEE.

Je remercie également Natacha Seigneuret, membre du jury et du programme, qui a accepté d'évaluer ce rapport.

J'aimerais aussi remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique du master Ingénierie du Développement Territorial, pour les enseignements proposés pendant ces deux années qui m'ont permis de réaliser ces travaux.

A l'heure de la conclusion je pense également à l'ensemble des étudiants des promotions 2014-2015 et 2013-2014 pour les six ans passés à leurs côtés.

Enfin je tiens à remercier mes parents pour leurs encouragements et Amélie pour son réconfortant soutien.

A Nona qui m'a toujours soutenu

Table des matières

Remerciements 4
Introduction 6
Partie 1 : transition, transition écologique, transition énergétique 7
A. Définitions 7
B. Développement des notions de transition 9
C. Débats et enjeux de la transition énergétique 13
D. Cadre réglementaire et préconisations internationales 29
Partie 2 : contexte de la mission 40
A. Définition et composition du programme de recherche 40
B. Présentation de l'Axe 1 43
C. Détail du stage et livrables attendus 45
Partie 3 : premiers résultats de la mission 49
A. Acculturation avec les notions et définitions 50
B. Benchmark qualitatif et matrice d'analyse des systèmes locaux d'énergie européens 54
C. Travail à venir et retour d'expérience 62
Partie 4 : retours d'expérience et acquis 66
A. Pourquoi le master IdT ? 66
B. La construction de son projet professionnel 66
C. Et maintenant, et après ? 67
Conclusion 73
Bibliographie 74
Annexes 77
Annexe 1 : fiche explicatives des colonnes de la matrice 77
Annexe 2 : méthodologie de sélection des villes 108
Annexe 3 : fiches réalisées par ville pour le benchmark 120
Tables 154
Table des cartes 154
Table des graphiques, schémas, figures, photos 154
Sommaire complet 155

Introduction

Le présent rapport de fin d'études n'a pas été construit uniquement comme un bilan mais plutôt comme une continuité entre les travaux réalisés tout au long des deux ans de master et les orientations professionnelles à venir. C'est donc plutôt une synthèse du travail réalisé pendant deux ans et de celui à venir, au sein du stage tout d'abord et au-delà. Le but étant de (dé)montrer le projet professionnel construit tout au long du master.

Les transitions des territoires ?

Bien que la transition ne soit pas le sujet d'intérêt premier qui a conduit à l'inscription en master. C'est finalement une notion qui synthétise bien l'ensemble du parcours de ces deux années, que ce soit au sein des stages, des ateliers ou des travaux réalisés en cours.

Le mémoire s'est porté sur la résilience territoriale et son analyse quantitative en débattant de la dimension reproductrice de cette notion. Qui reste néanmoins importante à développer pour permettre aux systèmes humains (individus comme sociétés) de dépasser le stade du simple constat de vulnérabilité.

« La résilience ne relève pas d'une vision critique des risques, contrairement à la vulnérabilité qui fut fortement associée à des postures radicales. Elle fournit donc un projet plus consensuel, plus intégrateur, un horizon d'attente et d'action. » (Djament-Tran et al., 2012, p.12) Cette notion possède donc des propriétés d'entrainement, qu'il soit scientifique, politique ou social qui permet un changement important, intégré et accepté par tous. Ce que revêt également souvent la transition qui est souvent employée par parler du passage d'un état jugé « moins » à un état jugé « plus ».

« Le passage de notre mode actuel de production et de consommation à un mode plus écologique. » (Plauchu (V.), 2015)

Ce sont donc des notions au caractère sensible fort, la notion de résilience tenant une part de son développement dans les travaux de psychologue et la résilience post-traumatique. Il convient donc de les interroger et les discuter pour pouvoir les employer de manière choisie et scientifique.

Ce rapport présente donc dans une première partie la transition territoriale, les différentes notions associées et fera un focus sur la transition énergétique qui est l'élément central du stage de M2. Cette partie ouvre la boucle en revenant sur des notions abordées dans le mémoire de M1 en les précisant et en les débâtant avec d'autres notions développée durant le stage et l'année écoulée.

La deuxième partie expose le contexte de réalisation du stage, le programme de recherche dans lequel il s'insère, les membres de ce programme et la place du stage dans tout ça.

La troisième montre les premiers résultats obtenus durant le stage et présentera les productions réalisées.

La quatrième partie revient sur l'ensemble des années de master et ferme la boucle de ce rapport avec l'ensemble du parcours universitaire en insérant les projets à venir.

Partie 1 : transition, transition écologique, transition énergétique

Dans cette première partie nous verrons dans une première sous-partie les définitions de la transition, avant de faire un focus sur le développement de cette notion dans une deuxième, de montrer les principaux débats et enjeux autour de la transition énergétique dans une troisième pour finir avec le cadre réglementaire des transitions écologiques et énergétiques.

A. Définitions

1. Transition

Selon le Centre National de Ressource Textuelles et Lexicales (CNRTL) la transition se définie comme *« le passage d'un état à un autre »* (cnrtl.fr, mai 2015). Elle peut toutefois être *« degré ou état intermédiaire par lequel se fait le passage d'un état à un autre, d'un état de chose à un autre »*. La transition peut donc être à la fois un processus ou un état. La géographie et les sciences territoriales utilisent la notion sous ces deux formes et vouloir distinguer les deux peut s'avérer difficile.

2. Transition écologique

Pour certains transition écologique et transition énergétique sont synonymes (Novethic).

Vincent Plauchu la désigne comme *« le passage de notre mode actuel de production et de consommation à un mode plus écologique. »* (blogs.upmf-grenoble.fr/vincentplauchu, mai 2015) Elle engloberait donc tous les aspects de la société et est plus large que la transition énergétique qui n'en est qu'une composante.

On parle également de transition économique (ciridd.org, mai 2015), de transition sociale (Harribey J.-M., mai 2015) ou encore de transition politique et démocratique (Maurice (T.), 2013).

« La transition écologique implique une utilisation rationnelle et efficace vis-à-vis de toutes les ressources, y compris la sollicitation des régulations naturelles (climat, écosystèmes), et de résilience face aux aléas climatiques pour les territoires, les procédés industriels et agricoles, les biens et les services.

Elle concerne notamment :

- *la rénovation thermique des bâtiments*
- *l'adaptation des transports et de l'aménagement des territoires*
- *la production, le stockage et les usages des énergies*
- *la sobriété en eau*
- *la préservation et la restauration des écosystèmes*
- *l'économie circulaire*
- *la moindre dépendance aux ressources rares »* (developpement-durable.gouv.fr, mai 2015)

3. Transition énergétique

SITA (filiale du groupe SUEZ Environnement) désigne la transition énergétique comme *« le passage de notre mode actuel de production et de consommation à un nouveau modèle énergétique plus durable et plus économique face aux enjeux d'évolution des prix, d'approvisionnement en énergie, d'épuisement des ressources naturelles et de respect de l'environnement. »* (sita.fr, mai 2015)

Pour Novethic *« la transition énergétique (ou transition écologique) désigne le passage d'un système énergétique qui repose essentiellement sur l'utilisation des énergies fossiles, épuisables et émettrices de gaz à effet de serre (que sont le pétrole, le charbon et le gaz), vers un bouquet énergétique donnant la part belle aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique. »* (novethic.fr, mai 2015)

La transition énergétique désigne donc à la fois un changement technique et technologique, mais également un changement de pratique et de comportement. Elle est l'une des composantes de la transition écologique (devloppement-durable.gouv.fr). D'après la définition donnée précédemment on note l'importance de l'énergie dans la transition écologique. L'énergie a historiquement été au cœur des débats sur la transition, à l'initiative des négociations climats qui placent l'énergie au centre des problématiques.

B. Développement des notions de transition

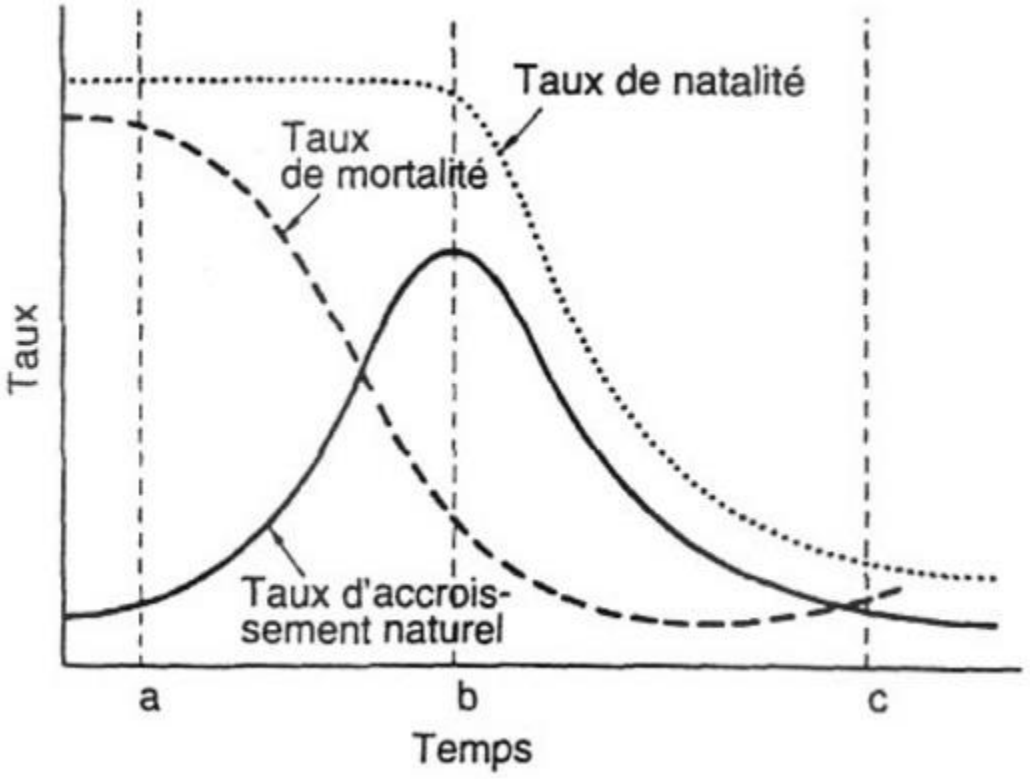
1. Développement de la notion de *transition*

Les théories de la transition sont nées de « d*émographes, économistes ou géographes* [qui] *ont proposé à tour de rôle voire simultanément des constructions théoriques visant à interpréter les différences ou inégalités entre les états comme de simples décalages ou stades à l'intérieur de modèles commun d'évolution, généralement appelés "transition".* » (Grasland (C.), 2000). Parmi des modèles nombreux (transition urbaine, sociale par exemple), les deux plus connus sont la *transition démographique* et la *transition économique* développées au début du 20ème siècle.

Ces modèles développés à l'échelle étatique, sont inspirés de la théorie des décalages de Rostow et des théories marxistes de la succession historique des modes de production, qui sont toutes deux des théories à la vision optimiste de l'histoire (Grasland (C.), 2000).

Ces modèles essaient d'expliquer le décalage entre l'influence de phénomènes « techniques » (aux effets immédiats) et leur répercussion sur des phénomènes « culturels » (aux effets plus lents). Ce qui dans le cas de la transition démographique donne le modèle très connu représenté schématiquement en (Figure 1). Le taux de mortalité étant corrélé aux influences techniques (médecine, vaccins, hygiène, etc…) et le taux de natalité étant corrélé par des phénomènes culturels (place de la femme et des enfants, acceptation de la contraception, etc.).

Figure 1 : schéma générale de la transition démographique



Source : Soriot A., 2002

A l'échelle mondiale « *multiplier les exemples en ajoutant aux deux exemples précédents celui des transitions urbaine, sanitaire, migratoire, etc. ne semble pas utile dans la mesure où, on s'en rend compte en comparant les cartes de transition démographique et de transition économique, il existe des liens étroits entre tous les facteurs ayant servi d'objet aux théories de la transition.* » (Grasland (C.), 2000)

Le caractère universel de ces théorie, niant la diversité des peuples et cultures est sujet de débat. Dans le cas de la transition démographique par exemple un pays comme la France a connu un déclin de sa natalité presque simultané avec sa mortalité, engendrant un accroissement démographique très faible.

Ces théories présupposent également des individus (statistiques) ou des systèmes relativement clos. Dans le cas de la transition démographique les effets des phénomènes migratoires ne sont pas du tout prise en compte que ce soit pour les pays d'origine ou d'accueil. La théorie de la transition économique, elle, ne prend pas en compte les effets de l'économie mondiale, le moment de historique où la transition se produit ni quels sont les principaux acteurs de cette transition.

Le choix du maillage étatique est concomitant à la disponibilité des données d'une part et d'autre part à la période historique de l'émergence de ces notions. Ainsi ces modèles comme vu précédemment ont besoin de territoires aux limites définies et aux comportements relativement distincts.

2. La transition énergétique

Comme vu en première sous-partie la transition énergétique désigne « *le passage d'un système énergétique qui repose essentiellement sur l'utilisation des énergies fossiles, épuisables et émettrices de gaz à effet de serre (que sont le pétrole, le charbon et le gaz), vers un bouquet énergétique donnant la part belle aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique.* » (novethic.fr, mai 2015).

« La transition énergétique constitue l'une des composantes de la transition écologique. Elle traduit le passage d'une société fondée sur la consommation abondante d'énergies fossiles à une société plus sobre en énergie et faiblement carbonée. Un tel changement de modèle énergétique suppose de travailler à la fois sur les économies d'énergie et sur l'évolution du mix énergétique, avec une part accrue des énergies renouvelables. » (developpement-durable.gouv.fr, mai 2015)

Le changement à effectuer est donc double et relève à la fois :

- D'un aspect technique. En changeant les procédés de production d'énergie et de consommation d'énergie et l'influence sur les réseaux de distributions par exemple ;
- D'un aspect social. En changeant nos pratiques, notre dépendance énergétiques, nos matières d'aménager l'espace, de donner un cadre réglementaire et de l'appliquer par exemple.

On voit bien avec cette définition la difficile place du nucléaire en France, la ressource est épuisable mais très peu productrice de gaz à effet de serre, ce qui fait de la France un bon élève de la production de GES à l'échelle européenne et mondiale (Figure 2) mais est un des états au système énergétique le plus centralisé.

Figure 2 : population en millions et émissions de CO2 en Mt/an et en tCO2/hab/an pour les Etats Unis d'Amérique, l'Allemagne et la France

	Population (millions)	Émissions de CO_2 (Mt) par an	Indice d'émission (tCO_2 /hab an)
Etats-Unis d'Amérique	314	5074.14	16.15
Allemagne	81.92	755.27	9.21
France	65.43	333.89	5.1

Source : Jancovici (J.-M.), 2012

Ainsi pour Jean-Marc Jancovici, le terme *transition énergétique* est employé pour :

- « *désigner la baisse à venir de l'approvisionnement en pétrole puis en gaz,*
- *désigner le remplacement souhaité d'une partie du nucléaire par « autre chose » (objectif qui est soit neutre soit antagoniste avec la lutte contre le changement climatique).* » (Jancovici (J.-M.) 2013) (voir sous-partie sur le cadre réglementaire français pour plus de précisions).

Le débat est donc différent selon si l'on se place du point de vue de la dépendance à une source d'énergie non-renouvelable (voir sous-partie *pic pétrolier, peak everything*), soit du point de vue du changement climatique.

« De ce fait, il devient évident que les divers protagonistes qui utilisent cette expression ne lui donnent pas la même signification, ni en termes d'objectif, ni en termes de moyens, ni en termes de conséquences si elle se produit... ou si elle ne se produit pas. » (Jancovici (J.-M.) 2013).

Nous allons voir dans la sous-partie suivante les enjeux autour de la transition énergétique.

Bernard Laponche (physicien nucléaire, consultant sur les politiques de l'énergie, conseiller technique du ministère Voynet) définit ainsi un système énergétique :

« Un système énergétique est constitué de l'ensemble des activités et des opérations qui permettent de satisfaire les besoins en produits et services énergétiques indispensables au développement économique et social. » (Laponche (B.) et all., 2002)

On peut voir deux grandes manières de concevoir les systèmes énergétiques, de manière centralisée ou de manière décentralisée (ou à énergie répartie).

La recherche d'échelle et la spécialisation des entreprises qui en résultent ont menées à une architecture énergétique centralisée, caractérisée par les flux d'énergie qui sont dirigés du « centre » (les centrales de production) vers la « périphérie » (le client).

« Les énergies primaires et finales sont donc exploitées, transformées (de combustible en chaleur ou en électricité notamment), éventuellement stockées, puis livrées par des réseaux (lignes, canalisations, ensemble de camions, etc.), aux consommateurs finaux. » (Laponche (B.) et all., 2002)

Il en résulte un système avec des filières segmentées et des entreprises très indépendantes les unes des autres où le producteur n'est que producteur et l'utilisateur qu'utilisateur. En France l'énergie électrique (nucléaire à 80%) est connue pour être très centralisée.

Implicitement ou explicitement le modèle de la transition énergétique se développe dans le cadre de plus en plus décentralisée de l'énergie. Un système énergétique centralisé est caractérisé par une production concentrée et définie en un nombre restreint de lieux et des sites de consommations très nombreux, chacun étant dans un rôle unique (production ou consommation).

« Par opposition au système centralisé tel que nous le connaissons en France, l'énergie répartie recouvre une multitude d'entités énergétiques de petites dimensions, regroupant à la fois des consommateurs et des producteurs, ceux-ci pouvant être aussi ceux-là. » (Labrousse (M.), 2006)

Un système énergétique décentralisé se caractérise par une production plus diffuse (spatialement et individuellement), un nombre important d'éléments du système étant dans un rôle mixte (producteur et consommateur).

« Les investissements très importants, les contraintes climatiques, l'épuisement des ressources fossiles, l'opposition des populations à l'implantation d'infrastructures de production et de transport d'énergie, rendent de plus en plus difficile l'extension des systèmes centralisés, par ailleurs mal adaptés à la valorisation des énergies renouvelables. » (Labrousse (M.), 2006)

L'auteur de continuer, *« un système énergétique réparti ou décentralisé n'est pas, en général, un système isolé : il constitue souvent un nœud dans un réseau construit à l'échelle nationale ou régionale. Mais il dispose d'une grande autonomie et les acteurs locaux en assurent la gestion et l'optimisation. »* (Labrousse (M.), 2006)

La décentralisation de l'énergie est un des premiers enjeux de la transition énergétique, voir même un débat dans le contexte du débat sur le nucléaire (dont la production est nécessairement centralisée). Nous verrons dans la partie suivante différents enjeux associés à la transition énergétique.

C. Débats et enjeux de la transition énergétique

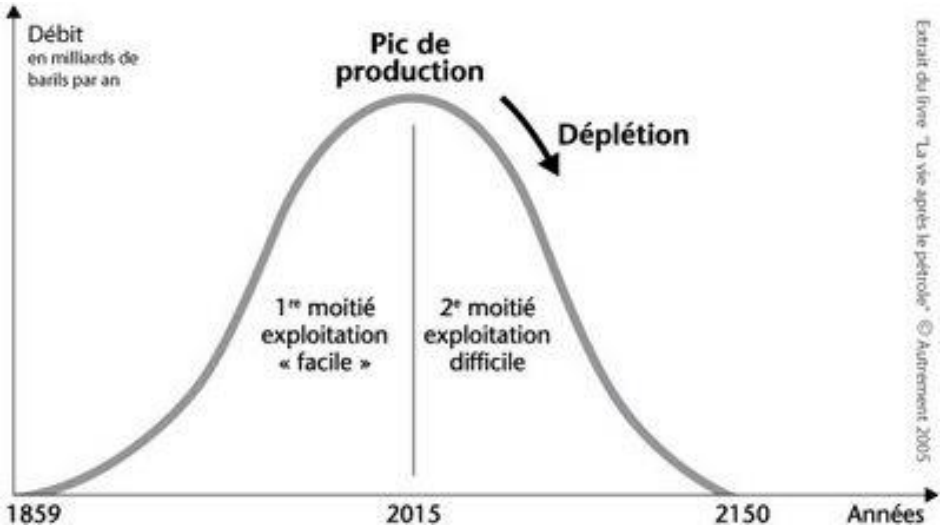
Les enjeux de la transition énergétique sont nombreux et sujets à discussions et débats, l'objet de cette partie est de présenter les plus importants pour comprendre un peu mieux les tenants et aboutissants de cette transition.

1. Pic pétrolier, peak everything (le pic de tout)

Si les chocs pétroliers ont montrés la dépendance de nos systèmes aux énergies fossiles, le pic pétrolier et plus généralement le pic de l'ensemble des énergies fossiles (peak everything) nous montre la fin du stock.

Le terme de « pic pétrolier » (peak oil en anglais) « *désigne le sommet de la courbe qui caractérise la production pétrolière d'un puits ou d'un champ pétrolier ; par agrégation le pic pétrolier désigne celle d'un pays voire de l'ensemble de la planète.* » (picpétrolier.net, 2008) Il est théorisé en 1956 par Marion King Hubbert, géologue de la compagnie Shell, qui prédit un pic de production en 1970, suivi par une augmentation des prix due à diminution et une rareté de la ressource. Cette théorie fut considérée comme peu crédible et oubliée jusqu'en 1971 année effective du pic, la courbe de production fléchissant de manière symétrique à sa croissance les années précédant le pic. La Figure 3 présente la courbe dite de Hubbert ou de production, applicable à toute énergie ou minerais fossile.

Figure 3 : schéma théorique du pic pétrolier



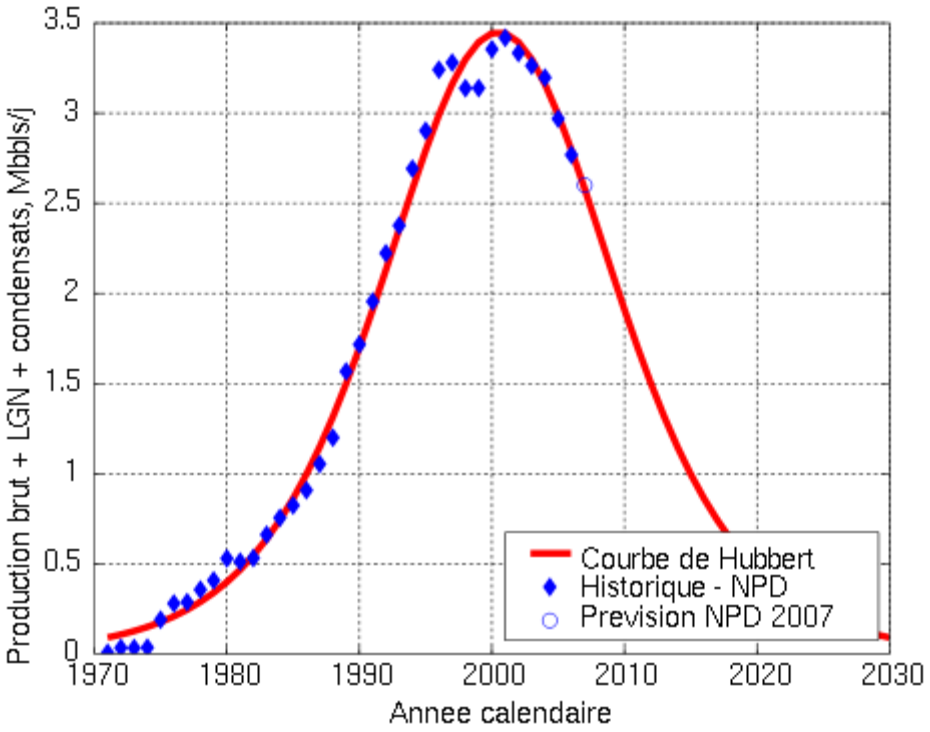
Source : energiedurable.free.fr 04/2014, d'après ASPO France

Aujourd'hui le débat est plus sur le moment effectif de ce pic plutôt que sur l'effectivité du pic pétrolier qui semble inéluctable. Ainsi l'ensemble des acteurs s'accordent à dire que la chute de production et l'augmentation du prix du baril vont avoir lieu, en témoigne les propos de nombreux responsables de compagnies pétrolières comme Thierry Desmarest, PDG de la société Total, *« Si nous en restons à ce type de croissance de la production, nous avons l'impression que le pic pétrolier pourrait être atteint aux environs de 2020 »* (Hopkins (R.), 2010, p.28). Le patron de Shell, Peter Voser affirmait en 2011, *« Il faudrait que le monde ajoute l'équivalent de quatre Arabie Saoudite (sic) ou de dix mers du Nord dans les dix prochaines*

années, rien que pour maintenir l'offre à son niveau actuel » soit 45 Million de Barils par jours, la moitié de la production mondiale actuelle. Or *« Dans le meilleur des cas, Total obtient [donc] un total de quelque 25 Mb/j de capacités d'extraction issues de puits qui n'existent pas encore »* (petrole.blog.lemonde.fr 2012).

Appliqué sur un puit ou un pays producteur cette courbe est très fiable. La figure 4 montre la courbe théorique de production de pétrole en Norvège et les losanges bleus la production effective mesurée.

Figure 4 : pic pétrolier théorique et historique de la Norvège

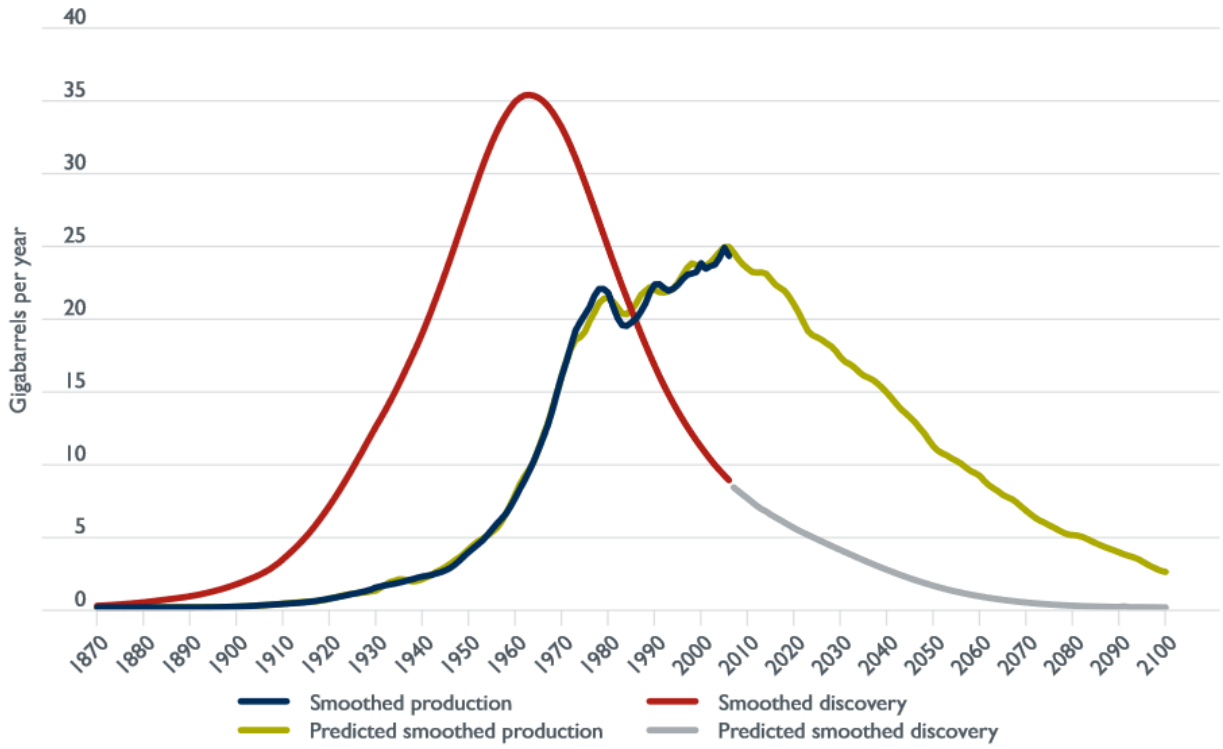


Source : wikipédia.org Avril 2014

Au niveau mondial de nombreux paramètres globaux interviennent conflits, blocus, décisions politiques, technologies par exemple, qui rendent la prévision de la date exacte du pic impossible. Toutefois cette baisse de la production aura bien lieu. Aujourd'hui nous sommes sur ce que les experts appellent un *plateau ondulant* avec des périodes de baisse et de reprise de production (Figure 5).

Pour se rendre compte de l'effectivité ou non du pic pétrolier il est intéressant de comparer la courbe des découvertes et des productions de pétrole (Figure 5), avec un pic de découvertes en 1960 (ligne rouge) on voit bien que la production de pétrole conventionnel est amenée à décliner fortement dans les prochaines années. Cette courbe montre que l'on consomme aujourd'hui plus de pétrole que l'on en trouve.

Figure 5 : production mondiale de pétrole historique et théorique et pic des découvertes

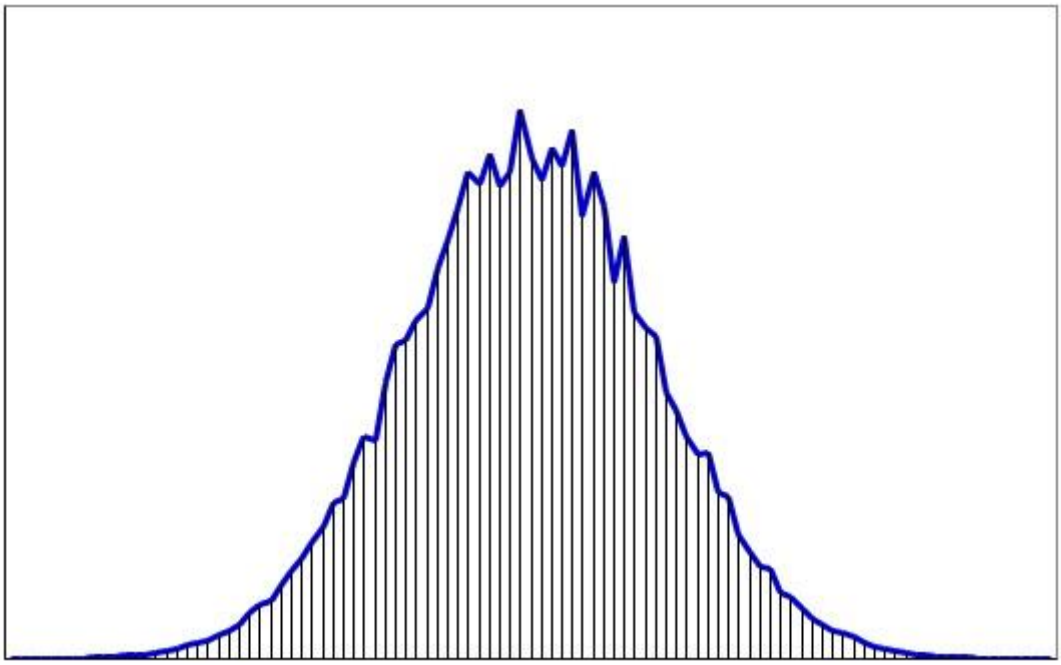


Source : Department of Infrastrucure, Transport, Regional Development and Local Government of Australia, 2009

Comme évoqué précédemment cette approche peut se décliner pour toute ressource non renouvelable (Figure 6). En effet l'aspect général d'une courbe de production d'un élément à quantité fixe est toujours la même. Elle part de zéro (avant extraction) croit jusqu'à un maximum absolu avant de décroître pour vers zéro (que l'on s'arrête avant la fin du stock ou non). La zone hachurée correspondant aux réserves ultimes de cette ressource et la forme de la courbe dépendant de la vitesse d'extraction, de la dépendance, de phénomènes socio-économiques, etc.

C'est essentiellement ce point qui définit les énergies non renouvelables qui vont toutes voir cette courbe se réaliser, avec des pentes plus ou moins fortes, un pic plus ou moins marqué et plus ou moins proche. Richard Heinberg appel ce phénomène le *peak everything* (Heinberg (R.), 2007).

Figure 6 : schéma de consommation d'une ressource aux quantités non renouvelables



Source : Jancovici (J.-M.), 2012

Pour les énergies non renouvelables on parle ainsi du pic de charbon (Figure 7), du pic de gaz (Figure 8) ou du pic d'uranium (Figure 9).

Figure 7 : prévision de la production mondiale de charbon par grandes régions productrices

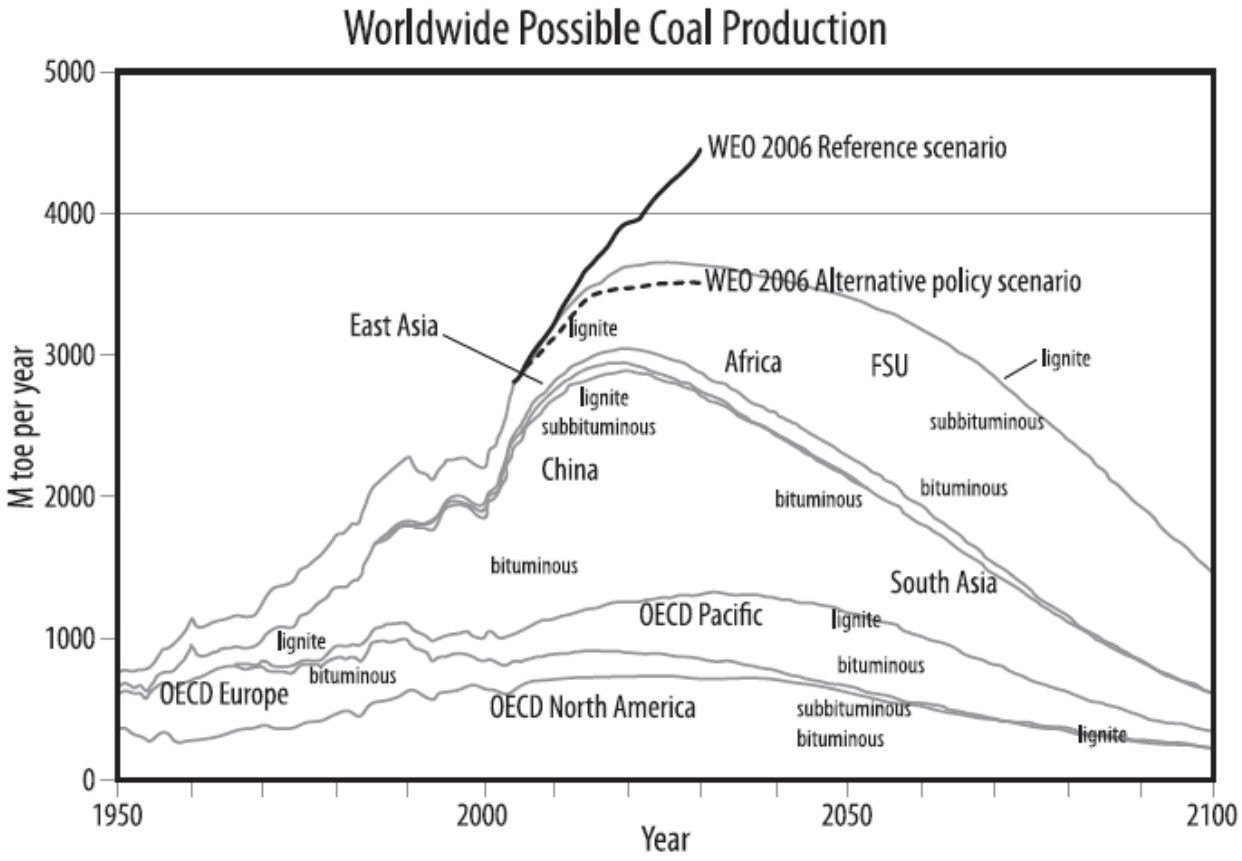


Figure 8 : prévision de la production de gaz naturel, de liquides extraits et des découvertes mondiales

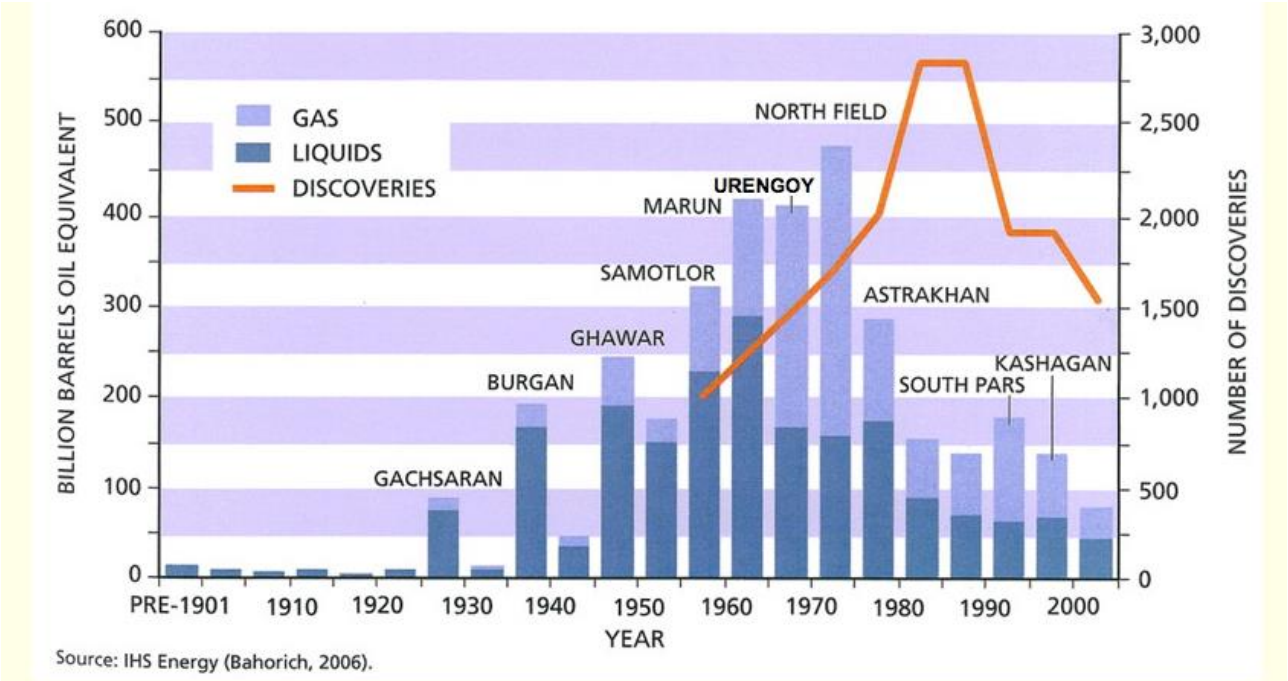
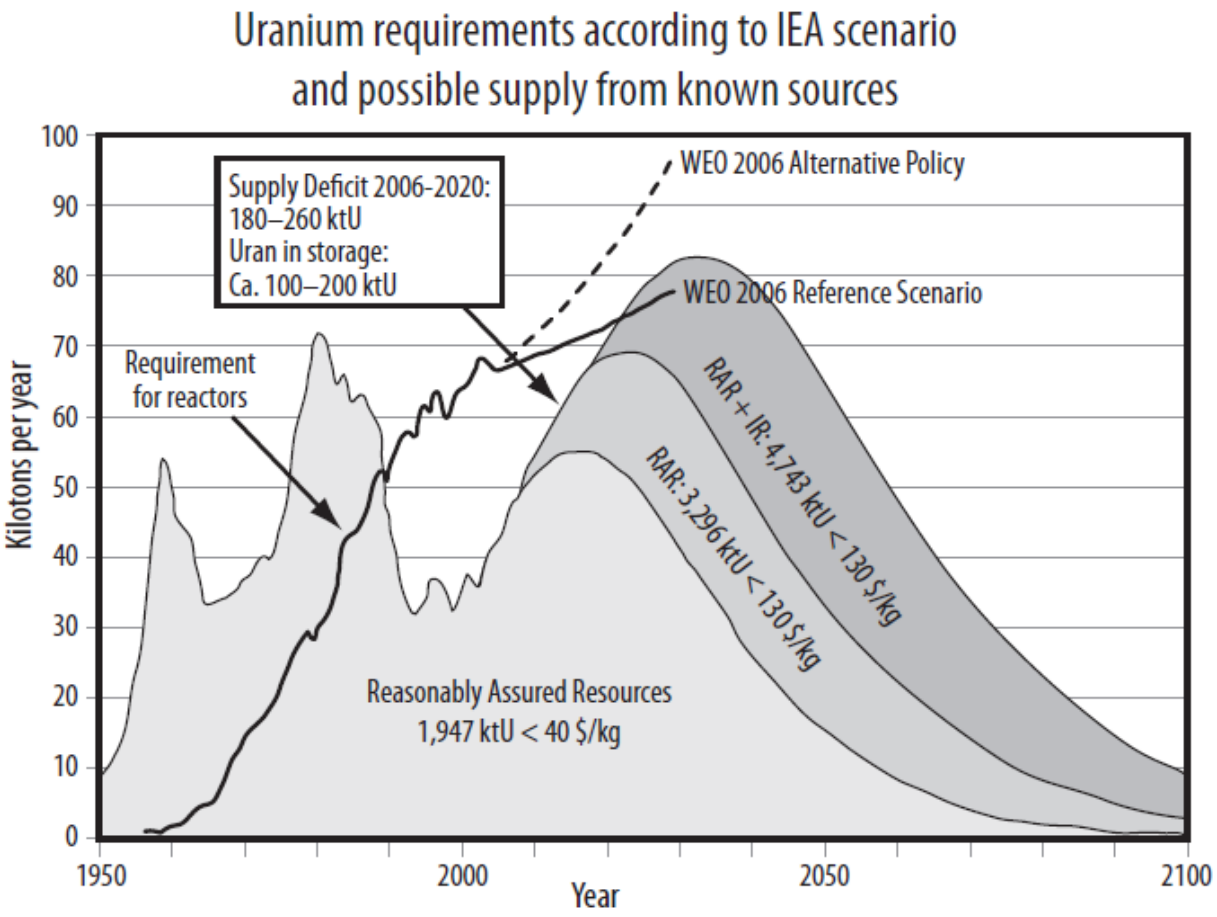


Figure 9 : prévision de la production mondiale d'uranium



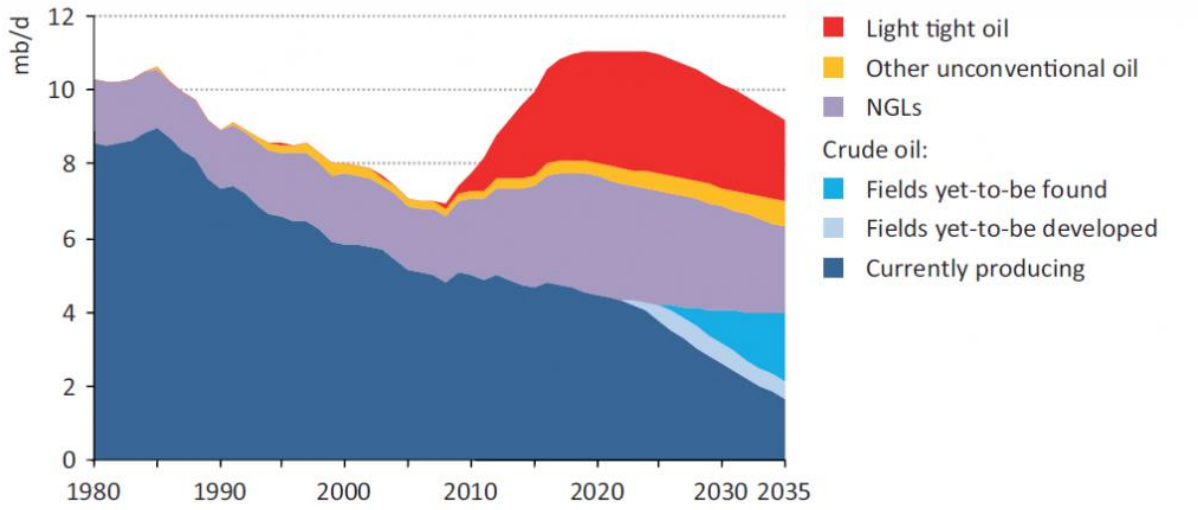
Aujourd'hui on parle également du pic d'eau potable, de terres rares, de réserve de poissons, d'or et d'argent, de cuivre, de platine et de toutes réserves que l'on consomme plus vite qu'elles ne se créent. Les conséquences des interactions entre ces pics sont mal connues. Elles rendront sûrement les solutions techniques pour compenser l'un ou plusieurs d'entre eux difficiles.

