



Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) dans le bâtiment

Conclusion du groupe de travail interministériel

JUIN 2009





Le pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME)

a pour objectif de construire, en coordonnant l'action des départements ministériels, un éclairage de l'évolution des principaux acteurs et secteurs économiques en mutation, en s'attachant à faire ressortir les menaces et les opportunités pour les entreprises, l'emploi et les territoires.

Des changements majeurs, issus de la mondialisation de l'économie et des préoccupations montantes comme celles liées au développement durable, déterminent pour le long terme la compétitivité et l'emploi, et affectent en profondeur le comportement des entreprises. Face à ces changements, dont certains sont porteurs d'inflexions fortes ou de ruptures, il est nécessaire de renforcer les capacités de veille et d'anticipation des différents acteurs de ces changements : l'Etat, notamment au niveau interministériel, les acteurs socio-économiques et le tissu d'entreprises, notamment les PME.

Dans ce contexte, le PIPAME favorise les convergences entre les éléments micro-économiques et les modalités d'action de l'Etat. C'est exactement là que se situe en premier l'action du PIPAME : offrir des diagnostics, des outils d'animation et de création de valeur aux acteurs économiques, grandes entreprises et réseaux de PME / PMI, avec pour objectif principal, le développement d'emplois à haute valeur ajoutée sur le territoire national.

Les départements ministériels participant au PIPAME sont :

- le Ministère de l'Economie, de l'industrie et de l'emploi / direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services et direction générale de l'emploi et de la formation professionnelle,
- le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer / direction générale des infrastructures, des transports et de la mer et direction générale de l'aviation civile
- Le Ministère de l'Espace rural et de l'Aménagement du territoire / délégation interministérielle à l'aménagement et à la compétitivité des territoires
- Le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche
- Le Ministère de la Défense / délégation générale pour l'armement
- Le Ministère de la Santé et des Sports

Le présent rapport résume les travaux d'un groupe interministériel piloté par le PIPAME et a été réalisé par :

TECHNOFI
Espace Berlioz
100 Rue Albert Caquot
BP 22
06901 Sophia – Antipolis Cedex

RESUME

En France, ce sont les bâtiments résidentiels et tertiaires qui consomment le plus d'énergie (43,5%), contre environ 32% pour les transports et 23% pour l'industrie. Il s'agit par ailleurs, de la deuxième source d'émissions de CO₂ après les transports (25% du total) et du secteur qui, avec les transports, a connu la plus forte croissance de ses émissions depuis 1990, année de référence pour le Protocole de Kyoto (+ 22%).

Néanmoins, les bâtiments résidentiels et tertiaires possèdent le gisement d'économies d'énergie le plus important et le plus rapidement exploitable, constituant à ce titre une cible prioritaire pour les politiques de maîtrise des consommations et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. De plus, réduire la consommation des bâtiments demande d'investir dans des solutions de long terme, porteuses d'emplois qualifiés, pérennes et difficilement «délocalisables».

Ce document résume les travaux d'un groupe interministériel piloté par le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi (DGCIS, ex-DGE), le Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques (PIPAME) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Ce groupe a analysé entre Janvier et Juin 2008, l'ensemble des mutations économiques et technologiques que devront engager les acteurs de l'industrie et des services concernés par la diffusion massive des nouvelles technologies de l'énergie intégrées aux bâtiments neufs et existants. Cette intégration permettra en effet d'amplifier l'amélioration de leurs performances énergétiques, d'être en phase avec les ambitions du Grenelle de l'Environnement à 2012 puis 2020, puis de réduire les émissions de CO₂ d'un « facteur 4 » vers 2050.

Cette analyse, menée avec l'ensemble des acteurs publics et privés, débouche sur sept mesures d'accompagnement pour réussir les mutations analysées, mesures qui impliquent l'Etat, les régions et les industriels du secteur du bâtiment.

L'Europe a désormais pris la tête des continents qui veulent maîtriser leur consommation d'énergie et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Depuis la signature du protocole de Kyoto par l'Union Européenne en 2005, une concertation constante entre les Etats Membres a déjà débouché sur des mesures qui visent simultanément à finaliser la création d'un marché unique de l'énergie, à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à limiter la dépendance de l'Union vis-à-vis des importations d'énergie. Comme exemple de mesures prises, on citera le marché européen d'échange de quotas d'émission de CO₂ et les objectifs dits « du 3 fois 20 % à l'horizon 2020¹ ».

¹ 20% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen, 20% d'amélioration de l'efficacité énergétique et 20% de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Parmi les Etats Membres, l'Allemagne, l'Espagne ou le Danemark ont adopté, de manière précoce, un bouquet de mesures publiques en support à cette évolution, afin de favoriser aussi leur industrie nationale. Cet engagement a alors permis à certains de leurs industriels² de devenir, en quelques années, des leaders mondiaux.

Le consommateur européen a, quant à lui, pris conscience peu à peu des changements climatiques mais aussi du poids croissant de l'énergie dans son budget. On perçoit d'ores et déjà des évolutions de comportement qui se manifestent par un engouement pérenne pour le déploiement de solutions à base d'énergies renouvelables (éolien, hydroélectrique, solaire, biomasse ou géothermie), certaines desquelles intégrant des bâtiments aux performances énergétiques nettement améliorées (voir les labels Passivhaus en Allemagne, Minergie en Suisse). En France, le Grenelle de l'Environnement a aussi identifié le secteur du bâtiment comme un des principaux gisements d'économies d'énergie, exploitable immédiatement. Les professionnels et l'Etat viennent de converger sur trois conclusions spécifiques à notre pays :

- *La France a pris du retard quant aux performances énergétiques de ses bâtiments³. Il faut donc **durcir la loi POPE⁴ existante (2005)** sur la base d'une trajectoire d'amélioration continue des performances des bâtiments (neufs et existants) jusqu'en 2050, et ceci afin de forcer l'allure du progrès dans ce secteur.*
- *Une maîtrise de la consommation énergétique des bâtiments neufs suppose des **solutions beaucoup plus performantes disponibles dès 2010**, accompagnées d'une rupture **dans les habitudes de construction**, pour progressivement construire des bâtiments neufs à consommation nulle, voire positive en 2020.*
- *Une **réduction de la consommation moyenne des bâtiments existants**, d'un facteur 3 est aussi nécessaire, permettant d'atteindre 80 kWh/m²/an en moyenne vers 2050. Achever cette rénovation en 2050 suppose que 500 000 logements par an soient traités dès 2009, pour une économie d'énergie théorique annuelle de 7,5 TWh.*

Pour que ces trajectoires de progrès restent réalistes, il faut alors agir simultanément sur **la demande en énergie des occupants et sur l'offre technologique qui permet de répondre à leurs besoins :**

- ***Du côté de la demande**, il s'agit de réduire le besoin d'énergie en **isolant mieux les bâtiments neufs et existants** à l'aide de technologies matures, mais aux performances en progrès constant, puis **d'intégrer des systèmes d'information** permettant une meilleure gestion active de l'énergie.*
- ***Du côté de l'offre technologique**, il s'agit d'introduire de **nouvelles technologies** de production d'énergie thermique (solaire, pompes à chaleur, chauffage par biomasse), ou électrique (solaire photovoltaïque, production combinée de chaleur et électricité utilisant des moteurs Stirling ou les piles à combustible).*

² Q Cell pour les panneaux photovoltaïques, NORDEX, GAMESA ou VESTAS pour les éoliennes.

³ Les pays qui voient leur consommation chuter entre 1990 et 2002 et qui ont des performances moyennes meilleures que la France sont les Pays-Bas, la Norvège, le Danemark, la Suède (source : ODYSSEE 2004).

⁴ Loi Programme des orientations de la politique énergétique du 13 Juillet 2005.

En France, ces nouvelles technologies intégrées aux bâtiments sont encore en phase de maturation, et dans une situation paradoxale: le consommateur se dit favorable à leur adoption, mais **le coût d'accès, pour le bâtiment neuf comme la rénovation, apparaît prohibitif**, et ceci malgré les aides à l'investissement développées tant au niveau de l'Etat que des régions. La diffusion massive de ces technologies nécessite donc une série de mutations profondes de tous les acteurs, mutations dont on perçoit les prémices dans les statistiques les plus récentes: le marché français des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique est en hausse de 12,3% entre 2006 et 2007, alors que les objectifs du Grenelle exigeraient déjà, pour leur réalisation, une hausse de 16% !

C'est en impliquant, au sein de six groupes de travail, **tous les professionnels de la chaîne de valeur** (architectes, bureaux d'étude, constructeurs de matériels, installateurs, assurances, investisseurs, etc..) et l'ensemble des autres ministères (MEEDDAT, Education Nationale, Recherche, Culture, Intérieur, Agriculture, Santé), et agences concernés (OSEO, ANR) que le groupe de travail interministériel a analysé les mutations nécessaires pour un déploiement massif de ces nouvelles technologies. Ces travaux débouchent sur une série de **sept mesures d'accompagnement**, mesures qui **impliquent l'Etat, les régions et les industriels du secteur**.

Les mesures proposées concernent **la formation, la réduction du coût des technologies, et la contractualisation des aides publiques à l'investissement**.

La formation (mesure 1) est le défi principal et le plus urgent à relever: alors qu'un besoin d'emplois atteignant 100.000 personnes supplémentaires est confirmé par la profession d'ici 2012⁵, **le manque de formateurs et de sites de formation adaptés à ces nouvelles technologies est criant**. La feuille de route proposée associe l'expérimentation d'approches nouvelles en région pour la formation continue, la reconfiguration des équipes d'enseignants au sein de l'Education Nationale pour assurer le flux de formation initiale et la liaison entre industriels et installateurs pour fournir des formateurs en quantité suffisante.

Le deuxième défi est la réduction du coût des technologies intégrées aux bâtiments.

Cette réduction doit s'inscrire dans les changements que la profession du bâtiment a décidés de mettre en œuvre : **désormais, le coût global sur la durée de vie⁶ de la technologie doit être optimisé**, obligeant les installateurs à s'engager sur des performances et les utilisateurs à adopter des comportements vertueux. Réduire ce coût fait appel à plusieurs leviers :

- **La recherche/développement/innovation sur les équipements (mesure 2) : le support de la Puissance Publique a augmenté largement ces dernières années, combinant les financements ANR, ADEME, OSEO et FUI avec l'émergence de quatre pôles de compétitivité axés sur l'énergie. Les industriels et les chercheurs proposent de coordonner les programmes existants de recherche/développement/innovation au sein de cinq groupes d'actions (un par technologie promue⁷) et d'en valider le potentiel d'intégration au bâtiment dans le cadre du programme PREBAT.**

⁵ Avec des hypothèses de demande utilisant les scénarios de croissance de l'immobilier avant la crise des sub primes.

⁶ Il s'agit d'évaluer des coûts initiaux d'investissement, puis de tenir compte des coûts opérationnels et des gains économiques (économies sur la facture énergie, revente d'électricité) que la technologie installée dans le bâtiment permettra de réaliser, et ce sur sa durée de vie totale.

⁷ Chauffage biomasse, photovoltaïque, solaire thermique, pompes à chaleur, Maîtrise Active de la Gestion de l'Énergie.

- *La garantie de performances des technologies (mesure 3) : l'introduction d'un étiquetage mixte énergie et CO₂ pour chaque équipement structurera la relation qualité/prix des produits pour l'acquéreur et obligera les industriels à progresser continûment en efficacité énergétique et en coût.*
- *L'utilisation massive des technologies de Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie (MAGE) (mesure 4) : la France dispose dans ce domaine de champions industriels de stature mondiale. Il s'agit désormais d'introduire des standards de communication et commande des installations (éclairage, chauffage, production d'eau chaude sanitaire) qui permettent à chaque équipementier de s'insérer dans un système d'information global visant l'optimisation en temps réel des consommations. Du côté des consommateurs, ces systèmes permettront d'éviter les comportements inefficients et d'adapter les modes de consommation aux signaux de prix de l'énergie.*
- *La maîtrise du coût des assurances couvrant l'installation (mesure 5) : les défauts de jeunesse des technologies rendent les assureurs prudents. Cette prudence est d'autant plus justifiée que les installateurs iront vers des prestations à engagements de résultat. En concertation avec les fédérations d'assurance et les professionnels, on propose de missionner l'AQC (Agence Qualité Construction) pour structurer une base de données nationales d'incidents, accélérant ainsi l'acquisition de connaissances sur les défauts des technologies et les risques d'installations défectueuses, et donc en réduisant, à terme, le montant des primes payées par les installateurs.*
- *L'amélioration de l'efficacité des acteurs sur chantier (mesure 6) : de nombreuses industries, dont l'ingénierie de sites industriels, utilisent désormais des systèmes d'information de chantiers qui réduisent les coûts de gestion, et mettent en relation permanente les différents métiers pour une meilleure coordination de la réalisation et du suivi qualité de leurs travaux en temps réel. Dans la ligne de démonstrations en Région Basse Normandie utilisant une solution norvégienne, les professionnels proposent d'utiliser les marchés publics de construction pour généraliser cette approche et la rendre obligatoire en 2012, en cohérence avec l'évolution des mesures facilitant le contrôle qualité et la mesure de performances in situ des systèmes énergétiques intégrés aux bâtiments.*

Le dernier défi concerne la contractualisation des aides d'Etat à l'investissement dans les technologies rendant les bâtiments plus économes en énergie (mesure 7): les aides actuelles ont lancé le marché sur la base de promotion de technologies (par exemple: le solaire thermique, la pompe à chaleur). Les professionnels considèrent ces aides nécessaires, à la fois pour aider les investisseurs qui n'ont pas une solvabilité suffisante, et pour créer la courbe de connaissances qui fait baisser le coût des technologies. **Dans le futur, les modalités d'attribution de ces aides devront se caler sur leur finalité ultime: les économies d'énergie et/ou de CO₂ réalisées.** Ce défi peut être relevé progressivement en généralisant l'approche déjà testée en France sur le solaire thermique collectif. L'aide à l'investissement est calée sur les économies d'énergie réellement apportées par l'investissement. Ceci nécessite, pour chaque technologie, de définir un cadre contractuel adapté, et des méthodes de mesure de performances (diagnostic initial, réception, bilan sur 2 ans) avec les professionnels.

Construire ces mesures, qui ne coûteront pas d'argent public supplémentaire, a mobilisé tous les acteurs, publics comme privés, pendant six mois. Leur mise en œuvre nécessite une structure de pilotage mixte public/privé (dont le secrétariat sera assuré par l'ADEME), des chefs de file visibles pour la mise en œuvre des mesures et une concertation semestrielle permanente d'ici 2020, de **finaliser sept feuilles de route début 2009, puis de lancer les premières actions courant 2009**. Cette montée en puissance doit **produire les effets escomptés pour 2012**, au risque de ne pas pouvoir répondre aux ambitions formulées pour 2020 dans les conclusions du Grenelle de l'Environnement.

Pour 2020, les acteurs industriels des Nouvelles Technologies de l'Energie n'ont donc qu'une seule option : **être prêts, dès 2012, à maîtriser une croissance forte de la demande** en nouvelles technologies de l'énergie intégrées au bâtiment, dans un cadre législatif balisé, mais dans une conjoncture économique instable et peu prévisible. L'adoption de cette posture, prudente mais volontariste, garantira un impact maximal pour notre pays :

- *Des emplois nouveaux et stables dans un secteur dont l'activité restera soutenue, ne serait-ce que par l'effort de rénovation à accomplir jusqu'en 2050.*
- *Une industrie des équipements énergétiques puissante qui innove par la réduction des coûts de ces matériels, donc **plus forte à l'export** avec des atouts de long terme.*
- *Des services amont (architectes, bureaux d'étude) et aval (installation, maintenance) compétitifs grâce à un **marché national structuré par l'excellence des prestations** : l'ADEME évalue le marché français des NTE (hors MAGE) à au moins 13 milliards d'Euros à l'horizon 2012, pour environ 120.000 emplois (contre 24.000 aujourd'hui).*
- *Des utilisateurs qui investissent structurellement sur le long terme, en **réduisant leur consommation sans toucher à leur confort**.*
- *Un Etat et des collectivités locales exemplaires qui, sur leur propre parc de bâtiments, accompagnent la mutation de tout un secteur (par exemple la Région Basse Normandie grâce au déploiement d'outils informatiques de suivi de chantier).*
- *Un niveau d'économies d'énergie et de CO₂ rejeté qui soit à la mesure des ambitions actuelles des Pouvoirs Publics et de l'Union Européenne.*
- *Une contribution directe à **l'accroissement de la sécurité d'approvisionnement du pays en hydrocarbures**, puisque diminuant nos besoins à moyen et long terme, donc notre dépendance vis-à-vis de pays exportateurs et les risques de pénurie, voire de ruptures d'approvisionnement, qui s'ensuivent.*

SOMMAIRE

Remerciements.....	12
Liste des sigles utilisés et définitions	13
1. CONTEXTE DU RAPPORT.....	21
2. INTRODUCTION	22
3. EVOLUTION DES OBJECTIFS ET DU CADRE REGLEMENTAIRE	26
4. PROBLEMATIQUE POSEE ET ENJEUX.....	28
5. METHODOLOGIE DE L'ETUDE	30
6. COMPARAISON INTERNATIONALE.....	33
7. ATOUTS / FAIBLESSES / OPPORTUNITES / MENACES POUR LES CINQ TECHNOLOGIES ETUDIEES.....	36
7.1. Les technologies étudiées	36
7.2. Le Solaire thermique.....	39
7.2.1. Introduction	39
7.2.2. Les technologies disponibles	41
7.2.2.1 Les technologies de chauffe-eau solaires individuels (CESI)	41
7.2.2.2 Les systèmes collectifs ou semi-collectifs d'ECS solaire, avec ou sans appoint individuel	42
7.2.2.3 Les technologies de systèmes solaires combinés (SSC) disponibles sur le marché	43
7.2.2.4 Les évolutions technologiques des systèmes solaires combinés	45
7.2.3. Le marché	47
7.2.3.1 Quelques chiffres pour le solaire individuel.....	47
7.2.3.2 Le marché français du solaire thermique collectif.....	48
7.2.3.3 Caractéristiques de l'industrie française.....	49
7.2.4. Le jeu d'acteurs	50
7.2.4.1 Les acteurs clés aujourd'hui	50
7.2.4.2 Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs pour développer cette technologie	51
7.2.5. Le cadre réglementaire et fiscal.....	54
7.2.5.1 Quelques spécificités du soutien public au développement du solaire thermique.....	54
7.2.5.1 Incitations fiscales et économiques	54
7.2.5.2 Réglementation Technique	56
7.2.6. Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie	58
7.2.6.1 Atouts	58

7.2.6.2	Faiblesses.....	59
7.2.6.3	Opportunités	60
7.2.6.4	Menaces	60
7.3.	Le Solaire photovoltaïque	60
7.3.1.	Introduction	60
7.3.1.5	Une technologie jeune, encore imparfaitement maitrisée	62
7.3.1.6	Un changement de paradigme	62
7.3.1.7	L'exemple Allemand	62
7.3.2.	Les technologies disponibles	63
7.3.2.1	Les technologies sur le marché.....	63
7.3.2.2	Les évolutions technologiques.....	64
7.3.2.3	Les choix de R&D à venir en liaison avec le bâtiment	66
7.3.3.	Le marché	67
7.3.3.1	Quelques chiffres.....	67
7.3.3.2	Positionnement de la filière industrielle française.....	69
7.3.3.3	Coûts de production de l'électricité.....	72
7.3.4.	Le jeu d'acteurs	72
7.3.4.1	Les acteurs clés aujourd'hui	73
7.3.4.2	Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs	74
7.3.5.	Le cadre réglementaire et fiscal.....	75
7.3.5.1	Incitations fiscales et économiques	75
7.3.5.2	Réglementation Technique	76
7.3.6.	Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie	78
7.3.6.1	Atouts	78
7.3.6.2	Faiblesses.....	78
7.3.6.3	Opportunités	79
7.3.6.4	Menaces	79
7.4.	Le Chauffage Biomasse	80
7.4.1.	Introduction	80
7.4.1.1	L'utilisation de la biomasse en France pour les bâtiments.....	81
7.4.1.2	La ressource biomasse en France : son évolution.....	83
7.4.2.	Les technologies disponibles	85
7.4.2.1	Technologies pour le chauffage individuel	86
7.4.2.2	Technologies pour le chauffage collectif et tertiaire	87
7.4.2.3	Les technologies de cogénération à partir de biomasse.....	88
7.4.2.4	L'impact des réseaux de chaleur sur la combustion biomasse	89
7.4.3.	Le marché	90
7.4.3.1	Le marché du chauffage individuel (domestique).....	90
7.4.3.2	Le chauffage des habitations en collectif et du tertiaire (marché du concentré).....	92
7.4.3.3	Les réseaux de chaleur.....	92
7.4.3.4	La cogénération biomasse	93
7.4.4.	Le jeu d'acteurs	95
7.4.4.1	Les acteurs clés sur le marché domestique (chauffage individuel)	95
7.4.4.2	Les acteurs clés sur le marché concentré.....	97
7.4.5.	Le cadre réglementaire et fiscal.....	99

7.4.5.1	Les programmes bois énergie pour structurer la filière.....	99
7.4.5.2	Le soutien à la cogénération	101
7.4.5.3	Réglementation technique	102
7.4.5.4	Fiscalité, financement, soutien des collectivités locales.....	102
7.4.6.	Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie	103
7.4.6.1	Atouts	103
7.4.6.2	Faiblesses.....	103
7.4.6.3	Opportunités	103
7.4.6.4	Menaces	103
7.5.	Les Pompes à chaleur	104
7.5.1.	Introduction	104
7.5.2.	Les technologies disponibles	105
7.5.2.1	Les technologies disponibles sur le marché	105
7.5.2.2	Les évolutions technologiques.....	106
7.5.2.3	Les PAC Géothermiques : un autre axe pour notre pays ?.....	110
7.5.3.	Le marché	113
7.5.3.1	Quelques chiffres.....	114
7.5.3.2	Positionnement de l'industrie française.....	115
7.5.4.	Le jeu d'acteurs	116
7.5.4.1	Les acteurs clés aujourd'hui.....	116
7.5.4.2	Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs.....	117
7.5.5.	Le cadre réglementaire et fiscal.....	119
7.5.5.1	Incitations fiscales et économiques	120
7.5.5.2	Réglementation Technique	122
7.5.6.	Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie	122
7.5.6.1	Atouts	122
7.5.6.2	Faiblesses.....	123
7.5.6.3	Opportunités	124
7.5.6.4	Menaces	124
7.6.	Les NTIC	125
7.6.1.	Introduction	125
7.6.1.1	Le contexte français.....	125
7.6.1.2	Rôle de la domotique et de l'immotique	126
7.6.2.	Les technologies disponibles	127
7.6.2.1	Les technologies disponibles sur le marché	127
7.6.2.2	Les évolutions technologiques.....	128
7.6.3.	Le marché	130
7.6.3.1	Analyse préalable	130
7.6.3.2	Le marché européen.....	131
7.6.4.	Le jeu d'acteurs	132
7.6.4.1	Les acteurs clés en France aujourd'hui.....	132
7.6.4.2	Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs	133
7.6.5.	Le cadre réglementaire et fiscal.....	135
7.6.5.1	Incitations fiscales et économiques	135
7.6.5.2	Réglementation Technique	135