Critiques et scepticismes

Pour certains analystes les découvertes de gaz de schistes permettraient d'affirmer que le pic n'est plus pertinent. « Le rapport annuel de l'Agence Internationale de l'Energie prévoit que la production de pétrole brut des Etats-Unis dépassera celle de l'Arabie Saoudite vers 2020, grâce à l'extraction croissante de pétrole de schiste. » (lesechos.fr, 11/2012) La Figure 10 montre cette production supplémentaire.

Figure 10 : Production de pétrole par type aux Etats-Unis dans le nouveau scenario

Figure 3.18 ▷ United States oil production by type in the New Policies Scenario



Source : AIE, 2012

Plusieurs éléments sont à apporter à ce constat. Le premier est la durée de vie d'un puits de gaz de schiste ainsi *« la production d'un puits d'hydrocarbures de schiste atteint en général sa production record dès son ouverture, et décline ensuite très rapidement, souvent dès les premiers mois d'exploitation. »* (petrole.blog.lemonde.fr 2013). Il faut donc forer de nombreux puits très souvent pour permettre une production rentable à un prix acceptable. Le deuxième est un élément non connu au moment de l'étude, les réactions de la société civile face à ces techniques dégradant l'environnement, et donc le poids des procès qui ont fait ralentir les forages voir les ont interdits et augmenter les coûts. Ainsi *« l'administration Obama a annoncé en décembre que la production américaine de pétrole brut devrait plafonner à partir de 2016, "quasiment" au niveau de son record historique de 1970. Puis cette production entrera à nouveau en déclin en 2020. »* (petrole.blog.lemonde.fr, 2013) Toutefois l'élément le plus frappant reste le peu de crédit apporté au fait que cette ressource puisque fossile viendra forcément se tarir qu'on le veuille ou non.

Dans le même ordre d'idée certains proposent le report sur d'autres sources d'énergie non moins renouvelables, comme la liquéfaction du charbon ou le gaz qui auront des pics de production dans de nombreuses années. Ces solutions beaucoup moins rentables énergétiquement, ont déjà vues le jour lors d'embargos et sont des techniques connues et fonctionnelles. L'Allemagne durant la seconde guerre mondiale et l'Afrique du Sud durant l'embargo suite à l'apartheid, ont utilisé ces techniques pour assurer leur demande d'énergie pour les transports. Ces méthodes comme pour le pétrole non-conventionnel ne seront rentables qu'avec un pétrole devenant rare et cher. *« C'est plus particulièrement l'écart de prix entre le charbon et le pétrole qui détermine la rentabilité des projets : plus l'écart grandit en faveur du charbon, plus les projets deviennent rentables. »* (actu-environnement.com, 2012).

La frontière entre pétrole « conventionnel » et « non conventionnel » est mouvante, en fonction de l'exploitabilité d'un gisement. Ainsi en 2011 et jusqu'à des profondeurs d'eau de 1500m le pétrole offshore est considéré comme conventionnel. Les gaz de schistes deviennent couramment exploités et pourront devenir « conventionnels » dans quelques années. Cette

capacité à exploiter est régie par de nombreux facteurs comme l'état des techniques et de la technologie, la géologie et les spécificités intrinsèques du site, l'environnement géopolitique et bien sûr les coûts d'exploitation et le prix de vente du pétrole sur les marchés mondiaux. La raréfaction de la ressource tend à augmenter le prix de vente du baril et à rendre rentables des techniques et technologies de production d'énergies alternatives comme le gaz de schiste, les sables bitumineux, le bioéthanol ou encore à terme les énergies renouvelables.

2. Taux de retour énergétique

Le taux de retour énergétique est lié au ratio de l'énergie produite sur l'énergie investie, issue de l'anglais *energy returned on energy invested* (EROEI). Ainsi plus le ratio est grand plus le rendement énergétique l'est également.

$$\text{Tx de retour} = \frac{\text{Energie produite}}{\text{Energie dépensée}}$$

« Le rendement énergétique reste imprécis parce que son calcul est affecté par des difficultés méthodologiques significatives. Néanmoins, son utilité est indéniable. Plus la quantité d'énergie dépensée pour produire un type d'énergie donné est petite, plus sa production est attrayante. À l'inverse, il est préférable d'écarter une filière énergétique lorsqu'elle requière beaucoup d'énergie pour en produire peu. » (Tremblay (G.), 2013).

Ce taux de retour est généralement calculé en sortie de mine (mine mouth en anglais) ce qui gomme les effets de transport.

Les Figures suivantes (11, 12 et 13) montrent des essais de calculs de ce taux de retour énergétique. On note de grandes divergences entre ces modèles. C'est expliqué par l'échelle étudiée, les énergies étudiées, les sources utilisées et le modèle prévisionniste ou non (lié à l'amélioration des technologies notamment).

Cette formule est utilisée pour montrer la baisse du taux de retour énergétique des énergies fossiles (Figure 13), pour parler d'un taux de retour énergétique minimum ou pour montrer le faible (ou le fort) rendement de certaines énergies renouvelables (ou non) (Figure 11, 12 et 13).

La Figure 13 montre clairement que le taux de retour énergétique du pétrole conventionnel états-uniens (encarts rouge) est en baisse, de même que le pétrole mondiale (encarts vert). Ce phénomène est expliqué par le fait que le pétrole extrait en premier était facile d'accès et demandait peu de travail. Aujourd'hui l'exploitation du pétrole non conventionnel, les forages en haute mer, le pétrole de schiste et les sables bitumineux, nécessitent un travail plus important faisant baisser le taux de retour énergétique.

Certains chercheurs parlent également d'un taux de retour énergétique minimum pour soutenir l'économie mondial, on parle alors d'énergie nette.

$$\text{Energie nette} = \text{Energie produite} - \text{Energie dépensée}$$

En effet dans le cas où l'économie est liée à la quantité d'énergie disponible (voir partie le lien entre énergie et économie), une baisse du taux de retour énergétique peut entrainer une baisse de l'énergie disponible, une énergie ayant un taux de retour de 1 ne pouvant pas procurer d'énergie au système.

« Our results indicate that there is still a very large energy surplus from fossil fuels - variously estimated as an EROI (i.e. EROImm) from perhaps 80 to one (domestic coal) to perhaps 11-18 to one (US) to 20 to one (World) for contemporary oil and gas. » (Hall (C.) et al., 2009) Ce qui veut dire qu'à l'échelle mondiale qu'avec 1 baril de pétrole on fournit le travail nécessaire pour produire 20 barils de pétrole qui seront destinés aux autres utilisations de la société.

« Globally we are using between 2 to 3 barrels for each new barrel found. The analysis of Gagnon et al. suggests that if current trends continue linearly then in about two to three decades it will take one barrel of petroleum to find and produce one barrel of petroleum, and oil and eventually gas will cease to be a net source of energy. »

« The calculation of this is beyond the scope of this paper but our guess is that we would need something like a 5:1 EROI from our main fuels to maintain anything like what we call civilization. » (Hall (C.) et al., 2009)

Le taux de retour énergétique est également utilisé pour essayer de prévoir les énergies alternatives aux énergies fossiles. Comme évoqué précédemment le taux de retour énergétique est très souvent calculé en sortie de production, en gommant les dépenses énergétiques liées au transport. Cette information est toutefois à prendre en compte puisque certaines énergies loin des lieux de consommation nécessitent des infrastructures neuves qui feraient baisser le taux de retour global.

Ainsi sur l'ensemble des figures suivantes on remarque que le biodiesel et l'éthanol de maïs ne sont pas des solutions permettant une énergie nette élevée, mis à part l'éthanol de canne à sucre qui dans certains contextes offre un rendement élevé (Figure 10). On pense au contexte brésilien où le travail de la canne est souvent manuel faisant baisser le taux de retour énergétique.

L'éolien semble également une solution plus efficace que le solaire, bien que le solaire puisse plus facilement s'implanter proche des habitations et donc faire baisser son taux de retour général (transport inclus).

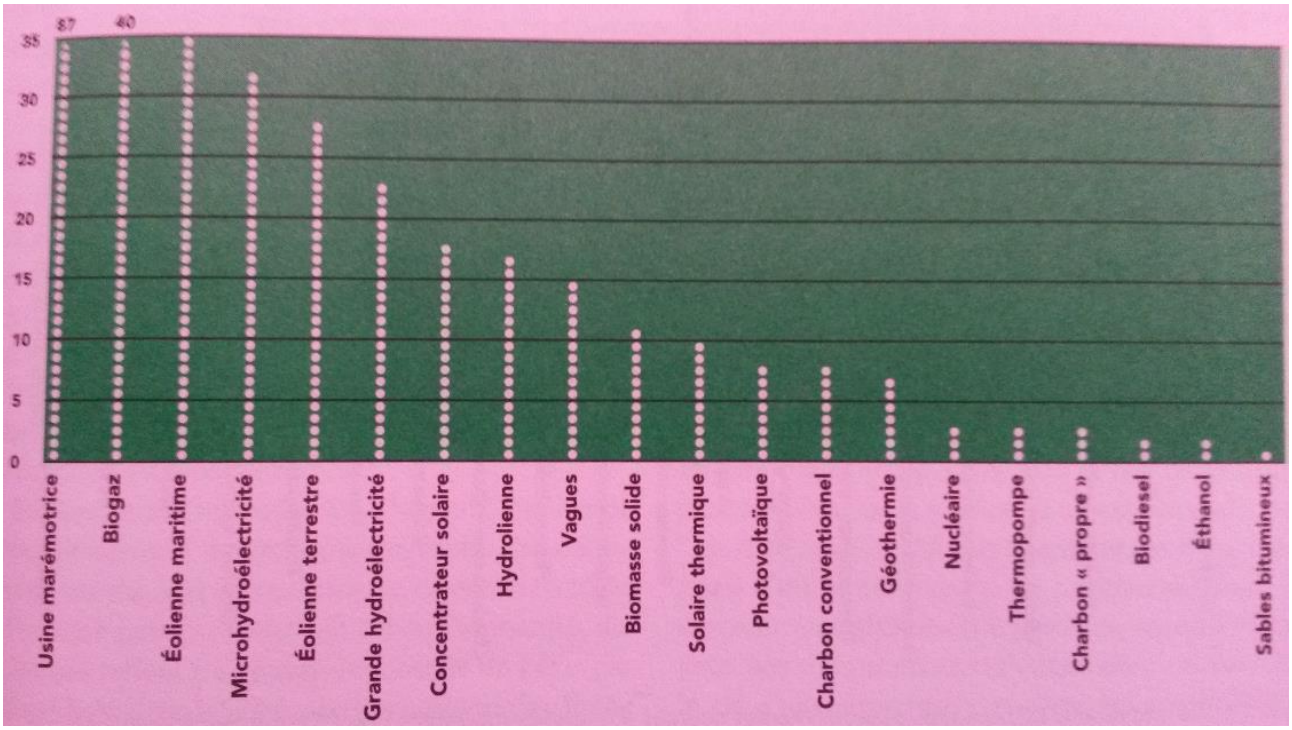
Figure 11 : taux de retour énergétique de quelques énergies d'après Heinberg (R.), 2007

RESOURCE	TAUX DE RETOUR*
Pétrole conventionnel	11:1 à 18:1
Gaz naturel	10:1
Charbon	50:1
Nucléaire	5:1 à 15:1
Hydro-électricité	11:1 à 267:1
Éolien	18:1
Photovoltaïque	4:1 à 10:1
Marémotrice	6:1
Géothermal	2:1 à 13:1
Éthanol (canne à sucre)	0,8:1 à 10:1
Éthanol (maïs)	0,8:1 à 1,6:1
Biodiesel	1,3:1

Sources : voir Richard HEINBERG, *Searching for a Miracle: "Net Energy" Limits and the Fate of Industrial Society*, 2009, p.55; MURPHY et HALL, *supra* note 2, p.109.
* Sujet à des marges d'erreur et des variations importantes selon le contexte de production.

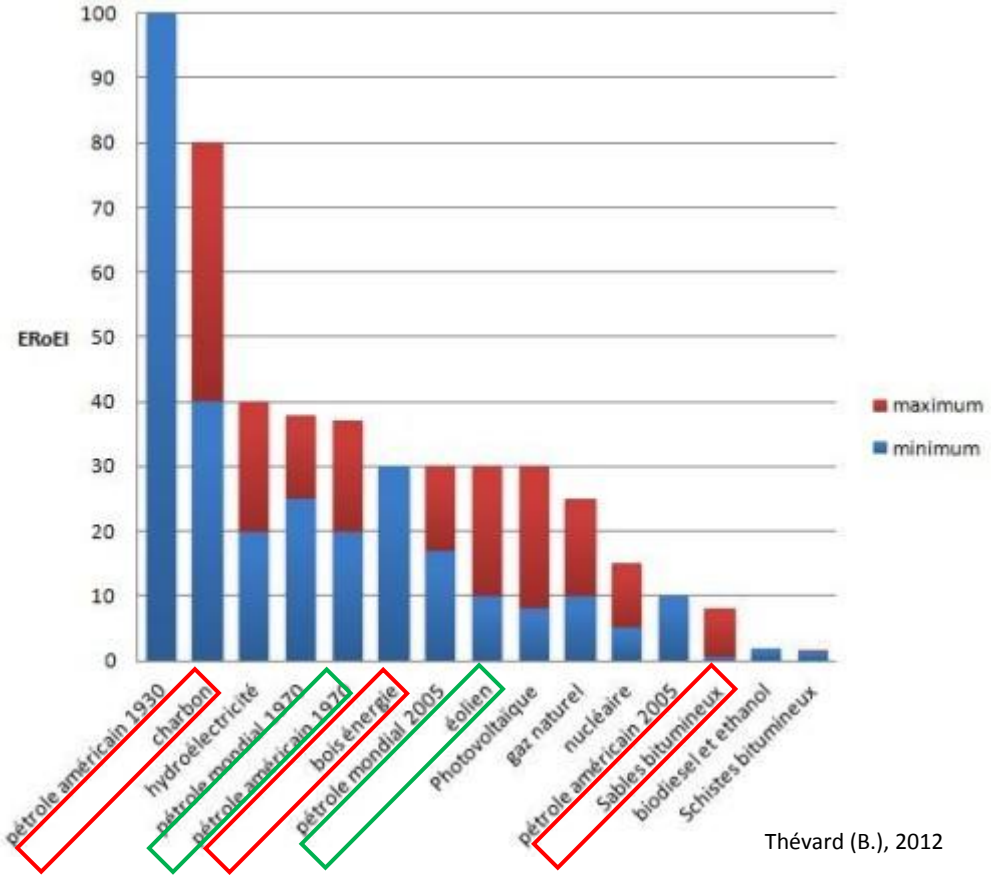
Source : Heinberg (R.), 2007

Figure 12 : taux de retour énergétique de quelques énergies d'après Hopkins (R.), 2008



Source : Hopkins (R.), 2008

Figure 13 : taux de retour énergétique de quelques énergies



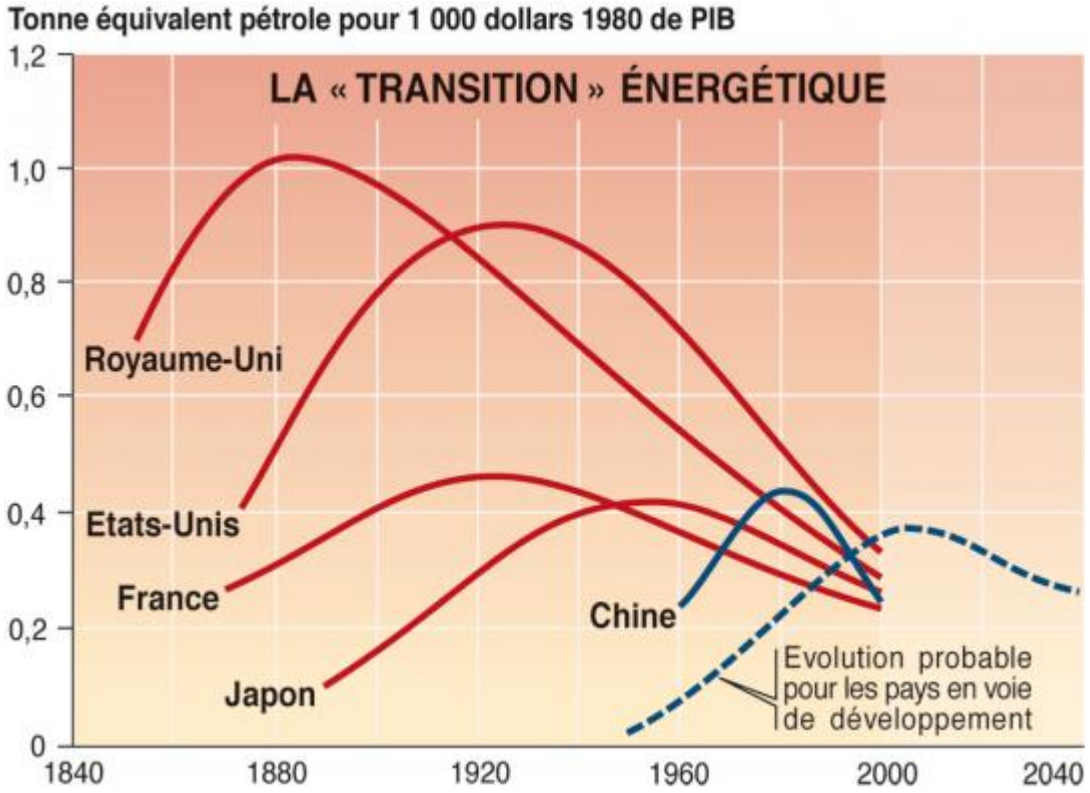
Thévard (B.), 2012

3. Economie et énergie

Dans cette partie nous essaierons de montrer les liens entre économie et énergie.

Un premier lien peut être fait entre économie et énergie avec la notion d'intensité énergétique dans une économie, qui revient à calculer la quantité d'énergie par PIB et ainsi connaître sa performance énergétique. *« La performance énergétique d'une économie se mesure à l'intensité énergétique du produit intérieur brut (PIB) exprimée en tonnes équivalent pétrole (tep) par 1 000 dollars. Plus le chiffre est faible, meilleure est la performance. »* (Baker (E.), et al., 2005)

Figure 14 : intensité énergétique



Source : Baker (E.), et al., 2005

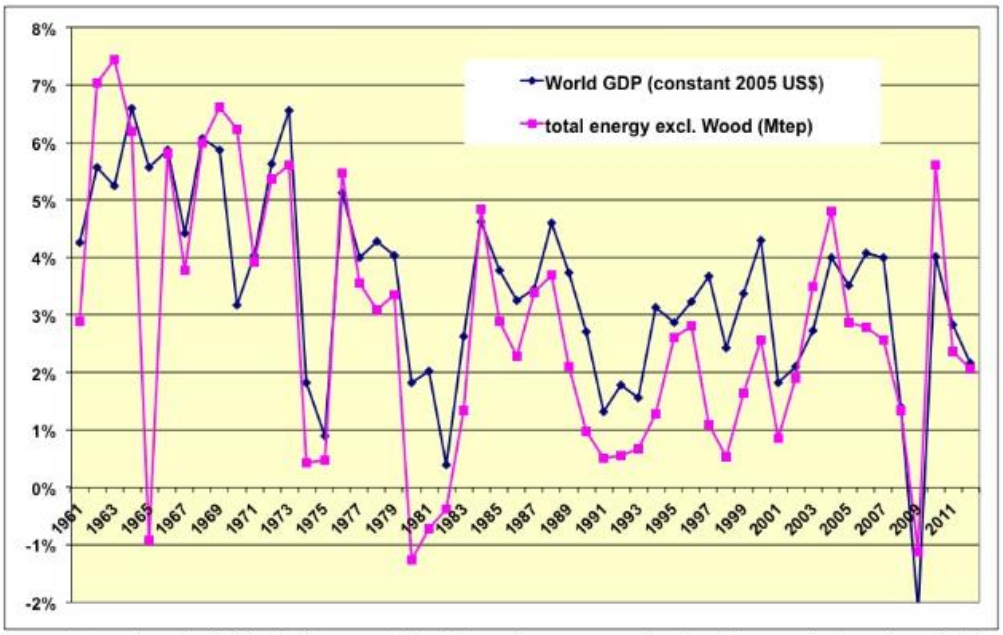
« La chute qui s'amorce ensuite tient à plusieurs raisons : la consommation des matériaux de base à forte composante énergétique se stabilise, et le contenu en services, peu consommateurs en énergie, du produit intérieur brut augmente. Le progrès technologique vient accélérer cette chute de l'intensité. » (Baker (E.), et al., 2005)

Les auteurs parlent donc de transition énergétique, ici les économies sont encore très dépendantes au pétrole mais sont plus efficaces.

« La « loi historique », évoquée parfois à l'appui des scénarios d'abondance, d'une liaison rigide entre croissance économique et croissance des consommations énergétiques ne se vérifie donc pas sur une longue période. » (Baker (E.), et al., 2005) Est-ce que l'inverse est vrai ? Est-ce que une croissance énergétique entraine une croissance économique ?

Les Figures 15 et 16 montrent une relation forte entre PIB mondial et consommation d'énergie.

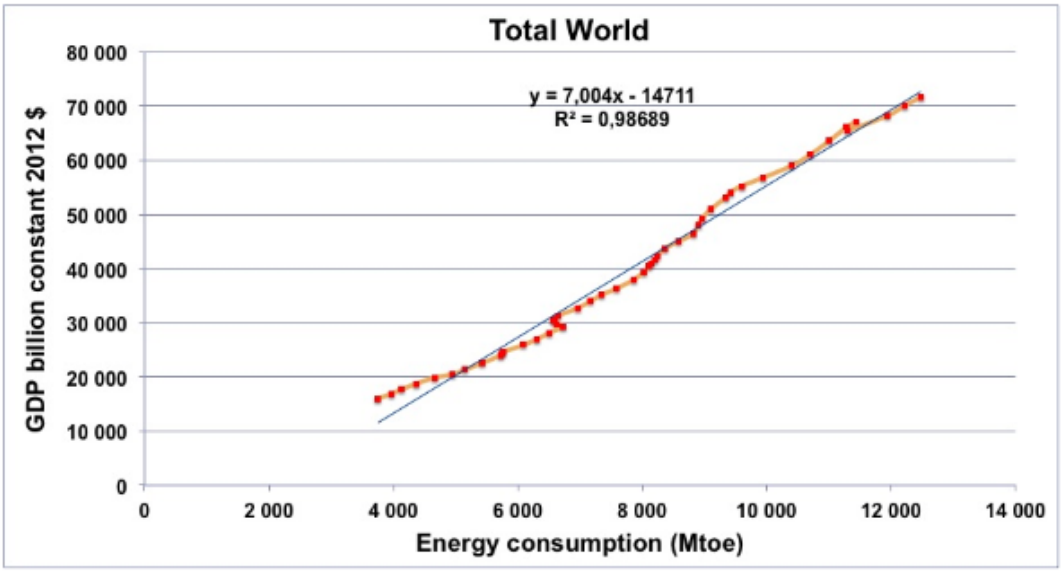
Figure 15 : PIB mondial et consommation mondiale d'énergie entre 1965 et 2012



Variations respectives, depuis 1960, de la **quantité** d'énergie consommée dans le monde (pas du prix !), en violet, et du PIB mondial, en bleu. Calculs de l'auteur sur sources diverses pour l'énergie, et World Bank 2012 pour le PIB. NB : la valeur pour 1965 sur la courbe « énergie » intervient lors d'une rupture de série est n'est probablement pas significative.

Source : Jancovici (J.-M.), 2012

Figure 16 : corrélation entre PIB mondial et consommation mondiale d'énergie 1965-2012



PIB mondial en milliards de dollars constants de 2012 (axe vertical) en fonction de la consommation d'énergie mondiale en millions de tonnes équivalent pétrole (axe horizontal), pour les années 1965 à 2012. La corrélation entre les deux grandeurs apparaît clairement.

Source : Jancovici (J.-M.), 2012

Ce lien est expliqué *« parce que, par définition même, l'énergie est la grandeur qui, en physique, caractérise la transformation d'un système. »* (Jancovici (J.-M.) 2014) Ainsi *« l'apparition d'énergie à profusion a donc permis d'augmenter de manière faramineuse tous les flux physiques qui sous-tendent notre activité productive, et dont le PIB est une traduction monétaire partielle. »*

L'auteur utilise une fonction de production (énergie = énergie consommée) :

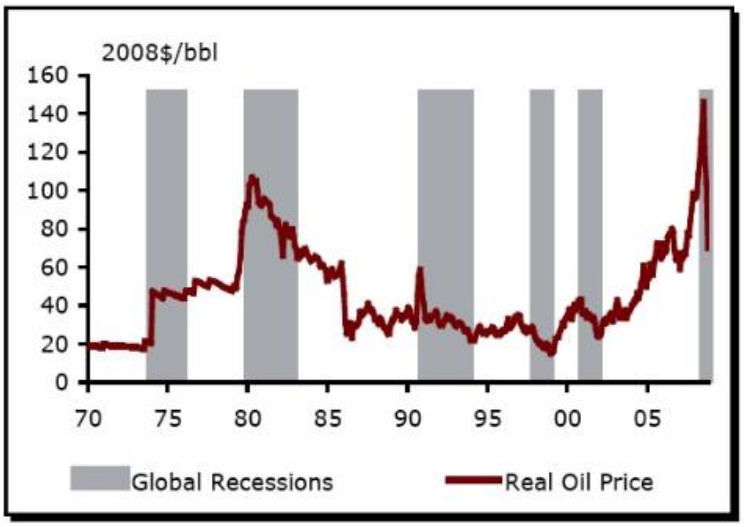
$$PIB = \frac{PIB}{Energie} * Energie$$

« Le terme $\frac{PIB}{Energie}$ *désigne la quantité de PIB que l'on peut obtenir avec un kWh d'énergie. C'est la fameuse efficacité énergétique de l'économie. »* (Jancovici (J.-M.) 2014)

« Dans cet enchaînement, la hausse du prix du pétrole et la récession ne sont pas directement la conséquence l'une de l'autre, mais deux conséquences consécutives d'une même insuffisance d'énergie liquide. La diffusion dans l'économie relève avant tout d'un effet volume, non d'un effet prix. »

Selon l'auteur c'est la raison pour laquelle un choc pétrolier annonce toujours une récession (Figure 17)

Figure 17 : évolution du prix du baril en dollars (courbe) et récessions (bandes grises)



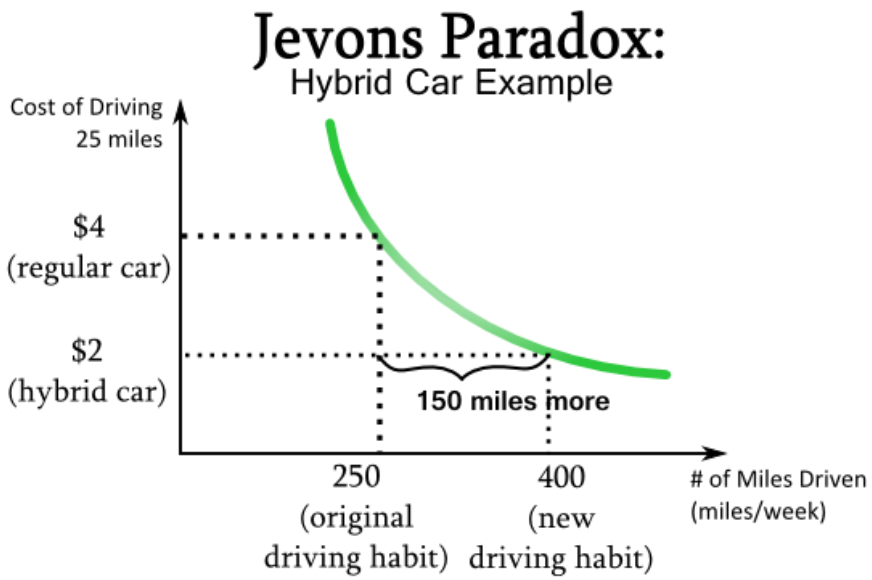
Evolution du prix du baril en dollars constants depuis 1970, et emplacement des ralentissements (récessions aux US) en grisé. Source CIBC World Markets, octobre 2008.

Source : Jancovici (J.-M.), 2012

4. Le paradoxe de Jevons et effet rebond :

Si certains abaissent leurs consommations de pétrole la diminution de la demande réduira les prix permettant aux autres de l'acheter à moindre coût. Ainsi un moteur plus efficace utilisant moins d'énergie va entraîner une hausse de l'utilisation d'énergie. C'est ce que montre au 19ème siècle l'économiste William Stanley Jevons qui énonce *« qu'à mesure que les améliorations technologiques augmentent l'efficacité avec laquelle une ressource est employée, la consommation totale de cette ressource peut augmenter au lieu de diminuer. »* (http://www.dikeo.fr/le-paradoxe-de-jevons/) Ce principe est connu sous le nom de paradoxe de Jevons (Figure 1).

Figure 18 : Paradoxe de Jevons



Source : dikeo.fr, 2013

Ce graphique prend pour exemple un coût de transport de 4 dollars pour 25 miles pour une voiture habituelle et un parcours moyen par semaine est de 250 miles, on remarque que le coût baissant pour une voiture hybride permets aux gens de parcourir plus de kilomètres pour le même coût. William Stanley Jevons montre à l'époque que l'introduction de moteurs à charbon plus efficients augmente la pénétration des locomotives sur le marché et *in fine* la consommation de charbon.

C'est ce paradoxe que l'on retrouve au sein de bâtiments basse consommation par exemple, les habitants payant moins cher l'énergie de chauffage ils chauffent souvent trop. Ce type de comportement est un des éléments du semi-échec de l'écoquartier de Caserne de Bonne à Grenoble. Il a été mis en évidence *« d'importants dépassements des consommations de chauffage, qui pouvaient atteindre 70% de l'objectif initial »* (Urbanisme, Hors-série n°45, 2013, p.41). Les causes de ce dysfonctionnement sont nombreuses et *« concernent autant la phase de conception des bâtiments que celle du chantier »* mais *« le premier paramètre de dépassement des consommations est lié aux usagers ». « Les habitants sont responsables pour au moins deux tiers de ces surconsommations »* (Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Enertech, voir *Urbanisme*, n°363 nov-dec, 2008). Ainsi certaines personnes profitent de la

qualité énergétique du bâtiment pour pousser le chauffage et augmenter son confort à moindre frais. C'est ce que l'article caractérise sous le terme *d'effet rebond*.

Ce paradoxe n'est pas une loi logique mais on voit donc bien dans ces cas que simplement implanter une nouvelle technologie ne suffit pas. Dans l'exemple de la caserne de Bonne un travail avec les habitants des logements est nécessaire, ou des systèmes de thermostat non réglable individuellement mais collectivement par exemple.

D. Cadre réglementaire et préconisations internationales

Après avoir vu ce que revêtes les termes de transition, transition écologique et énergétique ainsi que les enjeux de la transition énergétique, nous allons voir dans cette partie les préconisations internationales et les cadres réglementaires européens et français.

1. Préconisations internationales

Les grandes préconisations en matière énergétique à l'échelle internationale découlent de négociations constats climatiques du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et son premier rapport en 1990 puis la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 1992 lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro.

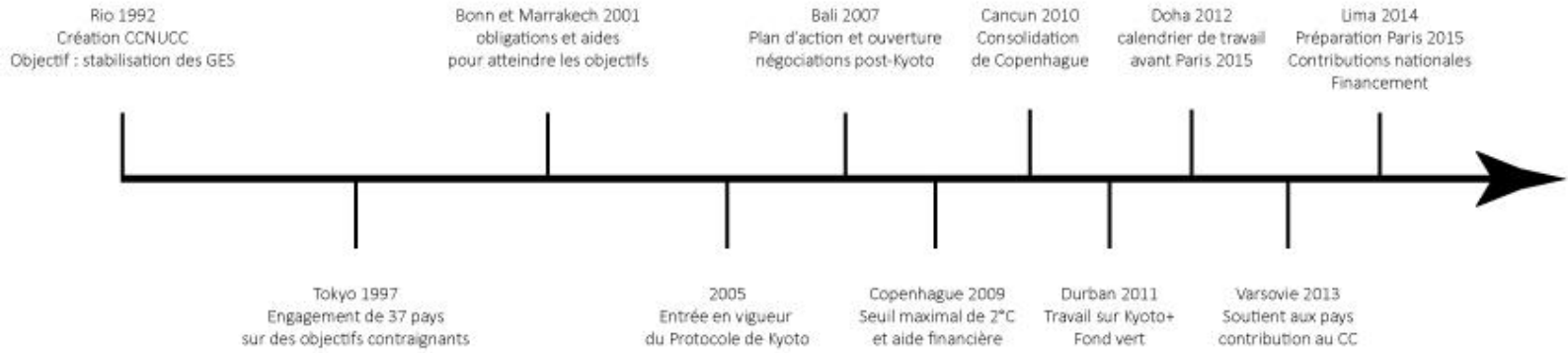
La Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC)

Si « La première Conférence Mondiale sur le Climat marque le début de la mobilisation scientifique » (Cornut P., 1997) il faut attendre 1992 et la Convention-cadre sur le changement climatique signé à Rio pour que des objectifs chiffrés soient engagés par les pays signataires pour réduire les gaz à effet de serre (GES). Cette convention signée par les Etats décidés à lutter contre le réchauffement climatique fixe le cadre de travail et les grands objectifs à atteindre notamment dans le *plan d'action pour 21ème siècle*. C'est à partir de cette convention que seront écrits et signés les accords dits de Kyoto en 1997 ratifiés par 190 pays en 2010. « *Il ne comporte toutefois d'engagement que pour 38 pays industrialisés, avec un objectif de réduction moyenne de 5,2 % par rapport aux émissions de 1992 des émissions de six gaz à effet de serre entre 2008 et 2012.* » (ladocumentationfrancaise.fr, mai 2015).

Les accords de Kyoto se terminant en 2012 il était nécessaire de redéfinir les objectifs globaux et les moyens pour y parvenir. Cet enjeu a été débattu en 2007 à Bali avec l'adoption d'un plan d'action ou plus précisément d'un plan de négociation, *« Les Parties ont décidé d'un processus de négociation post-2012 et se sont mises d'accord sur une liste des sujets à aborder mise en place d'une « vision partagée sur la coopération à long terme » permettant d'atteindre l'objectif ultime de la Convention.* » (developpement-durable.gouv.fr, mai 2015). Ce plan de négociation s'est cristallisé en 2009 avec l'accord dit de Copenhague qui « *s'est achevée par l'adoption d'un texte juridiquement non contraignant, mis au point par les Etats-Unis et quatre pays émergents, la Chine, le Brésil, l'Inde et l'Afrique du Sud. Ce texte affirme la nécessité de limiter le réchauffement planétaire à 2°C par rapport à l'ère pré-industrielle mais ne comporte aucun engagement chiffré de réduction des émissions de gaz à effet de serre.* » (ladocumentationfrancaise.fr, mai 2015).

Si à l'échelle internationale la question énergétique est abordée par l'entrée climatique, le but étant prioritairement de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), les chapitres 7 et 9 de l'Agenda 21 de Rio « situent clairement les enjeux au niveau de l'énergie et des transports » (Maurer C., 2003). Les grandes orientations de la CCNUCC et du GIEC ont ainsi étés précurseurs pour mesurer la nécessité de changement et essayer d'apporter des réponses.

Figure 19 : chronologie des préconisations internationales



Source : developpement-durable.gouv.fr
Réalisation : N. Louvel, 2015

Les Agendas 21

Les Agendas 21 dits locaux sont une des actions à mettre en œuvre dans le cadre du plan d'action pour le 21ème siècle. « *La Déclaration de Rio mettait en avant, dans son article 28, le rôle essentiel qui revient aux territoires et aux collectivités locales en matière de développement durable.* » (developpement-durable.gouv.fr, mai 2015). Pour aider au développement de ces projets est « adopté en réunion interministérielle en juillet 2006, le cadre de référence national des projets territoriaux de développement durable. » Ce cadre rappel que « *le développement durable poursuit cinq finalités essentielles :*

- *lutte contre le changement climatique et protection de l'atmosphère*
- *préservation de la biodiversité, protection des milieux et des ressources*
- *épanouissement de tous les êtres humains*
- *cohésion sociale et solidarité entre territoires et entre générations*
- *dynamiques de développement suivant des modes de production et de consommation responsables,* »

L'énergie tant sa production, sa consommation, son stockage, son acheminement que sa gouvernance a une place importante dans l'élaboration des Agendas 21, dont le volet *énergie* est souvent important.

2. Réglementation européenne

L'union Européenne est une partie signataire à part entière de la CCNUCC, fortement impliquée dans les accords de Kyoto, elle est aujourd'hui motrice au renouvellement de ces accords (principalement bloqués par les Etats Unis d'Amérique du Nord, la Chine et l'Inde). Les engagements pris au sein de la CCNUCC sont donc retranscrits en droit européen.

A l'heure actuelle "*La France s'est engagée au niveau européen à respecter un triple objectifs:*

- *La directive 2006/32/CE du 5 avril 2006 relative à efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques (ESD) fixe un objectif d'économies d'énergie de 9 % à horizon 2016 ;*
- *Le paquet énergie climat conclu en 2008 prévoit une amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique de l'Union européenne en 2020.*
- *La directive efficacité énergétique*" (developpement-durable.gouv.fr, mai 2015)

On peut rajouter à cette liste le *paquet énergie-climat 2030* adopté en octobre 2014, qui remplacera le *paquet énergie-climat 2020*.

On note également :

- la *directive 2010/31/UE* du 19 mai 2010 relative à la performance énergétique des bâtiments qui :
    - fixe des exigences minimales en termes d'efficacité énergétique pour les bâtiments neufs et les bâtiments anciens en rénovation ;
    - donne un objectif de bâtiments à énergie quasi-nulle à horizon 2018/2020 ;
    - instaure des certificats de performance énergétique ;
    - oblige à l'inspection des climatisations et chaudières ;
- la *directive 2009/125/CE* du 21 octobre 2009 relative à l'éco-conception des produits relatifs à l'énergie qui :
    - fixe des exigences en matière d'éco-conception pour les produits liés à l'énergie;
    - donne des règlements par familles de produits ;
- la *directive 2010/30/UE* du 19 mai 2010 relative à l'information et l'étiquetage des produits relatifs à l'énergie qui :
    - fixe le cadre communautaire pour l'information du consommateur s'appliquant aux produits liés à l'énergie ;
    - donne des règlements par familles de produits ;
- les directives 2009/72/CE et 2009/73/CE relatives au marché intérieur de l'énergie qui :
    - fixe les règles communes concernant le transport, la distribution la fourniture d'électricité et de gaz naturel, ainsi que des dispositions de protection des consommateurs ;
    - donne des prescriptions portant sur le déploiement de compteurs intelligents
- la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles qui :
    - définie l'approche intégrée et la prise en compte de la performance environnementale d'un site industriel dans son ensemble ;

- officialise le recours aux Meilleures Techniques Disponibles (MTD) recensées dans les Best Available Techniques Reference Document (BREFs) ;

(liste établie d'après table ronde nationale pour l'efficacité énergétique)

La directive 2012/27/UE du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique

Cette directive « *établit "un cadre commun de mesures pour la promotion de l'efficacité énergétique dans l'Union en vue d'assurer la réalisation du grand objectif (…) d'accroître de 20% l'efficacité énergétique d'ici à 2020 et de préparer la voie pour de nouvelles améliorations de l'efficacité énergétique au-delà de cette date".* » (developpement-durable.gouv.fr, mai 2015).

Elle remplace la directive « cogénération » de 2004 et la directive « services énergétiques » de 2006 (*2006/32/CE du 5 avril 2006)* ainsi que l'article 6 de la directive « éco-conception » et l'article 9 de la directive « étiquetage ».

Traitant de « *tous les maillons de la chaîne énergétique : production, transport, distribution, utilisation, information des consommateurs.* » ce texte :

- « *contribue à l'atteinte des objectifs écologiques : moins de gaz à effet de serre, moins de polluants atmosphériques, moindre pression sur les ressources non renouvelables, tout en stimulant l'économie moindre dépendance énergétique, allègement de la facture, et surcroît d'activité lié aux investissements de maîtrise de l'énergie* » ;
- « *prévoit les mesures d'économie d'énergie qu'appliqueront tous les États membres* » ;
- « *prévoit un objectif contraignant de réduction de 1,5 % par an de l'ensemble des ventes d'énergies, hors transports* » ;
- « *introduit également un objectif de 3 % de rénovation annuelle des bâtiments de l'État* » ainsi que « *développer une stratégie de réduction des consommations de l'ensemble du parc bâti existant à long terme, au-delà de 2020* » ;
- « *comprend aussi la systématisation des audits énergétiques dans les grandes entreprises, la transparence des factures et le soutien à la cogénération* ».

« *En avril 2013, la France a remis son premier rapport annuel* » et « *le 24 avril 2014, la France a transmis son plan national d'action en matière d'efficacité énergétique (PNAEE 2014)* » qui sont les réponses nationales à la mise en place de cette directive.

Les paquets énergie-climat 2020 et 2030

Adopté en 2008 « *ce plan d'action doit permettre à l'UE d'atteindre d'ici 2020 le triple objectif qu'elle s'était fixé en 2007: réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre par rapport à leurs niveaux de 1990, porter la part des énergies renouvelables à 20% de la consommation et réaliser 20% d'économies d'énergie.* » (assemblee-nationale.fr) souvent appelé *20-20-20* ou *3x20*. Les deux premiers objectifs sont contraignants alors que le troisième (20% d'économies d'énergie), ne l'est pas.

En octobre 2014 les 28 pays de l'Union européenne sont parvenus à un accord pour renouveler le précédent paquet. « *Les éléments clés du paquet Énergie-Climat, présenté en janvier 2014, sont :*

- *un objectif contraignant de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 40 % par rapport au niveau de 1990 ;*
- *un objectif contraignant fixant la part d'énergies renouvelables à 27 % à horizon 2030 ;*
- *l'amélioration de l'efficacité énergétique d'au moins 27 % ;*
- *la réforme du système d'échange de quotas d'émission de l'UE (ETS ou SEQE) ;*
- *un nouveau système de gouvernance basé sur des plans nationaux pour une économie compétitive, sûre et durable.* » (horizon2020.gouv.fr, mai 2015)

Ainsi « *L'UE est la première [partie] à adopter des engagements chiffrés en vue de la conférence mondiale de Paris sur le climat en décembre 2015.* » Nous verrons que la France vise à être exemplaire au niveau européen, notamment avec le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte.