7.6.6.	Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie	136
7.6.6.1	Atouts	136
7.6.6.2	Faiblesses	136
7.6.6.3	Opportunités	137
7.6.6.4	Menaces	137
8.	LES ACTEURS IMPLIQUES : TYPOLOGIE, DEFIS A RELEVER, IMPACTS SUR LA VALEUR AJOUTEE ET LES EMPLOIS	138
9.	LES PROPOSITIONS ISSUES DES GROUPES D'EXPERTS	140
9.1.	Mesure N°1 : Maîtriser le flux de main d'œuvre qualifiée	141
9.1.1.	Contexte	141
9.1.2.	Verrous et freins actuels	142
9.1.3.	Efforts d'innovation	142
9.1.4.	Feuille de route pour la mesure N°1	145
9.2.	Mesure n° 2 : Maîtriser le coût global de possession des NTE intégrées aux bâtis	146
9.2.1.	Contexte	146
9.2.2.	Verrous et freins actuels	147
9.2.3.	Efforts d'innovation	148
9.2.4.	Feuille de route pour la mesure N°2	149
9.2.5.	Développements technologiques et innovations d'intégration	150
9.2.5.1	Solaire photovoltaïque	152
9.2.5.2	Solaire Thermique	156
9.2.5.3	Les pompes à chaleur	160
9.2.5.4	Chauffage biomasse	166
9.3.	Mesure N° 3 : Afficher la qualité des performances des systèmes NTE en introduisant un étiquetage mixte énergie primaire/CO₂, étiquetage qui s'appuie sur des normes et certifications au meilleur niveau européen	170
9.3.1.	Contexte	170
9.3.2.	Verrous et freins actuels	171
9.3.3.	Efforts d'innovation	171
9.3.4.	Feuille de route pour la mesure N°3	172
9.4.	Mesure N°4 : Améliorer les performances énergétiques des bâtiments en généralisant progressivement les techniques de Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie dans les bâtiments	173
9.4.1.	Chaîne de valeur	173
9.4.2.	Verrous et freins	175
9.4.3.	Efforts d'innovation	177
9.4.4.	Feuille de route pour la Mesure n°4	178
9.5.	Mesure N°5 : Maîtriser le coût des assurances couvrant l'installation des NTE en mutualisant les données d'incidents d'exploitation au niveau national	180
9.5.1.	Contexte	180
9.5.2.	Verrous et freins actuels	181
9.5.3.	Efforts d'innovation	182

9.5.4	Feuille de route pour la mesure N°5.....	183
9.6	Mesure N° 6 : Maîtriser les relations techniques et contractuelles entre les acteurs de terrain grâce aux systèmes d'information de chantier	185
9.6.1.	Chaîne de valeur	185
9.6.2.	Verrous et freins	186
9.6.3.	Efforts d'innovation.....	187
9.6.4.	Feuille de route pour la Mesure N°6	188
9.7	Mesure N°7 : Maîtriser l'impact des aides publiques à l'investissement NTE dans les bâtiments existants en indexant progressivement leur attribution à un engagement de performances énergétiques	189
9.7.1.	Contexte.....	189
9.7.2.	Verrous et freins actuels	190
9.7.3	Efforts d'innovation.....	190
9.7.4	Feuille de route pour la Mesure N°7	192
10	Conclusions et propositions	194
11	Liste des contributeurs.....	200
12	Annexe 1 : le facteur 4.....	214
13	Annexe 2 : stockage de l'électricité distribué et photovoltaïque	215
14	Annexe 3 : observatoire sur la performance énergétique des bâtiments ..	220
15	Annexe 4 : avenir de la garantie décennale.....	221
16	Annexe 5 : manager le changement dans le secteur du bâtiment	223
17	Annexe 6: valorisation des actifs intangibles de sociétés contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique.....	224

Remerciements

Le présent document est le résultat d'un travail collectif qui a permis de converger, entre février et septembre 2008, sur sept mesures concrètes qui reflètent les opinions et convictions de trois types d'acteurs listés au chapitre 11 :

- La puissance publique
- Les professionnels du secteur
- La société en charge de l'animation des groupes de travail

Que chacun soit remercié pour la patience et la motivation qui ont contribué au lancement d'une démarche concertée de long terme, démarche qui permettra à la France d'atteindre 2020 avec des bâtiments moins énergivores, tout en restant confortables et sûrs dans leur utilisation au quotidien.

Liste des sigles utilisés et définitions

A2I	Agence de l'innovation industrielle
ABF	Architectes de Bâtiments de France
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFAQ	Association Française de l'Assurance Qualité
AFNOR	Association Française de NORmalisation
AFOCERT	Association Française des Organismes de Certification des Produits de Construction
AFPAC	Association Française Pompes à Chaleur
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AIE	Agence Internationale de l'Energie
AII	Agence de l'innovation industrielle
AIMCC	Association des Industries de Produits de Construction
AMORCE	Association au carrefour des collectivités territoriales et des professionnels
ANAH	Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat
ANIL	Agence Nationale pour l'Information sur le Logement
ANR	Agence Nationale de la Recherche
AQC	Agence Qualité Construction
ATEE	Association Technique Energie Environnement
ATITA	Association Technique des Industries Thermiques et Aérauliques
BBC	Bâtiment Basse Consommation
BEP	Brevet d'Etudes Professionnelles
BET	Bâtiment et Techniques
BIC	Bénéfices Industriels et Commerciaux
BMBF	Ministère fédéral allemand pour la formation et la recherche
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
BTS	Brevet de Technicien supérieur
c€	centime d'euro
CAP	Certificat d'Aptitude Professionnelle
CAPEB	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment

CAPET	Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement technique
CAPI	Composants Actifs/Passifs Intégrés (Projet SESAME)
CAPTHOM	CAPTeur universel de présence HUMaine pour le bâtiment et l'habitat (Projet SESAME)
CARENE	Convertisseur d'énergie flexible et réversible (projet SESAME)
CATED	Centre d'Assistance Technique et de Documentation du Bâtiment
CATIA	Computer graphic Assisted Three dimensionnal Interactive Application (logiciel de CAO - Dassault)
CBEEC	China Building Electricity Efficiency Committee
CCI	Clinton Climate Initiative
CdTe	Tellure de cadmium
CE	Commission Européenne
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CEBTP	Centre Expérimental de recherches et d'études du Bâtiment et des Travaux Publics
CEMAGREF	Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement
CEREN	Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie
CERTITA	Guichet Unique de Certification du Génie climatique
CESI	Chauffe-eaux Solaires Individuels
CETHIL	Centre thermique de Lyon
CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique
CFA	Centre de Formation des Apprentis
CFEC	Compagnie Française des Experts Construction
CGM	Conseil Général des Mines
CI	Crédit d'Impôt
CIBE	Comité Interprofessionnel du Bois Energie
CICF	Chambre de l'Ingénierie et du Conseil de France
CIF	Congé Individuel de Formation
CIS	copper indium diselenide
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes sur la Pollution Atmosphérique
CLCV	Association Nationale de consommateurs et usagers
CLIP	Club d'Ingénierie Prospective Energie et Environnement.
CNAM-IFFI	Institut français du Froid Industriel et du génie climatique
CNEAF	Collège National des Experts Architectes français
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COMOP	Comité Opérationnel

CONSUEL	Association à but non lucratif dont la mission est de mettre en œuvre toutes études et actions en vue d'assurer la sécurité des personnes
COP	Coefficient de Performance
COPREC	Confédération des Organismes indépendants de Prévention, de Contrôle et d'inspection
COSTIC	Centre d'études et de formation pour le génie climatique et l'équipement technique du bâtiment Etudes
COV	Composés Organiques Volatils
CQP	Certificat de Qualification Professionnelle
CRE	Commission de régulation de l'énergie, autorité administrative indépendante chargée de veiller au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz en France
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CSTBat	Certification effectuée par le CSTB, relative aux équipements de génie climatique et aux procédés solaires.
CSTS	Collective Solar Thermal Systems
CTE	Código Técnico de la Edificación
DAEI	Direction des affaires économiques et internationales
DGE	Direction Générale des Entreprises
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
DGEMP	Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières
DGTPE	Direction Générale du Trésor et de la Politique Economique
DGUHC	Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction
DIDEME	Direction de la demande et des marchés énergétiques
DPE	Diagnostic de Performance Energétique
DTU	Document technique unifié
DUT	Diplôme Universitaire de Technologie
ECOAIRCON	Eco - Design of room air conditioning appliances (projet de recherche coordonné par ARMINES)
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EDF	Electricité de France
EE	Efficacité Energétique
EERE	Energy Efficiency and Renewable Energy
EGF-BTP	Entreprises Générales de France
EMCA	Energy Management Company Association
ENERPLAN	Association professionnelle de l'énergie solaire
EnR	Énergies renouvelables
ENSCP	École Nationale Supérieure de Chimie de Paris

ERDF	Electricité Réseau Distribution France
ERP	Établissements Recevant du Public
ESTIF	Fédération Européenne de l'Industrie Solaire Thermique
ESTTP	Plateforme Technologique Européenne du Solaire Thermique
EUREC	Agence Européenne des Centres sur les Énergies Renouvelables
FCA	Fédération Française des Courtiers d'Assurances et de Réassurances
FCBA	Institut technologique Forêt Cellulose Bois construction Ameublement
FEE	France Energie Eolienne
FFACB	Fédération Française des Artisans Coopérateurs du Bâtiment)
FFB	Fédération Française du Bâtiment
FFIE	Fédération Française des entreprises de génie électrique et énergétique
FFSA	Fédération Française des Sociétés d'Assurances
FG3E	Fédération Française des Entreprises Gestionnaires de services aux Equipements, à l'Energie et à l'Environnement
FIB	Fédération de l'Industrie du Béton
FNCCR	Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies
FNCOFOR	Fédération Nationale des Communes Forestières de France
FNSCOP	Fédération Nationale des Sociétés Coopératives de Production
FNSEM	Fédération Nationale des Sociétés d'Economie Mixte
FPC	Fédération nationale des promoteurs-constructeurs
FUI	Fonds Unique Interministériel
GDF Suez	GAZ DE France SUEZ
GEDELOC	GEstion DELOCalisée d'énergie (Projet SESAME)
GEMA	Groupement des Entreprises Mutuelles d'Assurances
GES	Gaz à Effets de Serre
GFCC	Groupement des Fabricants de matériels de Chauffage Central par l'eau chaude et de production d'eau chaude sanitaire
GIE	Groupement d'Intérêt Economique
GIFAM	Groupement Interprofessionnel des Fabricants d'Appareils d'Equipement Ménager
GPS	Global Positioning System
GRETA	Réseau de la formation continue
GTB	Gestion Technique du Bâtiment
GTC	Gestion Technique Centralisée
GTI	Groupe de Travail Interministériel

GW	Gigawatt
GWh	Gigawattheure
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HOMES	Habitat et bâtiment Optimisé pour la Maîtrise de l'Energie et les Services
HPE	Haute Performance Energétique
HQE	Haute Qualité Environnementale
HTA	Haute tension A
IEA HPC	International information service for heat pumping technologies
IEC	Commission électrotechnique internationale
IFN	Inventaire Forestier National
INC	Institut National de la Consommation
INCPC	Institut National des Pompes à Chaleur
INES	Institut National de l'Energie Solaire
INSA	Institut National des Sciences Appliquées
INSA-CETHIL	Centre Thermique, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IOBL	In One by Legrand
IRDEP	Institut de Recherche et Développement sur l'Énergie Photovoltaïque
ISIS	Interrupteur intelligent pour le réseau électrique (Projet SESAME)
ISITV	Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var
ITEBE	Institut des Bio énergies
IUT	Institut Universitaire de Technologie
kVA	kilo-Volt-Ampère
kWh	kilowattheure
LATEP	Laboratoire Thermique Energétique et Procédés
LED	Light-Emitting Diode
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LNE	Laboratoire National de Métrologie et d'Essais
MAGE	Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie
MAP	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
MEDAD	Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables
MEEDDAT	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer

mg/Nm³	Milligramme par nanomètre cube
MINEFE	Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Emploi
MINEIE	Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi
MOP	Loi M.O.P relative à la maîtrise d'ouvrage public
MTEP	Mega Tonne Equivalent Pétrole
mW	mégawatt
MWh	Mégawatt heure
NF	Norme Française
NFPAC	Norme Française Pompe à Chaleur
NOx	Oxydes d'azote
NTE	Nouvelles Technologies de l'Energie
NTIC	Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
OE	Observatoire de l'Energie
ONF	Office National des Forêts
OPAC	Office Public d'Aménagement et de Construction
OPEN	Observatoire Permanent de l'amélioration Energétique des logements
PAC	Pompe A Chaleur
PERCHE	Pompes à chaleur en relève de chaudière
PGI	Progiciels de Gestion Intégrée
PIPAME	Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PMI	Petite et Moyenne Industrie
POPE	Programme des Orientations de la Politique Energétique
PREBAT	Programme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment
PREVAIR	Prévisions et Observations de la qualité de l'air
PUCA	Plan Urbanisme Construction Architecture
PV	Photovoltaïque
QUALIBAT	Qualification et de certification des entreprises du bâtiment
QUALIBOIS	Qualité d'installation des chaudières bois énergie
QUALIFELEC	Qualification des entreprises d'électricité.
QUALIPV	Qualification pour l'installation de systèmes photovoltaïques
QUALISOL	Qualification pour l'installation de systèmes solaires thermiques
QUALITEL	Qualification pour la qualité du logement

R&D	Recherche et Développement
RC	Responsabilité Civile
RT	Réglementation Thermique
SEQUELEC	SEcurité et Qualité dans l'Utilisation de l'ELECtricité (organisation nationale dans laquelle participent EDF Réseau de Distribution, EDF Gaz de France Distribution et les organisations professionnelles d'installateurs)
SER	Syndicat des Energies Renouvelables
SESAME	Sciences électriques et Systèmes Appliqués au Management de l'Energie (Porté par le pôle S2E2, le projet SESAME réunit douze entreprises concepteurs ou fabricants de systèmes d'installations électriques, d'appareils électroniques ou de transformation d'énergie électrique, et neuf laboratoires)
Si	Silicium
Si:H	<i>silicium</i> amorphe hydrogéné
SiGe:H	silicium-germanium amorphe hydrogéné
SILPRO	Silicium de Provence: projet d'implantation d'une usine de silicium de qualité solaire sur le site ARKEMA (St Auban)
SNSO	Syndicat National des entreprises de Second Œuvre du bâtiment
SOLAGRO	Association spécialisée dans la réalisation d'écobilans et d'études sur les énergies renouvelables.
SOLARGE	Enlarging solary thermal systems in multi family housing
SOx	Oxyde de soufre
SSC	Systèmes Solaires Combinés
SYNAAMOB	Syndicat national des architectes, des agréés, et des maîtres d'œuvre en bâtiment
Syntec	Syndicat professionnel des acteurs du Conseil (Management : SI, Recrutement, Stratégie, Marketing, ...).
Tenerrdis	Pôle de compétitivité énergies renouvelables Rhône-Alpes, Drôme, Isère, Savoie
TEP	Tonne équivalent pétrole
THPE	Très Haute Performance Energétique
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TPE	Très Petite Entreprise
TWh	Térawattheure
UESL	Fédération des organismes 1% logement
UMF	Union des Maisons Française
UNACPC	Union Nationale Artisanale de Couverture Plomberie Chauffage
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNICLIMA	Syndicat professionnel des entreprises de matériel aéraulique, thermique, thermodynamique et frigorifique dans les secteurs de la ventilation, du dépoussiérage et de la filtration
UNSFA	Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes
UNTEC	Union Nationale des Economistes de la Construction
USG	Union Syndicale Géotechnique

USH Union sociale pour l'habitat
Wh Watt heure
μc-Si:H *Micro silicium* amorphe hydrogéné

1. CONTEXTE DU RAPPORT

Le Ministère de l'économie des finances et de l'emploi, le Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques et l'ADEME ont lancé début 2008 une étude sur la diffusion des nouvelles technologies de l'énergie dans le bâtiment. Cette étude, initiée début 2007 et dont le Grenelle de l'Environnement a conforté l'opportunité, a porté sur les conditions dans lesquelles les entreprises, les artisans et les sociétés de services seront en mesure dans les mois et les années à venir de relever le défi de la diffusion de masse des technologies « facteur 4 »⁸ dans le secteur du bâtiment (voir Annexe 1).

Menée avec l'appui de TECHNOFI, qui a assuré l'animation des différents groupes d'experts public et privés, cette étude a porté sur cinq domaines : le solaire thermique, le solaire photovoltaïque, les pompes à chaleur, le chauffage biomasse et les nouvelles technologies de la communication et l'information.

L'étude a eu pour objet de réaliser un diagnostic partagé de la capacité actuelle et future de l'offre française de produits et de services à répondre aux obligations normatives et réglementaires de plus en plus fortes en matière d'économie d'énergie dans les bâtiments. Elle a porté également sur la demande des promoteurs et consommateurs, depuis le niveau le plus en amont de la chaîne de l'innovation jusqu'au service le plus aval de proximité du consommateur final.

Un volet particulier de l'étude s'est attaché à évaluer l'état actuel des compétences humaines disponibles dans les entreprises, ainsi que leur niveau requis et les formations existantes ou souhaitables dans les différents métiers concernés, pour apporter une réponse innovante et de qualité à une demande croissante de produits et de services.

A partir de quelques scénarios plausibles de déploiement de ces technologies, notamment par comparaison avec la situation de quelques pays étrangers, ainsi que des verrous et barrières à leur pénétration quels qu'en soient les motifs économiques, sociaux, sociétaux, financiers etc., l'étude débouche sur une série de mesures à mettre en œuvre : le plan d'actions proposé à l'issue de l'étude a fait l'objet d'un séminaire de restitution qui s'est tenu à Paris le 17 Septembre 2008.

Ce rapport fait la synthèse des travaux menés, des propositions faites et des modalités qui en découlent, dans le cadre d'un partenariat public-privé adapté à chacun des axes retenus.

⁸ L'objectif de division par quatre de nos émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050 a été fixé par le Président de la République avant d'être inscrit dans la loi du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique française puis dans le Plan Climat du Gouvernement. Cette loi dispose que " la lutte contre le changement climatique est une priorité de la politique énergétique ".

2. INTRODUCTION

En France, ce sont les bâtiments résidentiels et tertiaires qui consomment le plus d'énergie finale corrigée du climat (43,5%), contre environ 32% pour les transports et 23% pour l'industrie. Il s'agit par ailleurs, de la deuxième source d'émissions de CO₂ après les transports (25%) et du secteur qui, avec les transports, a connu la plus forte croissance (+ 22%) de ses émissions depuis 1990, année de référence pour le Protocole de Kyoto. En effet, même si une pause est observée en 2007, la consommation énergétique du résidentiel-tertiaire a augmenté de 0,8% par an depuis 2000, et de 1,1% depuis 1990⁹. Face à ce constat, le Grenelle de l'Environnement a confirmé trois tendances lourdes :

1. La France a pris du retard quant aux performances énergétiques de ses bâtiments¹⁰. Il faut donc **durcir la loi POPE¹¹ existante (2005)** sur la base d'une trajectoire d'amélioration continue des performances des bâtiments (neufs et existants), et ceci afin de forcer l'allure du progrès dans ce secteur jusqu'en 2050.
2. Une maîtrise de la consommation énergétique des bâtiments neufs suppose des **solutions beaucoup plus performantes disponibles dès 2010**, accompagnée **d'une rupture dans les habitudes de construction**, rupture qui, progressivement, permettra de construire des bâtiments neufs à consommation nulle voire positive en 2020. L'innovation qui en découle touchera autant les composants technologiques¹² que l'organisation de chantier mise en place pour garantir les performances des bâtiments ou les services qui en baissent le coût d'exploitation (maintenance, réparation, remplacement d'unités défectueuses). Et ceci sans oublier que chaque bâtiment est un bien unique, ce qui rajoute à la complexité d'un processus de construction que tous souhaiteraient le plus standard possible.
3. Sur la base d'un taux de renouvellement du parc immobilier français inférieur à 1% par an, la **réduction de la consommation moyenne des bâtiments existants** d'un facteur 3 se révèle être aussi primordiale, pour atteindre 80 kWh/m²/an en moyenne vers 2050 pour l'ensemble du parc. Achever cette rénovation en 2050 suppose que 500.000 logements par an soient traités dès 2009 (soit une économie d'énergie théorique annuelle de 7,5 TWh pour une consommation totale en 2007 de 820,3 TWh). La rénovation de l'existant demandera des innovations, du fait de la difficulté d'effectuer des diagnostics pertinents, puis de déployer des solutions adaptées aux contraintes architecturales, aux besoins nouveaux des consommateurs et à leur capacité de financement.

Améliorer les performances énergétiques des bâtiments neufs ou anciens combinera deux approches complémentaires, à savoir :

⁹ « Bilan énergétique de la France pour 2007 », Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP), Observatoire de l'Énergie, Note DGEMP/OE/RL/CGM (Avril 2008).

¹⁰ Les pays qui voient leur consommation chuter entre 1990 et 2002 et qui ont des performances moyennes meilleures que la France sont les Pays-Bas, la Norvège, le Danemark, la Suède (source : ODYSSEE 2004).

¹¹ Loi Programme des Orientations de la Politique Énergétique du 13 juillet 2005.

¹² Fenêtres, isolation, systèmes de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de ventilation ou de conditionnement d'air...

- **Du côté de la demande d'énergie, il s'agit de réduire le besoin d'énergie grâce à :**
 - ✓ **Une isolation plus performante** (qui réduit le besoin de chauffage/rafraîchissement) **des bâtiments neufs et existants à l'aide de technologies matures, mais aux performances en progrès constant** : la difficulté est de traiter le bâti ancien, et d'accepter le surcoût d'isolation sur le neuf.
 - ✓ **Une optimisation en temps réel de la consommation d'énergie** prenant en compte le comportement des utilisateurs et leurs besoins réels, grâce à des solutions de Maîtrise Active de la Gestion de l'Énergie (MAGE) basées sur les télécommunications et l'informatique en temps réel.
- **Du côté de l'offre technologique, il s'agit d'introduire de nouvelles technologies de l'énergie (NTE) pour la production de chaleur et/ou d'électricité :**
 - ✓ **Soit utilisant les énergies renouvelables** (solaire, chauffage par biomasse, pompes à chaleur) pour répondre à des besoins d'eau chaude sanitaire, de chauffage ou d'électricité, solutions qui réduisent significativement le recours aux combustibles fossiles.
 - ✓ **Soit utilisant des technologies à meilleur rendement** (pompes à chaleur performantes, chaudières à condensation, chaudières électrogènes¹³).