« C'est en étant exemplaires chez nous que nous pourrons peser pour réussir le Sommet mondial que la France accueillera en décembre 2015. »

3. Réglementation nationale

Le cadre réglementaire français, dont une large partie est issue de la retranscription des directives européennes, est conséquent si l'on considère tous les secteurs : production et consommation, bâtiments ou les entreprises. On comprend qu'en fonction des projets l'ensemble des réglementations peuvent intervenir comme le code de l'urbanisme ou le code de l'environnement par exemple.

Pour décrire le cadre réglementaire français nous utiliserons principalement comme source le Plan d'action de la France en matière d'efficacité énergétique (PNAEE) que nous essaierons de décrire dans son ensemble, ses objectifs et les moyens qui sont mis en œuvre (législatifs et financiers) pour renforcer l'efficacité énergétique. Nous ferons ensuite un zoom sur la partie territoriale de ce plan d'action ainsi que sur le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte pour lequel nous proposerons une lecture critique via un avis récent de l'Académie des sciences.

Le Plan national d'action en matière d'efficacité énergétique

« Le deuxième plan d'action en faveur de l'efficacité énergétique a pour objet de dresser le bilan des politiques et mesures mises en œuvre par la France en terme d'économies d'énergie. »

Il est directement en application de la directive européenne 2006/32/CE, remplacée par la directive 2012/27/UE décrite précédemment.

La France s'est fixé un double objectif d'ici 2020 :

- Réduction de la consommation d'énergie finale à 131 Mtep d'ici 2020 contre 155 Mtep actuellement ;
- Réduction de la consommation d'énergie primaire 236 Mtep d'ici 2020 contre 260 Matep actuellement.

(source : developpement-durable.gouv.fr)

Le PNAEE est un document utile pour avoir un tour d'horizon complet de ce que la France met en œuvre pour appliquer la directive relative à l'efficacité énergétique et donc la transition énergétique. Il identifie 8 domaines de mise en œuvre des mesures (dans l'ordre d'apparition) :

1. La **maîtrise de la demande en énergie**, qui décrit les mesures transversales à plusieurs domaines comme les Certificats d'économie d'énergie, les Contrats de performance énergétique, le développement des réseaux intelligents, les équipements performants, les conventions d'engagements Grenelle, les investissements d'Avenir et le soutient à la recherche et l'innovation
2. Le secteur du **résidentiel-tertiaire** avec une réglementation sur les bâtiments neufs, des incitations sur les bâtiments existants et des dispositifs de formation et sensibilisation ;
3. Le **secteur des transports** avec des dispositifs qui sont principalement des deux ordres. Le soutient des modes de transport les moins émetteurs d'un part et l'amélioration de l'efficacité des modes de transport d'autre part ;
4. Le **secteur de l'industrie** dont la réglementation sur 5 axes : le marché d'échange des permis d'émissions de l'UE, des dispositifs financiers incitatifs, des mesures réglementaires, un soutien à la normalisation et un soutien au développement des technologies efficaces
5. **L'Etat et les collectivités territoriales** ont un double rôle d'exemplarité, dans la gestion de leur patrimoine et leurs activités mais aussi dans l'exercice de leurs compétences ainsi des mesures sont prises pour renforcer la territorialisation des politiques énergétiques ;
6. Le secteur de l'**agriculture** et de la forêt, avec des programmes de soutien autour de 4 axes : les économies d'énergies dans le parc existant, le développement des énergies renouvelables et le soutien à la cogénération, la maîtrise de l'énergie dans les serres et les partenariats long terme entre fournisseurs d'énergie et serristes ;
7. Les **déchets**, la réglementation suit la politique européenne de prévention des déchets ainsi qu'un soutien à la recherche et au développement ;
8. Le volet **Sensibilisation, formation** porte principalement sur deux types d'action. Les actions de sensibilisation et des actions d'information.

(source : d'après PNAEE)

Territorialisation des politiques climatiques et énergétique

Les tableaux suivants (tableau 1 et 2) montrent le cadre règlementaire national qui s'applique aux territoires (Tableau 1) et le cadre règlementaire qui s'applique de manière à l'ensemble des secteurs et donc impact très fortement tout territoire (Tableau 2).

Tableau 1 : cadre règlementaire de la territorialisation de la politique énergétique

Cadre national	Dispositifs territorial	Objectifs
Plan climat national de 2004	Plans climats territoriaux (PCET)	**Politique climatique et énergétique locale**, notamment à travers l'urbanisme et l'aménagement, l'amélioration de l'efficacité énergétique des transports et des bâtiments, et le développement des énergies renouvelables.
Grenelle 1 et 2	Plans climats territoriaux (PCET)	Rendus **obligatoire pour les communes de plus de 50 000 habitants** les PCET ainsi qu'un **bilan des émissions** de GES
Grenelle 2	Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie – SRCAE	Définissent **orientations régionales** en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de lutte contre la pollution atmosphérique, d'amélioration de la qualité de l'air, de maitrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation au changement climatique.
Grenelle 1 et 2	Prérogatives pour les documents d'urbanismes – SCOT et PLU	▪ Ils (SCOT et PLU) doivent prendre en compte les **PCET** ▪ Ils doivent contenir une **analyse de la consommation d'espace** et des objectifs de limitation ▪ Permis de construire ne peut pas s'opposer à l'**installation de production d'énergie renouvelable** (sauf disposition contraire) ▪ Ils peuvent définir des zones à urbaniser avec des **contraintes supplémentaires** ▪ Ils peuvent fixer une **densité minimale** à proximité des transports collectifs (existants ou programmés) ▪ Permission aux collectivités territoriales d'autoriser un **dépassement de 30% du gabarit et de la densité** (50% avec logements sociaux) pour les constructions à haute performance
Grenelle 1	Opérations d'aménagement	Toute action d'aménagement (en particulier ZAC) doit faire l'objet d'une étude sur le **potentiel de développement en énergies renouvelables**, en particulier réseaux de chaleur ou de froid.
	Appels à projets pour la ville durable	▪ **Ecoquartiers** pour promouvoir des démarches exemplaires, en 2011 un second appel à projet est lancé pour viser la création d'une **labellisation *Ecoquartier*** (depuis 2012) ▪ **EcoCités** pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants ayant un projet d'aménagement et de logement significatif pour identifier, soutenir des stratégies de développement urbain global exemplaires ▪ **Transports collectifs en sites propres (TCSP)** pour les collectivités de province ayant un projet de métro, tramway ou de bus à au niveau de service
Loi du 29/12/2010 « finance rectificative »	Versement pour sous densité	Les collectivités peuvent définir un **seuil minimal de densité** et bénéficier d'un versement de la part du demandeur d'autorisation si le projet est en deçà.
Taxe d'aménagement	Taxe d'aménagement simplifiée	Regroupe désormais l'ensemble des **taxes existantes**
Contrats de Projets Etat Régions (CPER)	Volet territorial des CPER	L'Etat appui les **plans climat-énergie régionaux** et les soutient via l'ADEME. Accompagnement des plans infra-régionaux et financement via l'ADEME des **Contrats d'Objectifs Territoriaux (COT)** pour accompagner une ingénierie pour l'élaboration des PCET
Loi de programmation et de d'orientation de la politique énergétique 13/07/2005 (loi POPE)	Certificats d'Economie d'Energie (CEE)	Permet aux collectivités dans le cadre de leurs compétences d'obtenir des **CEE** qu'elles peuvent revendre aux vendeurs d'énergie qui doivent en avoir un certain nombre / kWh sous peine d'amende, elles bénéficient de **tarifs d'achat de l'électricité**
ADEME	Formation et Cit'ergie	**Observatoire** des PCET, **centre de ressource**, guide de la **construction des PCET** et du **bilan d'émission de GES**, **labellisation Cit'ergie**

Tableau 2 : cadre règlementaire de la maîtrise de la demande en énergie

Cadre national	Dispositifs	Objectifs
Loi POPE du 13/07/2005	Certificats d'économie d'énergie	Obligation triennale de réalisation d'économie d'énergie en CEE pour les fournisseurs d'énergie qui sont incités à promouvoir l'efficacité énergétique à leurs clients (dont collectivités). Le ministère attribue les CEE aux acteurs éligibles (fournisseurs et clients). Les CEE peuvent être vendus ou échangés et en fin de période les fournisseurs justifier d'un nombre de CEE / kWh.
Contrat de performance énergétique	Contrat de performance énergétique	▪ Accord contractuel entre un bénéficiaire et le fournisseur d'une mesure d'efficacité énergétique avec une garantie d'un volume d'économies d'énergie qui pourra être utilisé pour rembourser les travaux ou l'action ▪ Grenelle 1 a modifié le droit de la commande publique pour permettre la passation de CPE par les collectivités ▪ La Mission d'Appui aux Partenariats Publics Privés (MAPPP) a édité modèle de contrat, les ministères en charge de l'énergie ont édités un guide du CPE ▪ Le dispositif CEE encourage également les CPE
Développement des réseaux intelligents	Fonds démonstrateurs de recherche et Appels à manifestations d'intérêt (AMI) portés par l'ADEME	Lancement de plusieurs projets de recherche pour intégrer les énergies renouvelables dans le réseau électrique et des actions sur la maîtrise de la demande d'électricité. Réflexion d'un groupe de travail sur les pointes de demande d'énergie avec des propositions sur la maîtrise de la demande, une obligation de capacité pour les fournisseurs en les forçant à investir dans des capacités de production et/ou d'effacement.
Les équipements performants	Les règlements sur les produits (voir directives européennes)	Notamment sur l'écoconception et l'étiquetage énergétique des produits
	Investissements d'Avenir	Avec des prêts verts OSEO en soutenant l'investissement dans l'efficacité énergétique des équipements et processus de production.
Production d'énergie renouvelable autoconsommée	▪ Plan national d'action en faveur des énergies renouvelables en application de la directive 2006/32/CE ▪ Le fonds chaleur (principal dispositif pour la chaleur)	Le plan identifie le solaire photovoltaïque et thermique ainsi que les pompes à chaleur comme seules énergies autoconsommées ▪ Le soutient au solaire thermique et aux pompes à chaleurs est intégré dans la politique de soutien à l'énergie renouvelable des bâtiments, les contrats de projet Etat-région, les éco-prêt, les CEE ▪ Des dispositifs d'aide de l'ADEME portent sur le développement de ces solutions ▪ La géothermie fait également l'objet d'une structuration de la filière via une démarche « filière verte » avec un comité national de la Géothermie et l'association des professionnels de la géothermie
Investissements d'Avenir		5 programmes (ou axes) stratégiques : ▪ « Instituts thématiques d'excellence en matière d'énergies décarbonnées » géré par l'ANR ▪ « Nucléaire de demain » géré par le CEA et l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) ▪ Programmes gérés par l'ADEME sur des projets démonstrateurs dans le domaine des transports, l'économie circulaire, les énergies renouvelables, la chimie verte, les réseaux énergétiques intelligents ▪ « Economie numérique » géré par la Caisse des dépôts et consignations (CDC) qui porte sur la ville numérique et les systèmes de transport ▪ « Urbanisme et logement »

Dispositifs et cadre réglementaire récent relatif à la transition énergétique

Le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte a été adopté en en nouvelle lecture le 28 mai dernier. Ce projet de loi fait suite aux réglementations européennes et au PNAEE vus précédemment et à l'instauration du Conseil national de la transition écologique en décembre 2012. Le projet de loi a instauré une dynamique qui sera amplifiée par la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable (SNTEDD) 2015-2020 adoptée le 4 février dernier.

Ce projet de loi vise à créer une dynamique pour impliquer l'ensemble des acteurs du territoire autour de la transition énergétique et la croissance verte. Le projet reprend les objectifs de facteur 4, ainsi que des objectifs sur la réduction de la part du nucléaire, des objectifs en matière de performance énergétique des bâtiments et d'accès à tous à l'énergie.

Le projet donne un cadre à l'action des citoyens, des entreprises et des territoires en matière de :

- **Rénovation des bâtiments** via notamment les crédits impôts, les fonds de garantie pour les ménages modestes, le fond d'épargne de la Caisse des dépôts et consignation pour les collectivités, la modification des règles d'urbanisme, le déploiement des bâtiments à énergie positive et le tiers financement par des sociétés publiques ;
- **Développement des transports propres** par la prime à la conversion, la participation des employeurs aux frais de déplacements, le renouvellement de la flotte de voiture publique, le plan de mobilité rural, la généralisation des plans de déplacement entreprises, des contraintes sur la grande distribution, le développement des points de recharges électriques, des restrictions de circulation ;
- **Lutte contre les gaspillages et promotion de l'économie circulaire** ;
- **Encouragement des énergies renouvelables** via la participation des habitants, la participation des collectivités au capital de sociétés anonymes de production d'énergie renouvelable, des appels d'offres pour l'installation de photovoltaïque, une aide aux énergies renouvelables matures, la modernisation de la gestion des centrales hydroélectriques ;
- **Renforcement de la sûreté nucléaire et de l'information des citoyens** via l''information des risques nucléaires, le renforcement des contrôles et des pouvoirs de l'Autorité de sureté nucléaire (ASN), l'augmentation de la durée de vie des installations existantes et l'encadrement des mises à l'arrêt définitif, la diversification des sources d'énergie et le lancement de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui fixera la part de chaque énergie ;
- **Simplification et clarification des procédures.**

« L'ensemble des sujets sont consensuelles et d'ailleurs ont étés adoptés à l'unanimité sur tous les bancs politiques. Le sujet qui fâche, c'est le sujet nucléaire, nous refusons que l'on diminue la part du nucléaire de manière importante d'ici 2025, réduire à un niveau de 50% le nucléaire ce n'est pas possible économiquement. » (Ladislas Poniatowski (UMP-Eure), rapporteur au nom de la commission des Affaires économiques).

On voit donc que le projet de loi réalise son objectif de consensus *« en mettant à la portée de chaque acteur potentiel de la croissance verte des moyens concrets de s'impliquer et de coopérer avec d'autres. Le texte doit créer l'élan d'une écologie positive qui lève les freins, libère les initiatives et qui apporte dès aujourd'hui des bénéfices tangibles à chacun. »* (developpement-durable.gouv.fr) Mis à part sur le nucléaire qui est un sujet brulant en France, le nucléaire participant à 80% de l'électricité française.

Nous présenterons ici quelques éléments du débat sur le nucléaire en France, sans toutefois trancher. En effet ce débat montre bien les enjeux et les logiques qui peuvent se dégager autour de la transition énergétique.

Cette sortie se confronte à plusieurs freins techniques ou économiques, le nucléaire (comme toute énergie) offrant des avantages :

- Le nucléaire est une énergie relativement décarboné qui permet à la France d'être un des pays « développés » aux émissions de GES par habitant les plus faibles ;
- Il est difficilement « remplaçable » par les énergies renouvelables intermittentes, qui ne peuvent produire pendant certaines périodes et à la puissance variable (nuits et hiver pour le solaire, sans vent pour l'éolien) ;
- Des contraintes techniques se portent sur les réseaux qui doivent être largement rénovés pour accueillir de manière massive les énergies décentralisées ;
- C'est « une filière dans laquelle la France dispose d'un haut niveau de compétence, d'atouts industriels et de capacités d'exportation considérables. » (académie des sciences)
- « Il faut donc privilégier les mesures qui demandent le moins de capital initial par kWh de pétrole ou de gaz » (manicore), « dans ce contexte, tout argent mis dans les énergies renouvelables pour remplacer de l'énergie nucléaire est sans effet pour diminuer la dépendance aux combustibles fossiles ». Ainsi le nucléaire bénéficie d'une technologie, d'un réseau et de compétences déjà maîtrisés et peut être un outil pour sortir avant tout du charbon et du pétrole ;

Il offre également des inconvénients comme la durée de vie des déchets produits ou les risques liés à cette technologie notamment après l'accident de Fukushima. Le nucléaire est une énergie fossile, sa sortie sera à terme, inévitable (voir sous-partie précédente).

Dans cette partie, il s'agit de synthétiser les objectifs du stage de six mois mené au sein du laboratoire Pacte et plus particulièrement d'un programme visant à étudier l'impact du développement de la décentralisation des énergies sur le système énergétique (IDEE).

Ce programme est divisé en plusieurs axes répondant chacun à une problématique propre. La mission décrite ci-dessous correspond à la réalisation d'un état des lieux et de la qualification des systèmes locaux d'énergie en Europe.

A. Définition et composition du programme de recherche

Le présent stage s'inscrit dans un programme de recherche financé par le Conseil Français de l'Energie (CFE) et porté par Enerdata qui s'est entouré de plusieurs compétences dans différentes disciplines.

Le programme IDEE vise à mieux appréhender le développement et la gestion de la production décentralisée d'énergie au niveau local en Europe, ainsi que ses conséquences sur l'ensemble du système énergétique. Ce phénomène nécessite une analyse approfondie de ses ressorts et modalités dans le but de faire évoluer les modèles énergétiques et d'évaluer de façon quantitative ses incidences sur l'ensemble du système énergétique.

L'équipe du programme est composé de différents partenaires spécialisé dans un ou plusieurs des 4 axes de recherche ci dessous :

1. Le Conseil Français de l'Énergie (CFE)

Le Conseil Français de l'Énergie est le commanditaire de l'étude.

Le Conseil Français de l'Énergie, fondé en 1923, est une association qui a pour objectif de promouvoir la fourniture et l'utilisation durable de l'énergie regroupant plusieurs acteurs français (entreprises, administrations, organisations professionnelles et universités). Il s'agit du représentant français du World Energy Council, qui réalise des études et des projections sur les différentes énergies, afin de répondre au triple objectif qui est l'accessibilité, de disponibilité et d'acceptabilité énergétiques.

Le CFE est constitué de plusieurs instances donc un conseil scientifique qui décide du financement de nombreux projets de recherche universitaires français voir international. De par ses objectifs énoncés ci-dessus, les projets portent essentiellement sur les aspects économiques et stratégiques et notamment la prospective, l'environnement et la combinaison de différentes énergies.

Les publications propres aux CFE sont de deux ordres.

- Une lettre du CFE paraît de façon mensuelle. Elle recense les dernières parutions dans le domaine de l'énergie, les évènements à venir et traite plus en détail de quelques question d'actualité. Par exemple la lettre parue en avril 2015 fait le compte rendu du 4ème forum européeen de l'énergie qui avait pour objectif la préparation de la COP21. De nombreuses études internes sont publiées chaque années.

- De plus de nombreuses études sont mises à disposition du public. Il s'agit essentiellement des études du Conseil Mondial de l'Énergie (World Energy Council) comme l'analyse annuel des enjeux et des scénarios mondiaux de l'énergie, l'évaluation annuelle des performances des pays ou encore l'étude sur les ressources énergétiques mondiales qui paraît tous les trois ans.

Enfin le Conseil Français de l'Énergie organise et participe à différents évènements et notamment le Congrès Mondial de l'Énergie qui a lieu tous les trois et rassemble environ 5 000 participants, ce qui en fait le premier événement multi-énergétique mondial.

2. Enerdata

Enerdata est le porteur de l'étude commandité par le CFE.

Spécialiste de l'énergie depuis 1986 et s'appuyant sur des bases de données quantitatives et des modèles de prévision, Enerdata fournis des données, des études, des solutions, du conseil et de la formation. Les compétences d'Enerdata sont essentiellement le développement, la gestion et la diffusion de base de données énergétique. Enerdata accompagne les entreprises d'énergie en fournissant les données mais également par le traitement de celles-ci permettant ainsi de proposer des évaluations économique, d'étudier les marchés et d'établir des stratégies de prospective.

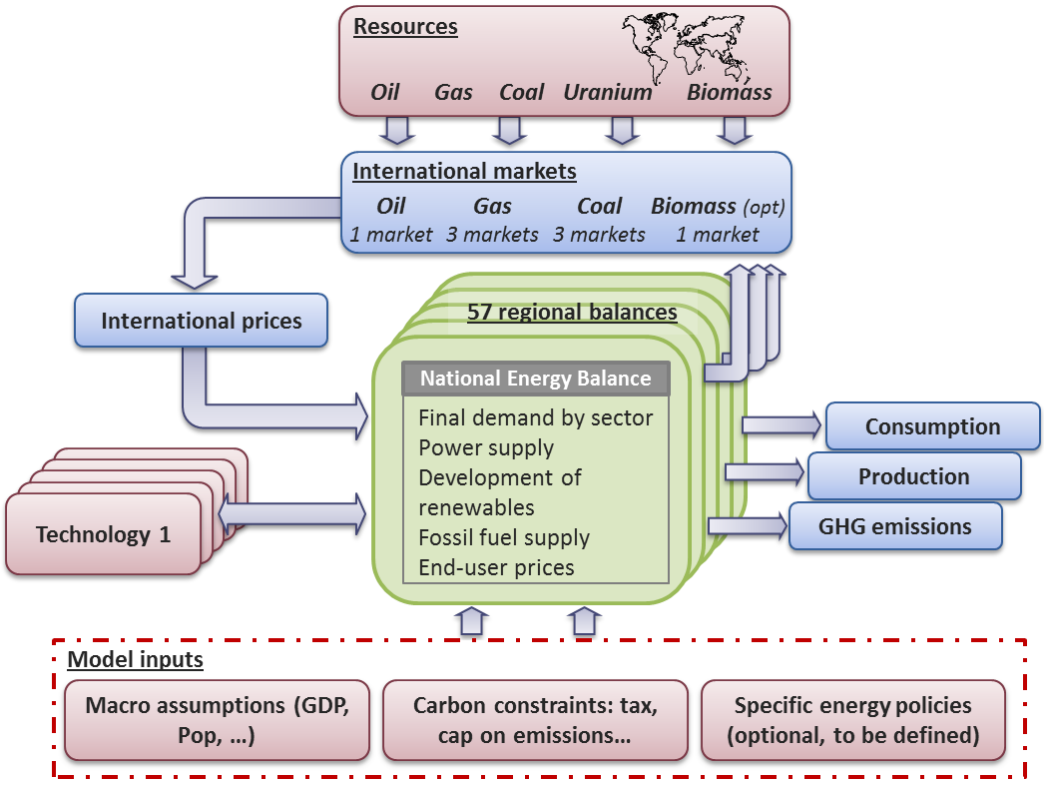
Enerdata porte l'axe 4 dont l'objectif est de modéliser la spatialisation de la demande et de l'offre d'énergie décentralisée sur un (ou plusieurs) territoire(s) au sein d'un outil dynamique (prospective). Le but d'Enerdata est à terme de pouvoir développer un modèle POLES à l'échelle des territoires. L'équipe d'Enerdata pour sur ce programme de recherche est composé de Carine Sebi, Bertrand Château, Kimon Keramidas (Expert), Sylvain Cail (Chef de projet) et de Mehdi Basslim dans le cadre d'un DRI.

POLES est un outil de *« prospective à long terme de l'équilibre offre / demande au niveau mondial »* (enerdata.net) construit en collaboration avec l'institut LEPII (Laboratoire d'Economie de la Production et de l'Intégration Internationale) et l'institut pour la prospective des études technologiques (*Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)*).

« Le modèle simule la demande énergétique et l'approvisionnement pour 32 pays et 18 régions du monde. Il couvre 15 secteurs de demande énergétique (principales branches industrielles, modes de transport, résidentiel et services), une quarantaine de technologies de production d'électricité et d'hydrogène. Pour la demande, les équations comportementales tiennent compte de la combinaison des effets des prix, des revenus, des contraintes technico-économiques et de l'évolution technologique. » (enerdata.net)

« On anticipe comme résultat majeur de cette étude la mise en place d'outils complémentaires à POLES permettant d'avancer sur la traduction en modélisation économique de politiques énergétiques et climatiques et de changements de paradigme socio-économique au niveau local infra-national. Il s'agira de l'objectif principal de cet axe d'étude. » (Appel à projet du Conseil Français de l'Energie). Il s'agira également de renforcer le modèle POLES.

Figure 20 : schéma de construction du modèle POLES



Source : Appel à propositions du Conseil Français de l'Energie
Réalisation : Enerdata

Ce travail n'est pas aussi simple que d'appliquer les modèles nationaux aux territoires, voici un exemple de contraintes que l'on peut facilement identifiées :

- Les données : les données à l'échelle mondiale peuvent être assez bien harmonisées et disponibles pour un grand nombre de pays. La collecte de certaines données peut être plus difficile à réaliser à l'échelle des territoires.
- L'effet d'échelle peut et va jouer, le foisonnement énergétique par exemple est plus faible à l'échelle territoriale, les effets d'intermittence des énergies renouvelables doivent être prise en compte.
- Les compétences et la gouvernance énergétique propres des territoires sont également très différentes d'un état à l'autre voir même au sein d'un état.

3. Laboratoire Pacte

Plusieurs membres du laboratoire Pacte participent au programme sur les axes 1 et 2.

L'axe 1 visant à identifier des écosystèmes urbain favorables à l'émergence de nouvelles formes de gestion de l'énergie est mené par Natacha Seigneuret (architecte et urbaniste), Gilles Novarina (Professeur) et Magali Talandier (Maitre de conférences) (IGA/IUG).

Pour répondre à cet objectif il faut donc à la fois catégoriser et définir le système énergétique et les projets en faveur d'une décentralisation de l'énergie ainsi que l'écosystème et le

contexte local. Pour ce faire deux approches sont mises en œuvre et seront développer dans la partie suivante :

- Un travail approfondi de définition de 5 écosystèmes européens : Bolzano (Italie), Bristol (Royaume-Uni), Fribourg-en-Brisgau (Allemagne), Grenoble (France) et Innsbruck (Autriche). Ces villes font l'objet d'une recherche documentaire approfondie et d'un travail d'enquête auprès d'acteurs institutionnels des villes concernées;
- Un travail de benchmark pour catégoriser une cinquantaine de systèmes énergétiques décentralisés d'une quinzaine de pays européens ainsi que leurs contextes territoriaux et le croisement de ces ceux « variables » dans une matrice.

Stéphane Labranche (Chercheur associé à Science Po et coordinateur de la Chaire Planète Energie Climat) porte l'axe 2 qui cherche à connaître les stratégies et modalités d'appropriation de la transition énergétique par les collectivités territoriales. Il participe notamment à identifier les jeux d'acteurs qui se mettent en place sur les 5 villes étudiées notamment via l'analyse des entretiens menées sur ces territoires.

4. Grenoble Génie Electrique (G2ELab)

Impliqué dans les *smart grids* et composé de Nouredine Hadj Said (Professeur) et Oana Ionescu (Maitre de Conférences), G2ELab se penche sur les questions de coordination et de coopération dans les systèmes énergétiques décentralisés au travers de l'économie des réseaux. Cette problématique qui constitue l'axe 3 cherche notamment à approfondir la compréhension du rôle potentiel des réseaux intelligents.

B. Présentation de l'Axe 1

Pour l'axe 1 *« il s'agit d'approfondir la problématique du rôle des stratégies et projets de développement urbain, et de la structure décisionnelle dans le développement et la gestion de la production décentralisée d'énergie au niveau local. »* (rapport intermédiaire)

« Nous faisons l'hypothèse qu'il existe des écosystèmes urbains plus favorables que d'autres à l'émergence d'innovations sociales et technologiques pour la gestion locale de l'énergie. » (rapport intermédiaire).

L'axe 1 se « divise » donc en deux parties, une première analyse en profondeur cinq écosystèmes européens et la deuxième porte sur un benchmark européen plus large.

1. Recherche documentaire et travail d'enquête sur les 5 écosystèmes européens

Cette partie est une étude de cinq cas *« permettant de préciser pourquoi et comment ces collectivités se sont saisies de la question de l'énergie décentralisée en Europe »* :

- Bolzano (Italie)
- Bristol (Royaume-Uni)
- Fribourg-en-Brisgau (Allemagne)

- Grenoble (France)
- Innsbruck (Autriche)

Les critères de sélection des villes ont étés :

- La préexistence de projets de développement durable ;
- Des actions locales en matière d'énergie ;
- La mise en place de démarches de labellisation ;
- La mise en œuvre de secteurs urbains stratégiques favorisant uen gestion locale de l'énergie.

L'enjeu ici est tout d'abord d'identifier les différences qui caractérisent les contextes de ces villes européennes notamment le système politico-institutionnel.

Ainsi la recherche aborde pour chacune de ces collectivités :

- La situation contemporaine : structures administratives, législatives et institutionnelles, les modalités de gouvernance et de planification territoriales. Partie présentée dans le rapport intermédiaire 1.
- Les évolutions stratégiques des politiques énergétiques : historique des énergies développées, prospective et stratégies énergétiques 2020 – 2050. Partie présentée dans le rapport intermédiaire 1 et complétée lors des entretiens in situ
- La collectivité territoriale : contexte territorial et structures urbaines, Métropole, Stadt, District… Planification stratégique et projets urbains, prospective énergétique et perspectives d'évolution. Partie renseignée lors des entretiens in situ.

Les résultats sont présentés sous forme de monographies pour chaque ville étudiée. Ce travail est appuyé par une caractérisation plus quantitative des écosystèmes européens via notamment un benchmark, qui fait l'objet de la seconde partie.

2. Catégorisation de systèmes énergétiques décentralisés

Cette partie vise à réaliser un benchmark à l'échelle européenne des écosystèmes européens favorables à l'émergence d'une gestion locale de l'énergie.

Idéalement il aurait dû montrer des écosystèmes intéressant à étudier pour identifier des territoires sur lesquels réaliser les monographies. Des contraintes de temps et de disponibilité des données ont poussées à réaliser les deux travaux en même temps.

La sélection des villes s'appuie sur des labels et projets européens reconnus :

- L'European Green Capital award (EGC) ;
- L'European Energy Award ;
- Les villes membres du projet européen Concerto ;
- Les villes membres du projet européen Sinfonia.

Cette méthode garantie une sélection des villes exemplaires en matière de gestion locale d'énergie (pour plus de détails sur cette méthodologie voir partie sur le « benchmark » des livrables attendus et la partie sur le « benchmark » des résultats du stage).

L'objectif est de pouvoir analyser les résultats de ce benchmark via une matrice, avec en colonnes les éléments caractéristiques des systèmes locaux d'énergie et en lignes les éléments caractérisant les éco-systèmes territoriaux. Le Tableau 3 présente un exemple réalisé pour ce présent rapport.

Tableau 3 : exemple de matrice d'analyse système énergétique / écosystème territorial

	Production en énergies renouvelables	Production en énergies non renouvelables	Développement des transports en commun	Sensibilisation des citoyens	…
Climats		Ville A Ville B			
Pollution			Ville A		
Système de gouvernance	Ville C				
Dynamique économique					
…					

(source : Louvel N., 2015)

C. Détail du stage et livrables attendus

Le stage s'inscrit dans l'axe 1, visant à identifier des écosystèmes urbain favorables à l'émergence de nouvelles formes de gestion de l'énergie.

Le stage vise à participer aux deux approches :

- Pour la première le but du stage est d'aider à la tenue des entretiens sur Bristol en juin, au travail de retranscription, au travail de lecture et de prise de notes sur les documents mis à disposition ;
- Le stage s'articule essentiellement autour de la deuxième approche. Il a essentiellement pour but de :
    - réaliser le benchmark sur la cinquantaine de villes européennes : définition de la méthode de sélection des sites, réalisation de la recherche documentaire, construction du modèle de fiche, rédaction des fiches par ville ;
    - qualifier les écosystèmes territoriaux par une recherche de données quantitatives via Audit Urbain et Eurostat, définition des critères retenus

(démographie, socio-économie, géographie physique, gouvernance, pollution, prix de l'énergie, etc.), réaliser la recherche de données (statistiques et géographiques) ;

- réaliser une matrice croisant écosystème territorial / système d'énergie décentralisée permettant de voir et comprendre si des écosystèmes territoriaux sont favorables à l'émergence de cette notion, si oui desquels, de comprendre si ces écosystèmes sont homogènes, etc.

(Voir ci-après pour plus d'informations sur les réalisations attendues du stage)

***NB** : cette partie essaie de décrire de manière précise les résultats attendus du stage et les livrables à produire. Rédigée en début de stage les réalisations et livrables peuvent changés d'ici la fin du stage pour répondre de manière précise aux besoins des commanditaires, d'autres peuvent également s'ajouter à la marge (aide à la rédaction d'articles de valorisation par exemple).*

1. Acculturation à la notion de systèmes locaux d'énergie (en France et ailleurs) (- début mars)

   a. Définition et traduction en anglais
   b. Historique du développement de la notion
   c. Enjeux
   d. Principes et description des énergies

Cette première phase d'acculturation est essentielle pour que le stage se déroule du mieux possible par la suite. Les livrables attendus pour cette phase sont :

- un dossier sous forme de note de synthèse pour qualifier les modalités techniques des SLE (production / vecteur / consommation) afin de pouvoir délimiter les colonnes de la matrice

- une note de synthèse finalisée (modalités des SLE) construite autour d'un tableau décrivant les modalités des trois piliers des systèmes locaux d'énergie (énergie répartie), à savoir production / stockage et réseaux / consommation
  - 1 tableau
  - Des fiches synthétiques présentant les éléments du tableau

2. Benchmark des systèmes locaux d'énergie (fin mars / fin Avril)

a. Expliciter la modalité de sélection des projets
b. Trouver les entrées (lignes) pertinentes pour qualifier les éco-systèmes territoriaux
c. Réalisation du benchmark

Cette phase vise à accumuler de l'information à la fois sur éco-systèmes territoriaux et sur les systèmes décentralisés d'énergie. Les livrables attendus sont :

- une fiche synthétique présentant les modalités de sélection des projets/villes ;
- un modèle de fiche pour recueillir les informations ;
- un recueil de fiches (1 par ville).

3. Recueil et traitement de données quantitatives (mai – juin – juillet)

a. Qualifier le contexte socio-économique des villes à l'étude en Europe

   i. Constitution avec le commanditaire d'une grille d'analyse (modèle économique, forme urbaine, logements, etc.)

   ii. Recueil de données sur Eurostat, Audit Urbain et sites de statistiques nationaux

   iii. Traitement sous forme de graphiques, tableaux, cartes de l'information recueillie

b. Finaliser et informer la matrice

c. Aide à pour la base de données d'Enerdata

Cette phase vise à accumuler l'information quantitative (statistique et géographique) sur les villes étudiées. Les livrables sont (soumis à validation) :

- les fiches complètes des villes avec information précise sur les écosystèmes territoriaux ;
- une matrice complétée et finalisée ;
- les fiches sur finalisées sur le contexte socio-économique des 5 villes à l'étude (à destination des autres membres de l'axe 1).

4. Préparation et participation au voyage de terrain à Bristol (juin)

a. Etude des documents de planification

b. Sélection des acteurs à rencontrer et prise de rendez-vous

c. Participation aux entretiens

Cette phase vise à compléter de manière précise et approfondie les informations pour les 5 villes à l'étude. Les informations recueillies au cours des entretiens doivent servir autant que possible l'axe 1 et l'axe 2 et dans une moindre l'axe 3 et 4. Les livrables attendus sont :

- la retranscription d'une partie des entretiens et livraison du verbatim complet ;
- les prises de notes des entretiens et de l'analyse des documents de planification de Bristol ;
- les fiches synthétiques finalisées des entretiens et de l'analyse des documents.

5. Synthèse de l'axe 1 (terrain + benchmark) / liens inter-axe (septembre)

Cette partie est soumise à l'analyse de nos résultats et aux avancées des autres axes. On peut toutefois prévoir raisonnablement les livrables suivants :

- une (ou plusieurs) note(s) de synthèse(s) des résultats de notre axe, en particuliers de l'analyse matricielle à destination des autres membres de notre axe et/ou des autres membres du programme et/ou du commanditaire du programme ;
- livraison des données utilisées aux axes (axe 4 essentiellement) sous forme de BDD structurée pour besoins futurs ;
- note de synthèse finalisée sur les liens entre réalisés avec les autres axes du programme à destination des commanditaires.

Partie 3 : premiers résultats de la mission

Dans cette partie nous présenterons les résultats du stage, cette partie étant réalisée à moitié du stage les résultats ne sont pas ce qu'ils seront en fin de stage, c'est donc un point intermédiaire. Pour l'ensemble des rendus passés et à venir se reporter à la partie précédente.

Pour rappel le stage vise à identifier les contextes territoriaux favorables à l'émergence de l'énergie décentralisée en Europe. Il consiste donc en un benchmark des systèmes territoriaux européens favorables à cette émergence. Il comporte principalement trois phases (parfois réalisées en même temps) :

- Une première phase d'acculturation avec les notions, de précision de celles-ci et de définition ;
- Une deuxième de définition de la méthode retenue pour sélectionner les cas et de réalisation du benchmark « qualitatif » ;
- Une troisième de sélection des données et de définitions des objets statistiques et de réalisation du benchmark « quantitatif » ;
- Au-delà de ces missions « principales » le stage vise à aider l'ensemble du programme, en premier lieu l'axe 1 avec la préparation du voyage d'étude, la valorisation du travail, les échanges avec les autres axes et notamment l'identification des données, la synthèse du travail au moment des restitutions…

Une des missions continue du stage est de produire des documents synthétiques résumant pour les autres membres les éléments essentiels à retenir. Les annexes reprennent en grande partie ce travail de fiche.

A. Acculturation avec les notions et définitions

Cette phase s'est déroulée environ les mois de janvier à mars. Elle comporte principalement une note :

- de présentation des notions de *système local d'énergie* et *d'énergie répartie (ou décentralisée)* ;
- définissant les principales notions ;
- présentant un historique du développement de l'énergie en Europe ;
- synthétisant les principales sources d'énergies renouvelables délocalisées.

Nous présenterons ici les résultats des trois premiers points qui sont important et essentiels dans la suite du travail. Le quatrième point non moins important mais néanmoins assez long est présenter dans son intégralité en Annexe. Nous n'en proposerons ici qu'un résumé mais accentuerons sur son intérêt pour la suite du travail.

1. Système énergétique, système centralisé et énergie répartie (ou décentralisée)

Système énergétique :

B. Laponche (physicien nucléaire, consultant sur les politiques de l'énergie, conseiller technique du ministère Voynet) défini un système énergétique comme :

« Un système énergétique est constitué de l'ensemble des activités et des opérations qui permettent de satisfaire les besoins en produits et services énergétiques indispensables au développement économique et social. » (Laponche (B.) et all., 2002)

Système centralisé :

La recherche d'échelle et la spécialisation des entreprises qui en résulte ont menées à une architecture énergétique centralisée, caractérisée par les flux d'énergie qui sont dirigés du « centre » (les centrales de production) vers la « périphérie » (le client).

« Les énergies primaires et finales sont donc exploitées, transformées (de combustible en chaleur ou en électricité notamment), éventuellement stockées, puis livrées par des réseaux (lignes, canalisations, ensemble de camions, etc.), aux consommateurs finaux. » (Laponche (B.) et all., 2002)

Il en résulte un système avec des filières segmentées et des entreprises très indépendantes les unes des autres où le producteur n'est que producteur et l'utilisateur qu'utilisateur. En France l'énergie électrique (nucléaire à 80%) est connue pour être très centralisée.

Pourtant il y a des interactions, ainsi la somme des optima économiques de chacune des filières n'est pas égal à l'optimum global. Les deux-tiers d'énergies dissipés sous forme de chaleur par les centrales nucléaires ne sont pas utilisés.

Energie répartie :

Le concept d'énergie répartie est apparu dans les années 90 aux USA (*Distributed energy*).

« Il s'agit de développer localement un ensemble de modes de production d'énergies cohérents, diversifiés et optimisés pour réduire les émissions polluantes et rendre fiables et disponibles les énergies au niveau local. » (dictionnaire-environnement.com, 2015).

Il comprend plusieurs modes de production : solaire, géothermique, photovoltaïque, éolien, biogaz, moteurs à gaz, turbines à gaz, micro-turbines, pile à combustible, etc.

« L'énergie répartie recouvre une multitude d'entités énergétiques de petites dimensions, regroupant à la fois des consommateurs et des producteurs, ceux-ci pouvant être aussi ceux-là. Un système énergétique réparti est caractérisé par l'intégration des facteurs et des acteurs ».

L'auteur de continuer, *« un système énergétique réparti ou décentralisé n'est pas, en général, un système isolé : il constitue souvent un nœud dans un réseau construit à l'échelle nationale ou régionale. Mais il dispose d'une grande autonomie et les acteurs locaux en assurent la gestion et l'optimisation. »* (Labrousse (M.), 2006)

On identifie 3 niveaux de « l'énergie répartie » (ou décentralisée) :

1. Utilisation de l'énergie et maitrise des consommations :
    - Efficacité des équipements et comportement d'utilisation
    - Substitution d'énergie en utilisant un autre produit énergétique (bois vs fuel)
    - Le mode de consommation (vélo vs voiture)
2. Transformation d'énergie :
    - Rapprocher transformation et consommation
    - L'utilisateur maitrise alors mieux transformation – utilisation (micro-turbines par exemple)
3. Production des énergies locales et renouvelables :
    - Intégration avec deux premiers **production – transformation – utilisation** donne une grande maitrise au consommateur
    - Apport à un système de distribution centralisé (off-shore marin, grande hydraulique par exemple)

(source : Laponche (B.) et all., 2002)

En France en tout cas les freins sont nombreux : histoire centralisée (institutions, réseaux), décentralisation de l'énergie absente des débats sur la décentralisation, les lois d'aménagement laisse peu de place à ce type d'approches.

2. Histoire du développement de l'énergie et systèmes centralisés

L'énergie jusqu'au 20ème siècle :

L'humanité a utilisée pendant des millénaires le bois comme source première d'énergie (chaleur, lumière, cuisson et traitement des matériaux) avec pour force mécanique essentiellement le travail humain, puis (tardivement) animal.

« Les premières « localisations » de la production d'énergie apparaissent avec les installations hydrauliques », (Laponche (B.) et all., 2002) puis plus tard les moulins à vents. Se pose le problème de l'acheminement du bois entre lieu de production et consommation, aussi bien en Europe, qu'en Chine et au Proche Orient.

La crise du bois en Angleterre au XVIème siècle avec la surexploitation des forets et l'envolé des prix du bois, pousse à se tourner vers le charbon, déjà connu mais peu apprécié (moins rentable énergétiquement, odeur en combustion, plus de fumées, etc.). C'est le début de l'ère fossile de l'énergie, le charbon étant peu coûteux, abondant et peu cher de transport.

En France au XVIIIème siècle la consommation de charbon resta limitée, 840 000 tonnes en 1789, « la cause déterminante est le coût toujours élevé des transports qui grevait le prix du charbon à la consommation » (Debeir JC. et all., 2013). Il faudra attendre le XIXème siècle pour qu'on recoure massivement au charbon minéral.

La révolution industrielle (aux Royaume-Unis puis en France) démultiplie les capacités de production et de transports de l'énergie, *« l'industrie énergétique devient l'une des composantes fondamentales du développement industriel, apportant à ses détenteurs la richesse et la puissance. »* (Laponche B. et all., 2002).

Du 20ème siècle à nos jours :

« Le XX° siècle voit l'explosion des grands systèmes énergétiques nationaux, régionaux[1] et mondiaux basés sur le développement du charbon, du pétrole, plus tardivement mais très rapidement du gaz naturel, de la production d'électricité à partir de centres de production de plus en plus concentrés. » (Laponche (B.) et all., 2002).

Les auteurs parlent d'un formidable système qui s'est mis en place, basé sur l'utilisation quasi exclusive d'une source d'énergie, d'abord le charbon, puis le pétrole (et le nucléaire en France pour la production d'électricité). Les centres de décision s'éloignant, les inégalités se développant, à mesure de l'intensification du système et de l'accroissement des enjeux économiques et stratégiques autour de l'énergie.

« Le progrès des technologies, au niveau de la consommation comme de la transformation et de la production de l'énergie, ainsi que ***l'évolution socio-politique vers une décentralisation des pouvoirs et une revalorisation de la fonction citoyenne*** *sont aujourd'hui favorables pour que le modèle énergétique dominant – le paradigme de l'offre centralisée – puisse faire place à un modèle fondé sur la demande et l'utilisation des ressources locales* avant de faire appel aux grands systèmes centralisés en fait selon le principe de « subsidiarité » » (Laponche (B.) et all., 2002)

3. Les 3 piliers de l'énergie répartie

Cette partie de la note vise à expliciter les piliers de l'énergie répartie pour la suite du travail. En effet la suite constitue en la réalisation d'une matrice permettant de caractériser les systèmes locaux d'énergie européens. L'idée est donc d'avoir une grille d'analyse de ces systèmes, et pour ce faire nous avons utilisé la définition de l'énergie répartie.

La division des colonnes a été construite suite à la lecture des travaux de Laponche et all. (Laponche (B). et all., 2002) et des échanges passés avec les partenaires du programme de recherche IDEE dans lequel le présent travail s'inscrit.

[1] : entendre ici « régional » d'un point de vue global plus ou moins égal à continental. En effet en matière d'énergie on parle souvent de grandes régions productrices

La séparation des trois piliers : production, transport et consommation de l'énergie caractérise les systèmes énergétiques centralisés où chaque fonction est assuré par un secteur d'activité propre. C'est pour cette raison que les énergies non-renouvelables ont une place dans la matrice par exemple. L'idée est de pouvoir caractériser le plus finement possible un système énergétique territorial qu'il soit décentralisé à différent degré ou centralisé.

L'intégralité de cette fiche est disponible en Annexe, nous en proposons ici un résumé (son plan) :

Choix des 3 « piliers » 77

La production 78

La production d'énergie renouvelable 79

Eolien 79

Photovoltaïque 80

Solaire thermodynamique 81

Hydraulique 82

Biomasse 83

Géothermie 84

Energies marines renouvelables 85

Valorisation des déchets (autre que biomasse) 87

Agrocarburants 88

La production d'énergie non-renouvelable 89

Cogénération 90

Stockage et transport de l'énergie 91

Stockage de l'énergie 92

Hydraulique gravitaire 94

Air comprimé 96

Batteries électrochimiques à grandes échelles 97

Stockage thermique (chaleur et froid) 99

Transport de l'énergie 100

Thermique (réseaux de chaleur - froid) 100

Transport électrique 102

Ville intelligente (réseau électriques intelligents et compteurs intelligents) 103

Consommation 105

Secteur résidentiel – tertiaire 106

Secteur Industriel 107

Secteur des transports 108

Pour le pilier consommation les facteurs socioculturels sont donc très importants. Par exemple la taille des ménagers et leur tendance à l'éclatement favorise la multiplication des petits logements ce qui a un impact sur la consommation globale et locale de l'énergie. Mais peut avoir un effet positif pour le développement des EnR. De même que la démocratisation des NTIC augmente la consommation d'énergie (recharge des appareils) mais peut caractériser une population qui sera de plus en plus enclin à utiliser les smartmeters (compteurs intelligents) par exemple.

Pour cette raison ce pilier a été construit de manière plus empirique que les autres, ne pouvant connaitre à priori toutes les réalisations dans ce domaine qui plus est au sein de contextes très différents (ensemble de l'Europe).

B. Benchmark qualitatif et matrice d'analyse des systèmes locaux d'énergie européens

1. Le benchmark qualitatif

Le benchmark qualitatif s'est opéré à partir de la grille d'analyse des 3 piliers précédemment présentée. Elle a consisté à récolter l'information qualitative disponible sur les villes étudiées. Le benchmark a donc fait l'objet de deux étapes :

- La définition de la méthode de sélection des villes (ou cas)
- La récolte des résultats dans des fiches (1 par cas)

La sélection des cas :

Notre approche a été de nous appuyer sur des labellisations européennes qui permettent de garantir un sérieux méthodologique et scientifique (pour plus de détail voir chaque labels et programmes en Annexe). Nous nous sommes donc appuyé sur :

- Les 5 villes étudiées avec entretiens qualitatifs par l'Axe 1 : Bristol (Royaume-Uni), Bolzano (Italie), Freiburg-in-Brisgau (Allemagne), Grenoble (France), Innsbruck (Autriche)
- Les 21 villes finalistes de l'European green capital award
- Les 73 villes « gold » de l'European energy award
- Les 58 villes du programme Concerto
- Les 2 villes initiatrices du programme Sinfonia

La sélection des villes s'est faite comme suit (en parenthèses le critère renseigné dans le tableau) :

1. Toutes les villes finalistes de l'European green capital award (EGC), moins Amsterdam, Malmo et Umea
2. Pour les autres programmes, le nombre de villes étant important le critère de sélection a été affiné :
    a. Premier choix par pays, si un nombre restreint de villes est disponible pour celui-ci (pays)
    b. Un critère labels et programmes pour avoir des villes participant à différents programmes (label)
    c. Un critère géographique pour avoir des villes réparties sur le territoire national, mais également des villes aux contextes différents (géographie)

Le tableau suivant informe du critère de sélection pour chaque ville étudiée

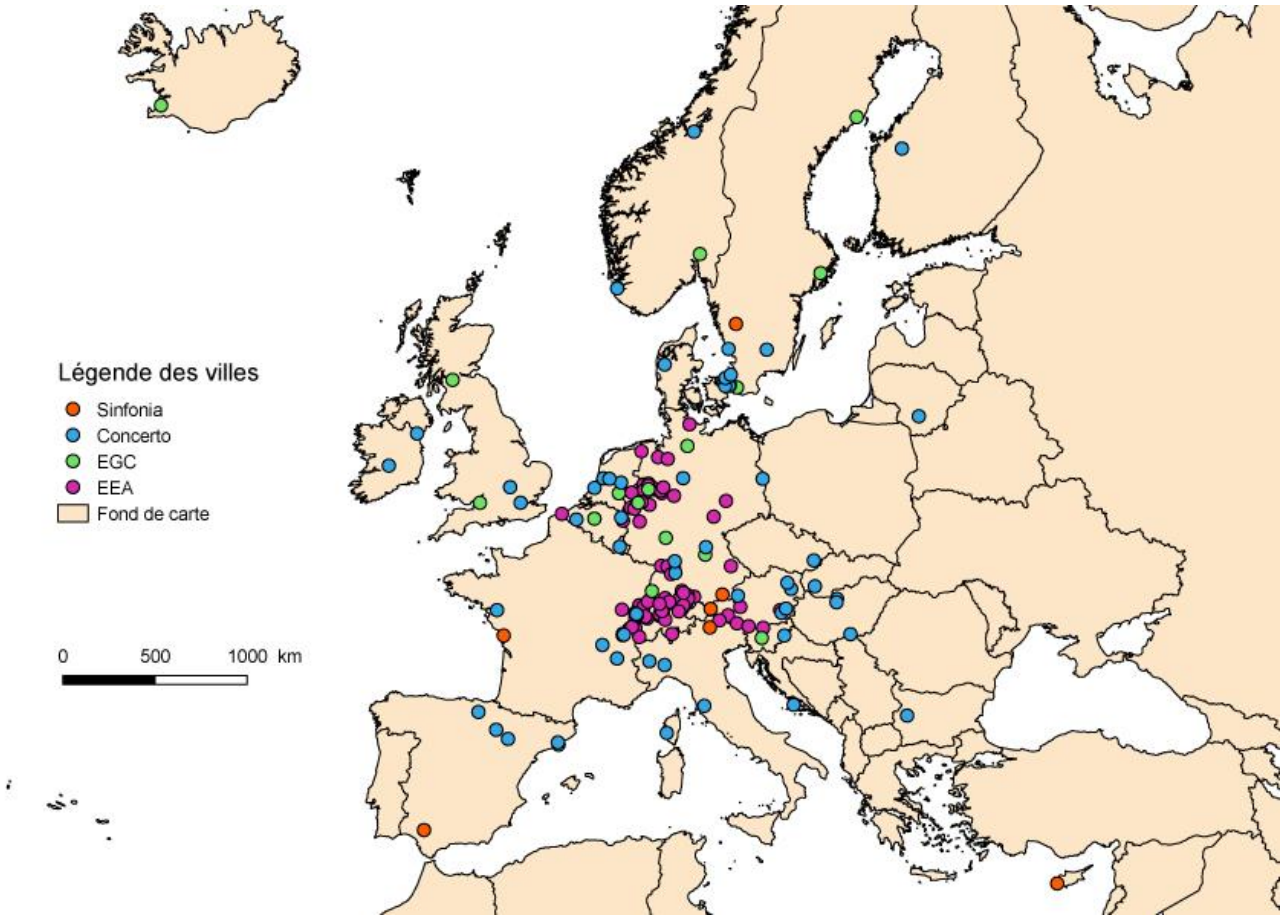
Tableau 4 : villes étudiées et analysées via la matrice (au 05/06)

Ville	Pays	Documents utilisés	Critère de sélection
Barcelone	Espagne	Agenda 21 2012-2022	EGC
Besançon	Espagne	Agenda 21	Label + géographie
Bruxelles	Espagne	Agendas 21	EGC
Copenhague	Danemark	EGC Application form	EGC
Dundalk	Espagne	Dundlak 2020	Pays + géographie

Dunkerque	Espagne	PCET communautée urbain du Grand Littoral (ADEME, région nord-pas-de-Calais)	Label + géographie
Essen	Espagne	EGC finalist report	EGC
Frankfurt	Espagne	EGC application form	EGC
Glasgow	Espagne	EGC application form, Climate change strategy & Action plan (2010)	EGC
Hamburg	Espagne	Climate Action Plan	Géographie
Hillerod	Danemark	Energy Action Plan, 2008	Label + Géographie
Lambeth	Espagne	Lambeth Local Development Framework (LDF) – core strategy 2011	Pays + géographie
Ljubljana	Slovénie	Sustainable Energy Action Plan, 2012	Pays
Munster	Espagne	EGC Application form	EGC
Nantes	Espagne	PCET, Agendas 21	EGC
Nijmegen	Pays-Bas	EGC Application form	EGC
Nuremberg	Espagne	EGC Application form	EGC
Oslo	Norvège	EGC Finalist presentation, climate report 2013	EGC
Reykjavic	Islande	EGC Application form	EGC
Stockholm	Suède	EGC application form	EGC
Tour	Espagne	PCET	Label + géographie
Turin	Espagne	Torino action plan for energy, 2012 ; Torino smart city,	Label
Vitoria-Gasteiz	Espagne	EGC application form	EGC
Zaragoza	Espagne	EGC application form	Label

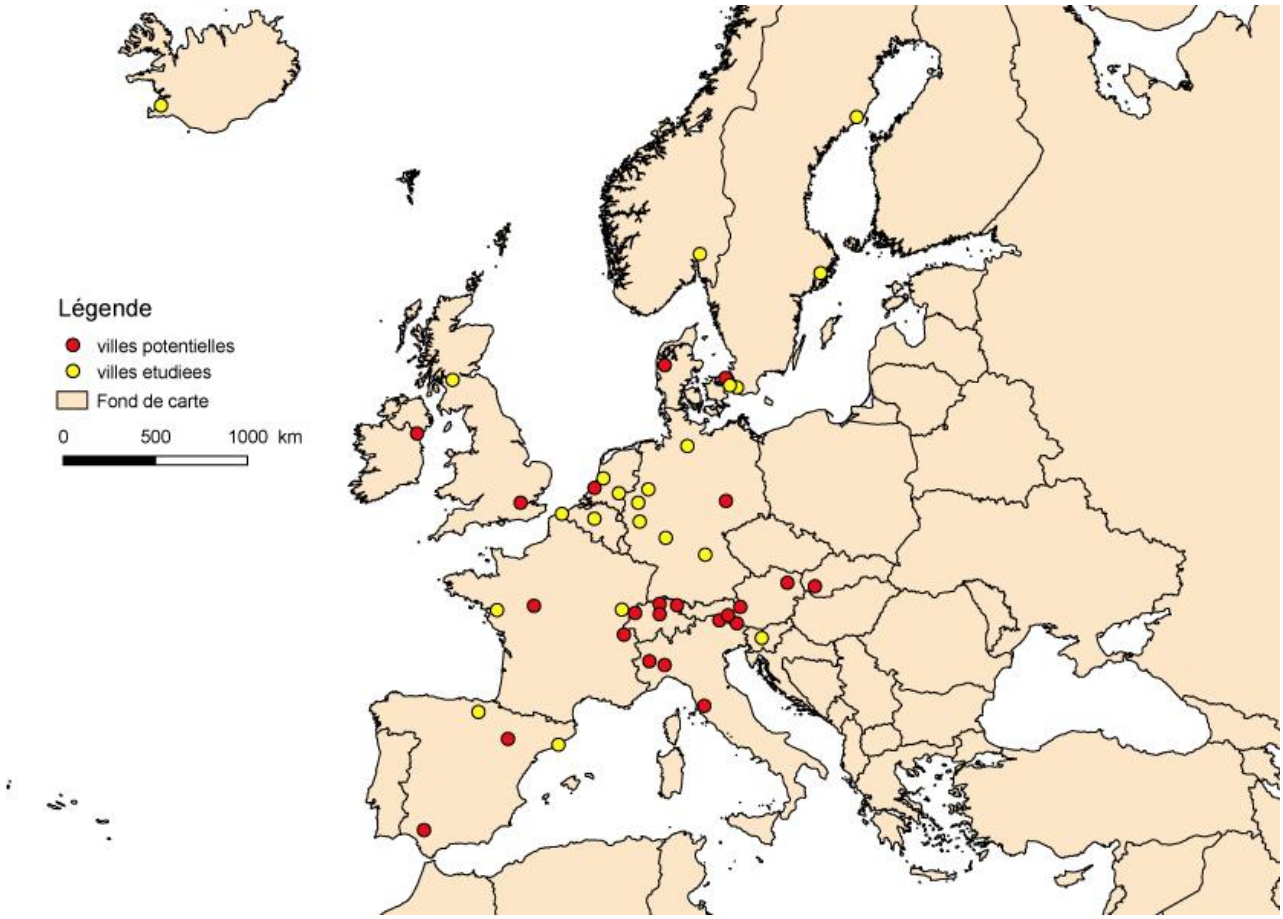
(source : Louvel N., 2015)

Carte 1 : carte des villes des quatre labels retenus



Réalisation : Louvel N., 2015
Fond de carte : http://ec.europa.eu

Carte 2 : carte des villes potentielles (pré-sélectionnée) et villes étudiées



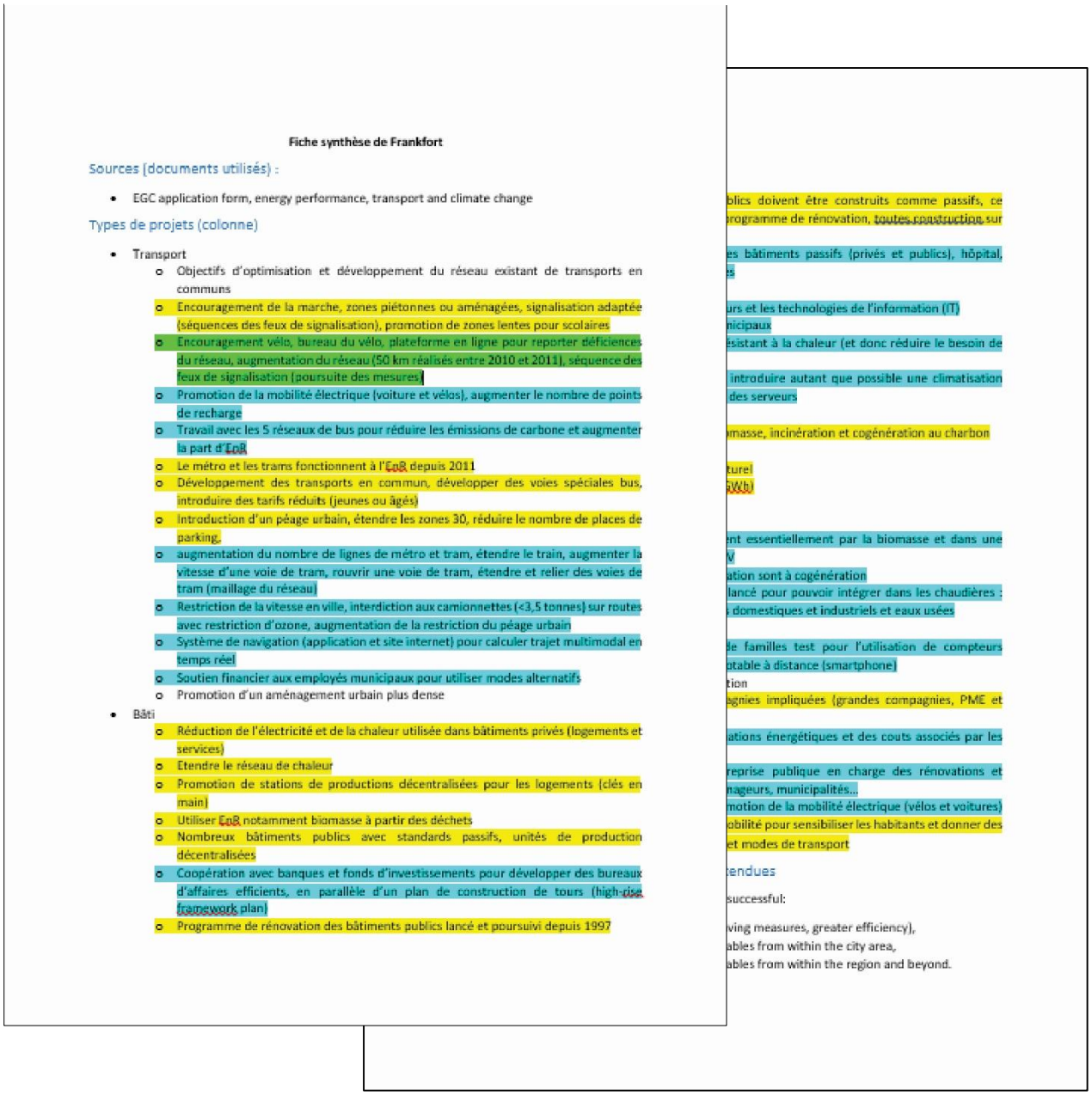
Réalisation : Louvel N., 2015
Fond de carte : http://ec.europa.eu

Renseignement des informations récoltées dans des fiches :

Pour renseigner l'information par ville, nous avons utilisé les documents d'information des labels, les Agendas 21 et les Plan climat.

La Figure montre un exemple de fiche (voir Annexes pour l'ensemble des fiches), les couleurs indiquent un niveau d'information supplémentaire qui sera repris dans la matrice : en jaune les mesures déjà prises, en bleu les mesures à venir, en vert les mesures en continu (à la fois passées et futures) ou non précisées.

Figure 21 : exemple de fiche de ville (ici Frankfort)



Fiche synthèse de Frankfort

Sources (documents utilisés) :

- EGC application form, energy performance, transport and climate change

Types de projets (colonne)

- Transport
  - Objectifs d'optimisation et développement du réseau existant de transports en communs
  - Encouragement de la marche, zones piétonnes ou aménagées, signalisation adaptée (séquences des feux de signalisation), promotion de zones lentes pour scolaires
  - Encouragement vélo, bureau du vélo, plateforme en ligne pour reporter déficiences du réseau, augmentation du réseau (50 km réalisés entre 2010 et 2011), séquence des feux de signalisation (poursuite des mesures)
  - Promotion de la mobilité électrique (voiture et vélos), augmenter le nombre de points de recharge
  - Travail avec les 5 réseaux de bus pour réduire les émissions de carbone et augmenter la part d'EnR
  - Le métro et les trams fonctionnent à l'EnR depuis 2011
  - Développement des transports en commun, développer des voies spéciales bus, introduire des tarifs réduits (jeunes ou âgés)
  - Introduction d'un péage urbain, étendre les zones 30, réduire le nombre de places de parking.
  - augmentation du nombre de lignes de métro et tram, étendre le train, augmenter la vitesse d'une voie de tram, rouvrir une voie de tram, étendre et relier des voies de tram (maillage du réseau)
  - Restriction de la vitesse en ville, interdiction aux camionnettes (<3,5 tonnes) sur routes avec restriction d'ozone, augmentation de la restriction du péage urbain
  - Système de navigation (application et site internet) pour calculer trajet multimodal en temps réel
  - Soutien financier aux employés municipaux pour utiliser modes alternatifs
  - Promotion d'un aménagement urbain plus dense
- Bâti
  - Réduction de l'électricité et de la chaleur utilisée dans bâtiments privés (logements et services)
  - Etendre le réseau de chaleur
  - Promotion de stations de productions décentralisées pour les logements (clés en main)
  - Utiliser EnR notamment biomasse à partir des déchets
  - Nombreux bâtiments publics avec standards passifs, unités de production décentralisées
  - Coopération avec banques et fonds d'investissements pour développer des bureaux d'affaires efficients, en parallèle d'un plan de construction de tours (high-rise framework plan)
  - Programme de rénovation des bâtiments publics lancé et poursuivi depuis 1997

Source : Louvel N., 2015

2. La matrice d'analyse des systèmes locaux d'énergie européens

Cette matrice a été construite sur base des 3 piliers de l'énergie décentralisée. Les fiches sur les piliers sont là pour préciser ce que l'on entend derrière telle ou telle notion, comme la biomasse, les compteurs intelligents, etc. Le plan de la matrice et des fiches est donc le même.

La construction de la matrice a également procédé d'une façon empirique, en n'hésitant pas à rajouter des colonnes en cas de manque lors de la construction. C'est particulièrement vrai pour la partie « consommation ». Cette raison explique le grand nombre d'éléments des systèmes analysés (100, soit 100 colonnes), elle sera peut-être synthétisée au cours du stage.

Voici dans les grandes lignes ce qu'on peut dire de la matrice :

- Les énergies non-renouvelables sont principalement gérées par les institutions aux échelles d'actions plus larges que les villes (Etat et régions[2]), d'où le manque d'information sur les énergies non renouvelable (Image 2) ;
- Le stockage de l'énergie parait compliqué à mettre en œuvre et peu de villes lancent des projets dessus ;
- Les politiques européennes sur le développement de la chaleur portent leurs fruits, la plupart des villes ayant une stratégie dessus, les autres solutions de transport étant peu développées. Les villes du nord de l'Europe ont toutefois étés en avance sur la cogénération et donc sur le traitement de la chaleur via un réseau. Le nombre important de villes du nord de l'Europe biaise ce résultat ;
- Le secteur public a plus de facilité à agir sur ses propres ressources (flotte de véhicules, bâtiments par exemple) et sur les services qu'elle contrôle facilement. On note des disparités ici qui relèvent des différences entre pays, comme la gestion des transports dont les modalités de gestion sont propres à chaque pays (compagnies publiques, compagnies privées, monopole non, etc.) ;
- La sensibilisation, formation et conseil est un levier important engagé par les villes pour agir sur les comportements et informer les acteurs de leurs droits et devoirs énergétiques.

Une analyse plus fine sera réalisée lorsque le benchmark qualitatif sera réalisé. Nous pourrons alors croiser les deux informations et déterminer si des types de territoires présentent des systèmes énergétiques similaires ou non.

Les mesures prises sont précisées dans les commentaires Excel lorsqu'elles étaient détaillées. L'absence de commentaire signifie une mesure dont la description correspond au nom de la colonne.

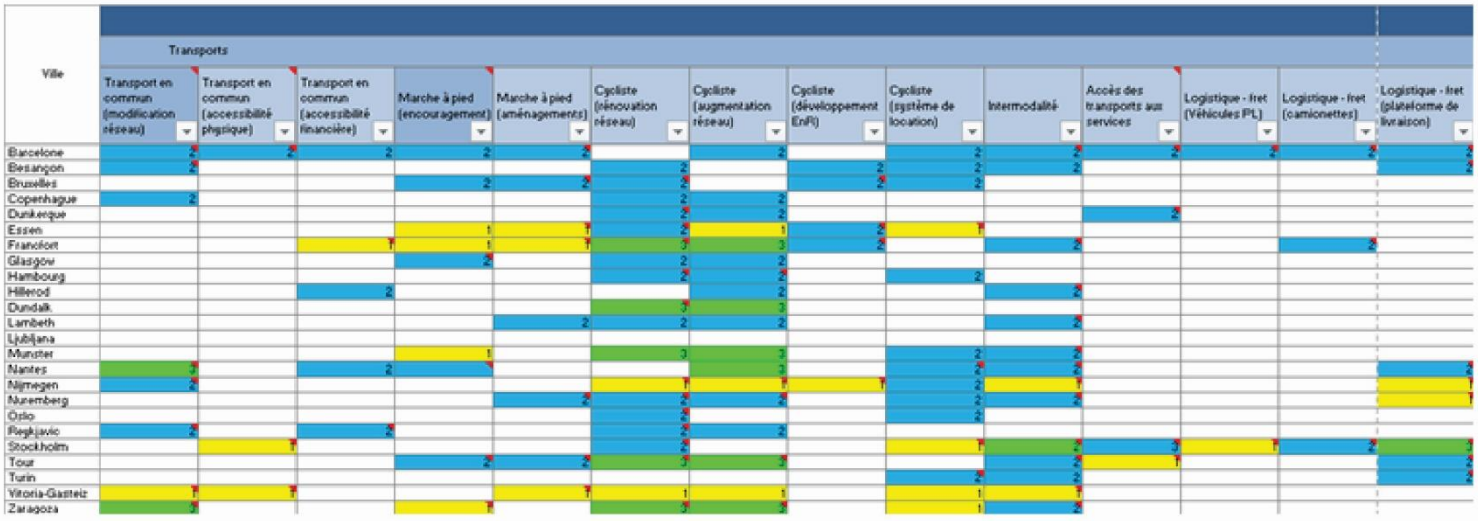
[2] A l'échelle européenne il est souvent difficile de définir « région » et plus largement « territoire ». Ici région concernera l'échelle inférieur à l'état central (donc régions en France et Lander en Allemagne par exemple). Ces institutions n'ont pas du tout les mêmes compétences mais l'objet n'est pas de les comparer ici.

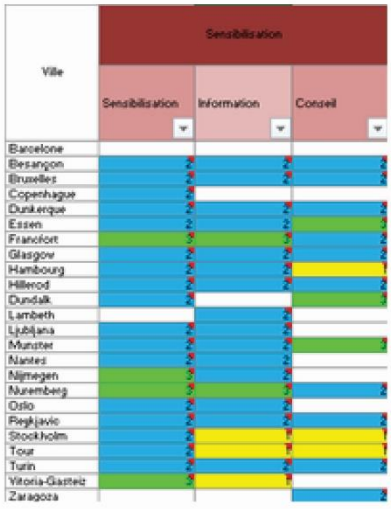
Ville	Document utilisé	Energies renouvelables										
		Eolien (fermes)	Eolien (éparse)	Petit éolien	Photovoltaïque (fermes)	Photovoltaïque (éparse, toits)	Solaire thermodynamique	Biomasse	Biomasse (co-génération)	Hydraulique	Petite hydraulique	Géothermie profonde
Barcelone	Agenda 21		2			2						
Besançon	Agenda 21			2				2				
Bruxelles	Agenda 21					2	2					
Copenhague	EGC application form		2			2	2		1			
Dunkerque	PCET agglomération											
Essen	EGC application form	3	3			3	3	1				
Francfort	EGC application form					3	3	2	2	1		
Glasgow	EGC application form, Climate change strategy & Action plan (2010)					2	2		2		2	
Hambourg	Climate Action Plan, 2011		1	2		2						2
Hillerod	Energy Action Plan, 2009					3	3		3			
Dundalk	Dundalk 2020							2				
Lambeth	Lambeth Local Development Framework (LDF) - core strategy 2011		2	2		2	2	2				
Ljubljana	Sustainable Energy Action Plan, 2012					2	2	2	2	2	2	
Munster	EGC application form		1			3	3				1	
Nantes	Sustainable Energy Action Plan, PCET 2007					2	2	2				
Nijmegen	EGC application form			2		3	3	3				
Nuremberg	EGC application form					1	1		2	1		
Oslo	EGC presentation, Oslo climate report 2013	2										
Reykjavic	EGC application form								1	1		1
Stockholm	EGC application form			2		2	2	2	2			
Tour	PCET agglomération					1	1		2			
Turin	Torino smart city					2	2					
Vitoria-Gasteiz	EGC application form	1				3	3					
Zaragoza	EGC application form		2	2		2	2	2				

Ville	Production							Energies non-renouvelables						
	Géothermie de surface	Autres pompes à chaleur	Energies marines renouvelables	Valorisation des déchets (autre que biomasse)	Agrocarburants	Outils financiers	Autres outils	Charbon (co-génération)	Charbon (secours)	Produits pétroliers (co-génération)	Produits pétroliers (secours)	Gaz naturel (co-génération)	Gaz naturel (secours)	Nucléaire
Barcelone				1										
Besançon														
Bruxelles						2	2							
Copenhague	2		2	1		2	2				2		2	
Dunkerque						2	2							
Essen	3			3		1	2							
Francfort				3	2			1				1		
Glasgow	2			2		2						2		
Hambourg	2						2							
Hillerod	1	1			2	2						2		
Dundalk							2							
Lambeth	2			2	2	2								
Ljubljana	2	2		2		2						2		
Munster				1	1		2					1		
Nantes				2		2	2							
Nijmegen	1			1	2	3	3							
Nuremberg							2					3		
Oslo				2			1							
Reykjavic														
Stockholm					2	2								
Tour	2			1		2								
Turin							2							
Vitoria-Gasteiz	3			1	2							2		
Zaragoza				2										

Ville	Stockage et réseaux								Transport				
	Smart city		Stockage										
	Réseau électrique intelligent (Smartgrid)	Compteurs intelligents (Smartmeters)	Combustibles	Electrochimique (batteries)	Gaz (Méthane, Hydrogène)	Air comprimé	Energie cinétique et masses	Energie thermique	Thermique (chaleur)	Thermique (froid)	Electrique	Hydrogène	Gaz
Barcelone									1				
Besançon													
Bruxelles													
Copenhague		2							1	2			
Dunkerque													
Essen				2					3				
Francfort		2							1				
Glasgow	2	2							2				
Hambourg									3				
Hillerod		2							3				
Dundalk	2	3							2				
Lambeth		2							2	2			
Ljubljana									2				2
Munster									2				1
Nantes									2				
Nijmegen									2				
Nuremberg									2				
Oslo									2				
Reykjavic		1							1				
Stockholm		1							3				
Tour	2	2							3				
Turin	2	2							2				
Vitoria-Gasteiz		1						2	2				
Zaragoza				1					2				

Ville	Bâti												
	Public éclairage public	Public (toitures et façades végétalisées)	Connaissance des consommations	Public (comportements)	Public rénovation générale	Public (utilisation électricité)	Public (eau chaude)	Public (système de chauffage)	Public (isolation)	Public (ventilation)	Public (production)	Public (constructions neuves)	Privé rénovation générale	Privé (utilisation électricité)
Barcelone						2			2		2			
Besançon	2					2	2	2		2	2	2		
Bruxelles	2	2	2	2				2		2		2		
Copenhague	2						2	2	2	2		2		
Dunkerque	2	2						2	2			2		
Essen	1							2	1	2	2	2		
Francfort						2		3	1	1	1	1	3	1
Glasgow	2							2						
Hambourg												2	2	
Hillerod	3					2						2		
Dundalk	2													
Lambeth						2						2		2
Ljubljana	2							2	3	3			3	3
Munster														
Nantes	2									2			2	
Nijmegen					2	1		2					2	
Nuremberg			1			2		1	1		2		1	
Oslo	2		2					1						
Reykjavic						2		2					2	
Stockholm								3						
Tour	2	1	2									2	1	
Turin	2		2			2		2			2			
Vitoria-Gasteiz	1		2			1			1		2		1	1
Zaragoza			3	3		1					2			





Source : Louvel N., 2015

C. Travail à venir et retour d'expérience

La partie sur le contexte du stage présente les grandes étapes du stage et les principaux livrables attendus. Nous présenterons donc uniquement les travaux attendus d'ici les prochains jours ou prochaines semaines avant de conclure cette partie avec un retour d'expérience qui fera également l'objet de la partie suivante.

1. Les travaux à venir

Le prochain travail est réellement commencer le travail quantitatif en définissant les mailles géographiques que l'on utilisera et en détaillant les données disponibles à ces niveaux par pays et années. A priori notre choix se porte sur les régions NUTS 3 d'Eurostat et les grandes villes de l'Audit urbain (d'Eurostat également).

Est présenté ici des éléments de définition de ces deux bases de données. Le but est de construire un tableau synthétisant les informations de ces bases de données.

A priori un manque porte pour le moment sur les données « géographiques physiques » et urbaines, un travail de recherche de données « originales ». Le but est de pouvoir renseigner : la forme urbaine et l'occupation du sol, le rapport entre surfaces urbanisées / non urbanisées, l'estimation d'une superficie disponible pour les énergies renouvelables, l'étalement urbain et la fragmentation urbaine.

Il sera également d'avoir des données sur les logements notamment pour renseigner l'outil de l'axe 4.

Audit urbain

Les informations suivantes sont tirées du site internet européen définissant les mailles géographiques :

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Territorial_typologies_for_European_cities_and_metropolitan_regions/fr

Définition de l'INSEE :

Audit urbain : l'audit urbain, réalisé par Eurostat, rassemble 187 indicateurs sur la période de 2007 à 2012. Les données sont collectées dans l'Union européenne à 27, plus la Norvège, la Suisse, la Turquie et la Croatie. Elles couvrent un champ très vaste de thématiques : la démographie, le social, l'économie, l'éducation et la formation, l'environnement, les transports, la culture et le tourisme.

Cities : l'audit urbain repose sur une définition morphologique des villes (les «***cities***») basée sur une grille de densité de la population constituée de carreaux de 1 km^2 (200 mètres en France), considérés comme densément peuplés au-dessus de 1 500 habitants par km^2. En France, les villes de l'audit urbain sont des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI). Dans les autres pays, le périmètre des cities peut être restreint à la seule ville centre. C'est le cas notamment en Allemagne et en Suisse.

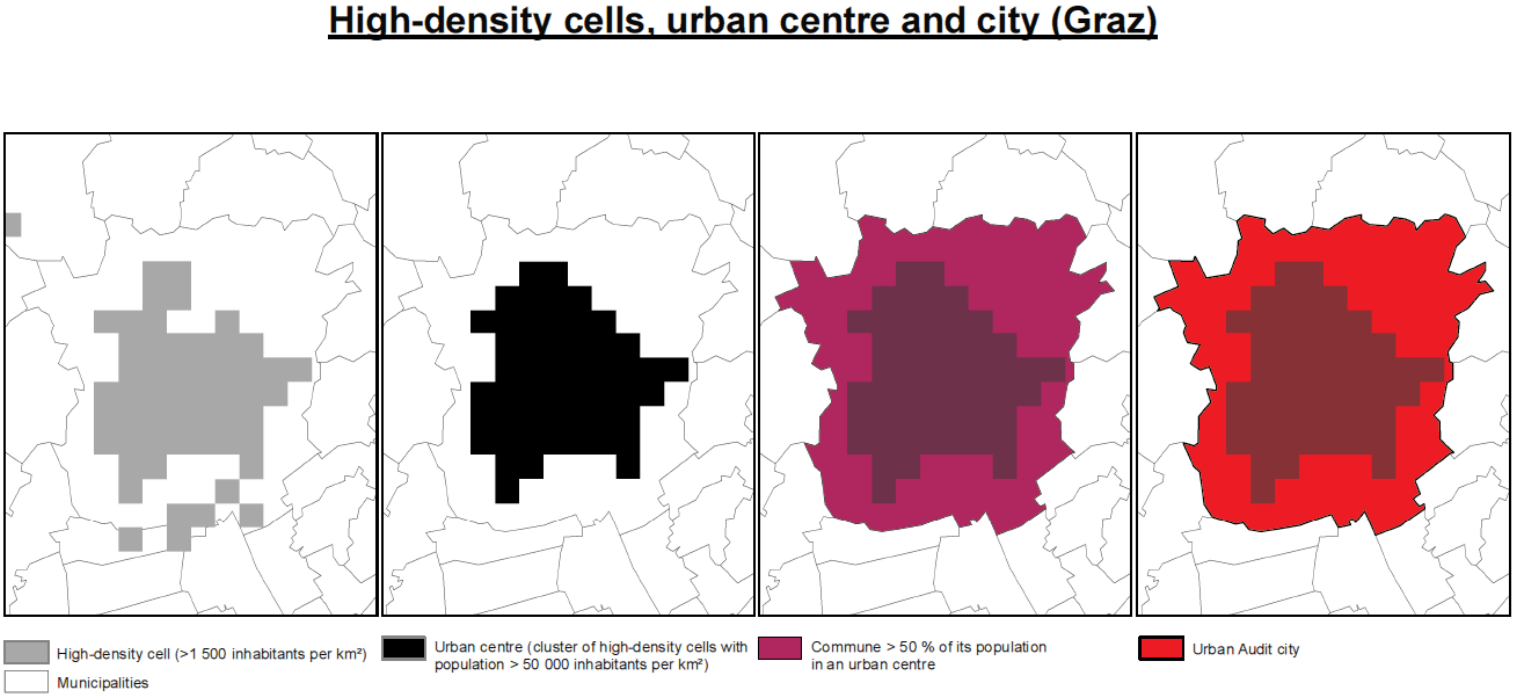
Ville centre (Core city) et Zone urbaine élargie (Larger urban zone)

La zone urbaine élargie se compose d'une **ville centre** (core city) et de sa **zone de navettage**.

La définition de la ville centre suit 4 étapes de construction statistique basée *sur des cellules de grille à forte densité de population* (voir Figure 1) :

1. toutes les cellules de grille qui ont une densité de 1 500 habitants par km² ou plus sont sélectionnées (image 1 – Figure 1) ;
2. les cellules à forte densité contiguës sont ensuite regroupées, les trous sont comblés et seuls les clusters avec une population d'au moins 50 000 habitants (image 2 – Figure 1) sont considérés comme un «centre urbain» ;
3. toutes les communes (unités administratives locales — UAL — de niveau 2, voir partie sur les mailles Eurostat) dont au moins la moitié de la population se trouve à l'intérieur du centre urbain sont retenues comme candidates en vue d'être intégrées à la ville (image 3 – Figure 1) ;
4. La ville est définie en veillant à ce que :
    - il existe un lien avec le niveau politique
    - au moins 50 % de la population vive dans un centre urbain, et
    - au moins 75 % de la population du centre urbain vive dans une ville (image 4 – Figure 1)

Figure 22 : étapes de la construction des unités statistiques « villes » pour l'Audit urbain



Pour 33 centres urbains qui s'étendent bien au-delà de la ville, un niveau «grande ville» a été créé afin d'améliorer la comparabilité internationale (pour plus de détails, voir la publication de la direction générale de la politique régionale et urbaine — Focus régional 01/2012)).

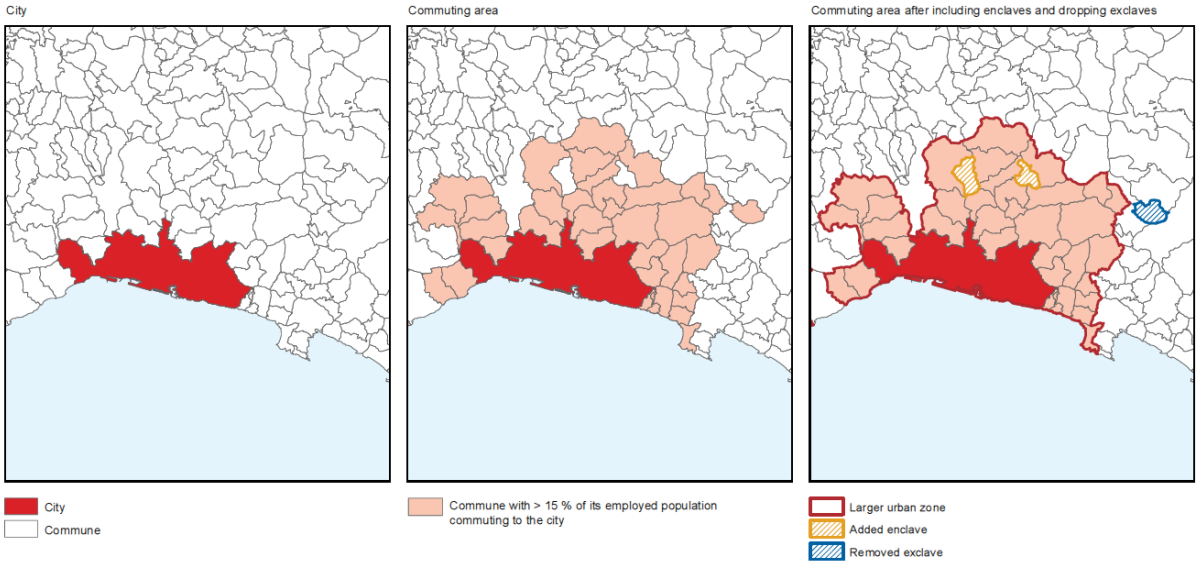
En France cette ville centre correspond aux communautés d'agglomérations et pas aux communes (vérification personnelle manuelle sur quelques villes).

La définition de la zone de navettage suit 3 étapes :

1. si 15 % des personnes occupées qui vivent dans une ville travaillent dans une autre ville, ces villes sont traitées comme une seule ville (image 1 – Figure 2) ;
2. toutes les communes dont au moins 15 % de la population résidente occupée travaille dans une ville sont recensées (image – Figure 2) ;
3. les communes enclavées dans une seule zone fonctionnelle sont incluses dans celle-ci et les communes non contiguës sont laissées de côté (image 3 – Figure 2)

Il est a noté que *à priori* la campagne de recueil de données 2010 – 2011 – 2012 est assez complète pour l'ensemble des données.

Figure 23 : étapes de la construction des zones de navettage pour l'Audit urbain



Comme évoqué précédemment la Zone urbaine élargie et la somme des deux.

Core cities « C » : sur base administrative, niveau basique (Fr = commune) ;

- Larger Urban Zone (LUZ) : approximation de zones urbaines fonctionnelles autour de (C), parfois centre urbain réel loin de ses frontières administratives, pour le prendre en compte le niveau « greater city » (K) a été créé pour quelques capitales et grande villes ;
- Sub-City District (SCD) : division de la ville sur des bases de population ;

Eurostat (hors audit urbain)

NUTS

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:NUTS/fr

http://europa.eu/legislation_summaries/regional_policy/management/g24218_fr.htm

UAL

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:LAU2

La définition des zonages statistiques pour l'ensemble est plus complexe, les différents zonages sont résumés dans le tableau suivant (Figure 3). Bien que parfois similaires dans leur terminologies les typologies présentées ici ne sont strictement pas les mêmes que les typologies de l'Audit urbain.