Ces options ne sont pas mutuellement exclusives : il s'agit de trouver la combinaison optimale, notamment au regard de critères de coûts/efficacité, donc d'investir sur le long terme, les économies d'énergie réalisées permettant un amortissement d'autant plus rapide que la dérégulation des marchés de l'énergie en Europe conduit à une croissance des prix des énergies traditionnelles¹⁴. L'exemple des labels suisse ou allemand (Minergie, Passivhaus) montre que, pour les logements individuels, il est possible de limiter le surcoût du bâti neuf à 10% du coût des solutions «classiques».

Le Grenelle de l'Environnement va donc structurer un cadre législatif qui fera croître la demande en bâtiments performants énergétiquement (neufs et existants), ceci en durcissant, pour les bâtiments neufs, la réglementation thermique de 2005, et en introduisant un objectif très ambitieux de réduction d'un facteur 3 de la consommation moyenne des bâtiments existants.

Ce contexte est favorable aux NTE pour plusieurs raisons :

- ***L'hyper isolation des bâtiments futurs nécessite de reconsidérer certains acquis :***

¹³ Les chaudières électrogènes produisent localement chaleur et électricité ce qui permet un meilleur rendement global d'utilisation de l'énergie fossile entrant et la réduction des coûts de transport et de distribution de l'électricité encore produite de manière centralisée : elles utiliseront soit des moteurs Stirling, soit, à terme, des piles à combustibles.

¹⁴ On retiendra des temps de retour sur investissement entre 5 et 10 ans pour des besoins en capital allant de quelques milliers d'euros à quelques dizaines de milliers d'euros sur de l'ancien, et des chiffres similaires sur le neuf par comparaison à des solutions « classiques ».

- ✓ L'air peut devenir le fluide caloporteur¹⁵ à condition de «réoptimiser» le confort d'été et d'hiver et de revoir les aspects sanitaires de la ventilation. L'électricité devient alors un vecteur énergétique prépondérant, ce qui, grâce à un tarif de l'électricité encore très favorable en France, conforte le marché de la pompe à chaleur électrique (matériel existant) ou au gaz naturel (en développement) pour les climats les plus froids.
- ✓ Le solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage devient encore plus intéressant (voire le rafraîchissement grâce aux cycles à absorption de grande diffusion).
- ✓ Le remplacement de chaudières à combustibles fossiles d'ancienne génération par des chaudières à condensation ou électrogènes, ou des pompes à chaleur, mais aussi une association des deux.
- ***Une meilleure isolation des bâtiments, neufs comme anciens, permet aussi de reconsidérer sa propre consommation :*** on peut alors envisager sa propre production d'électricité par panneaux photovoltaïques ou par chaudière électrogène dans une logique d'autoconsommation¹⁶, rendue possible grâce aux progrès du stockage de l'électricité réalisés dans l'automobile (le véhicule hybride), ou au moins une production d'électricité vendue au réseau (équivalente ou supérieure à sa propre consommation énergétique dans le cas des bâtiments à énergie positive).

Les principaux opérateurs énergétiques français actuels ont bien compris tout le parti qu'ils pouvaient tirer de cette évolution de la demande :

- ***GDF Suez promeut depuis maintenant deux ans une offre de solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage, ce qui fixe une consommation de gaz minimale, puisque le solaire thermique ne couvre pas encore tous les besoins d'une maison pour le climat moyen de la France. Ce groupe soutient l'émergence de nouvelles technologies à haute performance énergétique (chaudière électrogène, pompe à chaleur gaz).***
- ***EDF/EnR vient de créer une structure ad-hoc pour industrialiser une pompe à chaleur à très haute performance et de racheter un installateur spécialiste de solutions de chauffage par pompe à chaleur air/air pour les logements individuels et collectifs.***
- ***La filière fioul domestique, grâce aux acteurs ECOFIOUL¹⁷, a participé au financement de l'équipement de plus de 4.500 chauffe-eau solaires et au remplacement de plus de 60.000 chaudières à haut rendement en moins de deux ans.***

¹⁵ Dans des zones climatiques favorables.

¹⁶ C'est le sens de la loi allemande adoptée en Juillet 2008 sur l'intégration des renouvelables et qui rentrera en application début Janvier 2009.

¹⁷ Voir <http://www.ecofioul.org>, association dont la mission est de fédérer les distributeurs de fioul domestique afin de coordonner une action ciblée de maîtrise des consommations des utilisateurs

C'est dans ce contexte que le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi (MINEIE/DGE), le Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques (PIPAME) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) ont lancé une étude début 2008 sur la diffusion de ces NTE, étude dont le but est de répondre aux questions suivantes :

- *Quelles sont les conditions du développement des NTE dans le monde du bâtiment (habitat, tertiaire, neuf, ancien) ?*
- *Quelles sont les conditions dans lesquelles les entreprises, les artisans et les sociétés de service peuvent relever le défi d'une diffusion de masse de ces NTE ?*
- *Quelle est la capacité actuelle et future de l'offre en NTE à répondre aux obligations normatives et réglementaires à venir dans ce secteur ?*
- *Quelles compétences nouvelles seront nécessaires, avec les formations associées ?*
- *Quels sont les scénarii plausibles de déploiement de ces technologies et les verrous ou barrières, par comparaison à nos voisins européens ?*
- *Quelles sont les mesures et le plan d'actions à mettre en œuvre pour lever ces verrous et barrières ?*

3. EVOLUTION DES OBJECTIFS ET DU CADRE REGLEMENTAIRE

C'est l'Europe qui, à ce jour, est le continent le plus volontariste en matière de maîtrise des consommations d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Depuis l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto (2005), une concertation constante entre les Etats Membres a promu des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et la dépendance énergétique de l'Union vis-à-vis de l'extérieur, tout en améliorant la compétitivité. On citera l'entrée en vigueur en 2005 du système européen d'échange des quotas de CO₂, l'adoption au Conseil Européen de 2007 d'une série d'ambitions communes pour 2020¹⁸, le paquet Energie-Climat, plan d'actions proposé par la Commission Européenne en Janvier 2008 pour tenir ces ambitions en 2020, et qui devrait être finalisé sous la présidence française fin 2008.

Le consommateur européen prend, quant à lui, conscience des changements climatiques et de la hausse, très probablement tendancielle, des prix de l'énergie. Ces deux facteurs l'incitent à modifier sa consommation d'énergie, et suscitent un attrait pour les énergies renouvelables. L'Allemagne¹⁹, l'Espagne²⁰ ou le Danemark²¹ ont adopté, de manière précoce, une série de mesures publiques pour soutenir l'utilisation des énergies renouvelables. Ces mesures se sont traduites par des progressions d'activités industrielles significatives. Elles ont permis à leurs industriels de tester leurs produits sur le marché national avant de les exporter, et ainsi de conquérir en quelques années des positions mondiales dominantes (Q. Cell -Allemagne- est désormais le premier fabricant mondial de cellules photovoltaïques).

Pour les bâtiments, à l'instar de toute l'Europe suite au choc pétrolier de 1973, la France a développé sa réglementation thermique pour les bâtiments. Mais la demande spontanée pour des performances énergétiques accrues est restée faible, comparée à d'autres pays. A ceci une raison clef : la part croissante de l'électricité par effet Joule²² dans le chauffage et l'eau chaude sanitaire, avec un coût d'investissement et de mise en œuvre plus faible que pour les solutions utilisant le vecteur eau chaude ou les pompes à chaleur. Néanmoins, l'année 1990 voit la création de l'ADEME pour développer une réelle politique en la matière, et l'agence a piloté avec succès des programmes cibles de démonstration pour le collectif, par exemple le chauffage biomasse.

¹⁸ Améliorer de 20% l'efficacité énergétique, réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre, atteindre 20% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique totale de l'Union.

¹⁹ 3500 MW de production électrique photovoltaïque contre 50 MW en France à fin 2007 (Le Monde, 1^{er} Septembre 2008,) grâce à des tarifs d'achat d'électricité rendus attractifs pour construire une industrie allemande des composants photovoltaïques.

²⁰ Le Plan Energies Renouvelables 2005-2010 modifie la réglementation du bâtiment (CTE - Código Técnico de la Edificación) et impose que 60% de la consommation énergétique des nouveaux bâtiments soit d'origine solaire thermique, du fait du climat très favorable.

²¹ Le Danemark utilise 26.000 kilomètres de réseaux de chaleur en 2007, promus pour être couplés à des installations de combustion de biomasse d'origine agricole qui favorisent le chauffage biomasse au sein d'agglomérations, ainsi que la production décentralisée d'électricité ; en France seuls 3.000 km de réseaux utilisent uniquement les déchets ménagers et la géothermie pour la même application.

²² « La consommation d'énergie à usage domestique depuis 40 ans : l'électricité, numéro un dans les foyers », INSEE première, mai 2002.

Enfin, des méthodologies nouvelles plus rigoureuses commencent à structurer la rénovation des bâtiments. Le diagnostic DPE²³, même critiquable en l'état, doit devenir, une fois professionnalisé, une référence indispensable pour proposer des travaux et fixer les objectifs de gains en consommation d'énergie.

Les objectifs réglementaires à venir issus du Grenelle²⁴ offrent donc des avantages certains :

- *Ils fixent une trajectoire de progrès lisible par les professionnels, avec en particulier une cadence d'amélioration de l'habitat ancien très soutenue : 500.000 logements/an jusqu'à 2050.*
- *Ils obligent dès aujourd'hui tous les professionnels du bâtiment à revoir leur modèle industriel et commercial, et ceci avant 2012, au risque de ne pas savoir remplir les obligations normatives de 2020 issues du Grenelle.*

En revanche, l'inconvénient majeur réside dans l'absence d'analyse de la capacité réelle de l'offre de technologies, de produits, de services et de financements à s'adapter au rythme imposé par ce cadre législatif. Le cas de l'obligation de contrôle technique des installations d'ascenseurs est à ce titre illustratif²⁵. Par ailleurs, ces décisions réglementaires structurelles se heurtent à des difficultés le plus souvent conjoncturelles :

- *Le retournement du secteur du bâtiment au niveau mondial, induit par la crise des sub-primes, avec des impacts différents selon les pays européens, mais dont on perçoit les effets en France²⁶.*
- *Les évolutions erratiques du prix des énergies fossiles qui retardent les décisions d'investissement du fait des incertitudes qu'elles génèrent.*
- *La faible progression du pouvoir d'achat, qui limite la capacité d'autofinancement pour des investissements à long terme de tout un pan de population, propriétaire de sa maison ou de son logement.*
- *La difficulté technique que représente le passage du chauffage par effet joule à des solutions plus performantes (chaudières de dernière génération, pompes à chaleur).*

²³ Le DPE, Diagnostic de Performance Energétique, est une évaluation de la consommation d'énergie primaire et des émissions de CO₂ d'un bâtiment utilisant une méthode standardisée. Il est obligatoire à la vente pour le résidentiel et le tertiaire, à la location pour les logements, et à la construction. De plus son affichage est obligatoire dans tous les bâtiments publics.

²⁴ Les propositions du Grenelle se résument comme suit :

Dans le neuf :

▪ *La norme « bâtiment basse consommation » ou BBC (50 kWh/m²/an) s'appliquera à toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à partir de fin 2012, et à partir de 2010 pour les constructions neuves de bâtiments publics.*

- *L'obligation est repoussée à fin 2012 pour les bâtiments résidentiels.*
- *En 2020, toutes les constructions neuves devront être à énergie positive.*

En réhabilitation :

▪ *L'objectif est de réduire de 12 % en 2012 la consommation du parc ancien et de 38 % en 2020.*

▪ *Pour les bâtiments de l'Etat et ses établissements publics, l'avant-projet de loi retient l'obligation d'un « audit énergétique » d'ici à 2010 avec l'objectif d'engager la rénovation de l'ensemble de leurs bâtiments d'ici 2012.*

▪ *Pour les HLM, l'objectif est de rénover avant fin 2020 les 800 000 logements dont la consommation énergétique est supérieure à 230 kW/hep/m² pour la ramener à moins de 150 kW/hep/m².*

²⁵ Arrêté du 18 Novembre 2004, consolidé au 15 Août 2006 (ascenseurs installés avant le 03/07/2003, premier contrôle avant 03/07/2009 ; ascenseurs installés après le 03/07/2003, premier contrôle au plus tard 5 ans après la date d'installation) : le manque de personnel et une butée dans le temps non négociée avec la profession ont conduit les acteurs majeurs du secteur à s'entendre sur la vitesse de mise en œuvre et sur une augmentation des prix, du fait d'une trop forte demande pour une offre non préparée et peu élastique.

²⁶ « Marché immobilier : le coup de froid peut-il durer ? », HSBC France, publication trimestrielle, 28 Juillet 2008.

4. PROBLEMATIQUE POSEE ET ENJEUX

L'ensemble des acteurs impliqués dans le développement des NTE (chercheurs, développeurs technologiques, industriels fabricants, architectes, bureaux d'étude, installateurs, promoteurs immobiliers, constructeurs, assurances, investisseurs et consommateurs) font face à une mutation globale qui a ses propres paradoxes :

- **Les conséquences économiques** de l'appareil législatif à venir **feront croître le chiffre d'affaires généré par les activités en lien avec les NTE**, du fait d'une demande plus forte.
- Cependant, l'offre de NTE devra s'inscrire dans un cycle d'innovation «bâtiment» lui-même en pleine refondation, et ce sur toute la chaîne de valeur, ce qui **nécessite des progrès en amont** pour la préconisation (architectes, bureaux d'étude) **et en aval** pour l'installation et la maintenance des NTE.
- **Les prévisions d'impact en termes d'économies d'énergie** montrent que l'axe «rénovation» doit accompagner la demande en NTE dans le bâtiment neuf (les labels HPE EnR, THPE EnR et BBC applicables dès maintenant aux bâtiments neufs) en attendant 2012 pour un impact plus grand des nouveaux labels en terme d'équipements²⁷.
- **La rénovation bénéficie désormais du diagnostic DPE²⁸** : par sa valeur informative, il fournit des directions d'améliorations aux futurs acquéreurs d'un bâti ancien et permet de fixer les spécifications de rénovation aux maîtres d'ouvrage avec des objectifs d'amélioration justifiés. Cependant, on ne doit pas oublier les aléas intrinsèques à chaque chantier, et la réalité de terrain qui oblige bien souvent à ajouter au coût des matériels NTE des frais annexes de réaménagement intérieur.
- **Le consommateur découvre l'existence d'options énergétiques²⁹**. L'idéal serait que l'installateur, son interlocuteur privilégié en rénovation d'équipements de chauffage, devienne un généraliste de l'énergie capable de s'engager sur une performance dans la durée, y compris parfois avec du matériel encore peu diffusé. Toutefois, ce matériel induit de nouveaux types de risques que les assurances ont encore du mal à couvrir. De plus, cet installateur doit faire face à un domaine nouveau dépassant ses compétences : l'isolation thermique des bâtiments.
Comment les professionnels vont-ils formuler une offre globale de rénovation énergétique³⁰ avec engagement de résultats ?

²⁷ Le « bâtiment basse consommation » (50 kWh/m²/an) s'appliquant à toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à partir de fin 2012.

²⁸ Issu de la directive européenne 2002/91 du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments et instauré en 2006 (décret du 15 septembre 2006), le diagnostic immobilier de performance énergétique (DPE) a pour objectif de dresser un bilan complet de la consommation d'énergie d'un bien immobilier. Le DPE prend place au sein du dossier de diagnostics techniques indispensables à chaque transaction d'un bien immobilier. Livrant une estimation de la consommation d'énergie du logement (qu'il s'agisse d'un appartement ou d'une maison), le diagnostic DPE permet de dresser un classement des biens immobiliers dans ce domaine (une étiquette semblable à celles déjà en vigueur pour les appareils ménagers affiche le potentiel énergétique du logement et une autre estimera son impact sur l'effet de serre).

²⁹ Cf le succès des points info Energie de l'ADEME et les statistiques de changement d'opérateurs énergétiques chez les particuliers (Les Echos, 2 Septembre 2008, page 17).

³⁰ On notera le label Eco-artisan par la CAPEB, le projet de qualification « Offre globale de rénovation énergétique » préparé par Qualibat, les initiatives des constructeurs de maisons individuelles pour exploiter leur savoir-faire d'ensembliers en devenant rénovateurs de maisons individuelles. Mais les statistiques récentes de l'ADEME montrent que les résultats ne sont pas encore au

- **La rentabilité d'un investissement NTE reste la question clé pour chaque consommateur**, question qui combine le choix d'un niveau d'isolation et d'une solution énergétique jugée à l'aune des références « standards » (gaz, fioul, électricité). Le critère est alors le coût global : *quand aurai-je récupéré le surcoût d'investissement lié aux NTE par rapport à une solution standard, grâce aux économies d'énergie réalisées*³¹ ?
- **Les fabricants des NTE** savent que les aides publiques à l'investissement ont encouragé la croissance dans une phase de maturation technologique : mais ces aides vont évoluer progressivement soit vers un arrêt, soit vers un changement des règles du jeu, dès lors que le marché peut absorber le coût d'investissement avec des instruments de financement classiques.
- **Le monde de l'immobilier commence à faire jouer l'argumentaire patrimonial en faveur des bâtiments performants énergétiquement** : cette évolution déjà observée en Suisse et en Allemagne (Minergie, Passivhaus) va influencer la construction neuve et la construction ancienne rénovée thermiquement. La valeur de revente augmentera du fait des gains réalisés sur le coût global.

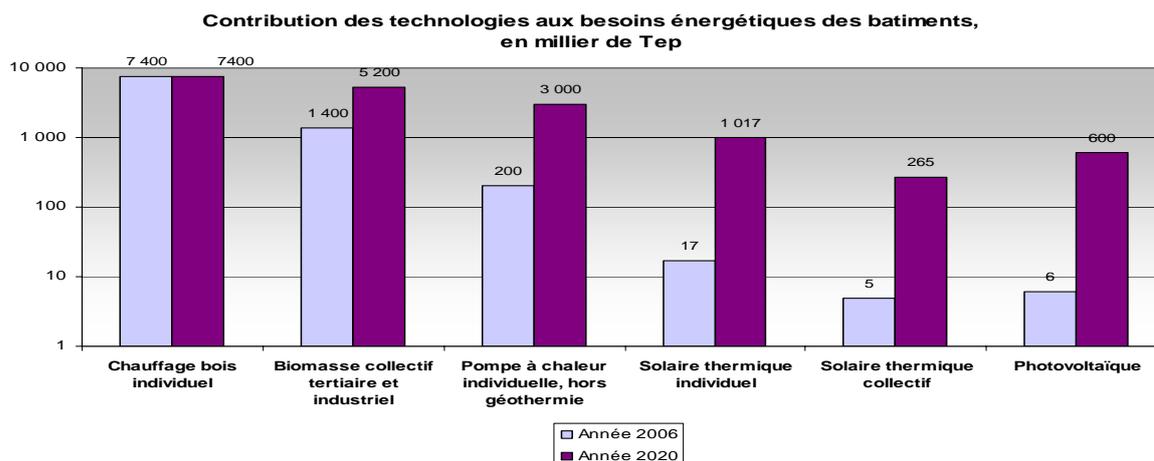
rendez-vous pour la préconisation de solutions optimales pour la rénovation (voir les résultats OPEN 2007, L'Observatoire Permanent de l'amélioration Énergétique des logements de l'ADEME, ADEME, Juillet 2008).

³¹ B. Chabot « Du coût global à la rentabilité différentielle : une nécessité pour le développement durable, une opportunité pour les économistes du bâtiment » ECC, N°14, 2 Octobre 2007, page 57.

5. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Le **Groupe de Travail Interministériel (GTI³²)** piloté par la DGE, le PIPAME et l'ADEME a choisi de centrer l'étude sur les technologies suffisamment matures pour être susceptibles de connaître une diffusion de masse dans les prochaines années au sein des bâtiments, ceci dans le cadre de trois scénarios d'évolution de la consommation d'énergie pour notre pays entre 2008 et 2020 : le scénario tendanciel DGEMP (Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières) avant intégration des mesures issues du Grenelle (seul le chauffage biomasse contribue fortement en tant que renouvelable), les analyses combinées de la Commission Européenne et de la DGEMP pour situer la contribution de la France aux cibles 2020 de l'Union Européenne (nécessité de l'efficacité énergétique), le scénario volontariste de pénétration des NTE du COMOP EnR. L'hypothèse «basse» est basée sur le scénario énergétique de référence DGEMP-OE (2008), et l'hypothèse «haute» sur les travaux du COMOP EnR telle que visualisée dans le graphique ci-dessous.

Les technologies retenues sont le photovoltaïque (pour la production locale d'électricité), le solaire thermique et les pompes à chaleur (pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire), le chauffage biomasse³³.



A ces technologies, qui sont traitées indépendamment les unes des autres, il a été convenu d'ajouter les Technologies de l'Information et de la Communication qui concernent principalement :

- La Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie (MAGE), aujourd'hui présente dans le tertiaire, et qui s'avère un facteur clé de succès pour les bâtiments à énergie positive. La France dispose de champions industriels dans le secteur.

³² Avec les autres ministères concernés (Meeddat, Education Nationale, Recherche, Culture, Intérieur, Agriculture, Santé) et agences OSEO et ANR.

³³ D'autres technologies ont été examinées comme par exemple le petit éolien, les systèmes micro-générateurs et les piles à combustibles. Ces technologies n'ont pas été retenues pour deux raisons : soit leur intégration aux bâtiments n'apparaît pas comme porteuse d'une contribution forte entre 2010 et 2020 (petit éolien, piles à combustibles), soit leur diffusion (micro-génération) nécessite des choix de la part des grands opérateurs énergétiques en remplacement de brûleurs traditionnels, choix encore peu clairs mais qui n'impactent pas le bâti en lui-même.

- Les technologies de Progiciels de Gestion Intégrée (PGI) appliquées aux chantiers soit de rénovation soit de bâtiments neufs, technologies qui devraient aider à réduire le coût d'installation et les risques d'erreurs parfois irréversibles faites en phase d'installation, grâce à un travail plus collectif.

Puis ce Groupe de Travail Interministériel, avec l'aide du cabinet TECHNOFI, a veillé à :

- ***Faire ressortir les opinions de tous les acteurs des chaînes de valeur du bâtiment et des NTE*** : architectes, bureaux d'étude, fabricants de composants industriels, installateurs, gestionnaires de systèmes d'énergie, assureurs, investisseurs, chercheurs.
- ***Analyser la chaîne de valeur de chaque technologie*** pour en déduire des ***verrous et freins*** à leur pénétration, à l'intérieur d'une vision globale du processus de construction.
- ***Faire réagir alternativement puissance publique et acteurs de terrain*** aux propositions de mesures qui apportent des réponses réalistes aux enjeux évoqués, et ceci quel que soit l'endroit de la chaîne de valeur où ces enjeux sont prégnants.

Deux séries de cinq ateliers auxquels ont participé plus de 80 acteurs de terrain en mars et mai 2008, ainsi que trois réunions rassemblant 25 personnes des ministères ont permis de dégager des solutions argumentées d'accompagnement des mutations anticipées, sous forme de mesures impliquant la Puissance Publique, les régions et les professionnels. Ces mesures prennent en compte les trois scénarios d'évolution de la consommation d'énergie pour notre pays décrits plus haut.