On distingue donc deux classifications :

- La Nomenclature des unités territoriales statistiques (ou NUTS)
- Les Unités administratives locales (ou UAL)

NUTS

Les NUTS sont au nombre de 3 (NUTS 1, 2 et 3 du plus petit au plus grand). Le niveau supérieur au niveau NUTS 1est le niveau «national», soit les États membres.

« La nomenclature NUTS vise à établir un découpage territorial unique et cohérent en vue de l'établissement des statistiques régionales de l'Union européenne. Sa version actuelle (2006) découpe le territoire de l'Union européenne et de ses 27 États membres en 97 régions de niveau NUTS 1, 271 régions de niveau NUTS 2 et 1 303 régions de niveau NUTS 3. » (ec.europa.eu)

« La classification NUTS est hiérarchique dans la mesure où elle subdivise chaque État membre en 3 niveaux: NUTS 1, NUTS 2 et NUTS 3. Le deuxième et le troisième niveau sont respectivement des subdivisions du premier et du deuxième niveau. Un État membre peut décider d'aller encore plus loin dans les niveaux de détail hiérarchique en subdivisant le niveau NUTS 3. » (europa.eu)

Il est donc peut pertinent d'utiliser les NUTS 4 et 5 qui ne sont pas des niveaux utilisés par l'ensemble des états.

« La définition des unités territoriales repose sur les **unités administratives existant dans les États** membres. Une unité administrative désigne une zone géographique pour laquelle une **autorité administrative est habilitée à prendre des décisions administratives ou stratégiques**, conformément au cadre juridique et institutionnel de l'État membre. » Le NUTS 2 est à l'origine le niveau de décentralisation stratégique de l'état.

Niveau	Minimum	Maximum
NUTS 1	3 millions	7 millions
NUTS 2	800 000	3 millions
NUTS 3	150 000	800 000

Source : Louvel N., 2015

Partie 4 : retours d'expérience et acquis

Les deux années écoulées au cours du master IdT ainsi que les années de Licence auront été une riche expérience. Le but de cette partie est de revenir sur les deux années écoulées et de faire un retour sur les savoirs, savoirs-faire et savoirs-être acquis ou engagés. Ce n'est pas une liste des compétences apprises mais plutôt une restitution de celles engagées au cours des stages et ateliers.

A. Pourquoi le master IdT ?

J'ai intégré le master IdT à la suite d'un voyage en Nouvelle-Zélande en permis vacances-travail (PVT) de 8 mois qui m'a permis d'approfondir l'anglais, de faire le point sur la suite à donner ma Licence spécialité aménagement et de me projeter dans le futur. Au cours de ce voyage je me suis confronté à des pratiques nouvelles et des initiatives qu'on appellerait de « transition », fermes agro écologiques, associations de protection et de sauvegarde des semences, agriculture maraîchères par exemple. De retour en France j'ai retrouvé mes camarades de Licence qui pour la plupart ont intégrés le master IdT. En les écoutants j'ai senti que le master pouvait être un atout pour me construire un projet autour des notions et convictions développées au cours de ma Licence et de mon voyage.

B. La construction de son projet professionnel

Cela a été confirmé au début du master pour lequel on est vivement encouragé à se développer soi-même un corpus et de construire son projet professionnel, le master apportant des compétences, des outils et méthodes qu'il convient d'appliquer sur des objets plus ou moins cohérent. Avec du recul il me semble que cette logique est primordiale a adopté pour rester motivé et s'impliquer entièrement dans ces deux ans. Il me semble que c'est une logique qui a été adopté par l'ensemble des étudiants qui réussissent le master. C'est donc ce que j'ai fait orientant mes projets et travaux autour des notions d'autonomie alimentaire et agricole des territoires :

- atelier de M2 sur la consommation alimentaire locale sur les territoires du Pays Voironnais et de Grenoble Alpes Métropole ;
- questionnaire de M1 sur les habitudes de consommation et l'engagement des Amapiens dans le cadre de l'UE Méthodologie Entretiens et Cartographie (MEC) ;
- présentation des dynamiques en œuvre à Détroit dans le cadre de l'UE Dynamiques Territoriales et Ressources (DTR) ;
- l'analyse du dispositif PSADER de Grenoble Alpes Métropole dans le cadre de l'UE Politiques Publiques Territoriales (PPT) ;
- le stage de M1 que j'ai réalisé au Conseil général de l'Isère sur la rédaction de Projet Agro-environnementaux et Climatiques (PAEC) (voir plus loin).

Mais également autour de la transition territoriale en générale, notamment en apprenant sur des outils et méthodes capables de mesurer ou d'observer et qualifier cette transition :

- le mémoire de M1 qui porte sur une tentative de mesure de la résilience locale face au pic pétrolier et au changement climatique ;
- le stage de M2 qui porte que la caractérisation des contextes territoriaux favorables à l'émergence de l'énergie décentralisée en Europe ;
- mémoire qui a précédé d'un travail sur un indicateur de résilience territorial dans le cadre de l'UE Information Territoriale et Indicateurs ;
- le choix du parcours géomatique qui m'a permis de développer les compétences de traitement et de représentation d'information statistique et géographique.

Les fiches des pages suivantes rappellent pour chaque grande mission professionnalisant les objectifs, les difficultés et les méthodes pour y faire face ainsi que les savoirs, savoirs-faire et savoirs-être engagés ou appris.

C. Et maintenant, et après ?

En intégrant le master IdT, je souhaitais développer les compétences requises pour intégrer un bureau d'études ou cabinet de conseil spécialisé (ou dont une des branches est compétentes) dans le développement territorial. Notamment autour des questions que j'aurais (et est) réussi à développer au cours des deux années de master. Cette motivation reste inchangée aujourd'hui, je souhaite toujours pouvoir développer des outils ou des méthodes destinés à aider la compréhension que les acteurs (publics ou privés) peuvent avoir de leur territoire.

J'aimerais profiter de l'opportunité d'une thèse pour développer une méthode ou un outil permettant d'analyser les dynamiques alimentaires de territoires. Un parallèle intéressant peut être trouvé me semble-t-il entre les systèmes énergétiques et les systèmes alimentaires au regard de leur caractère centralisé ou non. En effet le cadre de l'énergie et de l'alimentation sont deux domaines où l'on parle beaucoup d'autonomie des territoires et le développement des circuits-courts est intéressant à comparer au développement de l'énergie décentralisée ou répartie abordée au cours du stage de M2.

Méthodologiquement il conviendrait donc de caractériser :

- le territoire ou l'éco-système territorial, approches que j'ai pu développer au cours de ma formation, de mon mémoire de M1 et du stage de M2 en cours de réalisation ;
- le système alimentaire local sur la base d'entretiens, de questionnaires et de recherches bibliographiques pour identifier les enjeux essentiels à prendre en compte et analyser pour comprendre un système alimentaire.

Cette approche permettrait également d'interroger ce que veut dire pour un territoire que d'être autonome, pourquoi cette notion d'autonomie est en essor, ce que ça implique notamment d'un point de vue de la gouvernance. Ce qui revient à définir ce qu'est l'autonomie, l'origine du développement de cette notion et sa traduction territoriale qui est loin d'être assise (Hertzog, *L'autonomie en droit : trop de sens, trop peu de signification ?*) qui réinterroge jusqu'aux politiques de décentralisations (Schöndorf-haubold (B.), 2007, *L'émergence d'un droit commun de l'autonomie territoriale en Europe*).

Stage court de M1		
Conseil général de l'Isère **Direction aménagement des territoires (DADT)** **Service habitat et gestion de l'espace (HGE)**		
Mission et objectifs	Difficultés et contraintes rencontrées	Méthode
◆ Rédaction de projets agro-environnementaux et climatiques (PAEC) ◆ Assistance de projet : cartographie, co-rédaction, diaporamas, co-animation, participation à la concertation	◆ contexte des projets (cadre européen, historique, jeux d'acteur…) ◆ thématiques agriculture et environnement inconnues ◆ temps contraint : 4 mois pour rédiger 3 projets de territoire ◆ période de vacances : interlocuteurs changeant, pas au courant des avancées… ◆ centralisation des contributions et rédaction en groupe	◆ dialogue avec le tuteur et toutes les personnes possibles ◆ n'étant jamais absent je suis devenu la personne ressource, la seule au courant de toutes les avancées ◆ définition d'un calendrier partagé des dates clés ◆ au quotidien travail à la tâche : préparation des cartes et cartes interactives, des diapos, des réunions pour le lendemain

	Apportés	Développés
Savoirs	◆ méthodologiques : rédaction, organisation territoriale française	◆ acteurs de l'environnement et de l'agriculture ◆ Politiques agro-environnementales européennes, nationales et départementales ◆ prise de décision départementale et jeux d'acteur technicien/élu
Savoirs faire	◆ cartographie : logiciel Mapinfo, cartographie interactive ◆ traitement statistiques ◆ animation et gestion : réunions (préparation, prise de notes, comptes rendus), calendrier, définitions d'objectifs	◆ pdf « cliquables » ◆ animation réunions publiques dans collectivités : envois, signatures, invitations…
Savoirs être	◆ Disponibilité : heures de travail souples, élargissement (+ que les 37 heures minimales), dialogue ◆ contact aisé avec personnes inconnues et reconnaissance des statuts	◆ travail sur l'aisance à l'oral devant groupe de personnes ◆ profiter des moments officieux (cafés, pause repas) pour nouer contact ◆ organisation

Stage long de M2		
Programme de recherche Impact du Développement de la Décentralisation des Energies sur le système Energétique (IDEE) du Conseil français de l'énergie (CFE) **Les écosystèmes favorables à l'émergence de nouvelles formes de gestion de l'énergie**		
Mission et objectifs	Difficultés et contraintes rencontrées (hiérarchie)	Méthode pour y répondre
◆ Acculturation à la notion de systèmes locaux d'énergie (SLE) ◆ Etat des SLE en Europe : système énergétique et éco-système et résumer de l'information dans une matrice ◆ Recueil et traitement de données quantitatives ◆ Synthèse de l'axe 1 et liens inter-axes	◆ Collecte de l'information : grande diversité en qualité, en sources, en disponibilité, dans une langue compréhensible (français, anglais) ◆ Vocabulaires et notions employées par les autres membres du programme (diversité de cultures scientifiques) ◆ Travail à distance, pas de site de travail commun à tous au quotidien	◆ Recherche approfondie, détection des éléments clés et recherche par éléments clés ◆ Acculturation au travail de recherche et au vocabulaire ◆ Points réguliers avec tuteurs, mails, calendrier de travail et de rencontres bimensuelles

	Apportés	Développés
Savoirs	◆ Culture du pic pétrolier et changement climatique ◆ Culture des mots de la transition : changement, résilience, écosystèmes territoriaux, économie circulaire, circuits-courts ◆ Maîtrise de l'anglais	◆ Approfondissement de la transition énergétique : conséquences pour les territoires, réglementation ◆ Energies renouvelables : technologies, techniques, gouvernance, impacts, enjeux ◆ Diversité des écosystèmes territoriaux européens : cadre réglementaire, cadre institutionnel, implication citoyenne
Savoirs faire	◆ cartographie, manipulations statistiques, traitement géographiques (SIG) ◆ rédaction et rédaction de notes synthétiques ◆ présentation et valorisation des résultats	◆ perfectionnement de ma méthode « benchmark » ◆ création de matrice et d'outils de synthèse innovants ◆ perfectionnement des notes méthodologiques, de présentation
Savoirs être	◆ disponible (temps, calendrier, état d'esprit) et à l'écoute ◆ organisé et rigoureux	◆ pro-action et savoir demandé ◆ perfectionnement du travail en autonomie ◆ planification et calendrier de travail

Atelier « mobilité » 2013-2014 (M1)		
Commanditaires : Syndicat mixte Salaise-Sablons et Conseil Général de l'Isère ***Etude de faisabilité sur la mise en place d'un plan de déplacements alternatifs à la voiture individuelle pour les trajets domicile-travail***		
Mission et objectifs	Difficultés et contraintes rencontrées (hiérarchie)	Méthode
◆ Cartographie et représentations graphiques ◆ Rédaction introduction rapport intermédiaire et conclusion du rapport final ◆ travail de terrain	◆ premier travail en groupe (20 pers.) ◆ travail de terrain éloigné ◆ premier travail pour un prestataire	◆ j'ai été actif, force de propositions, conciliant pour l'organisation ◆ nombreux kilomètres parcourus à vélos, travail pendant les trajets de voiture ◆ j'ai écouté les M2 et intégrés leurs conseils

	Apportés	Développés
Savoirs	◆ connaissances des comportements cyclistes ◆ orthographe et rédaction ◆ fonctionnement des collectivités	◆ gestion de la mobilité : règlementation, comportements et études piétons, vélos, automobiles ◆ perfectionnement de ma rédaction
Savoirs faire	◆ cartographie et statistique ◆ entretiens et questionnaires ◆ travail de synthèse et prise de note	◆ perfectionnement cartographie et représentations graphiques ◆ gestion d'équipe et travail en groupe
Savoirs être	◆ intégration dans un groupe ◆ patience et persévérance	◆ gestion des conflits, dialogue ◆ disponible et conciliant

Atelier 2014-2015 (M2)		
Commanditaire : Pays Voironnais et Grenoble Alpes Métropole ***Comment consommer localement ce qui est produit localement ?***		
Mission et objectifs	Difficultés et contraintes rencontrées	Méthode
◆ Indicateur d'autonomie alimentaire ◆ coordinateur d'un sous-groupe ◆ cartographie et de la représentation des données et résultats ◆ participation à la rédaction des documents finaux (écrits et oraux) ◆ Travaux quotidiens : entretiens, synthèse pour les autres étudiants, gestion des M1, rencontres avec commanditaires et professeurs	◆ concilier tous les travaux et responsabilités et les prioriser : atelier, travaux pour le master, responsabilité pour la Junior Entreprise ◆ coordination des M1 et déléguer ◆ commanditaires peu impliqués : peu de portage politique, lancement de programmes similaires, incendie légumerie	◆ calendrier, planning, définitions des tâches et dialogues avec étudiants et membres du CA de la Junior-Entreprise ◆ apprentissage, dialogue ◆ travail avec les professeurs, plus de liberté, nous sommes allé plus loin que ce qui était demandé

	Apportés	Développés
Savoirs	◆ apports sur le cadre agricole (stage de M1), les enjeux de l'agriculture et des agriculteurs ◆ Economie locale, projets de territoires, développement territorial (ensemble des cours)	◆ alimentation : comportement des consommateurs, enquêtes, acteurs ◆ projets agricoles et alimentaires existants (benchmark), leurs forces et faiblesses
Savoirs faire	◆ cartographie, représentations graphiques, traitement statistiques, construction d'indicateurs ◆ rédaction ◆ outils du développeur territorial : entretiens, questionnaires, organisation de réunion, prise de notes, comptes rendus	◆ perfectionnement de la PAO (Indesign et Illustrator) ◆ outils de gestion : Gantt, calendrier, documents types, charte graphique
Savoirs être	◆ mise en relation des connaissances du milieu agricole (techniciens CG, techniciens Métro, Chambre d'agriculture, associations) ◆ travail en groupe, intégration dans un groupe et intégration des autres dans le groupe	◆ dialogue constant avec l'ensemble du groupe, faire des points réguliers ◆ « perdre » du temps au début pour en gagner à la fin

Trésorier-comptable Junior Entreprise 2013-2015		
Junior Entreprise Idées Territoires **2013-2014 : vice-trésorier, responsable : Benjamin Lézé (M2)** **2014-2015 : trésorier, responsabilité d'un M1**		
Mission et objectifs	Difficultés et contraintes rencontrées	Méthode
◆ Tenu et gestion des comptes et de la comptabilité de la Junior (60 000k€ en 2013-2014) ◆ 2013-2014 : apprentissage des méthodes, des moyens de sauvegarde et de contrôle, des déclarations (TVA, URSSAF, IS, CFE) ◆ 2014-2015 : enseignement du fonctionnement au vice-trésorier	◆ charge de travail conséquente en dehors des cours ◆ conséquences sur participation dans d'autres groupes : ateliers, cours, moments récréatifs ◆ modes gestion (compta, archivage, déclaration, tableaux de suivis) totalement inconnus ◆ délégué et encourager le vice-trésorier, rendre passionnant travail d'archive et de gestion	◆ gestion du temps et des priorités, calendriers des tâches avec priorisation des enjeux ◆ appui sur bonne personnes, dialogue ◆ apprentissage, comprendre que l'erreur est inévitable, mais mettre en place méthodes pour la détecter et la résoudre au plus vite, travail avec l'expert-comptable ◆ travail sur l'apport pédagogique, professionnel et sur la responsabilité du poste de trésorier

	Apportés	Développés
Savoirs	◆ connaissance du milieu associatif ◆ connaissance des compétences d'Idées Territoires (celles vues en cour)	◆ comment fonctionne une entreprise et le Conseil d'Administration ◆ ce qu'est la trésorerie, son rôle, ses tâches
Savoirs faire	◆ gérer mon temps ◆ animer une réunion	◆ tenir une comptabilité ◆ construire et tenir un budget prévisionnel ◆ suivre et mettre en place des process de gestion ◆ tenir des tableaux de suivis ◆ déclarer les obligations de toute entreprise
Savoirs être	◆ intégration dans une équipe (de moi-même ou d'autres personnes) ◆ enthousiasme et bonne humeur	◆ avoir une vision stratégique et de long terme ◆ connaissance concrète du monde de l'entreprise

Conclusion

En conclusion de ce rapport de fin d'études il convient de noter le caractère actuel des recherches menées. La conclusion du mémoire de M1 rappelait que la principale difficulté était le caractère évolutif des notions abordées. Le présent rapport a essayé de montrer l'inscription de l'ensemble des travaux réalisés au cours de ces deux ans (et ceux à avenir) dans le contexte scientifique et politique actuel. Ce qui est démontré par les évènements et la tenue de la COP21 cette année à Paris, le projet de loi sur la transition énergétique pour la croissance verte qui a été adopté quelques jours auparavant ou le colloque sur la transition énergétique tenu les 28 et 29 mai à la Cité des territoires.

A l'heure de conclure il est bon de prendre un peu de recul et de revenir de manière plus objective sur les choix engagés. Il me semble à titre personnel que l'engagement dans le master IdT a été un bon choix, épanouissant et enrichissant, master et dans lequel je pense avoir été investi pleinement.

[ouvrages avec auteur unique] :

Heinberg (R.), 2007, Peak everything – Waking up to the century of declines, New Society Publishers, Canada, 214p.

Hopkins (R.), 2010, Manuel de transition – de la dépendance au pétrole à la résilience locale, Ecosociété, [1ère publication en anglais, 2008, Green books Ltd, Foxhole, Dartington, Totnes], 216p.

[rapports ou « littérature grise »] :

Conseil de l'Europe, 2007, « Glossaire du développement territorial », dans le cadre de la conférence européenne des ministres responsables de l'aménagement du territoire (CEMAT), éd. Council of Europe Publishing, coll. Territory and landscape, n°2, 76p.

Gouvernement Australien, 2009, Transport energy futures: long-term oil supply trends and projections, report 117, Department of Infrastrucure, Transport, Regional Development and Local Government, Canberra, Australia, published by Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics

[documents édités sur Internet] :

Actu-environnement.com, la liquéfaction du charbon pourrait atténuer le pic pétrolier, 06 février 2012, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/energie-fossile-charbon/liquefaction-charbon.php4]

Auzanneau (M.), gaz de schiste : premiers déclins aux Etats-Unis, 01 octobre 2013, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://petrole.blog.lemonde.fr/2013/10/01/gaz-de-schiste-premiers-declins-aux-etats-unis/]

Auzanneau (M.), Pic pétrolier : deux vice-présidents de Total répondent à [oil man], 21 août 2012, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://petrole.blog.lemonde.fr/2012/08/21/pic-petrolier-deux-vice-presidents-de-total-repondent-a-oil-man/]

Baker (E.), Bournay (E.), Dessus (B.), Rekacewicz (P.), La "transition" énergétique, 2009, monde-diplomatique.fr, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.monde-diplomatique.fr/cartes/transitionenergetique]

Blog pédagogique de Plauchu (V.), *La transition écologique*, (dernière consultation effectuée 08/05/2015) [http://blogs.upmf-grenoble.fr/vincentplauchu/2012/10/01/la-transition-ecologique/]

Centre international de ressource et d'innovation pour le développement durable, *Animation d'une démarche territoriale de transition économique et écologique : l'exemple de la Loire*, document pdf, 4p, téléchargeable sur (dernière consultation effectuée 08/05/2015), (710Ko) : [http://www.ciridd.org/data/sources/users/2/docs/130717_animer_un_territoire.pdf]

Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales Rapport, définition pour « Transition » (dernière consultation effectuée 08/05/2015) : [http://www.cnrtl.fr/definition/TRANSITION]

dikeo.fr, Le paradoxe de Jevons, 08 avril 2013, dikeo.fr, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.dikeo.fr/le-paradoxe-de-jevons/]

energiedurable.net, Qu'est-ce que le pic pétrolier ?, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://energiedurable.free.fr/blog/index.php/2006/07/03/8-qu-est-ce-que-le-pic-petrolier]

Feitz (A.), Gradt (J.-M.), Pétrole : Les Etats-Unis premier producteur vers 2020, selon l'AIE, lesechos.fr, 2012, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.lesechos.fr/12/11/2012/lesechos.fr/0202378733266_petrole----les-etats-unis-premier-producteur-vers-2020--selon-l-aie.htm]

Grasland (C.), Des états en transition ?, Paris, université de Paris VII, 2000, (dernière consultation effectuée 03/06/2015) : [http://grasland.script.univ-paris-diderot.fr/GO312/cours_b/cours_b2/cours_b2.html]

Hall (C.), Balogh (S.), Murphy (D.), What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have ?, 2009, Energies, (dernière consultation 03/06/2015) (725Ko) : [http://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCsQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F1996-1073%2F2%2F1%2F25%2Fpdf&ei=nH5vVdaeM8GBUZCEg-gO&usg=AFQjCNEhEjBqwHSaeDdHugYMkjP4jd4mWA&sig2=Ga9FexCLZIlWFFNb0Olu6A&bvm=bv.94911696,d.d24]

Harribey (J.-M.), Alternatives économiques, *Sur la transition sociale et écologique, quelques lectures*, 26 juin 2011, (dernière consultation effectuée 08/05/2015) : [http://alternatives-economiques.fr/blogs/harribey/2011/06/26/sur-la-transition-sociale-et-ecologique-quelques-lectures/]

Jancovici (J.-M.) Qu'est-ce que l'énergie exactement ?, manicore.com, 2014, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.manicore.com/documentation/energie.html]

Jancovici (J.-M.), La transition énergétique, certes, mais quelle transition ?, manicore.com, Septembre 2012 mis à jour Novembre 2013 (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.manicore.com/fichiers/transition_energetique_reflexions.pdf]

Labrousse (M.), L'énergie répartie et la production décentralisée d'énergie, les cahiers de Global Chance n°21, 2006 (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.global-chance.org/IMG/pdf/GC21p76-79.pdf]

Laponche (B.), Labrousse (M.), Magnin (G.), Exposé : Production décentralisée d'Energie : enjeux énergétiques et territoriaux, 4ème Assises Nationales de l'Energie, Grenoble, 2002 (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.assises-energie.net/fileadmin/user_upload/assises_energie/pdf/Ed_precedentes/4/r%C3%A9sum%C3%A91.pdf]

Maurice (T.), La transition démocratique, Rennes, Presses universitaire de Rennes, www.pur-editions.fr, 2013, 18p, téléchargeable sur (dernière consultation effectuée 08/05/2015) (675Ko) : [http://www.pur-editions.fr/couvertures/1367835024_doc.pdf]

Novethic, *Transition énergétique*, (dernière consultation effectuée 08/05/2015) [http://www.novethic.fr/lexique/detail/transition-energetique.html]

picpetrolier.net, Qu'est-ce que le pic pétrolier ?, 2008, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.picpetrolier.net/quest-ce-que-le-pic-petrolier]

Portail du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie pour la transition écologique, (dernière consultation effectuée 03/06/2015) : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Transition-ecologique,7199-.html]

SITA, *Qu'est-ce que la transition énergétique ?* (dernière consultation effectuée 08/05/2015) : [http://www.sita.fr/transition-energetique/definition-transition-energetique]

Soriot (A.), 2002, Optimum de production, optimum de population : l'analyse démographique d'Adolphe Landry, Revue d'Histoire des Sciences Humaines, 2002 (n°7), (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.cairn.info/zen.php?ID_ARTICLE=RHSH_007_0157]

Thévard (B.), 2012, Extraire du pétrole pour… extraire du pétrole pour…, avenir-sans-petrole.org, (dernière consultation 03/06/2015) : [http://www.avenir-sans-petrole.org/article-extraire-du-petrole-pour-extraire-du-petrole-pour-113088729.html]

Tremblay (H.), 2013, Présentation du rendement énergétique net comme principe directeur d'une politique énergétique québécoise, Mémoire déposé à la Commission sur les enjeux énergétiques du Québec, (dernière consultation 03/06/2015) (1,2Mo) : [https://www.mern.gouv.qc.ca/energie/politique/memoires/20130912_053_Hugo_Tremblay_M.pdf]

Annexe 1 : fiche explicatives des colonnes de la matrice

Nous essayons dans le cadre du premier Axe du programme de recherche sur l'Impact du développement de Décentralisation des Energies sur le système Energétique (IDEE) commandité par le CFE de caractérisé les éco-systèmes territoriaux favorables à l'émergence d'une réflexion sur la décentralisation de l'énergie. En lien avec les partenaires du programme de recherche, Enerdata, G2ELab et SciencePo nous créons une matrice permettant de définir ce qui caractérise un système énergétique en colonne et ce qui caractérise un éco-système territorial en ligne.

Ce document présente la construction des colonnes de la matrice.

Table des matières

Choix des 3 « piliers » 77

La production 78

La production d'énergie renouvelable 79

Eolien 79

Photovoltaïque 80

Solaire thermodynamique 81

Hydraulique 82

Biomasse 83

Géothermie 84

Energies marines renouvelables 85

Valorisation des déchets (autre que biomasse) 87

Agrocarburants 88

La production d'énergie non-renouvelable 89

Cogénération 90

Stockage et transport de l'énergie 91

Stockage de l'énergie 92

Hydraulique gravitaire 94

Air comprimé 96

Batteries électrochimiques à grandes échelles 97

Stockage thermique (chaleur et froid) 99

Transport de l'énergie 100

Thermique (réseaux de chaleur - froid) 100

Transport électrique 102

Ville intelligente (réseau électriques intelligents et compteurs intelligents) 103

Consommation 105

Secteur résidentiel – tertiaire 106

Secteur Industriel 107

Secteur des transports 108

Choix des 3 « piliers »

La division des colonnes a été construite suite à la lecture des travaux de Laponche et all. (Laponche (B.) et all., 2002) et des échanges passés avec les partenaires du programme de recherche IDEE dans lequel le présent travail s'inscrit.

La séparation des trois piliers : production, transport et consommation de l'énergie caractérise les systèmes énergétiques centralisés où chaque fonction est assuré par un secteur d'activité propre. C'est pour cette raison que les énergies non-renouvelables ont une place dans la matrice par exemple. L'idée est de pouvoir caractériser le plus finement possible un système énergétique territorial qu'il soit décentralisé à différent degré ou centralisé.

La production

On distingue 4 composantes principales de la production d'énergie décentralisée :

- La production d'énergie renouvelable (pas uniquement électrique)
- La cogénération
- L'autoproduction

La question reste posée pour l'énergie non-renouvelable. Il parait toutefois difficile d'être indépendant avec ce type d'énergie. Un rapport de 2014 de la Société Générale Electric du Canada sur la *production d'énergie décentralisée au canada* indique que :

« Les ressources naturelles abondantes du Canada sont généralement situées dans des régions éloignées et nécessitent souvent des technologies décentralisées pour alimenter les opérations d'extraction sur le site. »

Et également :

« Les technologies d'énergie décentralisées peuvent également jouer un rôle important dans les sables bitumineux albertains situés près de Fort McMurray »

L'énergie issue des énergies non renouvelables ne sont pas prises en compte dans l'ensemble des sources. Toutefois elles font parties du système pour combler les manques en cas de pointe de consommation ou de creux de production. Il faudrait regarder si ces recours sont nombreux et importants, si oui il conviendrait d'intégrer ces techniques dans la production et le développement des énergies décentralisées.

Sources :

- Laponche et all., 2012

La production d'énergie renouvelable

Eolien

Une éolienne transforme l'énergie mécanique du vent en énergie électrique en plusieurs étapes :

1. La différence de pression entre les deux pales met en mouvement le rotor >
2. La vitesse des pales (lente) est accélérée par un multiplicateur >
3. L'énergie mécanique est transformé par le générateur (alternateur) à environ 700 volts >
4. L'électricité est traitée par un convertisseur et un transformateur >
5. Puis acheminée par câble enterrée pour rejoindre un poste de livraison, puis le réseau électrique

Les éoliennes installées ont une puissance de 2 à 3 MW (terrestre), 5 à 6 MW (offshore) espacées et regroupées en parc éoliens. En 2011 la capacité éolienne terrestre est de 6200 MW et représente 2% du mix électrique.

L'énergie éolienne dispose d'un potentiel de développement important.

En moyenne les éoliennes produisent de l'électricité 80% du temps (dépend du lieu d'installation). La production électrique d'un parc éolien peut être qualifiée d'intermittente, à l'échelle nationale le foisonnement géographique permet une atténuation des variations de production.

Avantages :

- Eoliennes visibles dans le paysage, on peut donc facilement communiquer et valoriser par l'image ;
- Disponible partout, renouvelable et inépuisable ;
- Produit directement de l'électricité sans carbone ;
- Faible emprise au sol et donc concurrence peu d'autres usages ;

Inconvénients :

- Image dans l'opinion.
- Energie très intermittente (notamment à une échelle locale) ;
- Augmente les rejets par contrecoup, en devant trouver d'autres formes d'énergies (souvent fossiles) pour pallier aux intermittences ;
- Trop visible et bruyant pour les riverains qui freinent souvent ces projets (phénomène Nimby) ;
- Energie produite loin des lieux de consommation.

Sources :

- smartgrids-cre.fr

http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?rubrique=dossiers&srub=integrationenr&action=imprimer

- energystream-solucom.fr

http://www.energystream-solucom.fr/2014/04/fiche-synthese-production-decentralisee-leolien/

Photovoltaïque

Une cellule est un composant qui exposé à la lumière produit de l'électricité, souvent elles sont regroupées pour former un panneau photovoltaïque. Actuellement les plus répandues sont en silicium.

- Silicium cristallin : constitué en fine plaque de silicium, élément abondant sur terre, elles représentent 90% du marché actuel pour un rendement entre 14% et 15% de l'énergie solaire ;
- Couches minces : obtenues en déposant plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support. Cette technique moins couteuse est aussi moins rentable énergétiquement, 5% à 13% de rendement.

L'énergie photovoltaïque peut être utilisée de deux façons :

- Soit elle est raccordée au réseau électrique (90%)
- Soit elle apporte de l'électricité à des lieux isolés

Premièrement installée sur les toits, aujourd'hui la plupart de la puissance installée l'est au sein de centrales photovoltaïques. Toutefois le bâti offre toujours un potentiel très important de surface, proche des lieux de consommation.

Le photovoltaïque représente 0,1% du mix électrique français en 2010.

La production d'électricité est fonction de l'ensoleillement et dépend donc de sa localisation géographique (rapport de 1.5 entre le nord et le sud de la France). Comme pour l'éolien la production d'énergie est très intermittente (passage de nuage…) mais ces variations sont atténuées à l'échelle de plusieurs sites ou à l'échelle nationales.

La courbe de production d'électricité (pic au midi solaire) suit la courbe de la consommation estivale (pic au midi solaire), le photovoltaïque peut-être un bon moyen pour accompagner la consommation d'électricité des climatisations en été. Toutefois sa production est très faible en hiver (pendant le pic de l'éolien).

Avantages :

- Renouvelable et inépuisable ;
- Electricité sans carbone ;
- Disponible partout.

Inconvénients :

- Peu d'adéquation offre et demande (Nord/Sud et été/hiver) ;
- Energie intermittente ;
- Recyclage des composants (généralement cout fabrication/production rentabilisé).

Solaire thermodynamique

Valorisation du solaire direct, qui consiste à concentrer le rayonnement pour chauffer un fluide (caloporteur) et produire de l'électricité ou alimenter des procédés industriels.

Une grande diversité de systèmes existe en fonction de la concentration du rayonnement, du choix du fluide et du mode de stockage.

Quand la technologie permet le stockage, la centrale peut fonctionner en continu et ainsi limiter les variations et l'intermittence de l'installation. Généralement l'installation produit de l'énergie le jour, stock le surplus (sel fondu, béton…) pour continuer à produire la nuit.

Technologies existantes :

- Turbines à gaz solarisées
- Cycle de Rankine vapeur (les plus déployées)
- Moteur Stirling
- Cycle de Rankine organique…

Avantages :

- Renouvelable et inépuisable ;
- Electricité sans carbone ;
- Composants plus facilement recyclables ;
- Disponible partout.

Inconvénients :

- Peu d'adéquation offre et demande (Nord/Sud et été/hiver) ;
- Energie intermittente, mais chaleur plus facilement stockable (ballons d'eau chaude par exemple)

Hydraulique

La production d'hydroélectricité utilise l'énergie potentielle des cours d'eau via différentes techniques. Elle se compose néanmoins toujours d'une prise ou d'une retenue d'eau et d'une installation de production, entre les deux l'eau passe par une galerie et une conduite. La quantité d'énergie produite est donc proportionnelle à la quantité d'eau turbinée multipliée par la hauteur de chute.

- Les centrales de lac, sont associées à une retenue d'eau crée par barrage. Ces installations sont capables de produire très rapidement de grandes quantités d'énergie (8000 MW en France), peuvent répondre à de brusques demandes ou incidents du réseau ;
- Les centrales au fil de l'eau, ne disposent pas de réserve et fournissent une énergie non modulable et non stockable tout le temps et injectée directement ;
- Les centrales éclusées, sont constituée d'une petite retenue au temps de recharge court, qui permet de concourir aux heures pleines ;
- Stations de transfert par pompage (pas EnR), puisent aux heures creuses dans un bassin inférieur pour remplir un bassin supérieur. L'eau (et l'énergie) sera restituée en période de pointe. Cette technique due à la consommation d'énergie pour remonter l'eau n'est pas considérée comme une énergie renouvelable.

Les installations hydroélectriques ont produits 12% de la production totale d'électricité en 2010. La diversité de ses installations permet une diversité de réponse (lac pour les pointes de demande, au fil de l'eau pour une base constante et fiable).

La grosse hydraulique participe au système énergétique centralisée, dans le cadre de l'énergie décentralisée on parlera essentiellement de la petite hydraulique.

La petite hydroélectricité est généralement considérée avec des installations égales ou inférieures à 10 MW.

Avantages de la petite hydraulique :

- Renouvelable, inépuisable et continue ;
- Electricité sans carbone ;
- Facilement exploitable ;
- Rendements très bons.

Inconvénients :

- Peu perturber la vie aquatique ;
- Contraintes géophysiques.

Biomasse

Les principales provenances de la biomasse (essentiellement végétale) sont :

- La forêt
- L'agriculture
- Les milieux marins et aquatiques
- Les haies, parcs et jardins
- Industries et activités humaines ayant traitées de la matière vivante (et bois)

4 filières énergétiques pour la biomasse :

- Combustion de matières végétales et animales
- Incinération d'ordures ménagères
- Production de biogaz
- Production d'agrocarburants

La biomasse est une des principales sources d'énergies renouvelables en France, notamment avec le bois, avec comme principal débouché la production de chaleur. La production d'électricité commence à se développer. L'utilisation de la biomasse est neutre vis-à-vis de l'effet de serre (le carbone rejeté est celui capté par la plante).

Les formes de combustibles sont diverses (bois, paille, déchets organiques, etc.), l'incinération des ordures ménagères est considérée comme renouvelable à 50% compte tenu de la quantité de biomasse incinérée.

Les centrales à biomasse sont souvent associées à un système de cogénération (chaleur). Celles utilisant de la matière solide (bois) ont une puissance entre 1 et 70 MW, celles au biogaz (plus petite) entre 100 kW et 2 MW. En 2009 la capacité de production d'électricité à base de biomasse était de 920 MW.

Avantages :

- Energie renouvelable (sans surexploitation)
- Bilan carbone neutre (le CO_2 émis est celui capté par les plantes)
- Bien répartie (présente partout), notamment déchets
- Valorise déchets et coproduits.

Inconvénients :

- Tends le marché des matières premières (notamment agrocarburants)
- Besoin d'un approvisionnement continu
- Processus industriels complexes (main d'œuvre) nécessitant le traitement de matières dangereuses

Géothermie

Il existe deux formes principales de géothermie :

- La géothermie de surface qui exploite la chaleur superficielle et l'inertie thermique du sol (puits canadiens)
- La géothermie profonde.

Et trois principales technologies :

- Le puit canadien
- La pompe à chaleur
- Le réseau de chaleur

Le réseau de chaleur désigne le processus permettant de capter la chaleur terrestre pour l'exploiter sous forme d'électricité ou de chaleur, via un système d'échange de courants chauds et froids et des réservoirs à la température comprise entre 150 et 350°C.

Plusieurs méthodes existent :

- Les sources de vapeur haute température (volcanisme actif) peuvent produire de l'électricité directement par injection de la vapeur dans une turbine ou indirectement après échange avec une autre eau ;
- Les sources moins chaudes (moins de 175°C) les techniques jouent sur la dilatation du liquide thermal (condensation/détente) ;
- Enhanced Geothermal Systems (EGS) (systèmes géothermiques avancés) injectent de l'eau dans des roches chaudes et exploiter la vapeur crée.

La géothermie est une des quatre principales productions d'électricité renouvelable (avec biomasse, éolien et hydraulique). Elle couvre 0,4% des besoins mondiaux et peut atteindre plusieurs pourcents dans certains pays. Les principaux pays producteurs pour cette énergie sont : Allemagne, Danemark, France, Islande, Italie, Suède.

Avantages :

- Energie renouvelable (sans surexploitation)
- Stable (pas d'intermittences)
- Non carbonée
- Omniprésente et diffuse (présente en tout lieu) pour la géothermie de surface

Inconvénients :

- Processus industriels complexes (géothermie profonde)
- Présente seulement à la frontière des plaques tectoniques ou des points chauds (géothermie profonde)

Energies marines renouvelables

Egalement appelées thalasso-énergies, elles désignent l'ensemble des ressources du milieu marin (physique) qui permettent de produire de l'électricité.

Elles utilisent principalement :

- La houle ou énergie des vagues

Le principe ici est de se servir de l'énergie des vagues (qui sont un concentré d'énergie éolienne), on distingue trois types de technologies :

  - Les corps mus par la mer composés de flotteurs (type serpent de mer), en France un prototype a été lancé constitué d'un seul flotteur et exploite l'énergie du balancier ;
  - Les systèmes à déferlement, compose d'un réservoir qui se remplit et, se vidant, actionne une turbine ;
  - Le principe des systèmes à colonne d'eau oscillante qui utilise le mouvement des vagues comme piston (apparemment peu prometteur dû à la pollution visuelle des côtes).

- Les courants de marée (marémotrice)

Le but ici est de se servir des puissants courants des marées qui sont concentrés à certains endroits près des côtes. Le flux et le reflux de la marée est utilisée pour remplir ou vider un bassin de retenue en actionnant des turbines.

Un projet a été construit en 1966 en France sur l'estuaire de la Rance qui produit 90% de la production des thalasso-énergies dans le monde. Ces installations nécessitent un investissement très important et un impact environnemental fort.

- Les courants océaniques (hydroliennes…)

Une hélice, une aile oscillante ou d'autres systèmes sont placés dans le flux de déplacement d'eau, différentes technologies existent :

  - Hydroliennes à axes horizontal (éolienne sous-marines)
  - Hydroliennes à axe vertical
  - Ailes planes battantes ou oscillantes
  - Les roues à aubes flottantes (moulin à eau marine)

La vitesse de déplacement des courants marins (1 m/s) limite l'implantation de ces installations nécessitent 2 à 3 m/s)

- Le gradient thermique

Produite grâce la différence de température entre les eaux de surface (25°C) et les eaux profondes (5°C). Cette technique est particulièrement adaptée aux zones tropicales à la différence de température importante.

- La pression osmotique (différentiel de salinité de l'eau)

« L'osmose est une technique qui permet de transformer en énergie la différence de salinité entre eau douce et eau de mer. » Le phénomène d'osmose va donc essayer de rétablir la salinité entre les deux masses d'eau et créer un flux à travers une membrane.

Les estuaires semblent les endroits privilégiés pour l'installation de ce type de production d'électricité qui n'est encore qu'au stade de R&D.

- L'éolien offshore

Ici la technique est la même que pour l'éolien terrestre, sauf que les vents sont plus fréquents, plus forts et plus réguliers qu'à terre.

En France on prévoit 3,5% de la production d'électricité via cette technique en 2020.

Aujourd'hui l'ensemble de ces technologies sont en phase de R&D. « La densité de l'eau, 800 fois supérieure à celle de l'air, rend difficile l'installation des sites […] La corrosion saline et les dégradations causées par les micro-organismes nécessitent une maintenance difficile à réaliser sous l'eau ou en mer. » On peut également ajouter les conditions météorologiques.

Avantages :

- Renouvelable et inépuisable
- Energie moins intermittente (éolien offshore) ou intermittente mais prévisible (courant marins, pression osmotique, gradient thermique
- Technologies connues et applicables relativement facilement
- Energie décarbonée

Inconvénients :

- Entretient souvent coûteux aux contraintes techniques importante
- Eloignement des lieux de production
- Construction et entretien du réseau à prendre en compte
- Zones disponibles (courants marins)
- Impact sur le paysage (éolien offshore)

Valorisation des déchets (autre que biomasse)

On distingue deux traitements des déchets :

- Ceux dont l'objectif premier est de faire de l'énergie (biogaz, méthanisation), parfois appelées non-thermiques ;
- Ceux dont la valorisation est un objectif secondaire (incinération, gazéification, pyrolyse), parfois appelées thermiques. Elles sont les plus répandues.

Les technologies utilisées :

- L'incinération (la plus utilisée, voir après) ;
- La gazéification permet de convertir les déchets carbonés en gaz ou carburants ;
- La pyrolyse décompose des corps organiques et on récupère les produits.

L'incinération est la technologie la plus utilisée. En effet elle permet le traitement de l'ensemble des déchets avec peu de tri à réaliser, la solution est connue et développer, on a donc un retour d'expériences dans projets. C'est également celle qui permet de dégager le plus d'énergie.

Avantages :

- Energie renouvelable (tant que l'on produit des déchets) ;
- Solution au traitement des déchets (mâchefer = 15% du poids et 5% du volume) ;
- Réutilisation des produits solides (mâchefers).