Les mesures proposées visent en fait à corriger plusieurs types de défaillance analysées en commun, tout en dépendant le moins possible de l'un ou l'autre des scénarios :

- ***Des défaillances de marché*** : en France, malgré toutes les mesures incitatives, la pénétration des NTE et donc leur contribution à la réduction des consommations énergétiques des bâtiments reste plus faible qu'envisagée,³⁴ du fait des difficultés d'adaptation de l'offre à la demande au niveau des technologies, des produits, des services et des financements.
- ***Des défaillances du processus d'innovation pour intégrer les NTE aux bâtiments*** : on passe d'une production de biens (un bâtiment) à une production de services (une fonction avec un coût global), ce qui influera nécessairement sur la promotion des sous-systèmes énergétiques et leur insertion dans les bâtiments³⁵. Cette mutation peut être un frein à l'utilisation des NTE, les professionnels du bâtiment ne voulant pas cumuler deux risques en série.

³⁴La tendance actuelle prévoit en Europe un parc solaire thermique de 33 millions de mètres carrés en 2010 au lieu des 100 millions attendus par le Livre Blanc de la Commission Européenne : l'objectif secondaire, installer 10 millions de mètres carrés par an à partir de 2010, semble également inatteignable (www.docrenewableenergy.info).

³⁵ « The construction sector system approach: an international framework » CIB publications N°297, Editor Jean Carassus (2004).

- ***Des défaillances de compétences*** : le groupe de travail présidé par M. Parent, concernant la mobilisation des professionnels du bâtiment en général, a déjà identifié les besoins de recrutement supplémentaires liés à la mise en œuvre des recommandations du Grenelle à 15.000 personnes par an sur 12 ans pour les entreprises du bâtiment et 5.000 personnes par an sur 12 ans pour les services situés autour de la construction (dont au moins 1.500 thermiciens)³⁶. L'enjeu est de renforcer l'attractivité du secteur, de redimensionner les structures d'accueil (CFA et sections BTP des lycées techniques et professionnels) et le corps enseignant, mais aussi de corriger le taux de déperdition encore élevé à l'issue de la formation initiale³⁷.

Les mesures pour corriger tout ou partie de ces défaillances se proposent donc à la fois :

- ***De réduire le coût d'accès aux NTE*** en couplant augmentation des volumes d'achats de NTE et accroissement des économies d'énergie fossile induites, ce qui rend ces investissements d'autant plus rentables que les énergies qu'ils remplaceront seront plus chères.
- ***De renforcer la cohérence de la chaîne de valeur nécessaire pour une promotion de chaque technologie basée sur sa performance intrinsèque énergétique et économique*** : c'est cette chaîne qui créera des emplois pérennes, à haute valeur ajoutée, non «délocalisables» (négoce, installation, maintenance).

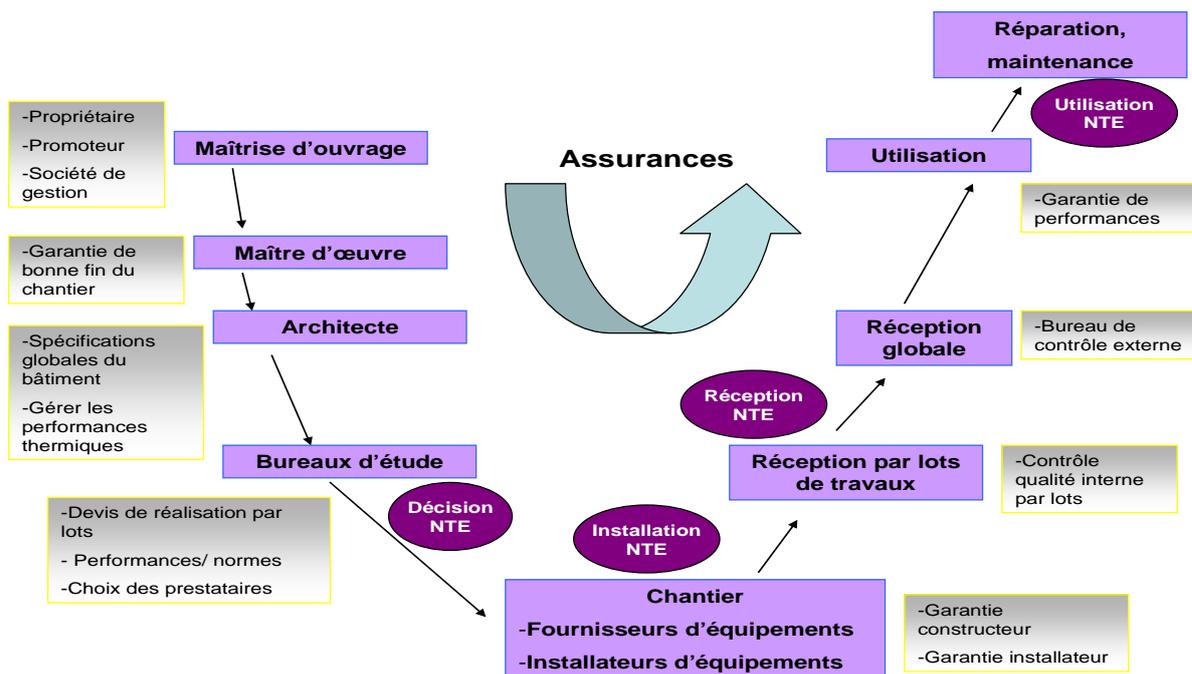
Une fois finalisées, ces mesures ont été analysées et confrontées à des acteurs clés du marché de l'énergie (EDF EnR, GDF SUEZ), du bâtiment (CSTB), de l'assurance (AFSSA) et de la formation («Commission Parent»), lors d'entretiens spécifiques. Ces entretiens ont fait ressortir la nécessité de soutenir à leur juste niveau **les solutions de transition qui combinent les énergies traditionnelles (fioul, gaz, électricité) avec les énergies renouvelables.**

³⁶ Conseil Général des Ponts, Rapport N° 005747-01, mars 2008 «Suites du Grenelle de l'Environnement: mobilisation des professionnels du bâtiment ».

³⁷ Le taux de déperdition à l'issue de la formation initiale est encore supérieur à 50%.

6. COMPARAISON INTERNATIONALE

La chaîne de valeur de l'intégration des NTE au bâtiment dans les pays développés est la même, quel que soit le pays : seuls l'esprit et la lettre des régimes juridiques qui lient ces acteurs changent avec, parfois, des règlements basés sur des siècles d'expérience, ce qui peut impacter les performances techniques et économiques de l'intégration. Seul le jeu d'acteurs peut différer autour d'un schéma fonctionnel unique comme décrit ci-après.



Parmi les différences, citons sans jugement de valeur :

- **Les bureaux de contrôle pour la réception globale** qui, en France, sont des organismes privés, alors qu'ils sont publics pour d'autres pays européens (l'Allemagne par exemple).
- **Les structures coopératives** qui pour construire/opérer des bâtiments sont fortes en Allemagne, Danemark et Suède, mais faibles ou inexistantes dans les autres pays de l'Union.
- **Le contrat de concession**³⁸ qui a été introduit en France au 16^{ème} siècle : il n'existe au Royaume-Uni que depuis très récemment, ce qui est considéré par certains comme la plus grande innovation de ce secteur en deux cents ans³⁹.

³⁸ Le contrat de concession d'une durée fixée a priori porte sur la conception, le financement, la construction, l'exploitation, l'entretien et la maintenance de bâtiments (voir http://moniblogs.lemoniteur-expert.com/btp_ppp/2008/06/un-nouveau-stad.html).

³⁹ G. Winch, « Institutional reform in British construction : partnering and private finance », Building Research and Information, 28 (2), pp 141-155, 2000.

- *Le rôle de l'architecte qui est plus fort au Royaume-Uni, en Allemagne ou au Danemark qu'en France ou en Suède.*
- *La garantie décennale appliquée en France est un système unique en Europe : des discussions en cours montrent la complexité et la difficulté d'en évaluer les coûts et bénéfices pour la société⁴⁰.*

Une étude récente du CSTB⁴¹, financée par l'ADEME, le PREBAT et le PUCA⁴², permet cependant de situer la France par comparaison à d'autres pays⁴³ sur trois plans :

- *Les programmes / initiatives promouvant les bâtiments performants en énergie.*
- *Les composants et équipements qui favorisent l'efficacité énergétique (meilleure efficacité des énergies fossiles ou électriques, développement des énergies renouvelables).*
- *Les programmes de recherche et développement qui traitent de l'énergie dans le bâtiment, directement ou indirectement.*

On retiendra les conclusions suivantes :

- *Tous les pays étudiés s'accordent pour favoriser les régimes réglementaires afin de forcer le rythme d'amélioration des performances énergétiques.*
- *Trois modèles d'innovation coexistent :*
 - Basse consommation d'énergie (climats rigoureux) requérant une isolation forte et une ventilation maîtrisée (Allemagne programme Passivhaus, Suisse programme Minergie).*
 - Economie et production d'énergie (climats chauds pour lesquels le chauffage n'est pas une priorité) : isolation moyenne et fort recours au solaire (essentiellement photovoltaïque aux USA et au Japon, solaire thermique obligatoire en Espagne).*
 - Energie et environnement, avec l'exemple du label américain LEED™ dans lequel l'énergie est un objectif, articulé à d'autres préoccupations environnementales tout aussi fortes (insertion dans le site, confort, matériaux, déchets...).*

La France peut emprunter à chacun de ces modèles du fait d'un profil climatique complexe.

- *Il est d'ores et déjà possible de tirer des enseignements des pays les plus avancés, comme résumé dans le tableau ci-après.*

⁴⁰ « Les BET seraient-ils malades de leur assurance construction ? » Vecteur Gaz, N°78, mai juin 2008, page 4.

⁴¹ Jean Carassus « Comparaison internationale Bâtiment et Energie - Rapport A1 Synthèse Générale » Rapport CSTB, 2008.

⁴² PUCA : Plan Urbanisme Construction Architecture

⁴³ Les pays étudiés (Allemagne, Danemark, Espagne, Etats-Unis, Japon et Suisse) couvrent des cultures et institutions très différentes, des climats très disparates et des capacités d'innovation (technologique, industrielle, commerciale, financière) très variées.

Leçons apprises par comparaison avec d'autres pays	Conséquences pour la France
<i>L'approche système pour le bâtiment à bonne performance énergétique</i>	<p><i>L'efficacité énergétique passe par une vision d'ensemble du processus de construction ou de rénovation.</i></p> <p><i>La France a les atouts pour mettre en œuvre une approche système qu'elle utilise déjà en aéronautique ou dans l'automobile.</i></p>
<i>La qualité « asymptotique » de l'assemblage des technologies</i>	<i>Les équipements performants dans un dispositif global mal conçu ou peu cohérent énergétiquement peuvent ruiner les espoirs placés dans les NTE (cf l'exemple de la ventilation dans les bâtiments à haute isolation, ses modes de réalisation et de contrôle de performance).</i>
<i>Le surcoût des investissements va progressivement s'estomper</i>	<p><i>L'approche du coût global permet de faire valoir des avantages au-delà des économies d'énergie.</i></p> <p><i>La courbe d'apprentissage des autres pays montre que les écarts avec le mode constructif classique se réduisent par l'application de bonnes pratiques vite transférées à tous les acteurs (importance des phases de démonstration des labels).</i></p>
<i>Une recherche et développement forte, couvrant tous les aspects du cycle de vie du bâtiment</i>	<i>Les projets de R&D et les démonstrations doivent utiliser une approche intégrée, permettant à tous les acteurs d'être impliqués dans le cycle de l'innovation : le PREBAT et les pôles de compétitivité sont ces « lieux de partenariat ».</i>

- *La France doit surmonter quelques handicaps structurels tenant aux habitudes prises depuis le début des années 80 avec une électricité adossée à une production en base d'origine nucléaire ce qui la rend peu onéreuse, et à un choix de mode de construction classiquement tourné vers l'isolation par l'intérieur, à l'opposé du mur manteau ou isolation par l'extérieur.*
- *Enfin, on notera que l'international a aussi une dimension d'exportation pour les constructeurs, les équipementiers mais aussi la chaîne de services amont (conception) et aval (maintenance) : innover par l'abaissement des coûts ouvre de nouveaux marchés vers des pays dotés d'un ensoleillement optimal et/ou de ressources biomasse abondantes, donc prêts à investir dans des bâtiments plus efficaces énergétiquement. C'est une dimension présente en Allemagne ou en Autriche, qui utilisent leur marché intérieur comme vitrine technologique à l'export (pour l'utilisation du solaire et de la biomasse).*

Globalement, une comparaison de mise en œuvre des premiers labels (Effinergie et Minergie par exemple) indique que la France a environ cinq années de retard en termes d'expérience industrielle. Cependant, la qualité de ses acteurs économiques, associée à un couplage étroit entre «Etat exemplaire» et «autonomie locale», sont capables de créer une demande forte en matière de bâtiment à hautes performances énergétiques.

Le contexte réglementaire du Grenelle, une fois fixé pour les dix prochaines années, doit donc permettre de rattraper, voire de dépasser nos voisins européens.

7. ATOUTS / FAIBLESSES / OPPORTUNITES / MENACES POUR LES CINQ TECHNOLOGIES ETUDIEES

7.1. Les technologies étudiées

Les cinq technologies couvertes durant cette étude impactent plus ou moins fortement le bâti classique actuel. Elles ont, en France, une histoire différente, donc des atouts et des faiblesses de niveaux assez disparates :

1. **Le solaire thermique** pour lequel la France a une expérience de plus de vingt ans, avec des industriels peu nombreux mais d'envergure européenne, un climat favorable à son déploiement et la capacité à innover tant pour la rénovation que pour le neuf. Les chaudières à condensation sont alors des alliées naturelles du solaire thermique utilisé en base, s'intégrant facilement dans un chauffage à eau chaude existant. Cependant, les plus récentes statistiques montrent un tassement des ventes du solaire thermique.
2. **Le solaire photovoltaïque** pour lequel la France a décidé d'aider publiquement une filière innovante de production de cellules⁴⁴, avec un climat favorable à son déploiement, mais avec la nécessité de bien gérer les aides au déploiement par l'achat d'électricité de façon à construire une courbe de connaissances qui renforce les acteurs industriels français du secteur, comme a pu le faire l'Allemagne qui est en train de changer la nature des aides, en favorisant désormais l'autoconsommation de l'électricité⁴⁵. On notera la concurrence ou le couplage possible avec des *chaudières électrogènes* qui offrent aux particuliers la possibilité de produire une partie de son électricité, en complément ou non des panneaux photovoltaïques.
3. **Les pompes à chaleur**, système adapté pour une rationalisation des appels de puissance en pointe comparativement aux systèmes par effet joule pour la rénovation comme pour le neuf (mais qui peut aussi contraindre le système électrique en accentuant les deux pointes journalières de consommation) : la France est capable progressivement de s'imposer industriellement face à des concurrents essentiellement allemands, suédois ou du sud-est asiatique. En outre, les pompes à chaleur gaz⁴⁶ permettent une diversification de l'offre «pompes à chaleur».
4. **Le chauffage biomasse**, couplé ou non à la production d'électricité, pour des installations de taille importante, de façon à exploiter durablement une ressource qui a encore un potentiel important. La faiblesse de la France, quand on la compare par exemple au Danemark, est la difficulté à promouvoir les réseaux de chaleur urbains, condition nécessaire à l'entrée de la biomasse dans les centres-villes (stockage en périphérie des agglomérations, combustion centralisée et distribution de chaleur par réseau).
5. **Les Technologies de l'Information et de la Communication**, qui interviennent dans toutes les étapes du cycle de vie du bâtiment, avec une importance

⁴⁴ Projet **Solar Nano Crystal** visant la production massive de cellules PV autour de l'unique fabricant français.

⁴⁵ Et par voie de conséquence déclenche une demande pour le stockage distribué d'électricité utilisant les techniques Lithium Ion, les mieux placées pour... l'automobile.

⁴⁶ Elles existent pour les bâtiments tertiaires et résidentiels collectifs, et sont en développement pour les bâtiments résidentiels individuels.

croissante pour les technologies de Maîtrise Active de la Gestion de l'Énergie (MAGE), en particulier du fait de l'importance croissante du contrôle de l'énergie électrique des bâtiments hyper isolés du futur.

Le tableau ci-dessous résume ces **atouts** pour chacune des filières technologiques.

	Atouts
Solaire thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité à prendre un engagement de résultat de performances en installation collective. • Des industriels français de bon niveau européen. • Des installateurs spécialisés avec une logique qualité (Qualisol pour l'installation, O Solaire pour l'équipement). • GDF Suez et les distributeurs de fioul domestique assurent une promotion active des solutions de couplage combustibles fossiles/solaire thermique
Solaire photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> • Les tarifs d'achat d'électricité en intégré bâti uniques en Europe et qui favorisent le déploiement du photovoltaïque distribué⁴⁷. • Rentabilité simple à vérifier (pure vente d'électricité). • Des installateurs spécialisés avec une logique qualité (QualiPV). • EDF structure une promotion active (distribué car implanté sur des bâtiments eux-mêmes dispersés ou centralisé en un même endroit au sol pour constituer une centrale photovoltaïque solaire).
Pompes à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Implication industrielle du groupe EDF grandissante pour la PAC électrique. • Solution adaptée au neuf comme à la rénovation. • Installateurs spécialisés avec une logique qualité (QualiPAC). • Nombreux fabricants français. • Diversification de l'offre avec l'émergence des PAC gaz.
Chauffage biomasse	<ul style="list-style-type: none"> • France : premier utilisateur européen de solutions pour le chauffage individuel. • La ressource est disponible et souvent peu onéreuse, voire « gratuite ». • Programme pluriannuel de l'ADEME sur le chauffage collectif.
NTIC	<ul style="list-style-type: none"> • L'offre française en développement chez les constructeurs est de niveau mondial, avec un support public massif. • Les choix technologiques de ces acteurs prouvent l'interopérabilité et l'ouverture des solutions informatiques. • Bonne pénétration des équipements haut débit chez les ménages français.

Concernant les principales **faiblesses**, les cinq filières concernées montrent **un manque de préparation pour répondre à une demande en croissance dès aujourd'hui**.

⁴⁷ Voir Annexe 2

Les autres principales **faiblesses** sont résumées ci-après.

	Faiblesses
Solaire thermique	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Besoin d'un appoint en chauffage (fioul, gaz, électricité ou biomasse).</i> • <i>L'intégration au bâti peut impacter la longévité de l'ensemble.</i> • <i>Innovation insuffisante pour réduire les coûts.</i> • <i>Absence d'un référentiel reconnu d'évaluation des performances systèmes.</i> • <i>Pas assez d'installateurs et de mainteneurs de qualité.</i>
Solaire photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Le support français et européen public en R&D semble inférieur à celui d'autres pays ou continents (USA, Japon, Chine).</i> • <i>Aucun acteur français capable de rivaliser industriellement sur les coûts de fabrication dans les technologies actuelles.</i> • <i>Stockage électrique pas encore promu pour favoriser l'autoconsommation comme ce sera le cas en Allemagne à partir de début 2009</i> • <i>Pas assez d'installateurs et de mainteneurs de qualité.</i>
Pompes à chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Image encore négative suite à l'expérience PERCHE⁴⁸ d'EDF.</i> • <i>Absence de normalisation de la performance annuelle.⁴⁹</i> • <i>Pas assez d'installateurs et mainteneurs de qualité.</i> • <i>Dépendance de technologies non européennes (compresseur).</i>
Chauffage biomasse	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pollution et faible rendement énergétique des vieux matériels (à renouveler).</i> • <i>Manque de standardisation des formats et qualité de combustibles pour faciliter transport, manipulation (granulés) et optimisation des dispositifs de combustion.</i> • <i>Déstabilisation potentielle de la filière bois industriel si la promotion est mal organisée.</i> • <i>Faiblesse des réseaux de chaleur qui freine l'utilisation de la biomasse dans les villes.</i>
NTIC	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Image de la domotique à améliorer : montrer son impact dans le secteur résidentiel.</i> • <i>Image de solution luxueuse.</i> • <i>Architectures « propriétaires » et fermées des constructeurs actuels de solutions dans le tertiaire.</i>

Les **opportunités** de développement économique fort⁵⁰, comme déjà vu en introduction, seront structurées par le Grenelle de l'environnement, si les mesures annoncées sont prises et appliquées. Outre les économies d'énergie, l'autre dimension du Grenelle est la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Une analyse récente du CEREN⁵¹ (2007) confirme que les choix du Grenelle pour les bâtiments sont cohérents avec l'objectif européen de réduction d'au moins 20% des émissions nationales de CO₂ tous secteurs confondus d'ici 2020⁵².

⁴⁸ Le programme PERCHE (Pompes à chaleur en relève de chaudière), lancé par EDF au début des années 80, a pâti de contre-références liées à des produits mal adaptés et à une filière d'installation-maintenance insuffisamment préparée. Le programme VIVRELEC lancé par EDF en 1996 a redonné un élan très fort aux pompes à chaleur dans un cadre de qualité très nettement supérieure à celui du programme PERCHE.

⁴⁹ Le coefficient de performance de la PAC est donné à un point de fonctionnement (le plus souvent 7°C à l'extérieur), ce qui ne reflète pas la performance réelle sur un fonctionnement annuel dans les régions les plus froides.

⁵⁰ A titre d'exemple, sur les dix premiers fabricants mondiaux de cellules photovoltaïques en 2007, 5 n'existaient pas en 2002.

⁵¹ Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie : étude d'impact en 2020, sur le bilan carbone du résidentiel et du tertiaire, des principales mesures issues du Grenelle de l'Environnement.

⁵² Voir <http://www.imno.com/index.php?page=actualites&idioma=2&PHPSESSID=4adffecfea5f2777d702865aff05b7e7>

Les **menaces** ont, quant à elles, quatre composantes principales:

- **La certification et la normalisation des systèmes NTE sont insuffisamment prises en compte par les acteurs industriels et les organismes de certification.**
- **Le coût de fabrication et les charges opérationnelles sur le cycle de vie sont trop élevés, ce qui ne permet pas de résister alors aux compétiteurs européens ou autres.**
- **La lenteur des acteurs du bâtiment dans l'appropriation des NTE :**
 - ✓ *Les maîtres d'ouvrage, par peur du risque technologique et manque d'intérêt à promouvoir l'approche par coût global.*
 - ✓ *les maîtres d'œuvre, que le mode de lotissement des travaux sur chantier et leur manque d'habitude au travail collectif ne poussent pas à l'engagement de résultats mesurables.*
 - ✓ *les architectes et bureaux d'études, qui n'adoptent pas assez vite une approche globale du bâtiment, faute d'une vision systémique des ouvrages, d'un manque de collaboration entre créatifs et ingénieurs, par méconnaissance des outils de simulation.*
 - ✓ *les installateurs et réparateurs qui, par pénurie de main d'œuvre et faute d'une formation adaptée, auront de plus en plus de difficultés à tenir leurs délais et leurs coûts, ce qui ne favorise pas la structuration d'une offre globale, a fortiori avec engagement de performances.*
 - ✓ *les organes de contrôle dont les habitudes ne sont pas à la hauteur des enjeux de performance requis par les nouveaux règlements.*
 - ✓ *Les assureurs qui ne peuvent pas évaluer les risques liés à l'intégration au bâti en absence de "normalisation" des systèmes et qui, de ce fait, pratiquent une politique d'acceptation et de tarification moins adaptée au risque réel.*
 - ✓ *Le système de formation actuel (initiale ou continue), qui n'a pas adapté ses contenus de formation, peine à recruter/former les formateurs capables d'assurer une montée en compétences (en particulier pour les acteurs de chantier).*

7.2. Le Solaire thermique⁵³

7.2.1. Introduction

La part des besoins en eau chaude sanitaire est de plus en plus importante en particulier dans les bâtiments à basse consommation. L'utilisation de l'énergie solaire à des fins thermiques (chaud et/ou froid) dans l'habitat a plusieurs avantages : c'est une ressource partout disponible, locale, gratuite, et non polluante ; c'est aussi une énergie stockable, même si le stockage de chaleur présente des difficultés (surface disponible, volume, coût).