Inconvénients :

- Produits solides (mâchefers) doivent être stabilisés avant stockage ou réutilisation ;
- Produits gazeux (fumées, cendres) très toxiques et doivent être stabilisées (déchets ultimes) ;
- Eloignement des lieux de collecte / traitement / consommation ;
- Freine le recours au recyclage qui est plus performant ;
- Création d'une demande pour les déchets ?

Sources :

- Keller T., 2009, la valorisation énergétique des déchets par incinération, Mémoire de fin d'étude, HEC

Agrocarburants

Note : partie à préciser et approfondir, recherche et débat pas fixé et manque de source pour des contextes européens

« Solutions intelligentes et réalisables: production et consommation décentralisées de biocarburants » http://www.eesc.europa.eu/?i=portal.fr.events-and-activities-decentralise-bio-fuel

Un agrocarburant ou un biocarburant (indifférencié) est un carburant produit à partir de matériaux organiques non fossiles, provenant de la biomasse, en général ils sont mélangés à des carburants d'origine fossile.

Il existe deux filières de production principales :

- Huiles et dérivés, à partir d'huiles, de graisses ou d'acides gras ;
- Alcool, à partir de sucres, amidon, cellulose ou lignine.

On distingue trois générations de biocarburants :

1. La première (actuellement la seule au stade industriel) utilise des ressources alimentaires (canne à sucre, betterave, céréales, colza, maïs, tournesol, arachide, palme, soja…) ;
2. La deuxième génération est fabriqués à partir de végétaux non alimentaires (résidus agricoles, résidus forestiers, bois, plantes dédiées…) ;
3. La troisième génération est fabriquée à partir d'algues.

Avantages :

- Permet une contribution à la fois au pic pétrolier et au changement climatique ;
- Energie renouvelable (norme européenne) dans le cas de non surexploitation de la ressource ;
- Solution adaptables au système local.

Inconvénients :

- Pression sur les ressources alimentaires (1ère génération) ;
- Pression sur les espaces cultivables (1ère et 2ème génération) ;
- Pression sur la biosphère (les 3 générations).

Des recherches récentes montrent un intérêt pour ce type d'énergie des pays du Sud (Cirad, 2011 et Texier, 2014) quand la production et la consommation se font au niveau local et ne mettent pas en conccurence des terres cultivables. On peut donc noter qu'il peut être intéressant pour un système locaux d'énergie d'un pays du Nord d'utiliser cette technique (autonomie, marge de manœuvre, mixe énergétique…) et réduire la demande en biocarburants 1ère génération aux inconvénients nombreux.

La pertinence de la mise en place d'une filière agrocarburant sur un territoire est donc propre au contexte de celui-ci.

Sources :

- Texier P.-H., 2014, Les politiques publiques pour les biocarburants en cultures paysannes au Mali et Burkina Faso, Adecia, AFC, FFEM
- Dabat M.-H., Blin J., 2011, Alimentation ou agrocarburant, faut-il choisir ?, Cirad

La production d'énergie non-renouvelable

Une énergie non-renouvelable se renouvelle dans le temps long, à une échelle négligeable pour l'humanité, elles peuvent être appelées fossiles. Elles produisent environ 80% de l'énergie mondiale (ecomet.fr) et sont la principale contribution au changement climatique.

Ces sources sont évoquées dans des centrales de secours aux solutions renouvelables intermittentes et plus globalement au système énergétique général. Toutefois le gaz naturel en cogénération est solution évoquée parfois (voir matrice).

Les principales sources sont :

- Le charbon
- Le gaz
- Le pétrole
- Le nucléaire

Avantages :

- Disponibilité
- Simple d'utilisation (combustion)
- Transport
- Efficience (énergie input / output)
- Installations et systèmes existants
- Prix

Inconvénients :

- Contribuent au réchauffement climatique
- Pollutions
- Instabilité politique mondiale
- Dépendance et spéculation

Note : aucune trace de bibliographie sur les énergies non-renouvelables délocalisée. A priori elles sont forcément centralisées puisque les sources ne sont pas diffuses dans l'espace et les circuits relativement longs.

Cogénération

« La cogénération est une technique qui permet de produire aussi bien de la chaleur que de l'électricité. La chaleur se présente sous forme de vapeur d'eau à pression élevée ou sous forme d'eau chaude. » (europa.fr).

Le principe est d'associer une chaudière brûlant du combustible (fossile, nucléaire, incinérateur…), transférant l'énergie thermique d'une part à un circuit de chauffage (réseau de chaleur, chauffages industriels ou d'infrastructures, etc.) et d'autre part à une turbine qui produit de l'électricité.

Elle existe pour toute taille d'installation de la chaudière individuelle aux centrales thermiques, le système de cogénération (hors micro-génération) est associé à un réseau de chaleur.

La cogénération permet de :

- diminuer les pertes sur le réseau électrique et améliore la sécurité d'approvisionnement ;
- favoriser l'autonomie (gestion, utilisation, approvisionnement continu) ;
- bénéficier d'une disponibilité continue avec un bon rendement énergétique ;
- réduire les GES.

Elle permet de valoriser 2/3 de l'énergie normalement perdue, mais les systèmes modernes de production de chaleur ont un meilleur rendement. Cette technologie est donc pertinente pour produire de l'électricité mais peu pour la chaleur uniquement. Toutefois c'est le besoin de chauffage qui calibre la taille et la capacité de l'installation, la production d'électricité étant un plus.

Il existe deux grands usages :

- pour les industriels (62% du parc) : la chaleur est directement utilisée dans le process et l'électricité soit autoconsommée soit revendue ;
- pour le résidentiel ou tertiaire : l'unité est située proche de logements ou bâtiments avec un chauffage soit direct soit via un réseau de chaleur.

Avantages :

- Energie rejetant moins de CO_2 que les centrales thermiques classiques ;
- Produire localement de l'électricité ;
- S'adapte en fonction des besoins ;
- Résout une partie des problèmes de fourniture d'électricité par grand froid.

Inconvénients :

- Pas forcément alimentée par des énergies renouvelables ;
- Très dépendantes des mesures de soutien public (surtout pour les grandes cogénérations) apparemment de nombreux projets ont été arrêtés, certains démantelés suite à la fin des tarifs garantis en France.

Sources :

- http://www.energystream-solucom.fr/2014/04/fiche-synthese-production-decentralisee-cogeneration/

Stockage et transport de l'énergie

Les énergies décentralisées étant pour la plupart intermittentes l'enjeu de stockage de l'énergie très important, sachant que l'électricité est très difficilement stockable.

L'enjeu de transport compte également dans le développement de telles technologies, comme la chaleur (cogénération par exemple). Pour l'énergie électrique c'est surtout des problèmes de puissance qui sont évoqués pour intégrer ces énergies dans le réseau électrique conventionnel.

La notion de vecteur énergétique est importante à cerner ici, ces vecteurs doivent être :

- Facilement stockable et transportable ;
- Avec le minimum de perte (qualité et quantité) ;
- Approprié pour l'utilisation finale.

Il existe trois principaux vecteurs :

- L'électricité, qui est le plus utilisé grâce à sa facilité d'utilisation ;
- L'hydrogène, qui est stockable avec des conversions finales sans production de GES mais peu efficient ;
- La chaleur qui perd en qualité au cours des conversions.

Stockage de l'énergie

Il existe trois besoins pour le stockage de l'électricité :

- Systèmes autonomes et portables (ordinateurs portables, téléphones, etc.)
- Véhicules tout électriques et hybrides
- Systèmes électriques stationnaires connectés au réseau

Stocker de l'énergie en situation de connexion au réseau permet de :

- Améliorer et sécuriser la gestion du réseau (ouverture des marchés, croissance des systèmes de production non pilotés par la demande)
- Permettre l'ilotage des consommateurs (ou producteurs)
- Augmenter la pénétration sur le marché des sources intermittentes renouvelables (éoliennes, solaire, etc.)
- Réduire les besoins en centrales thermiques d'appoint

On peut stocker cette énergie :

- Au niveau des générateurs (meilleur intégration du site ou du projet dans le marché)
- Au niveau du réseau de transport (souplesse pour le gestionnaire), généralement hydraulique gravitaire
- Au niveau des consommateurs : sûreté, lissage des consommations, meilleur dimensionnement, possibilité d'ilotage en cas de panne

Cette solution n'est rentable uniquement que pour des applications précises : sites isolés, coût élevé d'un arrêt (serveurs) par exemple. Mais dans la plupart des cas les coûts globaux (environnementaux) sont insuffisamment répercutés pour que ces technologies soient développées.

Toutefois le stockage de l'énergie et particulièrement de l'électricité est un défi technique. Ce stockage est assez faible pour que de nombreux acteurs le considèrent comme nul. Il est intéressant de noter toutefois que ce stockage peut agir comme effet levier pour le développement des énergies décentralisées, de plus les pouvoirs publics essaient d'orienter la recherche dans cette direction (Arc 3 et 4 de la région Rhône-Alpes par exemple).

Dans le cadre de notre matrice on peut supposer que les territoires qui réfléchissent au stockage de l'énergie portent une réflexion poussée sur l'énergie décentralisée et à son développement.

Les variables à regarder en priorité pour juger un système de stockage sont :

- L'efficacité énergétique (ou l'inverse des pertes)
- Le coût par kW produit ou kW/h produit
- Les différentes contraintes (techniques et géographiques) qui nécessitent leur mise en œuvre

Principales sources pour cette partie :

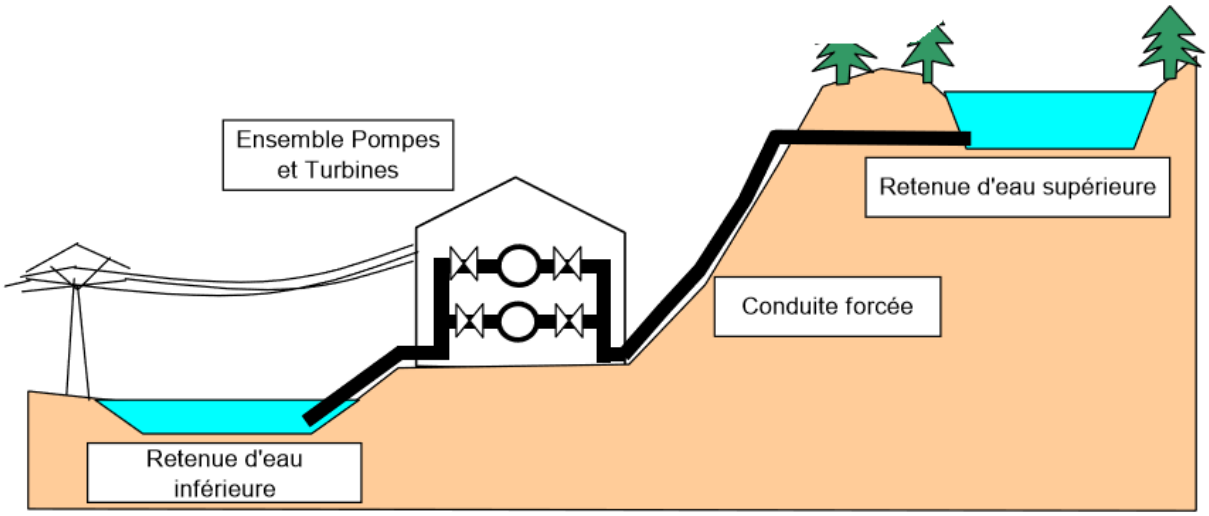
- Multon B., 2009, Stockage de l'énergie électrique pour la production décentralisée d'électricité (connectée au réseau ou en site isolé), ENS Cachan
- http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=stockage-technologies
- Multon B., Ruer J., ?, Stocker l'électricité : oui, c'est indispensable, et c'est possible !, Ecrin Entreprise et Club Energies alternatives, Paris
- Enea consulting, 2012, Le stockage de l'énergie, enjeux, solutions techniques et opportunités de valorisation, Paris, Facts & Figures

Note : on ne traitera dans ces fiches que les stockages à grandes échelles, les stockages à petites échelles (piles et batteries de voitures par exemple) ne seront pas traités à priori bien que ces systèmes soient intéressants à analyser, notamment dans les pays en développement

Hydraulique gravitaire

Généralement Stations de Transfert d'Energie par Pompage (STEP) ou centrales à pompages-turbinages.

Figure 24 : schéma d'une centrale à pompages-turbinages



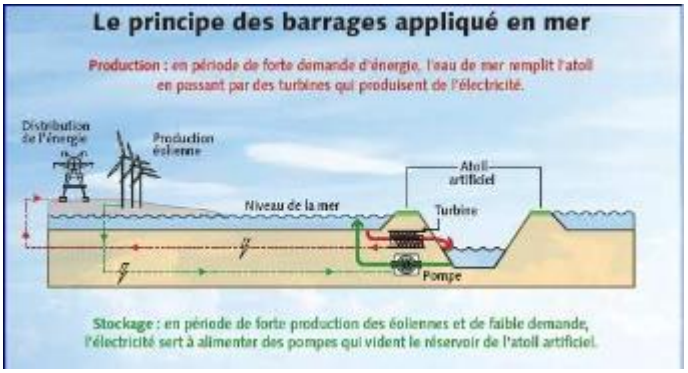
Source : Multon B., 2009

Le principe est simple l'eau est amené par pompage dans la retenue supérieure où son potentiel de pesanteur est stocké. Elle est ensuite relâchée et passe par des turbines qui produisent de l'électricité lorsque le besoin est présent.

L'énergie délivrée est fonction de la quantité d'eau et du dénivelé entre les deux retenues.

En mer deux techniques sont à l'étude et proche de la mise en œuvre :

- Avec des atolls de stockage
- Avec des lests autoflottants



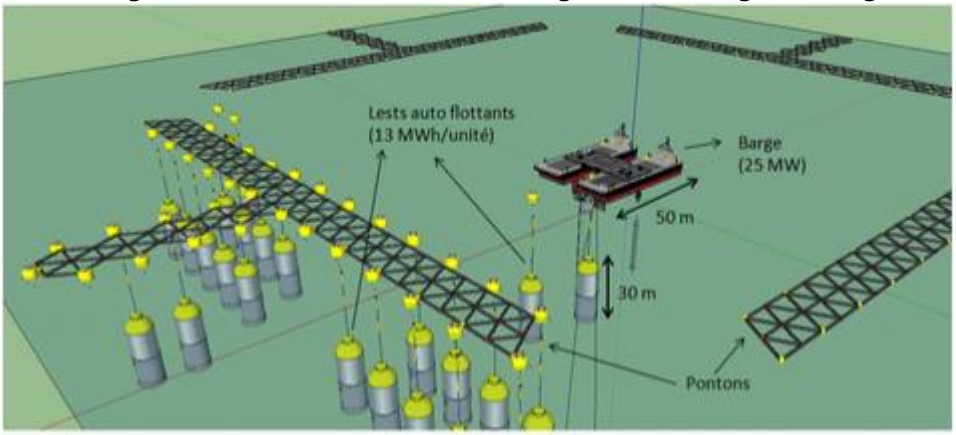
Source : energythic.com

Le principe des atolls de stockage est de crée un bassin de stockage qui est vidé au moment de la production d'électricité par les éoliennes proches. Au moment du pic de consommation, les vannes sont ouvertes et l'atoll se remplit en actionnant des turbines qui créent de l'électricité. Le rendement prévu pour cette technologie est de 80%.

Pour aller plus loin :

- Emerald Lakes (François Lempérière)
  http://www.energythic.com/usercontent/3/EN_2008.02.20_Articles_HydroPower_External_Emerald_Lakes_F.Lamperiere.pdf
  http://www.energythic.com/usercontent/3/2010.04.12_FR_Notes_EnergyStorage_EnergyThic_Stockage_energie_electrique_dans_le_nord_de_la_France1.pdf
- Un projet est en étude au Danemark
  http://www.energythic.com/usercontent/3/PaperEnergyIslandEWEC2007.pdf

Figure 25 : schéma de la technologie de stockage d'énergie cinétique par lests flottants



Source : sinkfloatsolutions.com

La technologie des lests flottants est apparemment moins avancée que celle des atolls et donc seulement en phase de R&D.

En phase de stockage, le surplus d'électricité (éolienne par exemple) est utilisé pour remonter des masses une à une qui sont stockées à 50m de profondeur depuis le fond (4000m). En phase de déstockage les lests sont relâchés et en coulant entraine le câble qui fait fonctionner le moteur qui restitue l'électricité.

Cette technique à (à priori) un cout au kW très compétitif, une efficacité élevé (entre 80 et 90%) et n'offre pas de barrière technologiques.

Pour aller plus loin :

Sink Floats solutions

http://sinkfloatsolutions.com/?page_id=25

Avantages :

- Ces techniques permettent le stockage de masse (jusqu'au GW) ;
- Sont assez simples de mise en place, technologies industrielles connues dans le cas des atolls et des lests, technologies appliquées dans le cas des STEP ;
- Sont très compétitive au $-€/kW
- Offre une efficacité très intéressante (supérieur à 80%)
- « low tech » et non-utilisation de batteries (métaux et terres rares)

Inconvénients :

- Milieu physique contraignant (dénivelé ou mer voir eaux profondes)
- Cout d'investissement très important (plus centaines de millions voir plus)
- Compétition avec d'autres usages (STEP)
- Loin des lieux de production et de consommation

Pour toutes ces raisons ces installations semblent plutôt s'intégrer dans le schéma centralisé des énergies. Toutefois dans le cadre de grosses collectivités, dans des systèmes géographiques et politiques différents et pour des installations plus modestes ces techniques semblent intéressantes.

Air comprimé

Cette technique consiste à stocker de l'air comprimé pour ensuite profiter de son pouvoir de dilatation pour actionner un générateur.

Différentes échelles techniques existent :

- A petite échelle dans des installations avec un réservoir ;
- A grande échelle dans des cavernes ou en mer profonde (1000 à 2000m)

Dans les deux cas le rendement est assez faible, inférieur à 50%. A petite échelle la capacité de stockage est assez bonne (plusieurs mois, voire année), à grande échelle la capacité de stockage est d'une douzaine d'heures maximum. Cette capacité est toutefois suffisante pour écrêter les consommations ou productions.

La compression de l'air utilise généralement un mélange électricité-gaz ce qui pondère grandement le rendement. De plus la compression libère de chaleur qui pour le moment est perdue. Des systèmes de récupération de cette chaleur sont à l'étude pour alimenter un réseau de chaleur ou un bâtiment par exemple.

Des installations de stockage à air comprimé en cavernes sont déjà en place en Allemagne et aux Etats-Unis.

Avantages :

- Technologie connue et utilisée (retour sur expérience)
- Peu polluante (pas d'émissions et de déchets)
- Peu d'usure par cycle

Inconvénients :

- Efficacité assez faible (plus élevée avec futur récupération de chaleur)
- Dépendante du milieu physique (cavernes)
- Eloignement des lieux de consommation et production (cavernes)
- Installations importantes à mettre en œuvre (cavernes)

Batteries électrochimiques à grandes échelles

Les formes et les techniques pour cette manière de stocker l'énergie sont très variées. On note principalement :

1. Stockage grâce à l'hydrogène ;
2. Batteries électrochimiques ;
3. Batteries à circulation

1) Dans le cadre du stockage grâce à l'hydrogène, le principe est de d'utiliser un électrolyseur pendant les périodes de production de l'électricité pour décomposer l'eau en oxygène (O_2) et en hydrogène (H_2). Cet hydrogène est ensuite stocké sous forme liquide ou d'hydrure métallique.

Pour la réinjection de cet hydrogène dans le circuit électrique il existe trois techniques :

- Grâce à une pile à combustible ;
- Synthétiser du gaz naturel (méthane par exemple) qui peut intégrer le réseau de gaz ou une centrale à gaz de production d'électricité ;
- Utiliser directement l'hydrogène dans une centrale à gaz à hydrogène.

L'électrolyse dégage beaucoup de chaleur (entre 20 et 50%), sa valorisation augmente la rentabilité économique et l'efficacité énergétique su système.

Avantages :

- Flexibilité de l'hydrogène (stockable et transportable) ;
- Découplage énergie-puissance, qui sont indépendante l'une de l'autre (électrolyseur pour la puissance, taille des réservoirs pour l'énergie).

Inconvénients :

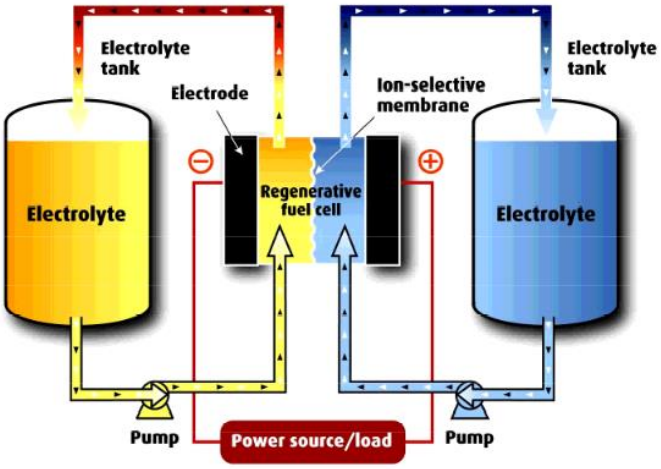
- Efficacité assez faible <40% (sans récupération de chaleur) ;
- Installations importantes, avec techniques récentes
- En cours de développement (Peu de retours)

2) Le système de stockage par batterie est similaire aux batteries au plomb utilisé dans les voitures, il existe des installations de plusieurs MW avec un ensemble de batteries en dérivation. Cette technologie a pour avantage d'être très connue et très réactive en cas de panne, elle est donc utilisée depuis longtemps pour les installations au coût élevé de dysfonctionnement.

3) Pour contourner cette limitation, la technologie a évolué vers les batteries à circulation, où l'électrolyte ne reste pas stocké sur l'électrode mais circule dans deux citernes (une pour les charges positives et l'autre pour les négatives).

Le rendement du stockage électrochimique est compris entre 70% et 90% ce qui est assez important. Toutefois l'euro par kW reste toutefois élevé.

Figure 26 : schéma du stockage de l'énergie par électrolyte



Source : smartgrids-cre.fr

Sources :

- http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=stockage-technologies
- Multon B., Ruer J., ?, Stocker l'électricité : oui, c'est indispensable, et c'est possible !, Ecrin Entreprise et Club Energies alternatives, Paris

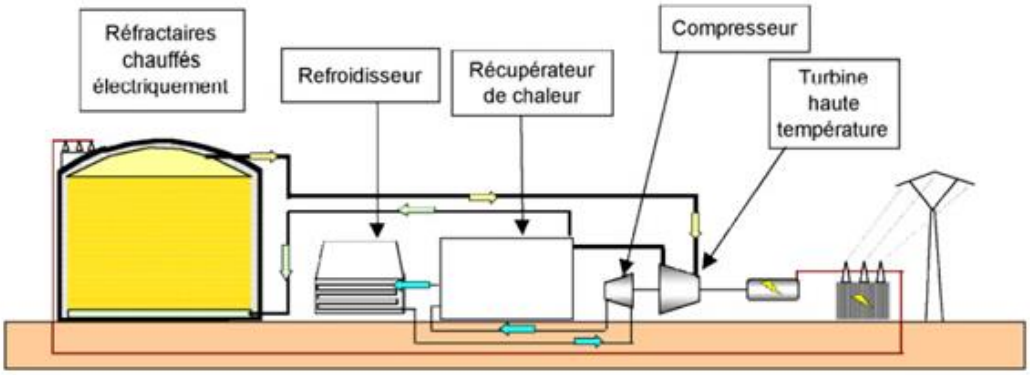
Stockage thermique (chaleur et froid)

Ces installations concernent essentiellement les secteurs industriels et tertiaires, les réseaux de chaleur et les individuels via les ballons d'eau chaude sanitaire (ECS).

Le principe est de chauffer de l'eau ou un vecteur (eau salée, matériau à changement de phase, etc.) en période creuse et de restituer l'énergie en période de pointe ou d'utilisation. Le principe du stockage de froid est de refroidir un matériau à changement de phase (généralement de l'eau) la nuit par exemple et de la restituer le jour en période de consommation et de période pleines.

Même si à une échelle individuelle ce mode de stockage est très utilisé (on estime à plusieurs gigawatts l'ensemble du réseau individuel), elle bénéficie d'un potentiel de développement important pour des échelles plus larges, bien que ces technologies commencent à se généraliser.

Figure 27 : schéma du stockage de l'énergie thermique



Source : Multon B., 2009

Transport de l'énergie

http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?rubrique=dossiers&srub=integrationenr&action=imprimer

Les trois grands vecteurs sont :

- L'électricité ;
- L'hydrogène ;
- Le thermique (chaleur et froid)

Thermique (réseaux de chaleur - froid)

La chaleur représente la moitié de l'énergie finale consommée. Le résidentiel-tertiaire compte pour 2/3 de la consommation, 80% de l'énergie consommée dans ce secteur est de la chaleur.

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend :

- Une unité de production (incinération, chaufferie, géothermie, biomasse, etc.) ;
- Un réseau de distribution primaire (via un fluide caloporteur)
- Des sous-stations d'échanges
- Un réseau secondaire (géré par le responsable de l'immeuble)
- Les bâtiments à chauffer

Figure 28 : schéma du transport de l'énergie via un réseau de fluide caloporteur (réseau de chaleur ou froid)

Coût d'investissement fortement liée au linéaire de conduite / recettes liées au nombre d'usagers

1m = 1000 ou 2000 €

Le but est donc d'optimiser le linéaire / usagers. Les immeubles et entreprises sont donc plus rentables que le pavillonnaire.

En parallèle du développement des réseaux de chaleur se développent les réseaux de froid, que l'on peut le voir comme un réseau de chaleur inversé. La chaleur du bâtiment est récupéré et transporté via un fluide caloporteur jusqu'à une centrale de refroidissement.

Cette technique permet de limiter l'impact environnemental de la climatisation surtout si le refroidissement se fait de manière naturelle avec de l'eau ou l'air (technique du freecooling).

Il est intéressant de noter que l'on parle de centralisation (à l'échelle d'un territoire) pour ces réseaux qui proposent un gain énergétique et environnemental par rapport à des systèmes décentralisés à l'échelle individuelle (climatisation et chauffages individuels). Tout est donc question d'échelle.

Le potentiel de ces réseaux est relativement important et sont très liés aux enjeux d'isolation. L'isolation efficace des bâtiments permet de toucher plus d'usagers et donc d'accroitre le rendement. Mais cela permet également de pouvoir utiliser des techniques inefficaces pour des bâtiments mal isolés comme la géothermie de surface (pompes à chaleur), puits canadiens, etc.

Transport électrique

Le transport de l'électricité et le réseau associé est très dépendant du système électrique. Ainsi par exemple en France l'électricité est fournie historiquement par des sources fiables qu'elles soient constantes (nucléaire) ou contrôlables (hydraulique). Le développement des EnR et de l'énergie décentralisée bouleverse ce constat. En effet ces sources sont souvent intermittentes et peu puissantes ce qui limite leur intégration dans le réseau.

En France le réseau est centralisé et l'électricité chemine depuis les centrales sur de longues distances pour être transformée pour pouvoir être transportée jusqu'aux clients industriels. Pour les autres clients elle a-nouveau transformée pour être en basse tension. Ce système entraine beaucoup de transport et de transformation de l'énergie, ce qui est couteux (temps et environnement) mais pour le moment mal répercuté dans les prix.

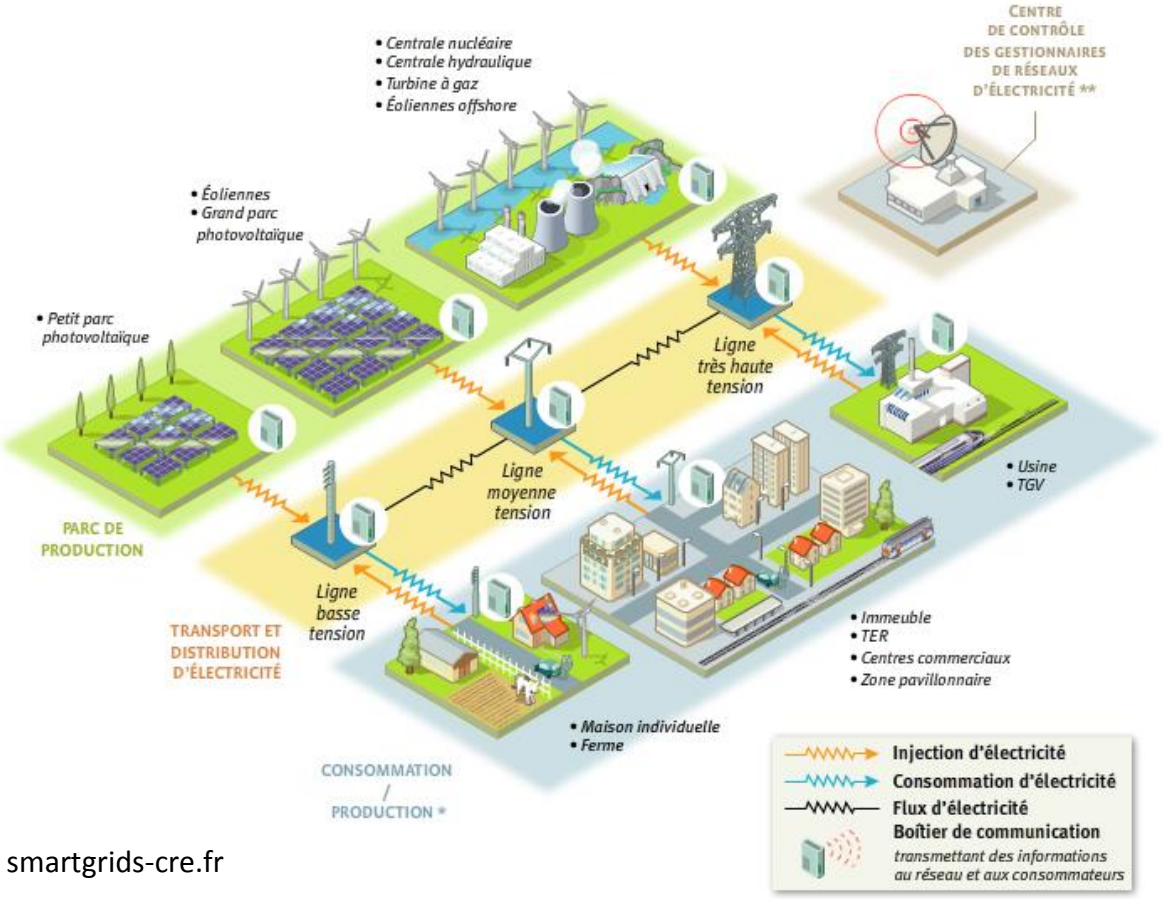
http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?rubrique=dossiers&srub=integrationenr&action=imprimer

Transport hydrogène

La production d'hydrogène à bas coût existe pour des usages industriels importants, c'est toutefois un investissement prohibitif pour de petites productions. Pour le moment les technologies existantes utilisent des énergies fossiles (gaz et pétrole). Des perspectives sont apportées et la R&D autour de l'hydrogène est très importante, ce secteur et ces technologies sont donc en évolution et des solutions sont peut-être trouvés depuis.

On rappelle qu'une économie basée sur l'hydrogène est improbable, l'hydrogène demandant plus d'énergie pour le produire qu'il ne peut en délivrer. On parle donc ici de l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur ou source de stockage, pour lesquelles il peut être intéressant, puisque liquide et aux technologies relativement bien maîtrisées.

Figure 29 : schéma d'un réseau électrique « intelligent »



Source : smartgrids-cre.fr

Partant du constat précédent (voir partie transport électricité) :

« Ces contraintes auront également pour effet de faire évoluer le système actuel, où l'équilibre en temps réel est assuré en adaptant la production à la consommation, vers un système où l'ajustement se fera davantage par la demande, faisant ainsi du consommateur un véritable acteur. » (source : smartgrids-cre.fr)

De plus le consommateur deviendra surement producteur (lignes orange sur le schéma) avec du micro-éolien/solaire/hydraulique. Ce système aura besoin d'un pilotage fin pour assurer la sécurité de la production et de la consommation. D'où le terme de « Smart », l'idée étant de s'appuyer sur les NTIC pour permettre ce développement.

Figure 30 : tableau de comparaison entre les réseaux électriques standards et les réseaux électriques « intelligents »

Caractéristiques des réseaux électriques actuels	Caractéristiques des réseaux électriques intelligents
Analogique	Numérique
Unidirectionnel	Bidirectionnel
Production centralisée	Production décentralisée
Communicant sur une partie des réseaux	Communicant sur l'ensemble des réseaux
Gestion de l'équilibre du système électrique par l'offre/ production	Gestion de l'équilibre du système électrique par la demande/consommation
Consommateur	Consom'acteur

Source : smartgrids-cre.fr

L’architecture d’un smartgrid se compose de trois niveaux :

- Acheminer l’électricité par une infrastructure classique d’ouvrages électriques (lignes, transformateurs…) ;
- Architecture de communication avec différents supports (fibre optique, GPRS, CPL…) servant à collecter les informations ;
- Applications et services utilisant l’information en temps réel (systèmes de dépannage à distance, programmes automatiques de réponse à la demande, etc.).

Consommation

Le secteur de l'énergie distingue 6 grands secteurs : industrie de l'énergie, industrie hors énergie, résidentiel, tertiaire, agriculture-pêche, transports. Ce périmètre est différent des autres statistiques (INSEE par exemple) (SOeS, 2013).

Avec la consommation ou la demande on se rapproche de l'utilisateur final / usager / consommateur / client / etc. Les facteurs socioculturels sont donc très importants. Par exemple la taille des ménagers et leur tendance à l'éclatement favorise la multiplication des petits logements ce qui a un impact sur la consommation globale et locale de l'énergie. Mais peut avoir un effet positif pour le développement des EnR. De même que la démocratisation des NTIC augmente la consommation d'énergie (recharge des appareils) mais peut caractériser une population qui sera de plus en plus enclin à utiliser les smartmeters (compteurs intelligents) par exemple.

Et pourtant comme vu précédemment c'est sur la consommation que la plupart des gains énergétiques sont à réaliser.

Pour la consommation on parle souvent de correction des variations climatiques. Cette notion intervient quand on souhaite neutraliser les facteurs exogènes, par exemple une année de grand froid. Pour cela on choisit une référence (climat moyen sur une longue période par exemple) et on estime la consommation qui aurait eu lieu avec ce climat « normal ».

Sources :

- *Note introductive sur les statistiques de consommation finale d'énergie par secteur*, Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques, Aout 2013 ;

Secteur résidentiel – tertiaire

Ce secteur consomme 40% de l'énergie finale. Le secteur résidentiel – tertiaire à 4 grands usages de l'énergie :

- Le chauffage ;
- La production d'eau chaude ;
- La cuisson ;
- Les usages spécifiques de l'électricité ou uniquement à partir d'électricité (froid, audiovisuel, lavage, informatique, éclairage…).

Pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, on parle de chaleur. Attention la réflexion et le langage est généralement « inversé ». En effet le système électrique national centralisé a permis le développement de postes de chauffages individuels décentralisés, les réseaux de chaleur sont donc un système local centralisé (Thermique (réseaux de chaleur - froid)).

Le chauffage et la production d'eau chaude compte pour les ¾ des besoins d'un logement moyen (reseaux-chaleur.cerema.fr, 2015) dont 60% pour le seul chauffage, cette catégorie représente 80% de la consommation finale des bâtiments et 35% de l'énergie finale française.

Les sources d'énergies privilégiées pour le chauffage sont l'électricité, le gaz et les produits pétroliers. Du point des énergies décentralisées cela peut intégrer :

- Le bois = 70% de l'énergie thermique renouvelable ;
- Les déchets urbains et agricoles ainsi que les pompes à chaleur offrent un potentiel de développement intéressant.

Pour les usages spécifiques et la cuisson reposent sur des comportements qui peuvent évoluer fortement et son donc à inertie faible, contrairement au chauffage et production d'eau chaude sanitaire qui sont des catégories à l'inertie élevée (couts des installations, prix de l'énergie par exemple).

Secteur Industriel

L'industrie représente 30% du bilan global de consommation d'énergie, si des efforts ont étés faits notamment après les chocs pétroliers le secteur industriel peut avoir de nombreuses consommations cachées. En effet ce secteur est de plus en soumis à la mondialisation et les délocalisations / importations ce qui implique :

- Que la France est globalement importatrice de biens (pareil pour ensemble de l'Europe ?) ;
- Exporte des produits donc l'assemblage est peu couteux en énergie mais aux matériaux énergivores produits ailleurs.

Si il ne compte que 2% de la consommation d'énergie finale le secteur agricole est essentiel à intégrer dans les approches puisque producteur de matière premières et de ressource. Il important de penser son changement de pratiques internes pour réduire ses propres consommation mais également repenser la destination de production qui aujourd'hui est essentiellement tournée vers le marché et relativement déconnecté des utilisateurs finaux.

Secteur des transports

Le secteur des transports représente 30% de l'énergie finale consommée en France et dépend à 90% du pétrole, on peut distinguer deux catégories :

- Les mobilités des personnes (2/3 des consommations) ;
- Les transports de marchandises (1/3 des consommations).

Ces deux types de transport répondent à des logiques différentes, des acteurs, des comportements et politiques assez différents sont à envisager.

Annexe 2 : méthodologie de sélection des villes

Table des matières

Méthodologie de sélection des villes 109
European Green Capital 111
European Energy Award 113
Sinfonia 116
Concerto 118

Liste des éléments identifiés :

- Initiateur / Porteur
- Destinataire / Bénéficiaire
- Candidature (dossier, etc.)
- Sélection du dossier et attribution
- Villes retenues
- Autre

Méthodologie de sélection des villes

Pour rappel notre travail doit permettre d'identifier si des contextes territoriaux sont favorables à l'émergence de la prise en compte de la décentralisation de l'énergie sur un territoire en Europe. La phase de sélection des terrains est donc la première étape de notre travail, avant de recueillir l'information (qualitative et quantitative) permettant de caractériser les systèmes territoriaux.

Notre approche a donc été de nous appuyer sur des labellisations européennes qui permettent de garantir un sérieux méthodologique et scientifique (pour plus de détail voir chaque labels et programmes). Nous nous sommes donc appuyé sur :

- Les 21 villes finalistes de l'European green capital award
- Les 73 villes « gold » de l'European energy award
- Les 58 villes du programme Concerto
- Les 2 villes initiatrices du programme Sinfonia

La sélection des villes s'est faite comme suit (en parenthèses le critère renseigné dans le tableau)

3. Toutes les villes finalistes de l'European green capital award (EGC), moins Amsterdam, Malmo et Umea
4. Pour les autres programmes, le nombre de villes étant important le critère de sélection a été affiné :
    a. Premier choix par pays, si un nombre restreint de villes est disponible pour celui-ci (pays)
    b. Un critère labels et programmes pour avoir des villes participant à différents programmes (label)
    c. Un critère géographique pour avoir des villes réparties sur le territoire national, mais également des villes aux contextes différents (géographie)

Le tableau suivant informe du critère de sélection pour chaque ville étudiée

Tableau 5 : villes étudiées et analysées via la matrice (au 05/06)

Ville		Pays	Documents utilisés	Critère de sélection
Barcelone		Espagne	Agenda 21 2012-2022	EGC
Besançon		France	Agenda 21	Label + géographie
Bruxelles		Belgique	Agendas 21	EGC
Copenhague		Danemark	EGC Application form	EGC
Dundalk		Royaume-Uni	Dundlak 2020	Pays + géographie
Dunkerque		France	PCET communautée urbain du Grand Littoral (ADEME, région nord-pas-de-Calais)	Label + géographie
Essen		Allemagne	EGC finalist report	EGC
Frankfurt		Allemagne	EGC application form	EGC
Glasgow		Royaume-Uni	EGC application form, Climate change strategy & Action plan (2010)	EGC
Hamburg		Allemagne	Climate Action Plan	Géographie
Hillerod		Danemark	Energy Action Plan, 2008	Label + Géographie
Lambeth		Royaume-Uni	Lambeth Local Development Framework (LDF) - core strategy 2011	Pays + géographie
Ljubljana		Slovénie	Sustainable Energy Action Plan, 2012	Pays
Munster		Allemagne	EGC Application form	EGC
Nantes		France	PCET, Agendas 21	EGC
Nijmegen		Pays-Bas	EGC Application form	EGC
Nuremberg		Allemagne	EGC Application form	EGC

Oslo		Norvège	EGC Finalist presentation, climate report 2013	EGC
Reykjavic		Islande	EGC Application form	EGC
Stockholm		Suède	EGC application form	EGC
Tour		France	PCET	Label + géographie
Turin		Italie	Torino action plan for energy, 2012 ; Torino smart city,	Label
Vitoria-Gasteiz		Espagne	EGC application form	EGC
Zaragoza		Espagne	EGC application form	Label

Source : Louvel N., 2015

European Green Capital

L'European Green Capital Award (Prix de la capitale verte de l'Europe) est décerné par la commission européenne à une ville européenne, il a pour but d'encourager les villes à prendre en compte l'environnement dans les aménagements urbains.

Initiateur / Porteur

Commission européenne et Union européenne

Destinataire / bénéficiaire

- Le prix est ouvert aux pays membres de l'Union Européenne, les pays candidats (Ancienne République Yougoslave de Macédoine (ARYM, *FYROM* en anglais), Islande, Monténégro, Serbie et Turquie) ; au Liechtenstein, à la Norvège et la Suisse ;
- Toutes les villes de plus de 100 000 habitants des pays de la liste sont éligibles (ou la plus grosse ville pour les pays n'ayant pas de ville de plus de 100 000 habitants) ;
- Une « ville » est considérée comme une aire urbaine, à l'exception des aires métropolitaines, des zones urbaines plus larges et des périphéries. Ce sont des unités administratives gouvernées par un Conseil municipal ou une autre forme de représentants élus ;
- Les villes gagnantes ne peuvent pas se présenter dans les 10 ans.

Candidature

Les villes sont jugées sur 12 indicateurs :

- Changement climatique : atténuation et adaptation ;
- Transport local ;
- Espaces verts urbains et occupation du sol ;
- Nature et biodiversité
- Qualité de l'air ;
- Qualité sonore de l'environnement ;
- Production et gestion de déchets ;
- Gestion de l'eau ;
- Traitement des eaux usées ;
- Eco-innovation et emplois durables ;
- Performance énergétique ;
- Gestion intégrée de l'environnement.

Pour chacun de ces indicateurs elles doivent remplir un formulaire décrivant :

- La situation actuelle ;
- Les mesures prises depuis 5 et 10 ans ;
- Les objectifs sur le court et le long terme et proposé une approche pour les atteindre ;
- Comment les informations peuvent être obtenues et les liens ;
- Les bonnes pratiques.

Sélection du dossier et attribution

Un panel de 12 experts (1 pour chaque indicateur) certifie les informations communiquées, avec une évaluation quantitative et qualitative. Les experts proposent une sélection de villes retenues qui présentent leur plan d'action et leur stratégie de communication à un jury qui délibère et annonce la une liste restreinte de villes (les finalistes), le gagnant étant annoncé après passage oral devant le même jury.