⁵³ Les descriptifs technologiques ci -après ont fait l'objet de plusieurs itérations avec les groupes de travail.

L'énergie solaire thermique résulte de l'utilisation de capteurs qui transforment l'énergie contenue dans le rayonnement solaire en chaleur véhiculée par un fluide caloporteur (eau, air, autre fluide intermédiaire). Ce principe est utilisé pour fournir, soit de l'**eau chaude sanitaire (chauffe-eau solaire)**, soit pour contribuer au **chauffage d'une habitation** en complément de la production d'eau chaude sanitaire (système solaire combiné).

La filière solaire thermique est l'une des filières de production de chaleur renouvelable les plus prometteuses et les plus dynamiques à ce jour.

On distingue actuellement trois marchés pour les systèmes solaires thermiques produisant de l'eau chaude :

- ***Le marché des chauffe-eau solaires individuels (CESI) pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS) chez les particuliers, dans l'habitat en rénovation ou neuf, ou dans des petits locaux tertiaires. Pour un CESI correspondant à des besoins annuels moyens en ECS, la surface des capteurs est généralement de l'ordre de 4 m² en métropole.***
- ***Le marché des systèmes solaires combinés (SSC) pour la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage. La surface moyenne observée de SSC installé était d'environ 12,5 m²⁵⁴ en 2006.***
- ***Le marché de l'eau chaude solaire collective qui s'adresse aux bâtiments collectifs (logements collectifs, mais aussi hôtels). Les surfaces en jeu sont de l'ordre de 2 m² par famille de 4 personnes (surface observée sur les réalisations récentes : 1,5 à 1,8 m² par appartement en moyenne).***

Afin de fixer un ordre de grandeur, en se basant sur des campagnes de mesure réalisées entre 2002 et 2006, 1 m² de capteurs permet d'économiser en France **métropolitaine en moyenne** 250 kWh par an pour les CESI, 360 kWh annuels pour des SSC bien dimensionnés, et 450 kWh/an pour des ECS solaires collectifs.

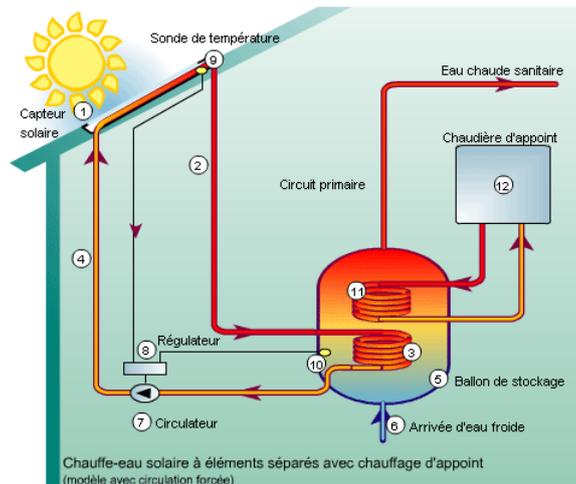
On notera qu'il est plus judicieux de raisonner en puissance par unité de surface de capteur plutôt qu'en surface de capteurs (même si la puissance n'a pas le sens réel qu'elle peut avoir en solaire photovoltaïque). En effet, raisonner en m² de capteurs induit des surdimensionnements de systèmes préjudiciables à l'économie des projets solaires et consommateurs de crédits d'impôts. Malheureusement, il est souvent difficile de disposer de cette donnée de la part des constructeurs, ce qui permettrait une optimisation techno-économique plus saine.

⁵⁴ Données d'Observ'ER concernant le crédit d'impôt sur l'ensemble des dossiers en 2006

7.2.2. Les technologies disponibles

7.2.2.1 *Les technologies de chauffe-eau solaires individuels (CESI)*

Le chauffe-eau solaire individuel est composé de capteurs solaires thermiques posés en toiture, d'un système de circulation et de régulation et d'un ballon de stockage d'eau chaude.



Source ADEME

L'énergie solaire ne peut assurer la totalité de la production d'eau chaude, du fait des variations saisonnières, de la zone climatique d'implantation. Le ballon est donc équipé d'un **dispositif d'appoint** qui prend le relais en cas de besoin et reconstitue le stock d'eau chaude.

Pour la production d'ECS, on prévoit de 0,7 à 1,5m² de capteurs solaires thermiques par habitant et un volume de stockage d'environ 50 litres par m² de capteurs. La productivité des capteurs atteint 400 à 500kWh/an/m², en énergie utile. Cette productivité permet de couvrir 50 à 80% des besoins annuels d'eau chaude sanitaire. En été, la couverture des besoins est proche de 100%.

On distingue trois types de CESI :

- *Les chauffe-eau à éléments séparés, le ballon de stockage pouvant être situé séparément n'importe où dans le bâtiment.*
- *Les chauffe-eau en thermosiphon : le ballon de stockage de l'ECS étant situé séparément et au dessus des capteurs, le chauffe-eau fonctionne par convection naturelle.*
- *Les chauffe-eau solaires monoblocs (ensembles " capteur + ballon ").*

7.2.2.2 Les systèmes collectifs ou semi-collectifs d'ECS solaire, avec ou sans appoint individuel

Une segmentation complète des installations possibles est hors du champ de cette étude. On retiendra cependant les points suivants :

1. Le fonctionnement des systèmes collectifs est proche de celui des chauffe-eau individuels. Ces installations couvrent des petites ou moyennes capacités (quelques logements, sanitaire de camping, restaurants...) ainsi que de plus grandes capacités (immeubles de logements, hôpitaux, hôtels, piscines...).
2. Cependant chaque installation est spécifique des besoins locaux, de l'ensoleillement local, etc. Un diagnostic préalable et une étude technique sont donc mis en œuvre pour aboutir à des installations les plus adaptées possibles. En règle générale, les installations sont souvent dimensionnées pour des taux de couverture solaire compris entre 40 à 60 %.

La production d'eau chaude sanitaire peut être :

- *Centralisée, avec un seul ballon solaire pour l'ensemble des logements ou du bâtiment tertiaire.*
- *Décentralisée, avec une distribution de l'énergie solaire par logement et par ballon.*

Une étude⁵⁵ menée par l'Union Sociale pour l'Habitat a montré que des améliorations sont attendues sur la performance globale des installations en collectif.

Dans cette étude, 12 opérations ont été menées en matière d'ECS solaire. 11 ont rencontré des difficultés dans la phase d'exploitation. Des améliorations sont à apporter en termes de :

- *Conception des installations et dimensionnement.*
- *Capacités des entreprises intervenant pour la mise en œuvre, l'entretien.*
- *Disponibilité et fiabilité des pièces détachées.*
- *Lisibilité des performances affichées au regard de celles réellement observées.*

Le bilan économique de ces opérations est mitigé, avec des gains économiques faibles obtenus sur la réduction des consommations énergétiques, de plus grevés du surcoût de maintenance.

Pour l'Opac de Paris, le gain économique est jugé marginal comparé au poids du poste ECS. De plus, la mise en place de telles installations sur des immeubles peut se révéler difficile (capacité des dalles à supporter le poids des capteurs et à résister à l'arrachement). Selon la taille d'opération, certaines solutions ne sont pas rentables.

Ainsi l'Opac de Paris considère que la mise en place d'ECS solaire requiert une taille minimale de 20 à 30 logements.

⁵⁵ Etude HTC /DGHUC/USH « LES SOLUTIONS TECHNIQUES D'ECONOMIE D'ENERGIE OU DE RECOURS AUX EnR », Rapport établi par Catherine di Costanzo, Enquêtes réalisées par Pierre Moiroud et Julien Ciron, Décembre 2007

7.2.2.3 Les technologies de systèmes solaires combinés (SSC) disponibles sur le marché

La taille d'un système solaire combiné pour une maison individuelle peut varier de manière significative en Europe en fonction du climat, des habitudes de confort et des performances des technologies disponibles. Rappelons quelques ordres de grandeur. La surface de capteurs varie entre 5 et 40 m² de capteurs, le volume de stockage entre 250 et 3 m³. L'Autriche et la Suède ont des installations plus fortement dimensionnées (20 m², 2 m³) que l'Italie, l'Allemagne ou la France, principalement du fait de la volonté des clients d'être autonomes en Autriche et du fait du climat en Suède. Ce qui reste par contre assez constant est ce qu'on appelle le ratio de stockage : de 30 à 100 litres de stockage par m² de capteur (de 30 à 75 entre Rome et Lyon, de 75 à 100 entre Lyon et Stockholm).

Le dimensionnement du stockage dépend du climat mais aussi des coûts relatifs des énergies concurrentes et des énergies d'appoint, de la place disponible ou du coût de l'espace requis pour son implantation. Notons enfin que le système d'appoint dans un système combiné peut, si la fraction solaire est inférieure à 50 %, constituer en fait la source principale de chauffage.

Il existe deux grandes familles de systèmes solaires combinés:

- *Les systèmes avec stockage hydraulique.*
- *Les systèmes avec stockage en dalle (comme le Plancher Solaire Direct).*

La Tâche 26 de l'AIE a identifié 21 configurations différentes de SSC en 2003 et d'autres configurations sont apparues depuis. Une consolidation technique (les meilleurs systèmes gagnent...) et une consolidation de fournisseurs est à prévoir dans un horizon de 5 à 10 ans. Le marché des chauffe-eau solaires est proche de la maturité ce qui n'est pas encore le cas pour les SSC pour lesquels une simplification des schémas hydrauliques est encore nécessaire.

Les systèmes solaires combinés à appoint externe

C'est le type le plus vendu en Europe. Le principe de fonctionnement de cette famille est le suivant :

- *Les capteurs solaires : leurs performances sont élevées et les capteurs plans sont à un stade industriel avancé : il y plus de 200 fabricants en Europe.*
- *Le circulateur solaire : une pompe est nécessaire pour relier les capteurs en toiture et l'unité de stockage souvent en sous sol du fait de sa taille.*
- *Le fluide caloporteur (eau et antigel), mélange permettant de supporter -25 à -30°C en Europe continentale (la technologie stoppant le fonctionnement de la pompe de relevage la nuit permet de ne pas ajouter d'antigel au fluide caloporteur).*
- *L'échangeur qui doit transférer ce qui a été capté de manière efficace.*
- *La régulation de la boucle solaire : le circulateur se déclenche si la différence de température entre la sortie du capteur et le bas du ballon solaire est supérieure à une valeur de consigne (5 ou 6 K).*

- *Le ou les **ballons**, élément central du système. La plupart des systèmes n'ont qu'un ballon qui centralise la collecte et le tirage de l'énergie solaire. Certaines installations ont 2 ballons (pour le collectif ou en rénovation). La mise en série du ballon existant pour l'eau chaude sanitaire est une très bonne solution pour donner plus de capacité de stockage : très utile en été.*
- *La **préparation de l'eau chaude sanitaire** : elle peut être instantanée à échangeur interne ou externe, ou par ballon immergé dans le ballon principal ou ballon séparé, en série avec le ballon principal.*
- *Le système **d'appoint** à gaz, au fioul, électrique ou au bois.*
- *L'appoint au fioul, aux granulés de bois, ou électrique (plus rare) se charge de maintenir la température du haut du ballon proche d'une valeur de consigne (55 ou 60 °C). L'appoint bois nécessite un ballon plus important du fait du stockage requis par une production intermittente (bûches).*
- *L'appoint à gaz ou à fioul présente l'avantage important de pouvoir être installé en série après le ballon solaire.*
- *La **régulation** : L'ensemble de l'installation est commandé par un microprocesseur. Les températures et états sont affichés. Les compteurs de chaleur solaire sont rares du fait du surcoût engendré. Seules les pannes de base sont en général signalées (arrêt de la pompe solaire).*

Ce système peut aussi utiliser d'autres émetteurs que les planchers chauffants (radiateurs par exemple). En outre, le SSC peut très bien être installé en rénovation. Il existe d'ores et déjà des réalisations de SSC sur radiateurs dans l'habitat, avec un bon rendement. On rencontre enfin des SSC qui fournissent de l'air chaud : c'est en particulier le cas de certains appareils compacts multifonctions assurant la ventilation double flux avec chauffage aéraulique et la production d'eau chaude sanitaire.

Les systèmes Combinés à appoint intégré dans le ballon

L'intégration du brûleur ou d'une résistance électrique directement dans le ballon sert à la réduction des coûts et de l'emprise au sol. C'est aussi un atout commercial permettant de vendre une seule solution au lieu de 2 systèmes (solaire plus appoint). Les retours de terrain restent encore peu nombreux sur les SC à appoint intégré dans le ballon (limités à la campagne de mesures du projet ALTENER⁵⁶ de 2003 et aux programmes pilotés par l'ADEME). Leurs performances ont donc été peu évaluées pour le moment.

⁵⁶ La Commission européenne (DG TREN) a soutenu des projets de coopération internationale dans le secteur de l'énergie dans la période 2003-2006. ALTENER concernait la promotion des Sources d'Énergies Renouvelables

Les systèmes solaires hydro-accumulés

Le concept d'hydro-accumulation consiste à stocker la chaleur produite par les capteurs solaires dans un volume d'eau tampon, dans lequel on vient puiser lorsque cela est nécessaire.

Les solutions d'hydro-accumulation sont majoritairement commercialisées en France contrairement à l'autre solution présentée.

Les planchers solaires directs

Le «plancher solaire direct» repose sur l'utilisation d'un élément stockeur de chaleur potentiel : la dalle.

L'avantage de ce système, commercialisé par un seul constructeur en France, est que le retour du fluide provenant du plancher est à la température la plus basse possible et peut être directement connecté aux capteurs, ce qui est favorable à l'efficacité thermique du système. La limite du système reste la capacité de la dalle.

7.2.2.4 Les évolutions technologiques des systèmes solaires combinés

Plusieurs évolutions sont en cours de développement pour les systèmes solaires combinés **mis en place dans les maisons individuelles**. Ces développements sont tirés par un marché porteur depuis la hausse du pétrole début 2006. On peut citer sans être exhaustif :

- *La boucle solaire en «drain-back» appelée à se développer⁵⁷.*
- *Les ballons de stockage visant une diminution des coûts de fabrication.*
- *Les échangeurs internes super performants avec stratification assistée.*
- *La distribution à débit commandé (débit variable avec variation de fréquence).*
- *Le ballon à faible perte thermique.*
- *Le stockage dans e: pour atteindre le stockage saisonnier dans des villas passives avec un volume de moins de 10 m³.*
- *La commande optimale de l'ensemble avec prévision de l'offre et de la demande.*
- *L'introduction des technologies polymères.*

Il est par ailleurs souhaitable de considérer le **secteur du logement collectif** comme aussi porteur de croissance en rénovation comme en neuf. Ce secteur n'est effectivement pas encore la cible principale pour le solaire thermique, mais on constate en Europe un développement croissant d'installations collectives.

Le schéma collectif est en général simple et fiable en terme de performances solaires mais montre quelques points faibles :

- *stockage important d'eau sanitaire (le risque sanitaire reste à étudier),*
- *valorisation du solaire pour la seule eau consommée.*

⁵⁷ Pour l'instant promu essentiellement aux Pays Bas.

Le fonctionnement et la régulation sont très peu étudiés et méritent une attention particulière car une mauvaise régulation/gestion peut réduire considérablement l'intérêt du solaire en collectif.

Par ailleurs, les réseaux de chaleur solaires sont une des voies de développement attendues par l'ESTTP (European Solar Thermal Technology Platform) dans son document «solar thermal vision 2030». Il existe quelques expériences en Europe du Nord dont la France pourrait s'inspirer.

Pour ce qui concerne les développements technologiques, un support public semble nécessaire sur les thèmes suivants afin d'améliorer l'offre :

- *Répertorier un ensemble de systèmes types qui pourraient être utiles aux bureaux d'études comme exemple de bonnes pratiques (effort initié par l'ADEME sur l'ECS solaire collective, via un guide à destination des BE, qui est en fin de préparation).*
- *Couplage avec les systèmes d'appoint, qui eux-mêmes peuvent être innovants (moteurs Stirling par exemple afin de produire chaleur et électricité).*
- *Intégration architecturale des capteurs.*
- *Intégration sur les tuiles (types de tuiles françaises).*
- *Innovation sur la conception pour faciliter le montage.*
- *Capteurs à air et capteurs autonomes.*
- *Capteurs hybrides (PV et thermique⁵⁸).*

Plus globalement, le développement massif du solaire thermique (comme du solaire photovoltaïque) doit intégrer un changement de paradigme dans les bâtiments : concevoir des bâtiments du futur autour de leurs besoins énergétiques, ce qui impactera à la fois les puissances réelles nécessaires pour tenir les niveaux de confort souhaités, et les façons de les intégrer aux bâtiments neufs futurs.

Une autre tendance concerne les « **systèmes préconçus** » : le consommateur souhaite en effet connaître les performances des produits qu'il envisage d'acheter et pouvoir valider ses choix sur l'installation réalisée. Afin de satisfaire ce besoin à des coûts acceptables, il semble donc important de favoriser sur le marché les ensembles préconçus. Ces systèmes permettent :

- *De prédire a priori leurs performances.*
- *D'envisager une certification de leur performance.*
- *De donner au consommateur une valeur objective lui permettant de comparer les différents systèmes.*

⁵⁸ avec de nombreuses réserves sur le bien fondé du couplage de ces technologies

Ces systèmes ne peuvent être constitués de seuls systèmes solaires compte tenu du climat en France. Cette démarche doit donc favoriser les couplages solaire thermique avec une énergie traditionnelle ou renouvelable (chaudière condensation gaz ou fioul, chaudière bois, pompe à chaleur). A titre d'exemple l'association solaire – chaudière à condensation est bien positionnée pour obtenir une habitation BBC (bâtiment basse consommation énergétique) à des coûts raisonnables.

7.2.3. Le marché

7.2.3.1 *Quelques chiffres pour le solaire individuel*

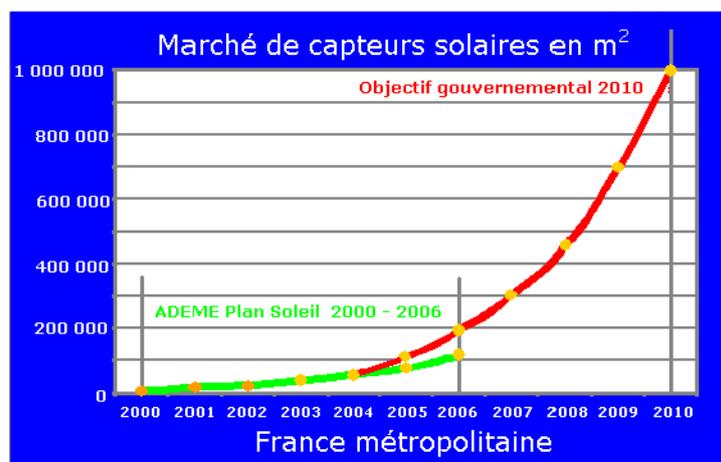
Le «**plan soleil**» 2000-2006, piloté par l'ADEME, visait à promouvoir les filières solaires thermiques. Ce plan se fixait une large diffusion de l'énergie solaire thermique par **l'amélioration des matériels, la formation des installateurs**, la diminution du coût des équipements installés et la mise en place **d'un réseau d'installateurs** respectant une charte qualité.

Par ailleurs, la loi fixant les orientations de la politique énergétique (loi dite POPE du 13 juillet 2005) prévoit d'atteindre à l'horizon 2010 un objectif d'installation annuelle de 200 000 chauffe eau solaires et 50 000 toits solaires dans le cadre du plan " Face-sud ". En France, en 2006⁵⁹, la capacité totale installée en solaire thermique représentait 812 280 MWh thermiques.

Selon ENERPLAN, le marché du solaire thermique a enregistré une hausse de 15% en 2007 :

- *L'eau chaude solaire collective a connu une très forte progression avec 40.000 m² installés, contre 22.000 en 2006.*
- *37.000 chauffe-eau solaires individuels ont été vendus, correspondant à 165.000 m² (contre 35.000 pièces et 150.000 m² en 2006).*
- *En revanche, la progression des systèmes a ralenti (4.600 contre 5.000 en 2006).*

Le diagramme ci-après rappelle les performances atteintes et les objectifs 2010 (source ADEME).

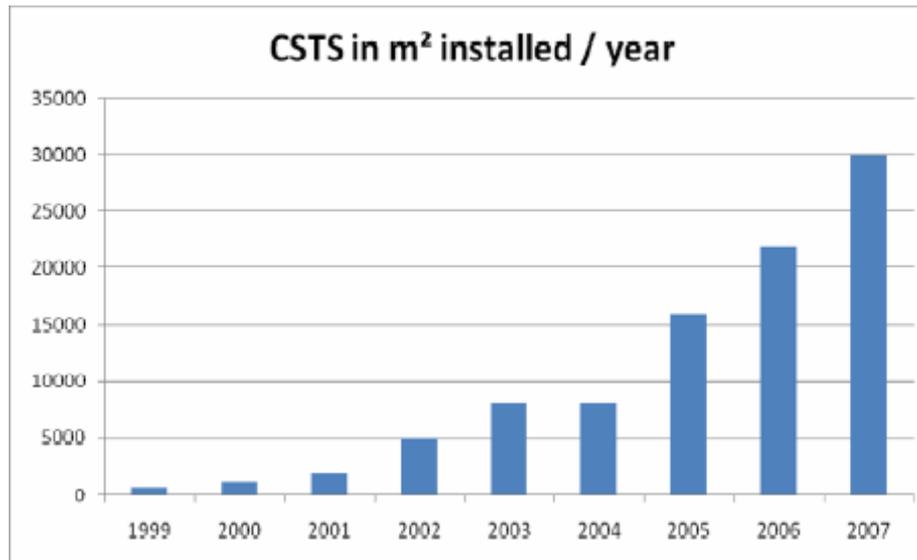


⁵⁹ Source : Observ'er, 2000

En Europe, le marché du solaire thermique a dépassé la barre des 3 millions de m² installés pour l'année 2006⁶⁰. Le parc de l'Union européenne dépasse ainsi les 20 millions de m² soit plus de 14 GWh. L'Allemagne domine avec la moitié de la surface installée en 2006, suivie par l'Autriche et la Grèce.

Si l'objectif fixé par la Commission Européenne d'un parc de 100 millions de m² de capteur en 2010 semble hors d'atteinte, on peut espérer atteindre à cette date les 60 millions de m².

7.2.3.2 *Le marché français du solaire thermique collectif*



Marché français des systèmes solaires thermiques collectifs⁶¹
(source ENERPLAN ADEME –SOLARGE⁶²)

Les actions des autorités publiques déterminent encore fortement le développement du marché national des systèmes d'eau chaude solaire collectifs. Les acteurs clés tels que les industriels ne sont encore pas suffisamment organisés pour une réelle expansion ; de plus le lobbying est encore peu marqué.

Cependant, les conditions économiques et législatives sont prometteuses. Les réglementations ont été adaptées, la loi POPE de 2005 définissant les objectifs de part de marché pour l'énergie solaire thermique. La France offre des conditions incitatives pour l'implantation des systèmes d'eau chaude solaire collectifs, incluant des mesures concrètes et un programme de promotion avec des actions de communication en augmentation. Dans le but d'intégrer avec succès les systèmes d'eau chaude solaire collectifs dans le marché, les autorités locales, comme les conseils régionaux, doivent être les principaux centres d'intérêt des activités de SOLARGE.

⁶⁰ Source : Observ' er, 2000.

⁶¹ Appelés en anglais *Collective Solar Thermal Systems*.

⁶² **Projet SOLARGE** (Enlarging solary thermal systems in multi family housing) soutenu par Intelligent Energy Europe, achevé en 2007 : **conclusions de l'étude de marché France publiée fin 2007**.

Un autre domaine d'application est le secteur hôtelier. Le parc hôtelier national français comporte 27.629 hôtels dont la moitié est de propriété privée ou familiale. Environ 18% des hôtels sont des propriétés commerciales, intégrés dans des chaînes hôtelières. La dernière catégorie a continuellement et fortement augmenté depuis le milieu des années 90. Les systèmes décentralisés sont plus courants pour la production d'ECS et de chauffage. Alors que les hôtels de classe économique sont généralement dotés de systèmes de chauffage électrique, les hôtels de luxe utilisent différentes sources d'énergie.

7.2.3.3 Caractéristiques de l'industrie française

Les acteurs présents sur la chaîne de valeur ont montré leur capacité à développer un marché très dynamique, face à une concurrence mondiale. On citera cependant trois barrières qu'ils auront à lever pour assurer un déploiement sain de cette offre :

- *Les installations solaires proposées par certains fabricants sont complexes et pas forcément optimales. Les notices sont parfois peu claires, la disponibilité d'experts technologiques dans le cadre d'installations n'est pas optimale. Cette difficulté est partagée par d'autres pays tels que l'Allemagne. Pour pallier ce défaut, certains fabricants se sont déjà dotés de bureaux d'études.*
- *Les Architectes des Bâtiments de France, les Services Techniques des Mairies et les bureaux d'études thermiques qui accompagnent les architectes doivent être formés aux technologies du solaire pour éviter des prises de décision souvent incohérentes quand on cherche à implémenter ces systèmes en ville.*
- *Nombre de sociétés actives sur ce marché sont en fait des vendeurs de crédits d'impôt qui n'ont ni les compétences, ni les moyens ni la capacité à réaliser des installations. Elles sous-traitent des installations dans des conditions qui feront du tort aux entreprises qui ont choisi le chemin de la qualité.*

7.2.4. Le jeu d'acteurs

C'est le marché de la rénovation qui à ce jour tire la demande, l'acteur central de cette technologie est donc l'installateur, qui à la fois conseille, dimensionne, assemble en intégrant plusieurs métiers : isolateur de l'ouvrage, couvreur, plombier, électricien, thermicien. La CAPEB (Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment) se propose de fédérer l'ensemble des métiers de main d'œuvre⁶³ qualifiée, métiers qui communiquent encore peu entre eux. **L'installateur va devenir un systémier thermicien.**

Les installateurs doivent faire face à trois risques majeurs :

- *Le surdimensionnement de l'installation (confirmée par une étude récente de l'ADEME).*
- *Le «bricolage» lors de l'installation conduisant à des risques opérationnels (sanitaires, brûleurs).*
- *La mauvaise intégration au bâti, avec des risques de dégradation rapide que les assurances refusent de couvrir du fait de la relative jeunesse technologique de ces systèmes.*

7.2.4.1 Les acteurs clés aujourd'hui

Les industries de ce secteur sont organisées autour de six acteurs clés :

1. **Les architectes, prescripteurs de fonctions de base.**
2. **Les bureaux d'études techniques**, qui dimensionnent techniquement et choisissent ou non le solaire à partir de critères techno-économiques.
3. **Les sociétés qui distribuent au consommateur final ou les installateurs, même sans fabriquer elles-mêmes (modèle économique N°1)** : c'était le cas de Conergy en Allemagne (qui vient de lancer sur le marché son propre capteur après avoir distribué celui d'autres sociétés durant plusieurs années) de Suntechnics, ou encore de Wattelse nouvellement créé en France, ou AET en Allemagne se définit comme un grossiste du solaire.
4. **Les sociétés qui produisent et qui commercialisent elles-mêmes (modèle économique N°2)** : c'est le cas de Clipsol et Giordano en France et de Schweizer en Suisse, de Wagner ou Solvis en Allemagne ou d'autres.
5. **Les sociétés qui sont des producteurs de composants et qui vendent au travers d'un réseau de distribution à 1, 2 voire 3 étages (Modèle économique N°3)**: c'est souvent le cas pour les parties non spécifiquement solaires d'une installation.
6. **Les contrôleurs techniques**, qui vérifient les performances de l'installation au moment de la réception contractuelle de l'équipement.

⁶³ On prendra comme référence une durée d'installation de 4 heures par m² de capteur (40 ou 50€/l'heure).

Pour le marché des systèmes solaires combinés en maison individuelle, le modèle N° 3 est le plus fréquent. Il est prévisible que le modèle N° 2 continuera aussi sans nécessairement entraîner une baisse de prix pour le consommateur, mais en réduisant la marge du producteur, comme ceci a été observé dans toute l'histoire de la distribution. Certains distributeurs continueront à faire jouer la concurrence entre producteurs, parfois en créant leur propre marque. En chauffage on observe aussi cette tendance bien que les grands acteurs européens du domaine cherchent à intégrer verticalement toute la chaîne (Buderus, Vaillant, De Dietrich...). C'est la volonté des producteurs de systèmes solaires combinés de faire évoluer leurs produits, toujours plus performants, très technologiques et de plus en plus électroniques, qui pourrait maintenir le modèle N°1, en apportant par ailleurs des conseils à la vente et à la pose.

Pour la distribution, le nerf de la guerre restera le niveau de marge. En Autriche, par exemple, elles se répartissent ainsi:

- *Producteur : 40%.*
- *Grossiste : 30%.*
- *Installateur : 20% sur le matériel, 40% sur l'installation.*

L'échelon grossiste tend alors à disparaître et le producteur forme ses propres installateurs qui restent le maillon de liaison avec les consommateurs.

On citera enfin l'arrivée du « contrat de performance solaire », à ce jour attrayant pour les installations collectives requérant au moins 100 m² de capteurs. Il permet de faciliter la décision du client final en mettant en avant un engagement de résultats plutôt que de moyens.

7.2.4.2 Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs pour développer cette technologie

Les évolutions nécessaires en terme de formation :

Le marché est confronté **au manque d'installateurs formés, compte tenu de la demande**. Aujourd'hui, la formation de ces installateurs reste globalement **liée à des initiatives privées**. La formation à mettre en place doit concourir à accroître les compétences des acteurs en solaire mais doit aussi être pratique : l'enjeu est de pouvoir garantir les performances environnementales et économiques des installations (vue du consommateur final).

1. Comblent le retard de l'éducation nationale : On constatera tout d'abord le retard de l'Education Nationale dans la prise en compte des techniques solaires dans les formations initiales aux métiers de base. Les CFA (Centre de Formation des Apprentis) assurent la formation initiale aux métiers de base susceptibles de développer le solaire (plombier-chauffagiste, d'électricien, couvreur ou maçon). Les formations dispensées restent néanmoins cantonnées dans une approche très traditionnelle de ces métiers. La question du solaire et du solaire thermique n'est pas encore abordée. L'impossibilité de transformer ou d'adapter le contenu des programmes à une réalité professionnelle qui fait de plus en plus de place aux énergies solaires est un frein dommageable à leur développement. L'Education Nationale doit devenir le moteur d'un changement d'état d'esprit parmi les futurs installateurs en développant une action favorable au solaire.

2. Amplifier les formations initiales : les compagnons du solaire, les GRETA

Les formations longues sont à la fois récentes et peu nombreuses. La plus réputée est dispensée par les compagnons du solaire. Elle concerne le solaire thermique et le solaire photovoltaïque. Elle conduit à l'obtention d'un Certificat de Qualification Professionnelle (CQP) d'installateur/mainteneur en système solaire thermique et photovoltaïque. Il s'agit là d'un équivalent Niveau IV au bac professionnel. La formation, très complète, est conçue en quatre cycles sur huit mois embrassant l'ensemble du domaine du solaire thermique et du solaire photovoltaïque. Le module le plus important porte sur les systèmes solaires combinés et se situe en fin de formation.

Les GRETA se sont également lancés dans des formations pour adultes de niveau CAP/BEP incluant la question du solaire thermique. **La rareté de ces formations montre qu'il est urgent de les amplifier par une action d'ampleur nationale.**

3. Amplifier la formation continue : Qualisol, les compagnons du solaires

Certains organismes de formation proposent des cycles thématiques dans le domaine du solaire. L'objectif est le perfectionnement, via des sessions de formation souples. L'association « les compagnons du solaire » permet aux professionnels, en fonction de leurs besoins et de leur niveau, d'accéder directement au module « système solaire combiné » pour une durée de formation d'un peu plus de deux mois. Ce type de formation ne saurait être dispensé ailleurs que dans des écoles de formation assurant par ailleurs une formation complète et globale en solaire. La nécessité d'évaluer le niveau de pré-requis du candidat est fondamentale comme ses dispositions à avoir un projet professionnel où le solaire tient une place importante. La formation QUALISOL est une formation courte qui vise à familiariser les artisans avec les techniques du solaire. D'une durée maximum de trois jours, cette formation dispense des connaissances de base sur le marché du solaire et sur la pose d'un chauffe-eau jusqu'à sa maintenance.

Le COSTIC et le CETIAT proposent des stages de formation continue pour les installateurs, le personnel de maintenance ou les techniciens de bureaux d'études, généralement d'une durée de trois jours.

Les fabricants de systèmes solaires accueillent un nombre important de professionnels installateurs et participent pleinement à l'effort de formation continue. Ils disposent du savoir et du savoir-faire au travers de leurs structures de recherche et développement et facilitent ainsi la diffusion de ces technologies.

De plus, les organismes de formation qui souhaitent mettre à la disposition des apprenants des plates-formes pédagogiques de qualité réalisent des investissements lourds et coûteux. Il est donc important d'aider à la mise en place de ce type d'installation par le biais de subventions : ceci permettrait de multiplier les outils pédagogiques sur le territoire et de favoriser l'accès à la formation à un plus large panel d'entreprises à un moindre coût (coûts induits de déplacement en particulier). De plus, les plafonds de prise en charge de ces formations devraient être revalorisés compte tenu de l'investissement réalisé en amont par les organismes de formation.

4. L'INES-Education

Les objectifs de formation que l'INES-Education est susceptible de proposer à travers sa plateforme « éducation » restent modestes. Pour l'instant, l'INES-Education rend visible l'offre de formation disponible en solaire thermique sur tout le territoire français et en Europe. L'institut organise des stages de très courte durée dans le domaine du thermique et du photovoltaïque. Le fait que l'INES-Education soit installé sur le même site que les compagnons du solaire laisse présager de la possibilité d'associations fructueuses sur certains modules de formation. Une clarification des rôles futurs de l'INES-Education et des pôles de compétitivité reste cependant d'actualité pour ce qui concerne la formation professionnelle soutenue autrement.

5. Aider la formation continue: une voie pour augmenter le nombre d'installateurs qualifiés

Multiplier et faciliter les formations longues doit permettre aussi d'assurer une compétence réelle aux installateurs. Le coût de la formation peut être dissuasif, les sans emplois pouvant être mobilisés plus facilement via l'ANPE, les Assedic, ou les missions locales. Pour les salariés en revanche, les procédures méritent d'être améliorées. Une formation continue avec une aide financière repose sur la volonté d'un employeur d'y souscrire pour son salarié. Dans le meilleur des cas, ce dernier obtiendra une aide à la formation, et devra se passer pendant un certain temps de quelqu'un qu'il a décidé de faire accéder à un niveau supérieur de qualification dans l'entreprise parce qu'il était compétent. Par ailleurs, rien ne garantit qu'encourager la formation ne soit pas un investissement à perte pour les employeurs, puisque nombre de salariés quittent leur emploi, une fois formés, pour la concurrence. L'autre alternative pour l'artisan installateur consiste à prendre un Congé Individuel de Formation, ce qui est soumis à un certain nombre de conditions. Il s'agit alors de faciliter l'accès aux congés de formation pour les professionnels.

6. Promouvoir la qualité d'une offre globale de formations

La qualité des formations conduira à des installateurs de qualité. Les associations professionnelles de l'énergie solaire comme ENERPLAN ont un rôle essentiel à jouer dans ce contexte pour mettre en place une démarche qualité des formateurs.

L'information du consommateur sur les performances du système :

L'information au consommateur doit être la plus proche de son quotidien. Partant de ce principe, il est important d'informer sur les performances de l'ensemble des systèmes et pas seulement des capteurs : en effet, la performance des capteurs solaires est importante dans la productivité du système solaire mais elle n'est pas le seul élément déterminant. C'est la démarche validée dans les travaux de mise en place d'une certification des procédés solaires sous l'égide de CERTITA (GIE regroupant les compétences du CETIAT, de l'ATITA et du LNE). Ce dispositif de certification doit être compatible au niveau européen. L'offre française de certification a de grands travaux à mener pour se positionner en leader sur ce sujet très peu exploité. Ces travaux mériteraient d'être subventionnés afin d'accélérer la définition des standards de certification des performances des systèmes solaires.

La garantie de performance : un engagement des acteurs de solaire et du consommateur

La garantie de performance ne peut se concevoir sans :

- *Des systèmes de qualité.*
- *Une pose adaptée.*
- *Un habitat correctement qualifié.*
- *Une conduite de l'installation et une utilisation de l'énergie cohérente par le consommateur final.*

La principale difficulté de la garantie de performance est liée à l'utilisation de l'installation technique : le sentiment du consommateur ne tient généralement pas compte du fait que son comportement non vertueux influe directement sur sa consommation. Aussi, un sentiment d'insatisfaction peut venir du fait non pas du système ou de son installation mais de son utilisation. Il est nécessaire de développer une information du consommateur via les espaces info énergie, sur l'intérêt d'un comportement vertueux en matière d'énergie et de conduite de son installation solaire.

7.2.5. Le cadre réglementaire et fiscal

7.2.5.1 Quelques spécificités du soutien public au développement du solaire thermique

Le crédit d'impôt pour les particuliers a été porté par la loi de finances pour 2005 à 40 % puis par la suite à 50% du montant de l'investissement. Le plafond d'investissements éligibles sur la période 2005-2009 a été doublé. Ce crédit d'impôt majoré se substitue intégralement aux aides de l'ADEME qui ont été supprimées pour les particuliers éligibles.

Certaines collectivités locales (principalement les régions) apportent une aide complémentaire au crédit d'impôt. Les aides à l'équipement pour les particuliers, sous la forme de crédit d'impôt, de réduction de TVA, d'aide directe locale, peuvent représenter près de 50% du montant du surinvestissement par rapport à une production d'eau chaude sanitaire par un moyen classique (chauffe-eau indépendant ou chaudière mixte chauffage / eau chaude sanitaire) au fioul, au gaz ou à l'électricité. Le surcoût est compensé par une baisse des charges de chauffage tout au long de la durée de vie de l'équipement qui va de 15 à 20 ans, sachant que le chauffe-eau solaire individuel (CESI) assure environ 60% des besoins annuels en eau chaude sanitaire du ménage.

7.2.5.1 Incitations fiscales et économiques

L'impact des aides financières directes ou indirectes, agit à la fois comme une aide directe, mais aussi comme un effet incitatif de reconnaissance pour un acte soutenu par la collectivité.

Les conditions nécessaires de succès des aides sont :

- *La simplicité extrême du modèle de calcul des aides (basé sur des valeurs a priori et souvent trop optimiste).*
- *La simplicité des actes administratifs.*
- *Le guichet unique.*
- *La continuité.*

Les aides des collectivités territoriales

L'engouement récent autour des aides est tel que certaines collectivités, face à l'explosion des demandes et à la nécessité de réaliser d'autres investissements liés à la mise en œuvre de la décentralisation, commencent à se retirer et à les supprimer. C'est le cas du Conseil Général de l'Ardèche qui a arrêté les aides en Décembre 2006. La Région Rhône-Alpes a planifié l'arrêt des subventions également pour fin 2007, la région regroupant aujourd'hui sur son seul territoire 10% des installations EnR de France. Il s'agit là d'un enjeu important, car l'essentiel des aides mises en place à ce jour a bénéficié d'abord au solaire thermique.

Les installateurs, les fabricants et les distributeurs sont devenus en quelques années les principaux promoteurs de l'aide fournies par les collectivités territoriales. Ils ont compris combien elles constituaient un excellent argument de vente minimisant le coût final de l'investissement des particuliers. Parmi les propositions d'amélioration, on citera :

- *un site centralisant les aides possibles et mettant à jour leurs évolutions selon leur source.*
- *un calculateur permettant aux particuliers d'évaluer leur crédit d'impôt.*

L'arrivée des banques sur le marché du solaire thermique

Au moment où les aides se font plus rares, une offre bancaire se développe. Elle revêt plusieurs formes complémentaires : **des prêts préférentiels** sont proposés aux particuliers et soutenus par les crédits publics. L'association banque / collectivités territoriales est à souligner et dispose d'une grande marge de développement dans ce domaine. Par ailleurs, plusieurs campagnes incitatives autour de produits bancaires inédits ont vu le jour. Les produits de ce type vont sans doute se multiplier à l'avenir.

On trouvera ci-dessous une liste d'actions en cours :

1. **L'association banque/collectivités territoriales** : les prêts habitat de la banque populaire d'Alsace proposent un compte épargne éthique dit CODEVAIR soutenu par des crédits publics (ADEME ou conseil régional). L'intervention des collectivités territoriales permet de renforcer la capacité de bonification des prêts. La Banque Populaire devient alors un guichet unique de distribution des primes publiques pour la pose de chauffe-eau solaire. On citera aussi le PREVAIR CESI à 0% grâce à une subvention (offre réservée au chauffe-eau).
2. **Une opportunité de marché auprès des particuliers pour les banques** : des prêts spécifiques, sans le soutien des collectivités territoriales, sont aussi mis en

place. Des partenariats privilégiés avec les acteurs du secteur sont développés. La Caisse des Savoie du Crédit Agricole, qui a mis en place des prêts solaires : une offre de crédit avec différé d'amortissement de 12 à 18 mois susceptible de compléter le coût d'une installation solaire thermique.

3. **La caisse des Savoie développe des partenariats privilégiés qui revêtent un caractère d'exclusivité avec certains acteurs du solaire de la région.** On citera l'association entre la caisse des Savoie du Crédit Agricole et les compagnons du solaire où le Crédit Agricole s'engage à faire un don de 10000 € sur 3 ans aux compagnons du solaire et à mettre à disposition un formateur qui intervient sur le thème : «l'artisan et ses relations avec le banquier». Le Crédit Agricole dispose alors d'un espace privilégié pour présenter sa politique, son approche comptable, les aides et les soutiens qu'il peut proposer aux artisans désirant s'installer. En échange les deux partenaires - banquiers et artisans installateurs - mettent en avant leur partenariat sur leurs sites Internet respectifs.
4. **Un partenariat ancien et encore plus privilégié a été conclu entre le Crédit Agricole et un fabricant (CLIPSOL).** Il a été à l'origine de la mise en place des prêts solaires. L'offre était liée au choix de CLIPSOL par les particuliers alors que le fabricant était seul sur le marché savoyard. La demande a permis par la suite d'ouvrir le produit aux concurrents de CLIPSOL.
5. **La caisse d'épargne Languedoc Roussillon propose un prêt « travaux développement durable » pour des travaux incluant l'installation d'un chauffe-eau solaire.** Le crédit coopératif dispose d'une offre bancaire dite « eco-habitat » en cas d'installation d'énergie renouvelables.

7.2.5.2 *Réglementation Technique*

Lors de la conception des projets, il est important que la performance de l'ensemble de l'installation soit affichée. Compte tenu de la complexité du sujet, l'enjeu est de développer de «nouveaux concepts d'installation» en les simplifiant, en minimisant les pertes du réseau (bouclage, linéaire de canalisation,...), en prenant en compte l'impact énergétique du risque «légionnelles».

Le solaire thermique est désormais suffisamment mature pour voir la concurrence entre les acteurs pousser à l'innovation. Il faut donc informer le consommateur, ce qui nécessite au moins :

- *Une étiquette énergétique caractérisant le système (capacité, performance),*
- *Une étiquette environnementale,*
- *Une valeur indiquant dans des conditions normalisées le taux de couverture⁶⁴ solaire, c'est à dire le taux de couverture des besoins à satisfaire (confort, ECS,...).*

Les travaux en cours pour l'établissement d'une certification NF volontaire correspondent à la mise en œuvre de cette proposition (CSTBat, CERTITA).

⁶⁴ Des expériences récentes montrent que ce paramètre est nécessaire mais pas suffisant pour caractériser les performances, en particulier pour les SSC.

En janvier 2006, l'association **Qualit'EnR** (dont les fondateurs sont des organisations professionnelles d'installateurs –CAPEB,UCF/FFB,UNCP/FFB-, une association professionnelle de constructeurs majoritaires - ENERPLAN, et un syndicat de fabricants, le SER) a repris, par transfert de l'ADEME, le dispositif QUALISOL. L'association, Qualit'EnR garantit la qualité d'installation des systèmes à énergie renouvelable (Solaire, Bois énergie, PAC). Elle gère depuis lors et anime trois appellations : QUALISOL, QUALIBOIS, QUALIPV. Pour le solaire thermique, les démarches qualité QUALISOL (CESI) et QUALISOL Combi (SSC) concernent plus de 12 000 entreprises qui font partie de ce réseau. L'appellation Qualisol, traduisant donc la qualité des installations de systèmes solaires thermiques, est attribuée aux installateurs qui en font la demande volontaire (il n'y a pas d'agrément mais une adhésion à un système qualité). L'atout de cette démarche est la réalisation d'audits aléatoires sur les installations réalisées par ces installateurs référencés QUALISOL (entreprises et artisans). Les trois appellations seront à terme concernées par ces audits. A ce jour, les seuls audits opérationnels sont ceux des audits sur les CESI. Les audits sur les SSC et sur les installations bois font l'objet d'une étude de mise en place.