Le jury est composé de :

- La direction générale à l'Environnement de la Commission Européenne ;
- La commission à l'Environnement, santé publique et sécurité alimentaire (ENVI) ;
- Le comité des régions ;
- L'agence européenne pour l'environnement ;
- Le Conseil international pour les initiatives écologiques locales ;
- Le Bureau européen de l'environnement ;
- La Convention des maires

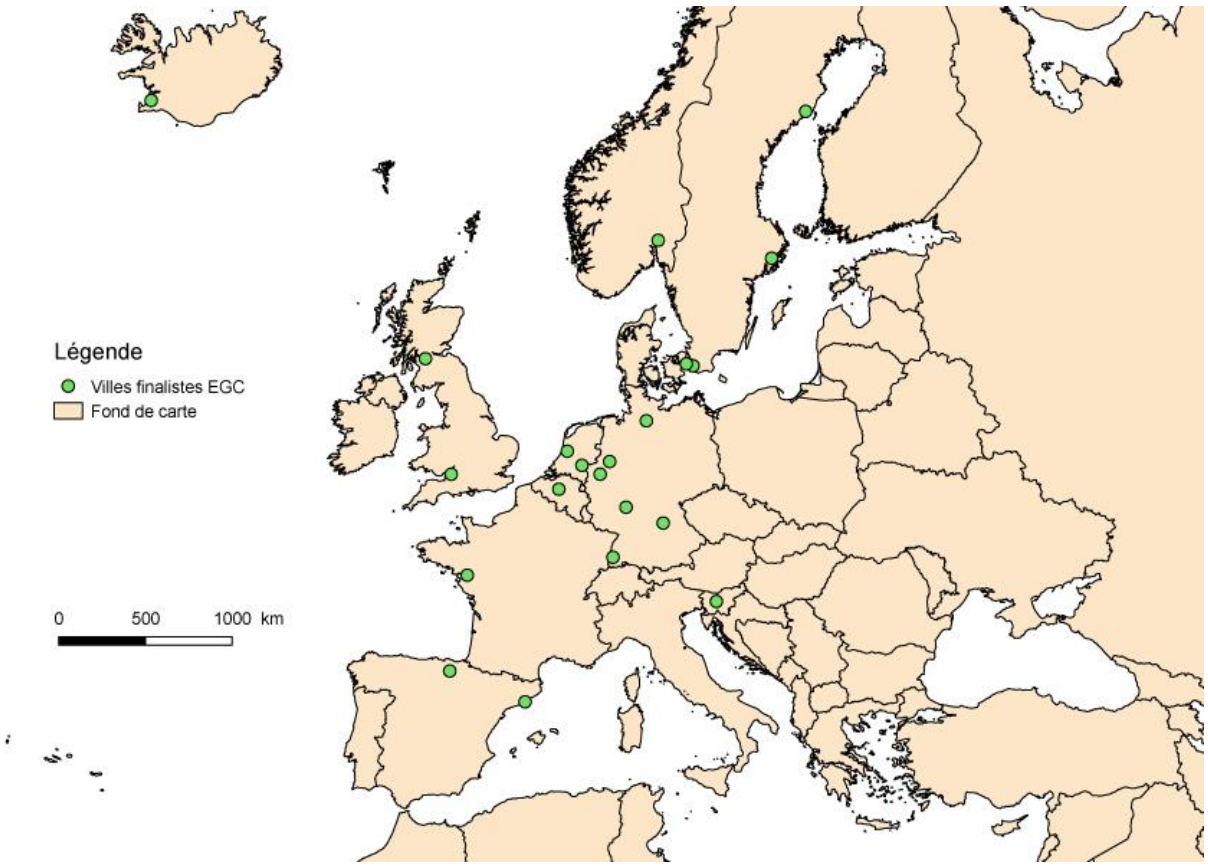
Villes retenues

Figure 31 : liste des communes finalistes (21)

Amsterdam	Brussels	Frankfurt	Hamburg	Münster	Nuremberg	Stockholm
Barcelona	Copenhagen	Freiburg	Ljubljana	Nantes	Oslo	Umeå
Bristol	Essen	Glasgow	Malmö	Nijmegen	Reykjavík	Vitoria-Gasteiz

(En vert les villes Gold, en blanc les finalistes) Source : Louvel N., 2015

Carte 3 : carte des villes finalistes de l'European Green Capital



Réalisation : Louvel N., 2015
Source : http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital

Site internet :

- http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/index.html
- Experts : http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/applying-for-the-award/evaluation-panel/index.html
- Jury : http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/applying-for-the-award/the_jury/index.html

European Energy Award

Depuis 2003, le label European Energy Award récompense les collectivités qui sont engagées dans un processus de management de la qualité, appliqué à la mise en œuvre de leur politique de l'énergie au niveau de leur territoire. (ADEME.fr)

Initiateur / Porteur

European Energy Award et le logo sont des marques déposées par international office european energy award GmbH.

MEDEEA (Mediterranean Implementation of the European Energy Award®) was an EU project funded by the MED (Europe in the Mediterranean) programme. Mais pas de trace de l'UE sur le reste de la doc.

Ce label se décline sur chaque pays membre avec des statuts différents :

- Allemagne, *European Energy Award Germany*
- Autriche, *e5 Austria*
- France, *Cit'ergie*
- Italie, *ARE Liguria* (collectivités) *et SPES Consulting* (entreprises)
- Lichtenstein, (intégré à la Suisse)
- Luxembourg, Pacte Climat
- Monaco, (intégré à France, mais essaie de développer son label)
- Suisse, Cité de l'énergie (Energiestadt, Città dell`energia).

Destinataire / Bénéficiaire

Villes moyennes à priori

Sélection / attribution

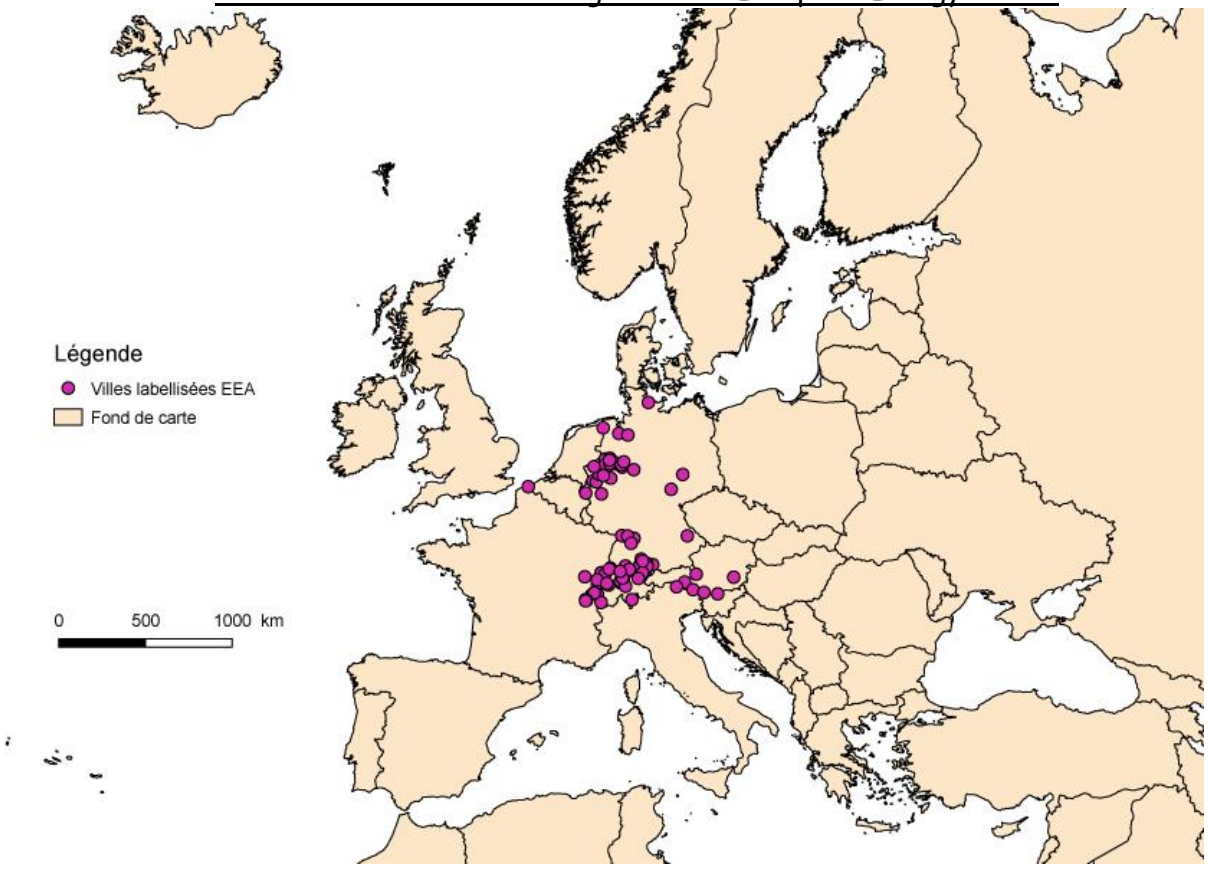
- la collectivité s'engage et s'enregistre au niveau national/régional (en France l'ADEME) ;
- elle forme ensuite une équipe d'ambassadeurs (élus, techniciens, habitants, propriétaires…) ;
- l'équipe avec l'aide de l'échelon national font un diagnostic AFOM et des mesures déjà mises en œuvre ;
- elle propose un calendrier de mise en œuvre d'action ;
- la collectivité réalise ;
- l'équipe, le conseiller (ADEME) et un auditeur font un diagnostic interne tous les ans, si cet audit montre que la collectivité a réalisé plus de 50% des actions un audit externe est réalisé tous les 4 ans par deux auditeurs ;

- les collectivités qui ont réalisés 50% de leurs actions ont l'European Energy Award et les collectivités qui ont réalisés plus de 75% European Energy Award Gold.

Les villes retenues

Les villes retenues, sont les villes ayant reçues la labellisation « Gold » de la part des auditeurs.

Carte 4 : carte des villes « gold » de l'European Energy Award



Réalisation : Louvel N., 2015
Source : http://www.european-energy-award.org

- http://www.european-energy-award.org/fileadmin/Documents/Benchmark_2013.pdf

Site internet

- http://www.european-energy-award.org/home/
- Pays : http://www.european-energy-award.org/participating-countries/

Autre

Un catalogue proposant 79 mesures énergétiques et climatiques est à disposition des collectivités dans les domaines : du développement territorial, du bâtit et des équipements municipaux, de l'approvisionnement et de la distribution, de la mobilité, de l'organisation interne, de la communication et de la coopération.

Liens possibles et encouragés avec Smart cities et la convention des maires.

Sinfonia

- Initiateur / Porteur
- Destinataire / Bénéficiaire
- Candidature (dossier, etc.)
- Sélection du dossier et attribution
- Villes retenues
- Autre

SINFONIA est un projet sur 5 ans pour déployer à grande échelle des solutions énergétiques intégrées et évolutives pour les villes moyennes.

Axe 4 - Une large part du projet vise à la transférabilité et l'évolutivité des solutions déployées par les villes pionnières. Pour achever cet objectif le projet défini une typologie de quartiers et des modèles de rénovations correspondants pour évaluer facilement leurs besoins et définir efficacement leur stratégie de remise en état.

Initiateur / porteur

L'initiative de ce projet est une coopération entre les villes de Bolzano et Innsbruck. Le projet est soutenu financièrement par l'UE.

Destinataire / bénéficiaire

Le programme vise les villes moyennes européennes, l'idée est de favoriser le retour d'expérience et la transférabilité des solutions. A priori la seule limite pour une ville est de se trouver dans l'UE, je pense qu'il y a une limite max et sup en nombre d'habitants. De plus il y a une sélection forte en tout cas le nombre de ville adhérant au programme est très limité.

Candidature

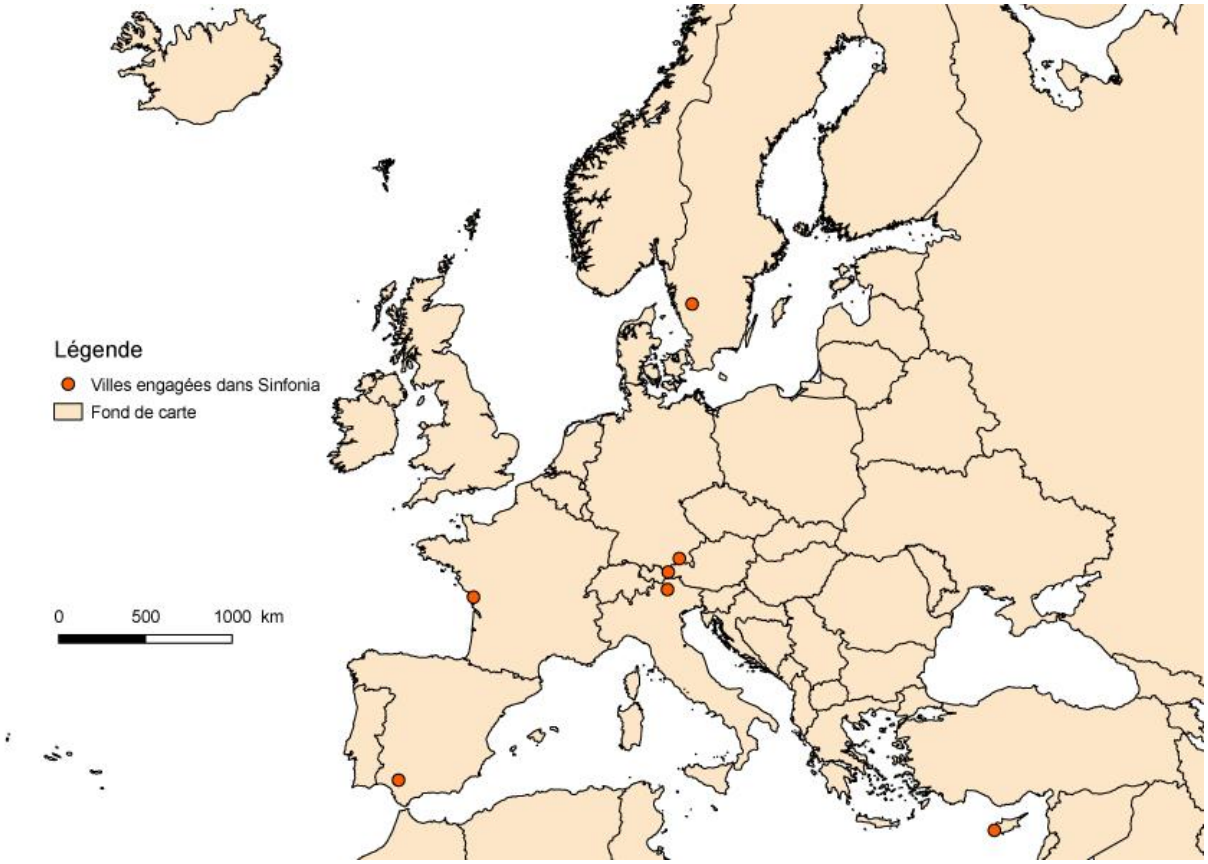
Pour le moment l'heure est au développement du projet, les candidatures ont donc l'air d'être ouvertes mais elles sont toutefois sélectionnées.

Sélection du dossier

Villes retenues

- Initiateurs : Bolzano et Fribourg
- Nouvelles villes : Boras, Pafos, La Rochelle, Sevilla (peu d'infos pour le moment)

Carte 5 : carte des villes du programme Sinfonia



Réalisation : Louvel N., 2015
Source : http://www.sinfonia-smartcities.eu

Site internet

- http://www.sinfonia-smartcities.eu/
- http://www.sinfonia-smartcities.eu/en/replication

Concerto

- Initiateur / Porteur
- Destinataire / Bénéficiaire
- Candidature (dossier, etc.)
- Sélection du dossier et attribution
- Villes retenues
- Autre

Initiateur / porteur

A l'initiative de la Commission Européenne dans le cadre du Programme Européen de Recherche (European Research Framework Programme) […] il vise à démontrer que l'optimisation énergétique de quartiers ou de collectivités dans leur ensemble est plus rentable que l'optimisation de chaque bâtiment individuellement. (trad. Louvel N., 2015 http://concerto.eu/concerto/about-concerto.html)

Destinataire / bénéficiaire

Le programme a été porté sur 58 villes dans 22 projets dans les 23 pays membres impliqués dans le programme.

Candidature (dossier ?...)

Sélection des villes

Chaque projet à le sien (en fonction des objets (villes, quartiers, bâtiments…)), l'information n'est pas clairement explicitée, on sait juste parfois que le site a été retenu parmi X sites.

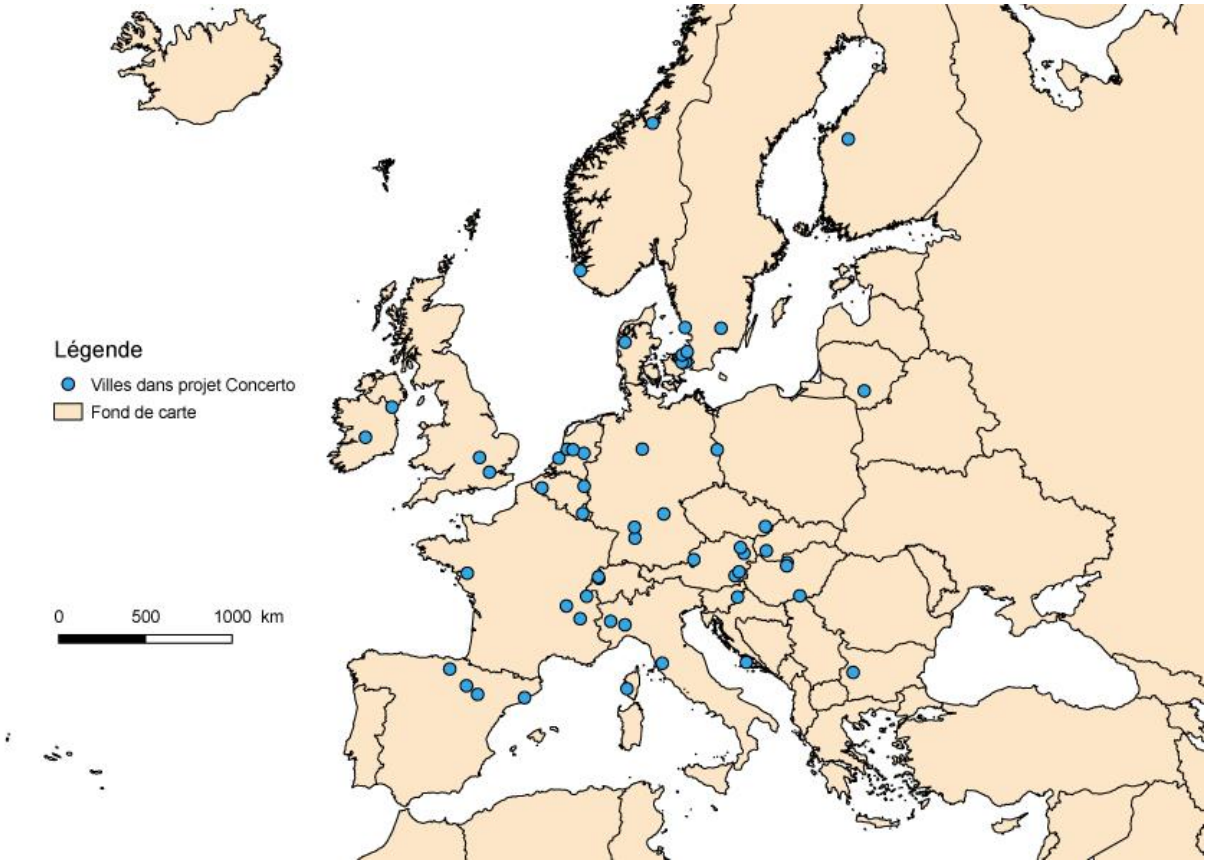
Villes retenues

58 collectivités sont impliquées dans 22 projets :

Ajaccio	Hannover	Montieri	Szentendre
Alessandria	Hartberg	Mórahalom	Trondheim
Almere	Heerlen	Nantes	Tudela
Amsterdam	Helsingborg SE / Helsingør	Neckarsulm	Tulln
Amsterdam Noord	Hillerød	Neuchâtel North	Turin
Apeldoorn	Høje-Taastrup	Tipperary	Valby
Birštonas	Hvar	Óbuda	Växjö
Cerdanyola del Vallès	Kortrijk	Ostfildern	Viladecans
Cernier	Lambeth	Redange	Vitoria-Gasteiz
Delft	Lapua	Salzburg	Weilerbach
Dundalk	Lyon	Sandnes	Weiz / Gleisdorf
Falkenberg	Måbjerg	Slubice	Zagorje
Galanta	Milton Keynes	Sofia	Zaragoza
Geneva	Mödling	Stenløse	Zlín

Grenoble

Carte 6 : carte des villes faisant parties du programme Concerto



Réalisation : Louvel N., 2015
Source : http://concerto.eu/concerto/about-concerto.htm

Annexe 3 : fiches réalisées par ville pour le benchmark

Fiche synthèse de Besançon

Sources (documents utilisés) :

- Agenda 21

Types de projets (colonne)

- Plan d'action, stratégie et coordination de l'action publique (PCET, convention des maires, bilan carbone, études et diagnostics, concours et labels…) ;
- Bâtit et tertiaire
  - Soutien financier à la construction de bâtiment à haut niveau de performance énergétique (BBC)
  - Eclairage public & consommation électriques internes (plan, actions, bilans, etc.) ;
  - Optimisation du patrimoine (rationalisation, généraliser HQE, consommation d'eau chaude)
  - Performance du bâtit (conditionner emprunts pour BBC, environnement dans l'urbanisme, généraliser BBC dans rénovation urbaine, BBC pour zones *à urbaniser* (PLU), favoriser énergie positive, formation et sensibilisation)
  - Système de chauffage
  - Promotion de l'habitat groupé
- Transport et déplacements
  - Restructuration réseau (tramway, bus, haltes ferroviaires, Transport à la demande, adapter bus pour spectacles, intermodalité) ;
  - Déplacements doux (sécurité (lampes, voies…), arceaux, parking itinérant pour manifestations, aider à VAE, VéloCité)
  - Covoiturage (plateformes de covoiturage, « points Stop »)
  - Plateforme de livraison avec véhicules et vélos électriques
  - Déplacements privés (PDE, PDEtabScolaire, réduire utilisation véhicules, formation et sensibilisation)
  - Soutient à une agriculture de proximité
- Production EnR
  - Plaquette (bois-énergie)
  - Production EnR du patrimoine communal (bilan, micro-éolien, EnR, étude)
  - Valorisation du biogaz
- Sensibilisation
  - Conseiller technique pour communes n'ayant pas de service énergie
  - Programme d'éducation (maisons de quartier, université citoyenne, formations internet, échanges avec Freiburg)
  - Programme de communication
  - Formation
  - Exemplarité des commandes publiques (papiers recyclés, bois local, écomobilier, etc.)
  - Précarité énergétique (micro-crédits)

Fiche synthèse de Barcelone

Sources (documents utilisés) :

- Agenda 21 2012-2022, *Citizen commitment to sustainability 2012-2022*
  http://www.sostenibilitatbcn.cat/index.php/angles

Types de projets (colonne)

- Aménagement
  - Développer la logique des super-îlots
- Transport
  - Développer la marche à pied, signalisation, voies piétonnes, routes scolaires (sécurité)
  - Développer le vélo, agrandir le réseau de pistes cyclables, améliorer les accès aux transports publics, aux bâtiments publics, augmenter la sécurité, développer le service de location, intégrer le vélo dans le réseau de transport
  - Développer le Métro, les lignes de bus, favoriser les stations et les liaisons intermodales, développer les bus de nuit, rendre les transports en commun abordables pour tout le monde, développer les voies réservées pour le bus
  - Dissuader l'utilisation des véhicules privés, augmenter les zones à 30km/h, créer des parkings périphériques, promouvoir l'éco-conduite
  - Tester une plateforme de distribution dernier kilomètre avec vélos et véhicules électriques, standardiser les zones de livraisons et les parkings pour les PL
  - Création de zones à circulation limitée pour les véhicules polluants
  - Remplacer la flotte de bus et introduire plus d'EnR dans l'électricité du Métro
  - Introduire des véhicules électriques
- Bâti
  - Isolation des bâtiments publics existants, améliorer les qualités thermiques et lumineuses, utiliser des équipements efficients et installer de la production (solaire)
  - Panneaux solaires (PV et/ou thermique) sont obligatoire pour les nouveaux bâtiments construits en ville
- Production
  - Poursuivre le Plan d'amélioration énergétique
  - Programme d'installations solaires et éoliennes
  - Valorisation accrue de la biomasse et poursuite des efforts dans le traitement des déchets
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur introduit sur un quartier à partir d'incinération de déchets
- Smart-City
  -
- Communication / sensibilisation
  - Promouvoir l'utilisation du vélo chez les jeunes, développer des initiatives pour promouvoir le vélo (ateliers, séminaires, entrainements, formations)
  - Augmenter la prise de conscience du besoin d'isolation des bâtiments
  - Améliorer le réseau d'information et accroitre la participation citoyenne

Fiche synthèse de Bruxelles

Sources (documents utilisés) :

- Agenda 21

Types de projets (colonne)

- Bâti
  - Surveiller les consommations d'énergie électrique et gaz des bâtiments communaux (comptabilité énergétique, compteurs énergétiques)
  - Procédure d'intervention *Utilisation Rationnelle de l'Energie* (URE), détection des bâtiments anormalement énergivores, détection des points faibles techniques de ces bâtiments (toiture…), détection des points faibles humains (règlement intérieur, responsabilisation répressive, ordre de service…)
  - Réglementer les systèmes de refroidissement et de réchauffement (climatisation, chauffage d'appoint, rideau de chaleur…)
  - Mettre en œuvre le plan lumière
  - Rénover les systèmes de chauffage (chaudières à condensation)
  - Effectuer une thermographie des bâtiments de la régie foncière et en informer le cadastre
  - Toitures et façades vertes
  - Charte qualité pour les logements neufs, amélioration thermique des bâtiments, préconisation de la ventilation double flux
- Production
  - Installation de panneaux solaire PV et thermique
  - Favoriser la cogénération
  - Achat d'électricité 100% EnR pour la ville et le CPAS
  - Mettre en place une politique d'intervention rationnelle de l'énergie
- Transport (mobilité)
  - Plan communal de mobilité
  - Mettre en œuvre plan de déplacement entreprise
  - Soutenir plans de déplacements scolaires
  - Etendre les zones 30 et renforcement des contrôles
  - Etendre zone piétonne en centre-ville
  - Augmentation du nombre de bornes électriques (vélo + voitures)
  - Amélioration de la vitesse des transports en commun (voies spécifiques, signalisation)
  - Favoriser déplacements cyclistes (libre-service, facilitation du stationnement, infrastructure, entretient voirie)
- Smart city
- Sensibilisation /communication
  - Sensibiliser aux économies d'énergie (habitants, usagers de la ville, employés et personnels)
  - Valorisation des déplacements doux et solutions alternatives communication : zones 30, zones piétonnes, co-voiturage, chargement électrique (vélo et voiture), améliorer vitesse des TC
  - Cellule Energie du CPAS, guidance et aide sociale financière

Fiche synthèse de Copenhague

Sources (documents utilisés) :

- Copenhagen Application (all parts)
  http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/winning-cities/2014-copenhagen/copenhagen-application/index.html

Types de projets (colonne)

- Production
  - Remplacement du charbon par les EnR dans les centrales de cogénération à biomasse la plupart déjà réalisées (fuel et gaz naturel uniquement dans le cas de pics)
  - Usine d'incinération de déchets plastiques
  - Développement de l'éolien terrestre et marin
  - Développement et encouragement à l'installation de solaire PV et thermique
  - Développement de la géothermie de surface pour le réseau de chaleur et intégration de températures basses dans le réseau
  - North Harbour : réseau de refroidissement
- Transport
  - Amélioration des infrastructures cyclables (pistes et parkings)
  - Amélioration du transport en commun (lignes, arrêts, fréquences)
  - Introduction d'un péage urbain pour les véhicules polluants et taxes de parking x3 et système d'abonnement pour les habitants
  - Remplacement du parc automobile communal (hydrogène et électricité)
  - Construction d'une ligne métro circulaire autour de la ville
- Bâtit
  - Rénovation du parc communal existant (isolation, ventilation, chauffage, eau chaude)
  - Augmentation des standards pour la construction de bâtiments communaux neufs
  - Budget municipal pour la rénovation du vieux bâtit
  - Remplacement des lampadaires
- Industrie
  - Coopération avec entreprises ayant un programme de réduction de leurs consommations
- Smart city
  - Au sein du projet de North Harbour : smart Energy, maisons intelligentes,
- Transport de l'énergie
  - Réseau de chaleur (98% des logements reliés)
- Mobilisation et information citoyenne
  - Programme de sensibilisation en écoles et collèges
  - Campagnes de sensibilisation (transports en commun, vélo)

Fiche synthèse de Dundalk

Sources (documents utilisés) :

- Dundalk 2020

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - intégration des logements proches des services de proximités
  - optimisation de la flotte de véhicules municipaux,
  - former et sensibiliser à l'éco-conduite,
  - Développement des véhicules électriques (voitures, scooters et vélos)
  - Elargissement du réseau de pistes cyclables et développement du vélo (pistes, parkings,
- Bâti
  - Elévation des standards de construction, rénovation des systèmes de chauffage (chaudière à gaz), rénovation des isolations ;
  - Participation du secteur privé : hôpital, hôtels et hôtels de luxe, patinoire
  - Renouvellement des chaudières, installation de chaudières à gaz ;
- Industrie
  - Soutient à l'amélioration des procédés industriels de la grosse industrie,
  - Développement d'un procédé d'évaluation à destination des entreprises (*s'engager, identifier, planifier, prendre des mesures, évaluer*)
  - Soutient à la création de partenariats publics-privé, créer un pôle d'excellence énergétique ;
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur, copeaux de bois à partir de forêt
- Production
  - Bois-énergie
  - EnR pour les lampadaires
- Smart-city
  - Installation de compteurs intelligents, écran d'affichage des consommations à domicile,
  - Développement de la recherche pour étudier les connections entre maisons intelligentes, création d'un micro réseau intelligent,
- Sensibilisation / communication / participation
  - Travail de coopération avec entreprises
  - Création d'un comité à l'énergie pour conseiller et informer les entreprises, les particuliers…
  - Travail avec les écoles pour apprendre les bonnes pratiques,

Fiche synthèse de Dunkerque

Sources (documents utilisés) :

- PCET Grand Littoral, 2012

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Transport agents (PDAdministrations, veille nouvelles motorisations, co-voiturage, outils de communication)
  - Connaissances interactions urbanisme-climat (déterminants locaux, formes urbaines / mobilité, préconisations fiscales et juridiques),
  - réseau de TC (mise en place, aménagements sites propres, multimodalité)
  - Modes doux (entretien pistes cyclables, programme d'action spécifique, communication, plate-forme mobilité)
- Industrie
  - Conceptions des ZA (cahier des charges pour cession, plan de desserte énergétique)
- Bâti
  - Eclairage public (Etat des lieux, schéma d'éclairage, programme d'investissement)
  - Bâtiments (nouveaux projets doivent être BBC puis seront passifs, étude du patrimoine existant, opérations de rénovation, achats groupé d'EnR)
  - Révision du référentiel HQE
  - Moduler les aides en fonction de l'ampleur des travaux de rénovation (isolation, chaudière)
  - Aides financières à l'isolation des bâtiments et de systèmes de chauffage
  - Aider industrie de l'hébergement à faire des diagnostics environnementaux et énergétiques
  - Favoriser le partage d'expériences et bonnes pratiques pour les artisans et entreprises du bâtiment
- Transport (énergie)
- Production
  - Etude gisement de production
  - Contrats énergétiques et groupement de commandes pour les bâtiments publics, initier une comptabilité énergétique dans les collectivités
  - Aides financières à l'installation d'EnR
- Mobilisation et information citoyenne, sensibilisation
  - Espace d'information sur la mobilité
  - Guichet d'information, de conseils et d'aide financière sur l'habitat et l'utilisation de l'énergie
  - Outil d'évaluation de l'empreinte écologique
  - Formation d'acteurs relais, familles témoins

Fiche synthèse de Essen

Sources (documents utilisés) :

- Dossier de candidature EGC 2017

Types de projets (colonne)

- Bâti
  - Réduction de la consommation des quartiers grâce aux EnR et valorisation des déchets (processus continu)
  - Programme de rénovation de façades (isolation), public et privé (financements), coopération avec association municipale du logement
  - Labellisation énergétique des bâtiments lors de la vente (privé) et des bâtiments publics
  - Raccords de quartiers au réseau de chauffage urbain
  - Augmentation des standards de construction pour les bâtiments publics
  - Programme de rénovation des bâtiments publics existants (chauffage, ventilation et production)
  - Conversion des lampadaires urbains
  - Création d'une thermographie des bâtiments pour connaitre les bâtiments les plus faibles
  - Installation et suivi de systèmes expérimentaux de stockage de l'énergie (batteries)
- Industrie
  - Lancement d'Okoprofit (Ecoprofit) : partenariat visant à réduire les coûts de l'énergie notamment, ateliers avec experts, bonnes pratiques, échanges…
  - Poursuite et renforcement d'Okoprofit
- Transport
  - Promotion du vélo et de la marche, création de pistes cyclables, embellissement centre-ville (pour attirer des résidents et éviter migrations pendulaires)
  - Création d'un train urbain autour de la ville (en cours de construction)
  - Développement des pistes cyclables et de leur connexion (processus continu)
  - Système de location de vélos
  - Achats de nouvelles rames de trame et de bus hybrides
  - Stations de gaz naturel et stations de recharges électriques
  - Création de routes cyclables pour les VAE et ouverture de voies spécifiques aux vélos
  - Système d'auto-partage
  - Développement des vélos électriques (recharge, subventions, pistes améliorées)
  - Train intercités (partenariats des villes pour avoir train permettant le déplacement des travailleurs)
- Production énergie
  - Utilisation de la géothermie de surface et valorisation des déchets pour le chauffage urbain (processus continu)
  - Développement des EnR, solaire PV et thermique, éolien (fermes et parsemé)
  - Remplacement des anciennes chaudières au fuel et charbon pour le chauffage urbain (majorité déjà réalisée)
  - Achat d'EnR pour les besoins communaux (création d'une demande)
  - Produire de l'énergie avec centrales de récupération de l'eau usée
  - Centrales à biomasse (méthane) et d'un nouvel incinérateur
- Transport énergie

- Développement du réseau de chaleur alimenté par cogénération de valorisation de déchets (incinérateur)
- Création d'un plan d'utilisation et de transport de la chaleur

- Information / communication
  - Création d'une agence dédiée à la communication, la sensibilisation et la formation aux bonnes pratiques et informations, aide à trouver financement et conseil sur les choix architecturaux
  - Lancement du *klima|werk|stadt|essen working group*, groupe de travail regroupant municipalité / université / entreprises qui propose un plan d'action et des solutions (sur la mobilité, les bâtiments, les énergies renouvelables, le développement urbain) (130 actions dans le projet)
  - Financement participatif d'EnR (solaire) avec suivi des projets financés de cette manière par le citoyen, habitants qui proposent leur toit
  - Travail avec écoles, habitants et entreprises pour communiquer et échanger et rendre visible les actions engagées
- Lien avec autres collectivités
  - Intégration et réflexion avec les autres collectivités (villes, région, Etat, UE) en matière de transport notamment pour comprendre et agir sur les logiques des personnes extérieures

Fiche synthèse de Frankfort

Sources (documents utilisés) :

- EGC application form, energy performance, transport and climate change

Types de projets (colonne)

- Transport
  - Objectifs d'optimisation et développement du réseau existant de transports en communs
  - Encouragement de la marche, zones piétonnes ou aménagées, signalisation adaptée (séquences des feux de signalisation), promotion de zones lentes pour scolaires
  - Encouragement vélo, bureau du vélo, plateforme en ligne pour reporter déficiences du réseau, augmentation du réseau (50 km réalisés entre 2010 et 2011), séquence des feux de signalisation (poursuite des mesures)
  - Promotion de la mobilité électrique (voiture et vélos), augmenter le nombre de points de recharge
  - Travail avec les 5 réseaux de bus pour réduire les émissions de carbone et augmenter la part d'EnR
  - Le métro et les trams fonctionnent à l'EnR depuis 2011
  - Développement des transports en commun, développer des voies spéciales bus, introduire des tarifs réduits (jeunes ou âgés)
  - Introduction d'un péage urbain, étendre les zones 30, réduire le nombre de places de parking,
  - augmentation du nombre de lignes de métro et tram, étendre le train, augmenter la vitesse d'une voie de tram, rouvrir une voie de tram, étendre et relier des voies de tram (maillage du réseau)
  - Restriction de la vitesse en ville, interdiction aux camionnettes (<3,5 tonnes) sur routes avec restriction d'ozone, augmentation de la restriction du péage urbain
  - Système de navigation (application et site internet) pour calculer trajet multimodal en temps réel
  - Soutien financier aux employés municipaux pour utiliser modes alternatifs
  - Promotion d'un aménagement urbain plus dense
- Bâti
  - Réduction de l'électricité et de la chaleur utilisée dans bâtiments privés (logements et services)
  - Etendre le réseau de chaleur
  - Promotion de stations de productions décentralisées pour les logements (clés en main)
  - Utiliser EnR notamment biomasse à partir des déchets
  - Nombreux bâtiments publics avec standards passifs, unités de production décentralisées
  - Coopération avec banques et fonds d'investissements pour développer des bureaux d'affaires efficients, en parallèle d'un plan de construction de tours (high-rise framework plan)
  - Programme de rénovation des bâtiments publics lancé et poursuivi depuis 1997
  - Tous les nouveaux bâtiments publics doivent être construits comme passifs, ce standard fait partit également du programme de rénovation, toutes construction sur parcelles municipales également
  - Programme de développement des bâtiments passifs (privés et publics), hôpital, rénovation de bâtiments historiques

- Industrie
  - Concentrer les efforts sur les serveurs et les technologies de l'information (IT)
    - Regrouper les serveurs municipaux
    - Procurer des composant résistant à la chaleur (et donc réduire le besoin de climatisation)
    - Essayer de promouvoir et introduire autant que possible une climatisation naturelle (air) du réseau et des serveurs
- Transport énergie
  - Réseau de chaleur alimenté par biomasse, incinération et cogénération au charbon
- Production
  - Cogénération au charbon et gaz naturel
  - Essentiellement incinération (200 GWh)
  - Solaire PV et thermique
  - Hydroélectricité
  - Avec des projets de développement essentiellement par la biomasse et dans une moindre mesure éolien et solaire PV
  - Les projets de biomasses et incinération sont à cogénération
  - Un programme de rénovation est lancé pour pouvoir intégrer dans les chaudières : agrocarburants, vieux bois, déchets domestiques et industriels et eaux usées
- Smart city
  - Introduction et développement de familles test pour l'utilisation de compteurs intelligents avec consommation pilotable à distance (smartphone)
- Sensibilisation / communication / participation
  - Communication, réseau de compagnies impliquées (grandes compagnies, PME et artisans)
  - Publication en ligne des consommations énergétiques et des couts associés par les bâtiments publics
  - Partage de l'expérience de l'entreprise publique en charge des rénovations et constructions aux architectes, aménageurs, municipalités…
  - Campagne d'information et de promotion de la mobilité électrique (vélos et voitures)
  - Création de postes de conseillers mobilité pour sensibiliser les habitants et donner des informations sur les prix, solutions et modes de transport

Fiche synthèse de Glasgow

Sources (documents utilisés) :

- Climate change strategy & Action plan, 2010
- EGC application
  https://www.glasgow.gov.uk/index.aspx?articleid=5072

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Etablir le plan de transport et produire une stratégie pour le vélo
  - Introduire une politique de taxe pour les places de travail
  - Enlever les panneaux lumineux et remplacer par panneaux réfléchissants quand c'est possible
  - Supporter les pédibus
  - Améliorer et étendre le réseau de pistes cyclables
  - Augmenter le nombre de voies réservées pour les bus
  - Supporter l'introduction de points de recharges pour véhicules
  - Modernisation du métro
- Bâti
  - Introduire un système de réduction fiscale pour inciter l'implémentation d'efficacité énergétique
  - Rénovation des chaudières pour bâtiments publics
  - Installation de compteurs intelligents dans bâtiments publics
  - Installation d'un système d'optimisation de voltage (adapter en temps réel l'offre à la demande)
  - Faire une cartographie des bâtiments les plus énergivores
  - Intégrer des normes énergétiques pour délivrer permis de construire
- Industrie
  - Travailler avec entreprises pour identifier les mesures pour moderniser les bâtiments
  - Favoriser la création d'entreprises dans les services énergétiques
- Services publics
  - Etablir un groupe de conseillers sur l'énergie et le changement climatique (plan de management de l'énergie, préparation d'informations et d'orientations)
  - Programme d'enquêtes : développement de la politique de chaleur ; mise en place des contrôles de chaleur ; éclairage ; maintenance ; installation des compteurs intelligents
  - Développer un système de prix pour les services et le personnel
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur
- Smart grids
  - Pour permettre :
    - Une meilleure intégration des énergies intermittentes
    - D'augmenter le nombre de générations locales
    - De gérer la demande pour qu'elle se rapproche de l'offre en EnR
  - Avec compteurs intelligents, technologie de gestion de réseaux, systèmes de gestion instantanée de la demande en fonction du prix
- Production
  - Essentiellement en partenariat avec le privé

        - Biogaz à partir de déchets pour alimenter les bus et la chaleur alimente le chauffage urbain
        - Incinération des déchets
    - Développement de plusieurs fermes
    - Micro-électricité à partir des écluses existantes sur canaux
    - Géothermie de surface pour chauffage et climatisation urbaine (pompes à chaleur)
    - Solaire PV (industrie) et thermique (habitat et services)
    - Systèmes de cogénération avec gaz naturel
    - Récupération de la chaleur industrielle (déchet)
- Sensibilisation / communication / participation
    - Promouvoir solutions avec un groupe citoyen
    - Création d'un forum du changement climatique
    - Plan d'éducation au changement climatique
    - Information et orientations pour les politiques, professeurs et responsables de communication
    - Travailler avec tous les établissements scolaires (maternels, primaires et secondaires) pour réduire leurs impacts
    - Développer une page web sur l'éducation au changement climatique
    - Organisation d'un sommet du développement durable

Fiche synthèse de Hambourg

Sources (documents utilisés) :

- Climate Action Plan, 2011

Types de projets (colonne)

- Production d'EnR
  - Chaleur (réappropriation du réseau, plan de rénovation du réseau et des centrales, géothermie de surface et profonde)
  - Cluster EnR (aide à l'installation, communication partagée)
  - Eolien (50 MW d'éolien en 2011, 100 MW en prévision ; développement du micro-éolien)
  - Photovoltaique (aide technique à l'implantation)
- Bâtit
  - « Jobs and climate action » (5000/ an aider à la rénovation énergétique pour créer des emplois)
  - Parcs locatif (7500)
  - « Brick fund » (travaux d'isolation sur bâtiment patrimoniaux)
  - Zero-energy pour les bâtiments publics
- Transports
  - Modes doux (augmentation, rénovation et installation *velo routes* des pistes cyclables, parcs à vélos, système de location)
  - Transports publics (nouvelles lignes, EnR pour le rail)
  - Tickets sur internet
  - Promotion des véhicules électriques (i.e. taxis)
- Industrie
  - Partenariats (nombre d'entreprises, participation)
  - Aide à l'optimisation (contrôles, conseils, aides financières, incitations (soutient aux 22 meilleurs projets))
- Sensibilisation, information
  - Implication des écoles dans l'élaboration de plan d'actions scolaires
  - Agence de l'énergie pour l'information et le conseil aux particuliers
  - Intégration d'un programme « changement climatique » au planétarium
  - Semaine du climat (ateliers, marché, évènements)