Il est nécessaire de clarifier pour cette technologie le sens d'une appellation (QUALISOL, PG, etc.), d'une marque (NF), d'une certification (AFFAQ, de type ISO), d'un label (HQE) pour un produit, d'une qualification professionnelle (QUALIBAT 538, QUALIFELEC ...).

Il existe enfin des qualifications professionnelles spécialisées dites certifiantes (Audit sur chantiers) et proposées par QUALIBAT.

Réglementation thermique du bâtiment

Le système de calcul par points des performances énergétiques des bâtiments qui devrait être mis en place prochainement dans le cadre de la RT 2005 est très incitatif pour les installations solaires thermiques dans la construction neuve. Son « durcissement » est prévu pour la RT 2010⁶⁵ et les suivantes.

Recyclage

Il n'y a pas aujourd'hui d'obligation de recyclage pour ces systèmes. Ce marché n'existe pas encore, et il faudra une dizaine d'années pour qu'il émerge. D'ici là, la mise en place d'une éco taxe peut dès maintenant être envisagée, afin de financer de la R&D dans le domaine du recyclage.

⁶⁵ Voire, directement la RT 2012 : la FFIE et la FFB demandent un passage direct à une la RT 2012 compte-tenu du seuil qualitatif qu'il faudra franchir.

Code de l'urbanisme

Des aménagements légaux (code civil, et non pas code de l'urbanisme) doivent être réalisés afin de garantir un «**droit au soleil**» permettant de sécuriser les investissements en photovoltaïque sur les bâtiments. Il est nécessaire de garantir les performances en économies de combustibles fossiles dans le temps, et ce quoi qu'il arrive en terme de nouvelles constructions avoisinantes, qui pourraient réduire l'ensoleillement.

Garantie décennale

Cette spécificité française est sous l'examen de la CE, car pouvant constituer une barrière à l'entrée de technologies non françaises dans l'habitat neuf. Les rôles catalyseur ou frein de l'innovation doivent être étudiés dans une perspective 2020, et de la suppression éventuelle de cette spécificité française.

7.2.6. Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie

7.2.6.1 Atouts

- *La Garantie de résultat solaire semble être intégrée, voire acceptée par la profession.*
- *Les systèmes fiscaux avantageux pour le soutien à la profession.*
- *Les performances vérifiées par le recul dont disposent les industriels sur ces technologies et la fiabilité au-delà de 20 ans de fonctionnement.*
- *Une profession organisée avec des critères.*
- *Standardisation entraînant performances, simplification et mise en œuvre plus facile.*
- *Industrialisation de l'offre permettant une réduction des coûts et de la maintenance.*
- *Coûts d'investissements qui deviennent concurrentiels par rapport aux autres solutions possibles (pompe à chaleur, bois).*
- *Marge intéressante pour les installateurs efficaces lors de la pose.*
- *Performances certifiées par les tests au banc menés par des organismes scientifiques sont en bonne voie d'achèvement.*
- *Les industriels majeurs du chauffage en France sont maintenant présents dans les systèmes solaires combinés.*
- *Le faible coût de main d'œuvre pour la fabrication de cette technologie limite les risques d'import de matériels à faibles coûts dans le futur.*

7.2.6.2 Faiblesses

- *Manque de professionnalisation des corps de métiers impliqués dans l'installation.*
- *Le marché français de l'énergie a été long à reconnaître les mérites du solaire thermique.*
- *Des difficultés à répondre aux besoins de rafraîchissement en logement collectif à rénover, alors que la pompe à chaleur apporte des solutions simples.*
- *Prise en compte des besoins au-delà de l'ECS (à conditions éco raisonnables).*
- *Industrialisation de cette technologie, à partir de développement dans le collectif (exemple de la chaîne ACCOR).*
- *Adaptation aux immeubles de grande hauteur.*
- *Installation pour l'instant non autonome qui impose deux investissements de production thermique (brûleur d'appoint).*
- *Fraction solaire encore faible en Europe (au delà de 45 N). La barre des 50 % solaire n'est pas passée, surtout du fait que le volume de stockage à eau est volontairement limité pour des questions de coût et de place dans les caves.*
- *Le stockage dense n'est pas encore industriellement disponible.*
- *Coût plus élevé de l'investissement quand on le compare aux solutions utilisant les seuls combustibles fossiles.*
- *Pose plus difficile qu'une installation fossile, donc marges réduites pour installateurs peu efficaces.*
- *L'investisseur privé ne comprend pas vraiment la notion de part solaire dans le bilan thermique global et pense que le solaire peut tout faire sur toute l'année, permettant d'abandonner tout recours aux combustibles fossiles ou à l'électricité.*
- *La majorité des installateurs détiennent les clés d'un marché de masse: ils ne sont pas favorables a priori au solaire, car il est encore vu comme compliqué et risqué.*
- *Solution plus adaptée au neuf qu'à la rénovation (il faut de la place en chaufferie).*
- *Liaison entre la chaufferie et le toit nécessaire pour le collectif.*
- *Circuit de glycol pour la plupart des systèmes nécessitant suivi et entretien.*
- *Risques sécurité et sanitaire encore peu mis en exergue pour ce type de technologie, ce qui peut conduire à des incidents dommageables pour l'image.*
- *Compte tenu de retours sur expériences récents, l'affichage des taux de couverture des solutions solaires (40 à 60%) est insuffisant, car difficile à anticiper sans prendre en compte les habitudes des consommateurs.*

7.2.6.3 Opportunités

- *Thermique intégré dans des composants standards qui faciliteront l'intégration dans le neuf (St Gobain).*
- *L'ECS solaire passe en 1er équipement (avec une réglementation adaptée).*
- *Le stockage thermique fait les progrès nécessaires pour rendre le solaire thermique facilement intégrable.*
- *Les conditions économiques et environnementales sont favorables au solaire thermique.*
- *Incitations financières vertueuses pour le solaire thermique.*
- *La réglementation thermique tend à imposer une part de l'eau chaude sanitaire voire du chauffage en renouvelable : le solaire est le mieux placé pour l'eau chaude sanitaire en termes de simplicité, d'efficacité et de coûts.*
- *Lors d'un renouvellement de chaufferie, un système solaire combiné avec appoint intégré est une bonne option, mais qui n'est pas assez promue par les professionnels.*
- *Le marché des maisons construites dans le cadre d'un label type Minergie est en plein développement et l'expérience suisse montre que les clients Minergie passent aisément au solaire pour l'eau chaude sanitaire.*

7.2.6.4 Menaces

- *Autres solutions plus intégrées et plus performantes (PAC, bois).*
- *Importations de matériels «bas coût» de moins bonne qualité.*
- *Les **fluctuations encore possibles** pour les prix des énergies fossiles favorisent les non décisions en matière de solaire.*
- *Les aides financières tendront à disparaître car la courbe d'apprentissage fournit des données techniques et économiques fiables y compris pour les assureurs.*
- *Les assurances ne considèrent pas la courbe d'apprentissage pour cette technologie suffisante et peuvent imposer des primes très élevées aux installateurs.*

7.3. Le Solaire photovoltaïque

7.3.1. Introduction

C'est pour favoriser le développement et les investissements dans les énergies renouvelables que les Etats Membres de l'Union Européenne ont voté des lois qui

obligent les opérateurs de réseaux électriques à racheter plus cher l'électricité produite par les énergies renouvelables. L'énergie électrique produite par les panneaux solaires, intégrés à un bâtiment ou non peut ainsi être revendue au réseau.

Depuis le 1^{er} juillet 2006, il est possible, en France, pour les particuliers comme pour les sociétés, de vendre la production d'électricité verte à EDF ou à une régie locale de distribution d'électricité. Le contrat est établi pour une durée garantie de 15 ou 20 ans avec un prix d'achat du kWh produit largement supérieur au prix public de l'électricité. En 2007, ce tarif de rachat est de 0,30 euros par kWh en France continentale et de 0,40 euros par kWh dans les DOM et en Corse. Une prime supplémentaire de 0,25 euros (0,15 euros en Corse et dans les DOM) par kWh a été ajoutée pour les installations intégrées au bâtiment. L'énergie solaire est donc rachetée 3 à 5 fois plus cher que le tarif de vente actuel (de l'ordre de 0,11 euros le kWh). Ce tarif indexé sur l'inflation est revalorisé tous les ans.

La production d'électricité photovoltaïque dépend de l'ensoleillement, de la température, et de l'inclinaison du plan de captage. La France reçoit en moyenne une énergie solaire incidente sur le plan horizontal de 1300 kWh/m²/an.

Le bilan économique s'établit alors comme suit à fin 2007 pour une installation d'environ 2 kWc⁶⁶, soit environ 20 m² de panneaux⁶⁷ :

- *Posée en toiture: 15 050 euros HT.*
- *Intégrée à l'architecture : 16 694 euros HT.*
- *Consommation moyenne d'un ménage (hors chauffage) : 3500 kWh par an.*
- *Temps de retour sur investissement : entre 8 et 15 ans selon le coût d'investissement, le prix de rachat du surplus et l'ensoleillement (700 à 800 kWh dans le nord de la France et 1200 kWh par an sur la Côte d'Azur).*

Un crédit d'impôt de 50% existe jusqu'au 31 décembre 2009 (uniquement sur le prix du matériel). Les régions ou les communes peuvent fournir des aides sur les frais d'installation. Les subventions données par les régions vont de 700 à 1000 euros.

La pose nécessite une déclaration de travaux en mairie. La déclaration des revenus de la vente d'électricité est nécessaire au titre des BIC (Bénéfices industriels et commerciaux). Compte tenu des aides à la filière solaire sous forme de crédit d'impôt et du tarif de rachat aidé, une installation solaire active (par opposition au solaire passif comme les chauffe-eau) est désormais rentabilisée entre 8 et 15 ans.

Ces conditions donnent naissance à des projets d'envergure en France. Par exemple, depuis février 2008, Conergy France équipe un centre commercial (près de Montpellier) de 5472 panneaux solaires photovoltaïques sur 8160 m² : c'est la centrale la plus puissante (1,1 MWc) jamais installée en France, basée sur le concept d'«ombrière photovoltaïque», l'installation solaire étant intégrée aux toits abritant le parking du centre commercial. Ces ombrières, en préservant la fraîcheur des voitures, limitent la pollution générée par la climatisation tout en produisant une électricité 100% propre. Cette électricité produite par les systèmes solaires représentera une économie annuelle

⁶⁶ Inclinaison optimale : 30 degrés.
Orientation optimale : sud.

⁶⁷ Voir <http://www.outilssolaires.com/pv/prin-couts.htm>.

de plus de 1 655 t de CO₂. Les modules Conergy, avec un rendement de plus de 14% produiront 1,42 GWh/an. Le projet a nécessité un investissement de 7 millions d'euros, mais devrait rapporter 800.000 euros par an, en appliquant le tarif intégré bâti.

7.3.1.5 Une technologie jeune, encore imparfaitement maîtrisée

La baisse observée depuis plusieurs dizaines d'années des coûts de production des composants photovoltaïques est liée à une courbe d'apprentissage classique en industrie. Cependant, cette même courbe n'est pas nécessairement maîtrisée par les métiers de la conception, installation, maintenance, etc. En outre, même si l'Allemagne a déjà engrangé une expérience importante sur le photovoltaïque, permettant d'évaluer ses performances dans le temps, des questions comme la perte de rendement due au vieillissement restent à traiter, reposant sur l'utilisation d'instruments de mesure aujourd'hui inexistantes.

7.3.1.6 Un changement de paradigme

Quand on couple le photovoltaïque au bâtiment (donc avec des surfaces disponibles de toute façon faibles pour les bâtiments existants), on se doit d'anticiper un changement de paradigme identique à celui mentionné pour le solaire thermique : une utilisation massive dans les bâtiments futurs nécessitera de concevoir les bâtiments autour de fonctions clés dont leurs besoins énergétiques.

Par ailleurs, sans introduction de solutions de stockage d'électricité (qui augmentent de facto le coût d'investissement), l'introduction massive d'électricité d'origine photovoltaïque dans le système électrique pose des problèmes de volatilité qui font réfléchir les régulateurs à des évolutions par rapport aux règles d'achat subventionnées connues à ce jour. Enfin, le soutien à des innovations technologiques en photovoltaïque liées au bâtiment ne peut pas se concevoir sans le mettre en cohérence avec les soutiens actuels à la filière photovoltaïque en France.

L'utilisation de l'énergie solaire à des fins de production d'électricité a plusieurs avantages : une ressource partout disponible, locale, gratuite.

Par contre, son intermittence intrinsèque (la nuit, la pluie, les nuages !) et la difficulté de stockage de l'électricité en font, pour l'instant, une solution onéreuse et dont l'insertion massive dans le système électrique pose de nombreux problèmes.

7.3.1.7 L'exemple Allemand

La prochaine loi allemande⁶⁸ sur l'Energie applicable au 1^{er} Janvier 2009⁶⁹ concerne, en particulier, la connexion au réseau de distribution des installations photovoltaïques. Cette loi introduit une rupture majeure par rapport aux régulations en vigueur en Allemagne, mais aussi dans d'autres pays européens dont la France.

⁶⁸ Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, Verabschiedet vom Deutschen Bundestag am 6. Juni 2008.

⁶⁹ votée en troisième lecture le 06 juin 2008 par le Parlement (Bundestag) et a été ratifiée début Juillet par la Chambre Haute (Bundesrat)

On trouvera en Annexe 2 une note de synthèse qui incite au lancement d'une réflexion sur le sens de cette nouvelle loi pour le système français tant sur le plan énergétique qu'industriel.

7.3.2. Les technologies disponibles

Les systèmes photovoltaïques sont composés de cellules (transformation de l'énergie lumineuse en courant électrique continu), de modules (ensemble de cellules couplées) et du système final, comprenant parfois un composant de couplage au réseau. Pour les sites isolés du réseau électrique, un système de stockage est adjoint au système. Dans le cas des systèmes raccordés au réseau qui représentent l'essentiel du marché mondial et national aujourd'hui, le courant continu, issu des modules, est transformé en courant alternatif via un onduleur. Plusieurs technologies sont actuellement développées pour la réalisation de cellules photovoltaïques dont les degrés de maturité, de performance et de durée de vie sont très différents.

7.3.2.1 Les technologies sur le marché

1. Les technologies basées sur le silicium :

- *Le silicium cristallin (mono ou multicristallin/polycristallin) qui représente actuellement 80% du marché des cellules photovoltaïques. Ces cellules présentent un rendement élevé, mais avec un coût important, du fait de la dépendance de la filière à l'industrie du silicium électronique pour leur approvisionnement en silicium.*
- *Le silicium couche mince, qui permet un coût de fabrication des cellules plus bas, mais pour des rendements bien inférieurs à ceux du silicium cristallin.*
- *Le silicium amorphe.*
- *Les hétérojonctions⁷⁰ silicium amorphe sur silicium cristallin.*

2. Les technologies non silicium :

- Le diséléniure de cuivre indium (CIS).
- Le tellure de cadmium (CdTe).

Ces deux technologies constituent les principales cellules couche mince développées à ce jour.

Les **matériaux organiques** sont aussi utilisés comme semi-conducteurs, mais en sont encore au stade du laboratoire (cf section suivante). Les rendements obtenus sont faibles mais ces matériaux permettraient de produire des cellules photovoltaïques à très faible coût.

Production d'électricité et autres fonctions pour le bâti tendent vers l'intégration, avec des technologies comme les membranes proposées par NANOSOLAR en CIS et

⁷⁰ Une **hétérojonction** est une jonction entre deux semi conducteurs dont la « bande interdite » est différente. Les hétérojonctions ont une importance considérable en physique des semi conducteurs. Outre les applications aux cellules solaires, on citera notamment les applications dans les diodes électroluminescentes, les lasers, les photodétecteurs.

SOLAR ROOF (de SOLAR INTEGRATED) qui assurent à la fois les fonctions d'étanchéité et de production d'électricité.

Technologies et performances des cellules photovoltaïques sur le marché

Technologie	Rendement de conversion	Durée de vie
<i>Silicium cristallin</i>	15 à 17% (industriel), jusqu'à près de 20 % (SunPower)	35 ans
<i>Couche mince Silicium amorphe</i>	7% (industriel)	< 10 ans (en extérieur)
<i>Couche mince CIS</i>	12% (laboratoire)	Non évaluée
<i>Hétérojonction à couche mince intrinsèque</i>	15 à 17%	20 ans (garantie SANYO)
<i>Membranes</i>	20% (ALWITRA)	Non évaluée
<i>Cellules PV à Concentration</i> ⁷¹	17% en industriel, avec sun tracking (Solfocus) 40% en laboratoire (Sharp)	Non évaluée

Le **stockage** deviendra de plus en plus une composante clé des systèmes photovoltaïques connectés au réseau, afin d'approvisionner le réseau en électricité non pas aux heures de production solaire, mais aux heures où le réseau est prêt à acheter à un prix beaucoup plus élevé, et compatible avec le coût de production qui reste alors élevé.

7.3.2.2 Les évolutions technologiques

L'action concertée de l'ADEME et de l'ANR a permis de soutenir la R&D dans le domaine du Silicium cristallin, de la filière «couches minces» et de la recherche exploratoire, ceci afin de promouvoir de **nouveaux concepts**. Concernant les systèmes photovoltaïques, c'est essentiellement la **baisse des coûts** qui est ciblée par l'ADEME et l'ANR, aussi bien pour les systèmes raccordés au réseau que pour les systèmes en sites isolés.

⁷¹ Montage optique qui permet de focaliser le rayonnement sur la cellule, quelque soit la technologie photosensible.

Deux instituts ont été récemment créés pour fédérer les compétences de recherche au niveau national :

- *INES CEA/CNRS en 2006 dans la filière silicium et la filière organique/inorganique. Cet institut constitue désormais la tête de pont du photovoltaïque en France avec une taille comparable (environ 200 personnes) à celle des grands instituts étrangers.*
- *IRDEP unité mixte de recherche EDF/CNRS/ENSCP (environ 35 personnes) dans la filière des couches minces.*

Le **projet Solar Nano Cristal**, animé par le CEA-Liten avec le Pôle de compétitivité Tenerrdis et l'INES, a pour objectif de favoriser l'innovation technologique pour accélérer la baisse des coûts. Deux axes sont mis en avant : disposer en France de silicium de qualité solaire et concevoir des cellules photovoltaïques de haut rendement. Un laboratoire pilote dédié à l'élaboration de cellules solaires sera construit d'ici 2009 afin de **valider, à une échelle industrielle**, les différentes innovations issues des laboratoires de recherche.

Au niveau technologie photovoltaïque proprement dite, les gros industriels poursuivent actuellement les développements suivants :

- *Total est partenaire de plusieurs projets soutenus par l'ANR sur des voies innovantes comme le **silicium ruban, sur les cellules tandem en silicium amorphe.***
- *EDF développe au sein de l'IRDEP des activités de recherche sur le CIS (technologie des **couches minces** à partir de semi-conducteurs : cuivre – indium – sélénium) et les nouveaux concepts à très haut rendement. Ces actions sont soutenues par l'ANR.*
- *Saint Gobain est partenaire de plusieurs projets ANR depuis 2005 sur les couches minces (CIS et Si amorphe) et sur les composés organiques. Saint Gobain s'implique aussi dans **l'intégration** du photovoltaïque dans les bâtiments.*

Les autres pistes de développement incluent :

- *Le développement de la **vision «conception intégrée PV/bati».***
- *Le renforcement de la robustesse des panneaux (problèmes d'ombrage par exemple).*
- *Cette approche d'intégration PV-bâti présente un fort enjeu, car développer des produits spécifiques bâtiment à haute valeur ajoutée – le sur-mesure inclus - permettra de **se démarquer de la future production de masse chinoise** qui ne manquera pas de déferler dans un très proche futur. On peut citer les notions de sécurité, tenue au feu, durabilité, espacement entre cellules, choix de la couleur des cellules, savoir-faire au montage, garantie de la qualité des produits, technicité de la mise en œuvre garantis par des avis techniques...*

- *Dans l'optique de proposer des solutions pour des toits de supermarchés ou bâtiments tertiaires, les technologies de **multijonctions**⁷² sous concentration présentent aujourd'hui et de loin les meilleurs rendements de conversion, permettant de compenser leur coût élevé (un projet des Universités de Perpignan et Montpellier est en cours dans le cadre du programme Énergie du CNRS).*
- *Le **stockage**, élément clé pour réinjecter sur le réseau aux heures de pointes de consommation, par exemple la nuit, en hiver.*
- *Le développement **d'outils et méthodes de mesure**, en particulier pour cette technologie relativement jeune qui nécessite une validation de ses performances à long terme (durée de vie, mesures des performances multi critères).*
- *En lien avec le point précédent, les méthodes de **détection de panneaux défectueux** sur les installations opérationnelles, afin d'améliorer leur fiabilité.*
- *Les technologies souples ou amovibles **spécifiquement dédiées au bâtiment**.*
- *Les **produits multifonctionnels** (électricité, éclairage, thermique...) pour façades opaques et transparentes.*
- *La **bioélectronique** pour des composants organiques.*
- *Le **recyclage**, à intégrer dans la réflexion amont, **dès le stade de conception des dispositifs** (éco conception).*
- *La sécurisation des systèmes.*
- *Les performances de l'onduleur.*

7.3.2.3 Les choix de R&D à venir en liaison avec le bâtiment

On ne peut encore dire aujourd'hui avec certitude quelle sera la technologie qui dominera le marché à l'horizon 2020-2030, il est donc important de ne pas délaissier la filière couches minces ni même les technologies émergentes ou dites de 3^{ème} génération. Si la France n'a pas les moyens de tout développer, il est cependant risqué de condamner dès à présent telle ou telle filière de recherche. Les acteurs majeurs du photovoltaïque (USA, Japon, Allemagne...) l'ont bien compris et mènent une R&D active dans plusieurs domaines. Pour ce qui concerne l'intégration au bâtiment, ce sont les innovations d'intégration et le coût de possession (avec ou sans stockage intégré) qui devront tirer les financements publics et privés.

⁷² Les cellules multi-jonctions sont constituées de plusieurs couches minces. Une cellule triple jonction, par exemple, est constituée des semi-conducteurs GaAs, Ge et GaInP2. Chaque type de semi-conducteur est caractérisé par une longueur d'onde maximale au delà de laquelle il est incapable de convertir le photon en énergie électrique (la [bande interdite](#)). D'un autre côté, en deçà de cette longueur d'onde, le surplus d'énergie véhiculé par le photon est perdu. D'où l'intérêt de choisir des matériaux avec des longueurs aussi proches les unes des autres que possible (en multipliant leur nombre d'autant) de manière à ce qu'une majorité du spectre solaire soit absorbée, ce qui génère un maximum d'électricité à partir du flux solaire.

7.3.3. Le marché

Le marché du photovoltaïque couvre plusieurs segments qui présentent des enjeux différents : **les maisons individuelles**, **les bâtiments résidentiels collectifs** et **le bâtiment tertiaire**.