Fiche synthèse de Hillerod

Sources (documents utilisés) :

- http://www.secureproject.org/stader/hillerod.4.4a4d22a41128e56161b80004136.html
- Energy Action Plan, 2008

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Démonstration du biodiesel (colza)
  - Installation d'une station et projet de développer le biodiesel 2ème génération (bioéthanol)
  - Plan de rénovation des routes communiqué à tout le monde pour que les travaux sous chaussée soit fait avant
  - Formations d'éco-conduite
  - Promotion des pistes cyclables
  - Plan de déplacement systématique quand construction d'un nouveau quartier ou rénovation importante
  - Sensibilisation et motivation pour les trajets inférieurs à 3,5 km
  - Système de parkings relais
  - Changement du prix des billets pour transports en communs, accessibilité des transports en commun,
  - Création de parkings (décongestion et donc réduction CO2) et voies cyclables
  -
- Bâti
  - Elévation des normes nationales en matière de construction basse consommation
  - Schéma de rénovation des bâtiments publics
  - Faire un retour d'expérience des travaux réalisés par la collectivité pour les promoteurs privés pour les aider à rénover leur parc
  - Remplacement de l'éclairage existant par du DEL
  - Essaie de créer un système pour éviter économies d'échelles (plus on consomme, plus on paie)
  - Changement des lampadaires
- Industrie
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur : solaire thermique, géothermie de surface, biocarburants et biomasse, gaz naturel
- Production
  - Solaire thermique et PV
  - Biomasse (copeaux) (cogénération), biocarburants, gaz naturel, géothermie de surface, pompes à chaleur
- Smart-city
  - Système de récupération des surplus de chaleur des panneaux solaire thermiques individuels pour l'intégrer dans le système de chauffage
- Sensibilisation / communication / participation
  - Dialogue, entretiens, avec les services techniques
  - Contact avec citoyens ayant une expérience des EnR
  - Volonté de faire participer les citoyens et les entreprises dans le développement énergétique de différentes manières (conférences, travail avec écoles, travail en groupe, atelier)

Fiche synthèse de Lambeth

Sources (documents utilisés) :

- Lambeth Local Development Framework (LDF) - core strategy 2011

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Améliorer le réseau londonien de métro
  - Augmenter la capacité de transport en commun, créer des voies spécialisées,
  - Améliorer et augmenter le réseau cyclable, les aménagements piétons,
  - Promouvoir le transport via la tamise ;
  - Augmenter et améliorer les nœuds de multimodalité,
- Bâti
  - Privilégier des bâtiments à étages et la densité urbaine, limiter le turn-over
  - Augmenter les normes des constructions,
  - Une évaluation du site et du projet est obligatoire pour toute nouvelle construction, indication sur l'orientation (isolement, solaire…),
  - Essayer de construire des bâtiments modulables
  - Réglementer et améliorer les ventilations (réduction de climatisation), utiliser des matériaux à inertie thermique, utiliser au maximum la lumière naturelle, installer des murs et toits végétalisés ;
  - Choix des matériaux de construction,
- Industrie
  - Programme de protection des zones clés industrielles et commerciales (KIBAs) (industrie, waste management, green industries, mais excluant les zones commerciales) ;
  - Soutenir les commerces et autres services dans la ville, augmentation des surfaces disponibles ;
  - Soutien à l'emploi et à la formation (financier) pour maximiser l'emploi local ;
  - Diagnostic de l'emploi dans grandes industrie et petits commerces ;
  - Partenariats avec secteur privé pour la rénovation du centre-ville ;
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur et de froid (support du réseau existant et favoriser la création de nouveaux)
- Production
  - Promouvoir et favoriser l'intégration d'énergie décentralisée ;
  - Intégrer la production d'énergie sur les bâtiments municipaux,
  - Rendre obligatoire le solaire thermique sur les nouvelles constructions
  - Intégrer géothermie de surface dans bâtiments municipaux
  - Installer des centrales à cogénération, généralement biocarburants,
  - Programme d'aide au développement des EnR dans la collectivité (association, propriétaires…) : solaire PV et thermique, éolien et micro-éolien, biomasse (bois, déchets), géothermie de surface,
- Smart-city
  - Installation de commandes pour éteindre les lumières, le chauffage,
  - Intégrer un plan de développement des énergies décentralisées dans les plans de construction,
- Sensibilisation / communication / participation

- Guide à destination des propriétaires pour les EnR ;
- Travail avec de nombreux partenaires pour assurer que l'ensemble des possibilités de régénération sont explorées (bâtiments vacant par exemple) ;
- Soutien à des initiatives de regroupement entre activités similaires (commerces) par exemple ;

Fiche synthèse de Ljubjana

Sources (documents utilisés) :

- Ljubljana's Sustainable Energy Action Plan, 2012

Types de projets (colonne)

- Production
  - Panneaux solaires (PV et thermique) sur tous les nouveaux bâtiments communaux et sur anciens si possible
  - Installation d'un réseau de chaleur par incinération de biomasse dans trois quartiers et augmentation de la biomasse sur le réseau existant
  - Installation d'une centrale hydroélectrique sur la Save, installation micro-hydroélectrique sur la Ljubljanica
  - Installation d'une centrale à cogénération à partir de biogaz
  - Installation d'un incinérateur de déchets
  - Installation de microcentrales à cogénération au gaz naturel
- Transport (énergie)
  - Développement d'un réseau de chaleur sur 3 quartiers
  - Etude sur l'introduction du biogaz dans le réseau de gaz conventionnel
  - Développement du gaz et de la chaleur pour les bâtiments municipaux
- Industrie
  - Aide à l'installation de PV, et de système de chauffage et refroidissement solaire
  - Aide à l'efficience (mesures non contraignantes), promotion de l'efficacité énergétique
- Transport (mobilité)
  - Etablissement d'un réseau de transport efficace
  - Installation d'une station de biodiesel
  - Péage urbain pour les véhicules polluants en période pointe
  - Gratuité de parking pour les véhicules utilisant une source d'énergie alternative
  - Installation de 5 stations de recharge électrique (EnR) pour les véhicules de la ville, aide à l'installation d'autres pour les utilisateurs privés,
  - Achat d'un parc automobile électrique pour la ville
- Bâti
  - Aide à l'installation de pompes à chaleur, de géothermie de surface
  - Aide à l'isolation et à la rénovation des bâtiments
  - Aide à l'installation de microcentrales à cogénération au gaz naturel pour les immeubles d'habitation
  - Réglementation de la rénovation des immeubles collectifs
  - Création d'un fond de financement pour la rénovation des maisons individuelles
  - Création d'un label communal pour la qualité énergétique des bâtiments et réflexion sur son intégration dans un plan national
- Demande
  - Achat d'EnR pour les besoins de la commune
  - Achats de lampadaires plus efficaces
  - Etude sur un plan d'éteinte des lampadaires
- Sensibilisation / communication
  - Promotion des actions en matière d'économie d'énergie de la commune

- Nomination d'un manager d'économie d'énergie dans les bâtiments communaux, formation de ces managers, intégration dans un réseau de bonnes pratiques,
- Organisation de conférences et de communications
- Création d'une zone d'activité avec des produits écologique et efficients

Fiche synthèse de Munster

Sources (documents utilisés) :

- EGC Application form

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Création de lignes de bus, amélioration des arrêts, voies réservées, parkings relais, vélo relais, priorisation des transports en commun
  - Promotion du vélo, développement du réseau de pistes, améliorer les pistes, relié les pistes (maillage), signalisation, station de parking à vélos, parkings (arches)
  - Promotion de la marche
  - Service « mobilité », points d'information, informations sur les tarifs
  - Développer co-voiturage pour agents communaux
  - Développement zones 30 km/h
  - Développement du réseau cyclable, amélioration des pistes, augmenter le nombre de parcs à vélo, autoroute à vélo entourant la ville, interconnexion du réseau cyclables, toutes les zones résidentiels à 30 km/h, signalisation et priorisation des vélos, création d'une gare à vélo puis d'une deuxième, système de location de vélos
  - Développement de pistes cyclables suprarégionales,
  - Développer la ville aux stations de bus et de train, essayer de compacter la ville (en réduisant la place de la voiture)
  - Soutient à l'auto-partage, co-voiturage,
- Bâti
  - Réhabilitation des bâtiments, augmentation des standards pour les nouveaux bâtiments, isolation thermique et réhabilitation énergétique du vieux bâti
  - Connection du bâti au réseau de chaleur
  - Développement d'une nouvelle offre pour les constructeurs et une assistance municipale
  - Soutien financier pour la rénovation des vieux bâtiments, certificat pour les vieux bâtiments rénovés, concours de la meilleure performance énergétique,
  - Elévation des standards à *passifs* pour les bâtiments neufs
  - Continuer le plan d'urbanisme qui intègre : l'orientation au sud du bâti, libre d'ombres et compacts et optimisation du point de vue de l'offre énergétique
  - Soutien financier à la rénovation du bâti existant, création d'un label pour énergétique pour le bâti existant, évaluation de ce programme de rénovation, projets démonstratifs,
- Industrie
  - Programme ECO PROFIT : ateliers pour une production efficiente et des diagnostics individuels, audits énergétiques, concours et labellisation
  - Compagnie publique fournit chaleur et électricité aux industries à partir de centrale à cogénération (gaz et vapeur)
  - Soutient au programme « Gaz naturel comme carburant » (Natural gaz as a fuel) pour les citoyens, les services et la flotte de véhicules
- Transport (énergie)
  - Amélioration du réseau de gaz naturel avec des systèmes de stockage de chaleur, développement du réseau, soutient à l'apport de chaleur par la compagnie publique de chauffage
  - Réseau de chaleur urbain, développement du réseau sur d'autres quartiers,

- Production
  - Augmentation des énergies renouvelables : solaire PV et thermique, éolien, micro-hydraulique
  - Plan d'aménagement urbain solaire
  - Cogénération par gaz naturel
  - Usine de fermentation des déchets et utilisation du gaz dans une centrale à cogénération
  - Biogaz dans les exploitations agricoles
  - Analyse annuelle du dégagement de chaleur urbaine,
  - Développement des EnR, solaire PV et thermique,
  - Lancement d'une société publique de l'énergie pour faire le lien entre producteurs conventionnels et énergies renouvelables, fournit une électricité 100% renouvelable,
- Smart-city
- Sensibilisation / communication / participation
  - Campagne solaire avec artisans et habitants (chaleur, semaine du bois granulé), promotion marketing du solaire,
  - Site de coordination pour le climat et l'énergie
  - Réseau d'artisans de rénovation énergétique, formations
  - Service de conseils aux habitants pour la rénovation
  - Campagne d'information et de sensibilisation à l'énergie solaire
  - Réseaux impliquant l'ensemble des protagonistes (industrie, artisans, citoyens, universitaires…)
  - Large programme d'information et de sensibilisation avec les écoles, propositions de lectures, « stop aux énergivores », information et conseil aux particuliers, travail avec les universités, service de conseils à l'énergie, informations sur les énergies et les rénovations, concours,…
  - Programme de sensibilisation au vélo
  - Sensibilisation aux transports alternatifs

Fiche synthèse de Nantes

Sources (documents utilisés) :

- Plan d'action en faveur de l'énergie durable, 2011 (Convention des maires)
- PCET, 2007

Types de projets (colonne)

- Transport
  - Modes de déplacements doux (plans vélos, Bicloo, imaginer nouveaux services, pédibus, vélobus), augmentation du réseau de pistes cyclables,
  - Stationnement public et privé (P+R)
  - Transport collectif (création de lignes, connexions des lignes de trams, actions sur le réseau ferroviaire favorisant intermodalité, achat d'autobus articulés et minibus pour PMR, prolongation durée de vie des bus et tram, tarification sociale, développer complémentarité réseaux)
  - Voiture individuelle (covoiturage et autopartage, observatoire des dysfonctionnements)
  - Construction terminal de fret ferroviaire
  - Flotte des véhicules intercommunaux (renouvellement, stage éco-conduite)
  - Soutien au développement des PDIE
- Bâtit
  - Développement des EnR (solaire thermique)
  - Augmenter les normes de construction, opérations foncières, redéfinir les modes de production d'habitats
  - Accorder PLH et documents d'urbanisme
  - Améliorer qualité énergétique des logements sociaux neufs, optimiser le financement de logements sociaux, mobiliser les opérateurs, améliorer qualité énergétique des logements sociaux existants
  - accompagnement copropriétés pour travaux de remise aux normes
  - Soutien aux bâtiments à énergie positive
  - Schéma de gouvernance partagée de rénovation du bâti
  - Eclairage public
- Transport de l'énergie
  - Réseaux de chaleur (développement, suivi et exploitation, efficience et efficacité)
  - Développement des EnR
- Production énergie
  - Favoriser le développement des EnR
  - Développement de la filière bois énergie pour alimenter réseaux de chaleur
  - Filière biogaz issus des déchets
  - Développement solaire PV (production, recherche, fiscalité)
- Sensibilisation information
  - Information sensibilisation (SIG multimodalité, manifestations)
  - Information et sensibilisation (guide de l'écoquartier, animation grand public)
  - Information et sensibilisation sur le réseau de chaleur (animation Plan Climat, Atelier Climat)

Fiche synthèse de Nijmegen

Sources (documents utilisés) :

- Nijmegen Application form

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Plan de catégorisation des routes, la plupart de la ville est en zone 30, quelques routes à 50
  - Création d'un réseau d'autoroutes cyclables (VAE), participation au réseau suprarégional, construction de pont ou tunnels pour les vélos,
  - Création de voies réservées pour les bus,
  - Développement du réseau de train pour les déplacements domicile-travail, tarifs train-vélo, amélioration des parcs à vélos proche des stations de train, introduction d'un système de parc relais à vélos
  - Création d'une plateforme pour le fret en dehors de la ville et acheminement avec éco-transports
  - Utilisation de biogaz dans les bus à partir des déchets
  - Formation d'éco-conduite pour agents communaux
  - Introduction d'un système de location de vélos
  - Création de lignes de bus ultra-rapide (voies réservées, toujours prioritaire)
  - Flotte communale au biogaz, flotte de VAE et scooters électriques pour déplacements des employés, aide financière à l'achat de vélos,
- Bâti
  - Soutien financier à la rénovation et à l'isolation des habitations
  - Augmentation des standards
  - Capteurs de mouvements, éclairages économes,
  - Soutien à l'efficience des bâtiments publics, utiliser des stockages de chaleur / froid
  - Utiliser la chaleur produite par industrie (déchet) pour chauffer logements
  - Soutient à la construction de toitures végétalisées
  - Soutient et renforcement du programme nationale pour inciter les agences immobilières à rénover leur parc
- Industrie
  - Convention entre services municipaux et 16 compagnies pour réduire les consommations d'énergie et la production de GES ;
- Transport (énergie)
  - Création d'un réseau de chaleur dans plusieurs quartiers à partir de la chaleur résiduelle du traitement des déchets
- Production
  - Création d'une carte du potentiel énergétique : isolation, production sur toits, vents, eau et réserves de biomasses (espaces verts, forêts)
  - Soutien financier à l'installation du solaire PV et thermique
  - Electricité à partir du traitement de déchets (usine régionale)
  - Utilisation de la géothermie de surface pour le chauffage des bâtiments
  - Requalification d'une centrale à charbon (GDF-Suez) en une centrale à EnR : parc solaire, éoliennes, réseau de chaleur auxiliaire, station de GPL pour les transports par bateaux et routiers, quais de manutention de biomasse et raffinerie de biomasse
  - Création d'un champ d'éolienne, agrandissement d'un autre (avec engagement citoyen)

    - Achat d'EnR locale (création d'une demande),
    - Pose de panneaux solaire PV et thermique sur tous les bâtiments publics qui le peuvent, pose panneaux solaire là où c'est possible (partenariat) : arrêts de bus, toits d'écoles, lignes de train
- Smart-city
    - Création d'un système de gestion de traffic (augmentation du nombre de feux) et gestion dynamique en fonction du traffic (vagues vertes, gestion des arrivées / sorties de la ville)
    -
- Sensibilisation / communication / participation
    - Travail de sensibilisation avec citoyens, entreprises et l'enseignement
    - Programme d'information pendant les embouteillages, « est-ce que le vélo ne serait pas une meilleure option ? »
    - Sensibilisation et information à la rénovation de l'habitat, forums avec artisans et habitants, label énergétique des maisons avec associations,

Fiche synthèse de Nuremberg

Sources (documents utilisés) :

- EGC Application form

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Piétonisation du centre-ville, réduction place de la voiture
  - Optimisation des transports en commun, voies réservées, priorité aux transports en commun sur les voitures, construction d'un tram, extension du train périphérique
  - Etablissement d'un train dédié au fret,
  - Gestion des parkings (réduction du nombre de places)
  - Extension du réseau cyclable, implantation de parking, parcs relais vélo, extension des voies rapides cyclables pour les chemins plus longs (autoroutes cyclables), création d'un système de location de vélos,
  - Extension des voies piétonnes
  - Extension du système de gestion dynamique du trafic routier et des places de parkings
- Bâti
  - Programme de rénovation (isolation et système de chauffages) des bâtiments publics et d'aide à la rénovation pour les privés (commerciaux et particuliers)
  - Diagnostic et audit de tous les bâtiments publics
  - Implication et sensibilisation des agences immobilières
  - Schéma de rénovation des bâtiments publics, chauffage, isolation, panneaux solaire PV et thermique, gestion de l'électricité,
- Industrie
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur et son extension
- Production
  - Hydroélectricité
  - Solaire PV et thermique
  - Création de centrales de cogénération à biomasse
  - Rénovation d'une chaudière au charbon au gaz naturel, chaudière au cycle combiné gaz/vapeur à cogénération électricité/chauffage urbain
  - Pour les gros bâtiments (industrie, services) : augmentation de la production à cogénération (gaz naturel), recherche et implémentation de la tri-génération (élec, chaud, froid)
  - Association de 8 villes de la région de Nuremberg pour produire de l'EnR
- Smart-city
- Sensibilisation / communication / participation
  - Campagne de promotion du vélo, distribution de la carte du plan cyclable,
  - Création d'un groupe de travail d'habitants et propriétaires pour travailler sur les questions de l'économie d'énergie et les énergies renouvelables
  - Information des propriétaires et des industries sur l'éclairage, le chauffage, l'utilisation de l'électricité et la cogénération
  - Evènement de démonstration de l'efficience énergétique des bâtiments

Fiche synthèse de Oslo

Sources (documents utilisés) :

- Oslo climate report, 2013
- Présentation pour EGC

Types de projets (colonne)

- Bâti
  - Tous les bâtiments publics n'utilisent plus de fuel (2012)
  - Création du « Oslo Climate and Energy Fund », programme d'aide au financement de projets privés de production d'EnR et de rénovation (chauffage, isolation…). Financé grâce à une taxe sur l'énergie.
  - Accentuation des normes de construction pour les futurs bâtiments publics, obligation d'être passif à partir de 2014
  - Créer un plan d'éclairage public
  - Créer un cadastre des toits pour potentiel énergie solaire (Green Roof Potential)
  - Développement d'une certification et labellisation (ISO 140001 et label national) pour les bâtiments publics et privés
  - Développer l'urbanisation le long des axes de transports et des nœuds de transport
- Transport (mobilité)
  - Développement des véhicules électriques, création d'un comité de développement (pas d'info si passé ou futur)
  - Faire du centre-ville un lieu plus accessible pour les vélos
  - Développement d'un système de location de vélos, de covoiturage et d'éco-partage
  - Introduire les EnR dans les transports en commun
  - Remplacer la flotte municipale de voiture par des voitures électriques
- Production
  - Achat d'énergie pour créer une demande
  - Energie éolienne off-shore pour l'énergie des bateaux de croisière du port
  - Lancement d'un projet pilote de production d'énergie à partir du réseau de distribution d'eau
  - Récupérer carburant et fertilisant à partir des eaux usées
  - Produire biogaz et fertilisant à partir des déchets de cuisine (tri)
- Transport (énergie)
  - Développer le réseau de chaleur urbain à partir des déchets résiduels (post tri) et à partir du traitement des eaux usées (2000 Gwh / an 100% renouvelable)
- Communication / sensibilisation
  - Formation de jeunes ambassadeurs déchets
  - Campagne pour aider les propriétaires à changer les chaudières au fuel

Fiche synthèse de Reykjavik

Sources (documents utilisés) :

- Sustainable Energy Action Plan, 2011

Types de projets (colonne)

- Transport
  - Augmenter la part de méthane pour les TC (bus) et créer une demande en méthane pour les compagnies privées
  - Créer une priorisation pour les bus et réduire le temps de desserte, introduire la gratuité de transport en commun pour certaines personnes (collégiens, lycéens, étudiants par exemple)
  - Améliorer les voies et pistes cyclables
  - Renouveler la flotte de véhicules municipaux (essentiellement méthane mais aussi électrique)
  - Création et amélioration des pistes cyclables, prioriser les cyclistes aux intersections,
  - Abandon de l'essence au plomb
  - Réduction du nombre de transport intérieurs de l'aéroport
  - Plan de transport scolaire
  - Points de recharge électriques gratuits dans la ville
- Bâtit
  - Chauffage 100% géothermie depuis 1996
  - Electricité 100% renouvelable depuis 1996
  - Installation de compteurs intelligents dans certains bâtiments municipaux pour gérer les consommations
- Industrie
  - *N'ont pas de programme dessus « industrie très peu consommatrice et émettrice ».*
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur (géothermie) connectant tous les citoyens
- Production énergie
  - Géothermie
  - Construire un centre de méthanisation
  - Développement de l'hydroélectricité
- Communication / sensibilisation
  - Création d'un site web pour informer et sensibiliser le public
  - Organisation des journées de l'énergie
  - Encourager les résidents, instituts et compagnies à utiliser le méthane
  - Programme de sensibilisation (semaine de l'énergie, éducation, semaine de la mobilité)
  - Parrainage de 6 semaines de cours sur les modes de vie écologiques

Fiche synthèse de Stockholm

Sources (documents utilisés) :

- Application for European Green Capital Award

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Péage urbain et *taxe de congestion*
  - Pont pour accès par train, augmentation nombre de trains et électricité EnR pour trains
  - Travailler au mix de transport et l'intermodalité,
  - Vélo
    - Etendre le nombre de points de location de vélo et augmenter le parc de vélos
    - Bike and ride, cartes pistes cyclables gratuites, système de location
    - Introduire une signalisation favorisant les cyclistes aux intersections avec beaucoup de cyclistes
    - Un plan vélo doit être pensé au démarrage de tout projet urbain
    - Réfléchir à la combinaison du vélo et des transports en communs
    - Installer des parkings à vélos à proximité de tous les bâtiments municipaux, installer un service de compensation en hiver pour les utilisateurs du vélo
  - Transports en commun
    - Informations en temps réel aux arrêts de bus, sur internet et sur la radio local, possibilité de s'abonner pour avoir information sur son trajet particulier tous les jours
    - Si passagers n'arrivent pas à l'heure, ils peuvent prendre un taxi et être remboursé
    - E-ticket et sms-ticket
    - Travailler à installer plus de voies réservées et à une signalisation favorisant les bus
    - Extension et amélioration du réseau par rail
    - Enquête sur un possible transport par voie bateau (port)
  - Transports traditionnelles
    - Créations de plateformes de logistiques, utilisation de camions à performance environnementale,
    - Interdiction de la traversée de la ville pour les camions diesel
    - Augmentation du prix pour le parking le long des routes dans la ville
    - Travailler à la réduction du nombre de place à côté des lieux de travail et introduire un système de taxes
    - Faire une enquête sur les transports en dehors de la ville pour agir sur les logiques pendulaires
    - Construire plus de parkings relais
    - Réfléchir à une souplesse des heures de livraison pour les véhicules silencieux (souvent électriques)
  - Transports « verte »
    - Bus à pile à combustible (3), biogaz et éthanol (tous les bus)
    - Achat de véhicules à performance environnementale (création d'une demande) éthanol, biogaz, hybride et ultra-low emissions
    - Stations de biogaz et d'éthanol
    - Participer à des démonstrations de véhicules
    - S'efforcer au maintien de la taxe sur le biofuel

        - Etendre la zone environnementale (interdite aux PL diesel) et étendre cette zone aux petits camions et véhicules particuliers
        - Lutter pour la réintroduction de la prime à la casse
        - Placer une demande de la ville pour les transports de marchandises éco-efficient et suivre cette demande
        - Analyser l'amélioration possible de l'intermodalité route/rail pour les marchandises
    - Favoriser la visio-conférence, faire une étude sur le télétravail pour les agents
- Bâti
    - Rénovation énergétique des bâtiments communaux (chauffage, climatisation, géothermie de surface)
    - Soutien aux actions des sociétés immobilières (ventilations, raccordement au chauffage urbain, nouvelles vitres et isolation…)
    - Rénovation des systèmes de chauffage dans les bâtiments semi-publics (gaz naturel, réseau de chaleur, pompes à chaleur)
    - Expertise et conseille à la rénovation et aux bonnes pratiques architecturales
- Industrie
    - *Climate Pact*, collaboration avec compagnies pour réduire impact des résidents, compagnies et collectivités
- Smart city
    - Familles à énergie positive (similaire, mesure de toutes les consommations et tentatives de réduction)
- Production énergie
    - Conversion d'une chaufferie au fuel en bois granule
    - Création d'une chaufferie à cogénération aux agro-carburants en remplacement de 3 chaufferies au fuel
    - Augmenter la proportion de biocarburants dans une chaufferie
    - programme de solaire thermique
    - Développement du micro-éolien
    - Créer une demande en énergie renouvelables en achetant de l'EnR pour les besoins de la collectivité
    - Faciliter l'installation de panneaux solaires PV et thermiques
- Transport (énergie)
    - Réseau de chaleur et implantation d'un réseau de froid (mer)
    - Développer le biogaz et à partir des déchets de cuisine et donc tri spécifique et traitement spécifique
    - Développement du réseau de chaleur dans de nombreux autres quartiers
- Sensibilisation / information / communication
    - Centre d'énergie (observatoire) informations et conseils aux collectivités ; un autre centre pour les usagers et propriétaires
    - Campagne d'information sur les alternatives à la voiture, sur les avantages et la réglementation de la pratique du vélo
    - Campagne d'information sur les transports en commun et initier des projets en faveur des TC (entreprises, particuliers)
    - Campagne d'information sur les avantages de la voiture « verte »
    - Sensibiliser à l'économie de carburant (éco-conduite, pression des pneus…) les particuliers et les entreprises
    - Création d'un réseau de partage d'expérience pour les personnes qui sont dans un programme d'efficacité énergétique de leur maison

Fiche synthèse de Tour

Sources (documents utilisés) :

- PCET document de présentation

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Construction d'une ligne de tram (et solutions pendant les travaux : réseau de bus renforcé et moins cher, tarifs pour la location de vélos) ;
  - Multiplier les pôles d'échanges, les parkings relais, les dessertes tram-train, l'utilisation du vélo/tramway, études 2ème ligne de tram et des outils de calcul d'itinéraires mixtes ;
  - Promotion et sécurisation de la marche à pied ;
  - Programme d'aménagement cyclable pour faciliter déplacements, le stationnement et l'information ;
  - Plan de mobilité pour les agents, développer la visioconférence, encourager recours aux transports alternatifs, développer et former à l'éco-conduite, favoriser restauration sur site ;
  - Accompagner PDE favorisant le recours aux transports alternatifs à la voiture ;
  - Dynamiser le rail et réhabiliter des voies ferroviaires ;
  - Favoriser les livraisons propres
  - Valorisation et développement du covoiturage, place de stationnements « minute », aides de covoiturage ;
  - Formation des agents à l'éco-conduite et sensibilisation des automobilistes ;
  - Créer un site d'auto partage (location rapide de voiture) ;
  - Etude sur la création de bornes de recharges pour véhicules électriques ;
- Bâti
  - Créer un référentiel des bonnes pratiques en matières d'aménagement ;
  - Accompagnement des propriétaires pour les toitures végétalisées ;
  - Convertir le parc d'éclairage public et lutte contre la pollution lumineuse nocturne ;
  - Réhabiliter le bâti existant, identification des bâtiments énergivores et aide à la rénovation pour les ménages modestes ;
  - Augmentation des normes pour les bâtiments neufs, création d'un parc HQE accessible ;
  - Accompagnement entreprises, commerces et activités pour la réhabilitation des bâtiments ;
  - Plan de gestion énergétique des bâtiments publics ;
  - Finance accompagnement aux particuliers et bailleurs pour repérer et accompagner les situations précaires ;
  - Accompagnement des Compagnons bâtisseurs pour créer une ressourcerie de matériaux de construction pour les ménages défavorisés ;
- Industrie
- Transport (énergie)
  - Réseaux de chaleur urbains (sait pas si construit ou pas)
- Production
  - Soutient au développement de la filière bois ;
  - Soutien financier le Pôle de Compétitivité pour la mise œuvre de solutions industrielles ;
  - Soutien l'énergie solaire PV et thermique ;
  - Création d'une centrale à cogénération (élec, chaleur) biomasse (bois) ;
  - Production du biogaz à partir de la station d'épuration ;
  - Plan de développement de la géothermie de surface ;

- Smart-city
  - Expérimenter et développer les réseaux et compteurs intelligents, en lien avec le Pôle de Compétitivité ;
- Sensibilisation / communication / participation
  - Agence locale de l'énergie accompagne, anime, conseil les particuliers, collectivités et entreprises ;
  - Trophée du développement durable, « Top des Entreprises » ;
  - Créer une « maison du vélo » pour faire des actions de sensibilisation (recyclage, bourse aux vélos, animations, sensibilisation) ;

Fiche synthèse de Turin

Sources (documents utilisés) :

- Torino smart city

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Développement du métro urbain
  - Augmentation et rénovation de la flotte des transports publics, véhicules électriques pour les employés,
  - Développement du vélo, système de location de vélo,
  - Développement de l'intermodalité
  - Encouragement à la rénovation des voitures privées
  - Expérimentation d'une plateforme logistique pour le dernier kilomètre
- Bâti
  - Avoir un retour d'expérience de ce qui a été fait depuis 1991
  - Implémentation de systèmes de régulation thermique et des compteurs à chaleur
  - Substitution des chaudières par des systèmes efficients
  - Installation de panneaux solaires thermiques
  - Introduction d'une labellisation des bâtiments
  - Rénovation de l'éclairage public et remplacement des éclairages intérieurs
  -
- Industrie
  - Implication de plusieurs entreprises dans le plan d'action
- Transport (énergie)
  - Réseau de chaleur
- Production
  - Installation de PV sur bâtiments municipaux
  - Support d'un pôle scientifique autour de la recherche sur l'énergie
  - Réalisation d'un centre de l'énergie et d'un site « test »
- Smart-city
  - Développement de smart grids, de compteurs intelligents,
  - Plateformes pour télécharger données communales et d'autres institutions italiennes
  - Outil de calcul de l'évolution d'indicateurs relatifs à l'énergie
  - Participation citoyenne possible via internet (E-government)
- Sensibilisation / communication / participation
  - Création d'un point d'information pour les particuliers et entreprises
  - Créations d'agences de mobilité
  - Stimuler l'implication des citoyens dans les projets de rénovations proches de leur quartier

Fiche synthèse de Vitoria-Gasteiz

Sources (documents utilisés) :

- EGC application form

Types de projets (colonne)

- Production
  - Biogaz par traitement des déchets
  - PV et solaire thermique sur toits publics et privés
  - Géothermie de surface pour climatisation dans bâtiments publics
  - Unités de cogénération (source d'énergie ?)
  - Fermes éoliennes en dehors de la ville
  - Introduire centrales au biofuel
  - Augmenter l'utilisation du biogaz pour l'électricité
  - Production géothermie
- Transport (mobilité)
  - Développement du réseau de tram
  - Réorganisation du réseau de bus (lignes, fréquence, voies dédiées, priorités, parkings relais) et 100% accès aux PMR des transports en commun
  - Développement des modes doux (aménagement pistes cyclables, parkings à vélos, informations, expérimentation d'un système vélos-bus public, rampes mécaniques, plan de déplacement piéton, location vélos)
  - Bio-fuel pour parc communal
  - Développement d'une stratégie des super-îlots (= bâtit dans grille)
  - Cours d'éco-conduite
  - Système de location de voiture
  - Promotion et développement des véhicules électriques
- Bâtit
  - Rénovation éclairage public et éclairage intérieur
  - Design bioclimatique pour les nouveaux bâtiments
  - Intégration Energie dans législation communale pour les nouvelles constructions, certification obligatoire pour bâtiments public dans un quartier
  - Solaire thermique pour le chauffage (installation, identification et planification)
  - Charbon et fuel remplacé par gaz naturel
  - PV, géothermie de surface, rénovation thermique et énergétique sur parc communal
  - Eco-bâtiments
  - Distribution d'ampoules basse consommation
  - Elaboration d'une carte thermique
- Industrie
  - Cogénération avec gaz naturel
  - Programme d'audits énergétiques pour les microentreprises (<10 employés) financé par la ville
- Smart city
  - immotique, sur parc communal
- Sensibilisation
  - Activités pendant des journées de communication comme la journée européenne sans voiture, la semaine européenne du développement durable, etc.

    - Campagne d'information et sensibilisation à l'économie d'énergie
    - Cours sur le changement climatique pour le personnel manageur et politique de la mairie
    - Séminaires techniques sur la construction et la rénovation
    - Réunions et évènements publics sur l'énergie et l'économie d'énergie
    - Augmenter la sensibilisation aux impacts du changement climatique
    - Etablir des données sur la production de GES par la ville
- Transport (énergie)
    - Remplacement du fuel par le gaz
    - Développement réseau de chaleur
    - Stockage de l'énergie thermique

Fiche synthèse de Saragosse

Sources (documents utilisés) :

- EGC application form

Types de projets (colonne)

- Transport (mobilité)
  - Ouverture ligne de tram et développement de tram à super-batteries (sans caténaires)
  - Changement du tracé des lignes de bus
  - Développement du train intercité
  - Aide à l'installation de points de recharge pour véhicules électriques (45), aide à l'achat de véhicules électriques
  - Système d'autopartage
  - Agrandir le réseau de pistes cyclables, augmenter le nombre de parcs à vélos, système de location de vélos
  - Agrandir les zones 30, créer des pédibus
  - Continuer le développement des pistes cyclables séparées de la route, revêtement antipluie pour pistes cyclables
  - Continuer développement du tram 2ème voie
  - augmenter le nombre de voies réservées, renouveler le parc de bus (hybrides et électric), priorisation de la signalisation
  - Augmentation des parkings relais en dehors de la ville
- Bâti
  - Aide à la rénovation thermique des bâtiments essentiellement pour ceux de +40 ans
  - Rénovation thermique de bâtiments publics (écoles) et pose de solaire PV
  - Bâtiment exemplaire
  - Campagne d'audits pour les bâtiments publics et les magasins, éclairage intérieur
  - Critères pour la construction de logements sociaux ;
  - Stratégie de rénovation et de maintenance des bâtiments publics ;
- Industrie
- Transport (énergie)
  - Chaleur (1 quartier)
- Production
  - Géothermie de surface, pompes à chaleur (chaleur et froid)
  - Biomasse, incinération
  - Solaire thermique et PV ; PV pour mobilier urbain, parcmètres, lampadaires ;
  - Eolien, micro-éolien dans les parcs et les secteurs industriels,
- Smart-city
- Sensibilisation / communication / participation
  - Club de rencontre autour de l'agenda 21 pour les entreprises et particuliers pour échanger les bonnes pratiques ; développement et proposition d'actions ;
  - Efficacité énergétique dans les magasins, audit mené par étudiants de l'université ;

Table des cartes

Carte 1 : carte des villes des quatre labels retenus 56
Carte 2 : carte des villes potentielles (pré-sélectionnée) et villes étudiées 57
Carte 3 : carte des villes finalistes de l'European Green Capital 112
Carte 4 : carte des villes « gold » de l'European Energy Award 114
Carte 5 : carte des villes du programme Sinfonia 117
Carte 6 : carte des villes faisant parties du programme Concerto 119

Table des graphiques, schémas, figures, photos

Figure 1 : schéma générale de la transition démographique 9
Figure 2 : population en millions et émissions de CO2 en Mt/an et en tCO2/hab/an pour les Etats Unis d'Amérique, l'Allemagne et la France 11
Figure 3 : schéma théorique du pic pétrolier 13
Figure 4 : pic pétrolier théorique et historique de la Norvège 14
Figure 5 : production mondiale de pétrole historique et théorique et pic des découvertes 15
Figure 6 : schéma de consommation d'une ressource aux quantités non renouvelables 16
Figure 7 : prévision de la production mondiale de charbon par grandes régions productrices 17
Figure 8 : prévision de la production de gaz naturel, de liquides extraits et des découvertes mondiales 17
Figure 9 : prévision de la production mondiale d'uranium 18
Figure 10 : Production de pétrole par type aux Etats-Unis dans le nouveau scenario 19
Figure 11 : taux de retour énergétique de quelques énergies d'après Heinberg (R.), 2007 22
Figure 12 : taux de retour énergétique de quelques énergies d'après Hopkins (R.), 2008 23
Figure 13 : taux de retour énergétique de quelques énergies 23
Figure 14 : intensité énergétique 24
Figure 15 : PIB mondial et consommation mondiale d'énergie entre 1965 et 2012 25
Figure 16 : corrélation entre PIB mondial et consommation mondiale d'énergie 1965-2012 25
Figure 17 : évolution du prix du baril en dollars (courbe) et récessions (bandes grises) 26
Figure 18 : Paradoxe de Jevons 27
Figure 19 : chronologie des préconisations internationales 30
Figure 20 : schéma de construction du modèle POLES 42
Figure 21 : exemple de fiche de ville (ici Frankfort) 58
Figure 22 : étapes de la construction des unités statistiques « villes » pour l'Audit urbain 63
Figure 23 : étapes de la construction des zones de navettage pour l'Audit urbain 64
Figure 24 : schéma d'une centrale à pompages-turbinages 94
Figure 25 : schéma de la technologie de stockage d'énergie cinétique par lests flottants 95
Figure 26 : schéma du stockage de l'énergie par électrolyte 98
Figure 27 : schéma du stockage de l'énergie thermique 99
Figure 28 : schéma du transport de l'énergie via un réseau de fluide caloporteur (réseau de chaleur ou froid) 101
Figure 29 : schéma d'un réseau électrique « intelligent » 103
Figure 30 : tableau de comparaison entre les réseaux électriques standards et les réseaux électriques « intelligents » 103
Figure 31 : liste des communes finalistes (21) 112

Sommaire complet

Remerciements 4

Introduction 6

Partie 1 : transition, transition écologique, transition énergétique 7

A. Définitions 7

1. *Transition* 7
2. *Transition écologique* 7
3. *Transition énergétique* 8

B. Développement des notions de transition 9

1. *Développement de la notion de transition* 9
2. *La transition énergétique* 10

C. Débats et enjeux de la transition énergétique 13

1. *Pic pétrolier, peak everything (le pic de tout)* 13

Critiques et scepticismes 18

2. *Taux de retour énergétique* 21
3. *Economie et énergie* 24
4. *Le paradoxe de Jevons et effet rebond :* 27

D. Cadre réglementaire et préconisations internationales 29

1. *Préconisations internationales* 29

La Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) 29

Les Agendas 21 30

2. *Réglementation européenne* 30

La directive 2012/27/UE du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique 32

Les paquets énergie-climat 2020 et 2030 32

3. *Réglementation nationale* 33

Le Plan national d'action en matière d'efficacité énergétique 33

Territorialisation des politiques climatiques et énergétique 35

Dispositifs et cadre réglementaire récent relatif à la transition énergétique 38

Partie 2 : contexte de la mission 40

A. Définition et composition du programme de recherche 40

1. *Le Conseil Français de l'Énergie (CFE)* 40
2. *Enerdata* 41
3. *Laboratoire Pacte* 42
4. *Grenoble Génie Electrique (G2ELab)* 43

B. Présentation de l'Axe 1 43

1. *Recherche documentaire et travail d'enquête sur les 5 écosystèmes européens* 43
2. *Catégorisation de systèmes énergétiques décentralisés* 44

C. Détail du stage et livrables attendus 45

1. *Acculturation à la notion de systèmes locaux d'énergie (en France et ailleurs) (- début mars)* 46
2. *Benchmark des systèmes locaux d'énergie (fin mars / fin Avril)* 46
3. *Recueil et traitement de données quantitatives (mai – juin – juillet)* 47
4. *Préparation et participation au voyage de terrain à Bristol (juin)* 47
5. *Synthèse de l'axe 1 (terrain + benchmark) / liens inter-axe (septembre)* 48

Partie 3 : premiers résultats de la mission 49

A. Acculturation avec les notions et définitions 50

1. *Système énergétique, système centralisé et énergie répartie (ou décentralisée)* 50
2. *Histoire du développement de l'énergie et systèmes centralisés* 51
3. *Les 3 piliers de l'énergie répartie* 52

B. Benchmark qualitatif et matrice d'analyse des systèmes locaux d'énergie européens 54

1. *Le benchmark qualitatif* 54
2. *La matrice d'analyse des systèmes locaux d'énergie européens* 59

C. Travail à venir et retour d'expérience 62
1. Les travaux à venir 62
Audit urbain 62
Eurostat (hors audit urbain) 64
Partie 4 : retours d'expérience et acquis 66
A. Pourquoi le master IdT ? 66
B. La construction de son projet professionnel 66
C. Et maintenant, et après ? 67
Conclusion 73
Bibliographie 74
Annexes 77
Annexe 1 : fiche explicatives des colonnes de la matrice 77
Choix des 3 « piliers » 77
La production 78
La production d'énergie renouvelable 79
La production d'énergie non-renouvelable 89
Cogénération 90
Stockage et transport de l'énergie 91
Stockage de l'énergie 92
Transport de l'énergie 100
Ville intelligente (réseau électriques intelligents et compteurs intelligents) 103
Consommation 105
Secteur résidentiel – tertiaire 106
Secteur Industriel 107
Secteur des transports 108
Annexe 2 : méthodologie de sélection des villes 108
Méthodologie de sélection des villes 109
European Green Capital 111
Initiateur / Porteur 111
Destinataire / bénéficiaire 111
Candidature 111
Sélection du dossier et attribution 111
Villes retenues 112
European Energy Award 113
Initiateur / Porteur 113
Destinataire / Bénéficiaire 113
Sélection / attribution 113
Les villes retenues 114
Autre 114
Sinfonia 116
Initiateur / porteur 116
Destinataire / bénéficiaire 116
Candidature 116
Sélection du dossier 116

Villes retenues 116
Site internet 117
Concerto *118*
Initiateur / porteur 118
Destinataire / bénéficiaire 118
Candidature (dossier ?...) 118
Sélection des villes 118
Villes retenues 118
Annexe 3 : fiches réalisées par ville pour le benchmark 120
Tables 154
Table des cartes 154
Table des graphiques, schémas, figures, photos 154
Sommaire complet 155