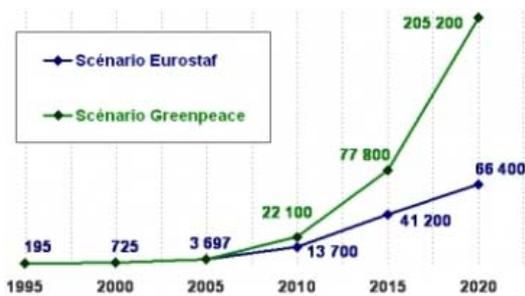
Le **marché du neuf** présente des fonctions particulières pour le développement du PV : il permet de faire baisser les coûts, d'amener les produits à un niveau de standard élevé, de faire évoluer la maturité des technologies, et de préparer leur utilisation dans la rénovation.

7.3.3.1 Quelques chiffres

Le marché mondial du photovoltaïque est en croissance rapide depuis les années 1980.

Parcs et marchés photovoltaïques en 2006

Le marché mondial du photovoltaïque (en volume, en mégawatts crête)



(GW)	Parc fin 2006	Installations en 2006
Monde	6	2,5
Europe	3,418	1,295
Allemagne	3,068	1,153
Espagne	0,118	0,06
Italie	0,058	0,012
France	0,033	0,07

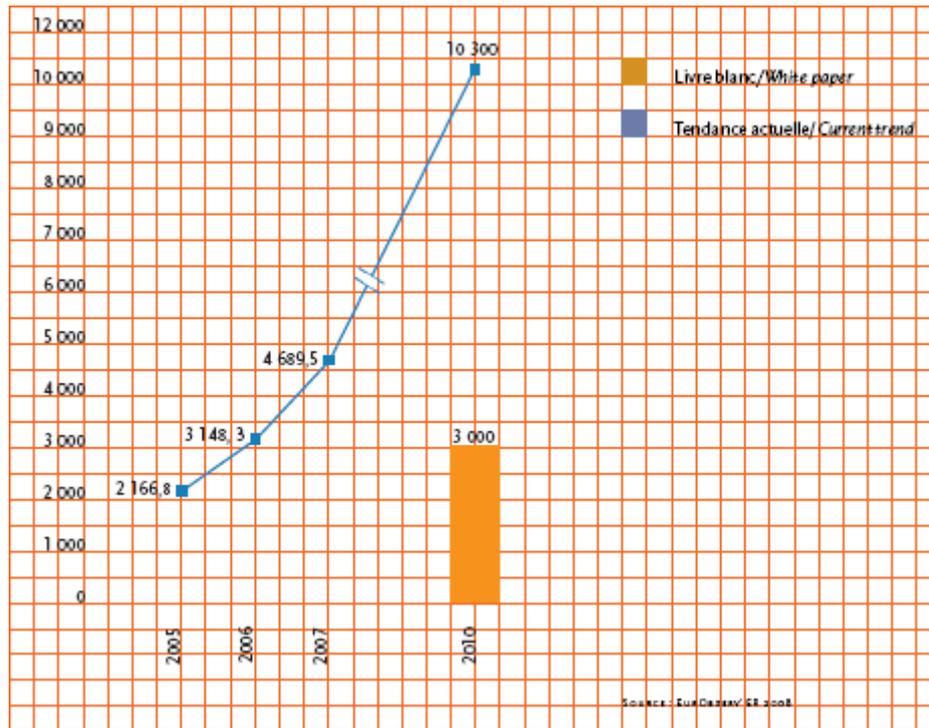
Source : Les Echos, aout 2007

Source : ADEME 2007

Au niveau européen, le marché en 2006 était estimé à 1 245 MWc, permettant au parc européen d'atteindre les 3 418 MWc. Les applications reliées au réseau représentent toujours la quasi-totalité du marché européen, avec une part estimée à 99,4 % en 2006.

COMPARAISON DE LA TENDANCE ACTUELLE PAR RAPPORT AU LIVRE BLANC (en MWc)

Source : Eurobserv'ER 2008



Puissance photovoltaïque installée en Europe en MWc
Source : Eurobserv'ER 2008

Pays/Countries	2006			2007*		
	Réseau/ on-grid	Hors réseau/ off-grid	Total	Réseau/ on-grid	Hors réseau/ off-grid	Total
Allemagne/Germany	830,000	3,000	833,000	1 100,000	3,000	1 103,000
Espagne/Spain	104,905	10,232	115,137	339,820	1,000	340,820
Italie/Italy	11,900	0,600	12,500	49,800	0,400	50,200
Portugal/Portugal	0,227	0,200	0,427	14,254	0,200	14,454
France/France	6,114	1,478	7,592	12,170	0,624	12,794
Royaume-Uni/United Kingdom	3,007	0,376	3,383	3,000	0,400	3,400
Rép. tchèque/Czech Rep.	0,267	0,046	0,313	3,107	0,011	3,118
Autriche/Austria	1,290	0,274	1,564	2,884	0,131	3,015
Grèce/Greece	0,201	1,049	1,250	1,689	0,786	2,475
Pays-Bas/Netherlands	1,243	0,278	1,521	2,000	0,300	2,300
Belgique/Belgium**	2,103	0,000	2,103	2,000	0,000	2,000
Suède/Sweden	0,301	0,312	0,613	1,000	0,300	1,300
Chypre/Cyprus	0,440	0,080	0,520	0,310	0,414	0,724
Finlande/Finland	0,044	0,429	0,473	0,035	0,444	0,479
Slovénie/Slovenia	0,183	0,000	0,183	0,272	0,000	0,272
Danemark/Denmark	0,210	0,040	0,250	0,175	0,045	0,220
Pologne/Poland	0,030	0,117	0,147	0,054	0,146	0,200
Roumanie/Romania	0,040	0,049	0,089	0,030	0,080	0,110
Luxembourg/Luxembourg	0,113	0,000	0,113	0,097	0,000	0,097
Bulgarie/Bulgaria	0,020	0,003	0,023	0,055	0,020	0,075
Hongrie/Hungary	0,085	0,010	0,095	0,000	0,050	0,050
Malte/Malta	0,043	0,000	0,043	0,042	0,000	0,042
Slovaquie/Slovakia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,040
Lituanie/Lithuania	0,000	0,006	0,006	0,000	0,015	0,015
Estonie/Estonia**	0,000	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005
Lettonie/Latvia	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
Irlande/Ireland	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total UE/EU	962,766	18,585	981,351	1 532,794	8,411	1 541,205

* Provisoire/Preliminary.

** La puissance installée en 2007 en Belgique et en Estonie a été estimée par Observ'ER d'après les données 2006/The capacity installed during the year 2007 in Belgium and Estonia has been estimated by Observ'ER referring the 2006 datas.

Source : Eurobserv'ER 2008

Le marché français est encore relativement réduit, mais il est en train de décoller. Le parc photovoltaïque français raccordé au réseau dépassait fin 2006⁷³ les 12 MWc (dont plus de 7 MWc dans les DOM et en Corse). En 2006, ce sont 6,11MWc supplémentaires qui ont été connectés au réseau (dont près de 5MWc pour DOM / Corse) contre 5,5 MWc en 2005. En outre, il existe en France un grand nombre d'installations non encore raccordées. Les dossiers en attente de raccordement représenteraient selon EDF, aujourd'hui ERDF, une puissance de 13,18 MWc fin 2006, dont une partie importante est déjà installée. Cette différence entre puissance installée et raccordée s'explique par :

- *Un délai de raccordement encore long, du fait de la forte augmentation des demandes et du temps nécessaire à la formation du personnel.*
- *Un retard de certains à effectuer leur demande de raccordement pour pouvoir bénéficier de l'augmentation du tarif d'achat.*

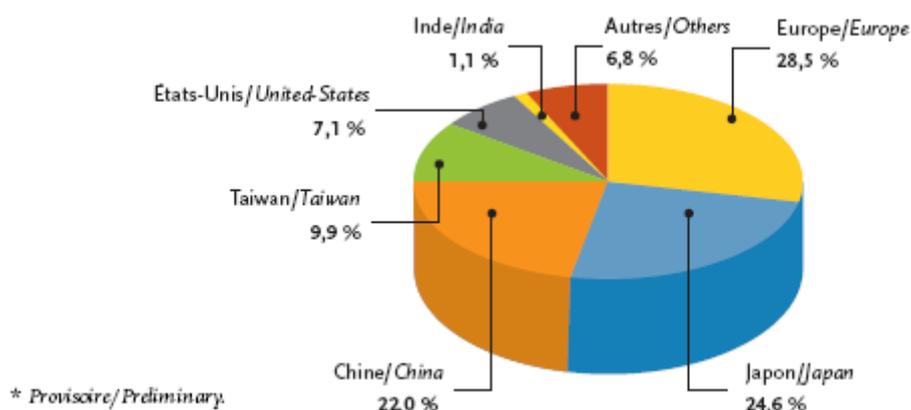
Le marché résidentiel a commencé à se développer réellement à partir de 2006, passant de 28% de la puissance installée en 2005 pour les installations individuelles, à plus de 60% du marché en 2007 en France. C'est la conséquence des nouveaux outils d'incitation mis en place (tarif et crédit d'impôt).

7.3.3.2 Positionnement de la filière industrielle française

Le Japon a longtemps été le premier producteur mondial de cellules photovoltaïques, mais sa part de marché décroît aujourd'hui très fortement, tombant de 45% en 2005 à 24,6% en 2007. À l'inverse, la part de l'Allemagne augmente : de 19 % en 2005, elle passe à environ 21 % en 2007. Globalement, c'est l'Europe qui produit le plus en 2007, avec 28% des cellules photovoltaïques. La Chine, quant à elle, décolle de façon spectaculaire, grimpant de 8% en 2005 à 22% en 2007, alors que les Etats-Unis déclinent, décroissant de 8,6% à 7,1% au cours de la même période.

Répartition géographique de la production de cellules photovoltaïques dans le monde

Source : Eurobserv'ER 2008



⁷³ Source : Eurobserv'ER

Les 12 premiers fabricants mondiaux de cellules PV en 2005 en MWc

Entreprises	2004	2005	Croissance en %	Part de marché 2005 en %
Sharp	324,0	428,0	32,1	24,8
Q-Cells	75,0	160,0	113,3	9,3
Kyocera	105,0	142,0	35,2	8,2
Sanyo	65,0	125,0	92,3	7,2
Mitsubishi	75,0	100,0	33,3	5,8
Schott Solar	63,0	95,0	50,8	5,5
BP Solar	85,0	90,0	5,9	5,2
Suntech	28,0	80,0	185,7	4,6
Motech	35,0	60,0	71,4	3,5
Shell Solar	72,0	59,0	-18,1	3,4
Isofotón	53,0	53,0	0,0	3,1
Deutsche Cell	28,0	38,0	35,7	2,2
Autres industriels	187,0	297,0	58,8	17,2
Total	1195,0	1727,0	44,5	100,0

Source : PV News, mars 2006

Le marché allemand domine très largement le marché européen, suivi par l'Espagne⁷⁴.

⁷⁴ Ces deux pays sont en train de changer les règles d'achat de l'électricité produite par les panneaux.

Les industriels sur le sol français

En trente ans, le secteur photovoltaïque a vu en France des réalisations industrielles d'envergure. Photowatt international qui appartient au groupe canadien ATS atteint une production annuelle de 30 MW sur la filière Si cristallin. C'est la seule production sur le sol français à peine visible dans les bilans mondiaux. Apex BP Solar (filiale de BP), Tenesol (EDF et Total) et Photowatt représentent à eux trois un tiers du marché hexagonal. A côté, des structures plus modestes (mais solides) se maintiennent ou prennent forme. A titre d'exemple : on peut mentionner la société Solems qui est restée sur la filière silicium amorphe qui n'a pas connu l'essor espéré produit environ 0,5 MW annuel depuis sa création. Sur la même filière, la société FEE-France produit environ 0,6 MW par an. La société Emix récemment créée a « tiré » un premier lingot de fabrication de silicium polycristallin par un procédé de coulée continue électromagnétique et creuset froid en 2004. Invensil/Ferro Atlantica développe une unité pilote de fabrication de silicium à Chambéry. On citera enfin les projets de SILPRO et l'activité de Soprema pour les membranes bitumineuses.

L'activité « systèmes » a généré d'autres PME performantes qui représentent un équivalent d'environ 500 emplois directs sur des marchés de sites isolés (DOM TOM) et sur des marchés orientés vers l'intégration au bâtiment.

Les industriels français clefs (Total, EDF, Saint Gobain) soutiennent le développement du photovoltaïque :

- *Total est impliqué dans la filière silicium au travers d'une filiale franco-belge Photovoltec pour la production de cellules, au travers de la filiale Tenesol (Total-EDF) pour la fabrication de modules, au travers de la filiale Atotech pour la filière des couches minces CIS.*
- *EDF est impliquée dans le développement d'une filière industrielle selon un procédé original dans la filière CIS (technologie des couches minces à partir de semi-conducteurs : cuivre – indium – sélénium).*
- *Saint Gobain a déjà une activité dans la chaîne complète du photovoltaïque depuis la fabrication de moules pour la fonderie des lingots de Si jusqu'à la fabrication des verres pour les modules photovoltaïques, pour la fabrication d'abrasifs de découpe, pour l'élaboration de matériaux d'encapsulation.*
- *APEX BP SOLAR, implanté près de Montpellier, développe des systèmes intégrés aux bâtiments.*
- *Enfin IMERYS TOITURE, le plus important fabricant français de tuiles traditionnelles, a développé des tuiles photovoltaïques, prémices d'un courant d'innovation portant sur les composants photovoltaïques intégrables au bâti, courant promu par les pouvoirs publics via le nouveau tarif d'achat français.*

En conjonction avec le programme de recherche Solar Nano cristal, **la société PV alliance** a été créée en 2007 par Photowatt, EDF Energies et le CEA, avec pour objectif d'accélérer le processus d'innovation dans la fabrication des cellules photovoltaïques. Cette initiative ouvre la voie à une **structuration forte de la filière silicium française**.

7.3.3.3 Coûts de production de l'électricité

L'ADEME a réalisé en 2007 des estimations⁷⁵ des coûts de production de l'électricité photovoltaïque en France :

Coûts de production sur le marché français du kWh photovoltaïque raccordé au réseau
(taux d'actualisation de 4%)

c€/kWh	Métropole (1 000 kWh/an)	Métropole (1 200 kWh/an)	DOM (1 400 kWh/an)	Corse (1 400 kWh/an)
Système 2 kW (particulier)	67	55,8	53,1	47,9
Système 30 kW (collectif/tertiaire)	51,1	42,6	42,6	36,5
Système 200 kW + (centrale)	38,4	32	33,5	27,6

Source : ADEME

Les travaux du groupe français du projet européen PV Policy, piloté par l'ADEME, aboutissent aux conclusions suivantes pour l'utilisation du photovoltaïque :

- *L'intersection de la courbe de coût (en baisse) de l'électricité d'origine photovoltaïque avec celle (en augmentation tendancielle) des prix de vente de l'électricité au consommateur final conduira **d'ici 10 ans à la compétitivité directe de l'électricité photovoltaïque** avec ses concurrentes du marché sur les besoins de pointe et d'ici une vingtaine d'années sur les besoins de base.*
- *Ce croisement des courbes peut avoir lieu dès 2010-2012 dans des pays cumulant un fort ensoleillement et un prix élevé de l'électricité vendue au consommateur final comme la Californie, le Japon ou le Sud de l'Italie : **il serait effectif dans les DOM entre 2015 et 2020, puis en France métropolitaine entre 2020 et 2030.***

7.3.4. Le jeu d'acteurs

Le développement du photovoltaïque en France est aujourd'hui essentiellement entre les mains de quelques métiers traditionnels du bâtiment et des décideurs locaux. Les premiers nécessitent d'évoluer pour mieux intégrer les NTE, et les seconds ont besoin de se former à ces nouvelles technologies afin de faciliter leur pénétration.

⁷⁵ Lettre ADEME & vous – Stratégies et études, Juin 2007

7.3.4.1 Les acteurs clés aujourd'hui

Les maillons essentiels de la chaîne PV en France sont :

Industriels	<i>Les fabricants de composants et systèmes, responsables de la qualité des produits, de leur facilité d'intégration au bâti, et de la garantie de fourniture de pièces détachées dans le temps. EDF pour le raccordement réseau.</i>
Professionnels du bâtiment	<i>Les architectes, prescripteurs des technologies. Les installateurs électriciens et couvreurs, qui contribuent aux bonnes performances des systèmes par la qualité de leurs services, et qui sont les premiers conseillers des particuliers.</i>
Autorités publiques	<i>Les collectivités locales, qui peuvent montrer l'exemple, soutenir la demande par des incitations fiscales, et qui délivrent les permis de construire et autres autorisations. L'ADEME, à travers ses Espaces Info Energies, premier outil d'information pour les utilisateurs. L'Etat, par l'obligation d'Achat et les tarifs fixés par arrêté ministériel et le crédit d'impôt.</i>
Grands utilisateurs	<i>Les bailleurs sociaux, qui représentent un très fort potentiel d'installation.</i>
Développeurs	<i>L'INES et le CEA, les deux piliers de la recherche dans le domaine. Le CSTB, qui délivre les avis techniques sur les nouvelles technologies. Les Universités (par exemple Montpellier, Perpignan, Toulouse, Strasbourg...) qui sont souvent en contrat avec l'INES et le CEA pour les recherches fondamentales. Les lycées et les IUT, avec des formations PV et EnR.</i>
Importateurs et grossistes	<i>Le marché de masse nécessite de faire appel à des fabrications importées. Les marges de ces intermédiaires ne contribuent pas à l'abaissement des coûts, ce qui est une autre motivation pour fabriquer en France.</i>

Dans ce paysage, trois éléments clés se détachent en particulier :

Les installateurs ont un rôle primordial, dans le neuf comme dans la rénovation : d'une part ils sont les conseillers des particuliers, et d'autre part la qualité de leurs services (installation, mais aussi maintenance) conditionnera la performance des systèmes.

La filière a mis en place des systèmes qualité : à l'image de l'appellation QUALISOL pour le solaire thermique, une appellation QUALI PV a été créée avec l'ADEME pour les installateurs, afin d'identifier les professionnels compétents pour la réalisation d'installations de solaire photovoltaïque. Cette appellation est gérée par l'association QUALIT'EnR. Qualifelec ou Qualibat qui sont des qualifications d'entreprise contribuent à promouvoir des organisations de qualité. Une **convergence de ces différentes appellations** aiderait à la compréhension par le consommateur.

Les architectes sont les agents essentiels de l'essor du photovoltaïque intégré dans le neuf. Leur connaissance de la technologie est une condition essentielle pour son déploiement. Par contre, les mesures envisagées pour améliorer les performances énergétiques des bâtiments en environnement classé doivent, à chaque opération, faire l'objet d'un travail en concertation dans le cadre d'une recherche menée de manière collégiale entre les Architectes des Bâtiments de France (ABF), les architectes du patrimoine et les maîtres d'œuvre, ceci sans porter atteinte aux caractéristiques justifiant la valeur patrimoniale⁷⁶.

Enfin, les **collectivités locales** ont un rôle important : elles peuvent tout aussi bien être des facilitateurs (par l'exemple, par les incitations fiscales) que des freins (refus des permis de construire) si elles ne sont elles-mêmes pas bien formées à ces innovations. La problématique est proche pour les bailleurs sociaux, qui, s'ils sont bien formés à ces questions, peuvent représenter un fort potentiel d'installations photovoltaïques.

A ajouter, de nouveaux acteurs qui apparaissent sur le marché : les **tiers investisseurs** louant les toitures-terrasses. Des offres apparaissent aujourd'hui dans ce domaine, et nécessitent une analyse juridique, technique, et administrative poussée.

L'Etat reste quant à lui un acteur clé de soutien, notamment par les tarifs d'achat : cet aspect est développé plus loin dans le cadre réglementaire et fiscal.

7.3.4.2 *Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs*

Evolution des métiers traditionnels

Deux évolutions majeures sont donc nécessaires dans les métiers du bâtiment pour permettre le développement du photovoltaïque intégré au bâtiment :

- *En amont, le rapprochement entre architectes et ingénieurs pour une bonne conception et intégration du photovoltaïque dans le bâti, qui passera essentiellement par la formation des architectes et ingénieurs, mais aussi par le développement de produits intégrés innovants sur le plan esthétique*
- *En aval, le rapprochement entre électriciens et couvreurs/façadiers pour assurer une bonne installation ; cette combinaison de corps de métier n'est pas naturelle.*

Une symbiose est à trouver entre couvreurs/façadiers et électriciens pour la mise en œuvre des modules : le photovoltaïque recouvrant deux lots dans le cahier des charges de la construction : Qui intervient ? Comment il/elle intervient vis-à-vis du produit

⁷⁶ Voir en particulier le « rapport sur la prise en compte du développement durable dans la construction », F.H Jourda , 2007

fournit sur le chantier ? Qui en est responsable tout au long du processus de son intégration, connexion au réseau compris ?

Plutôt que de tendre vers une fusion des deux compétences, qui présente le risque de perdre en niveau d'expertise, il semble important de développer une synergie entre des professionnels couvreurs et électriciens qualifiés, chacun appliquant une politique de qualité dans son domaine respectif. Un effort important reste donc à faire pour créer une synergie entre les deux filières professionnelles.

A ce jour, seuls quelques Bureaux d'Études compétents dans le domaine du photovoltaïque en assurent la mise en œuvre (APEX BP Solar, TENESOL, SUNWATT, pour ne citer que les plus importants). Mais la situation de quasi monopole créé sur ce marché dominé par les grands groupes pétroliers ne permettra pas nécessairement le développement de la concurrence.

D'autre part, l'ensemble des services liés à l'installation nécessite d'être développé : aujourd'hui les contrats de maintenance (remplacement de l'onduleur) sont peu répandus et il n'existe aucune offre de **recyclage**. Les métiers d'installation ont donc besoin d'évoluer vers **plus de service long terme et de garantie** afin d'améliorer les performances des installations sur leur durée de vie. Dans ce sens, le déploiement de systèmes de monitoring à distance sera un outil essentiel pour relever une panne sans attendre le relevé de compteur (les solutions existent aujourd'hui mais ne sont pas déployées).

En parallèle, des efforts doivent être mis en œuvre au **niveau du CSTB** afin de :

- *Développer des techniques de mesure de la fiabilité des composants Photovoltaïques dans le temps, et en extérieur ; ce qui permettra de développer des contrats de garanties de performances.*
- *Accélérer le rythme de sortie des avis techniques sur les systèmes Photovoltaïques afin de ne pas ralentir la diffusion des innovations.*

7.3.5. Le cadre réglementaire et fiscal

7.3.5.1 Incitations fiscales et économiques

En 2006, le gouvernement a porté le crédit d'impôt pour les particuliers de 40% à 50% du coût total de l'équipement de leur habitation principale, main-d'œuvre non comprise. Mais ceci laisse entier le problème de la reprise des subventions à l'investissement des collectivités locales⁷⁷.

Le tarif d'achat a également été réévalué en juillet 2006, s'établissant désormais :

- *Pour la métropole, à 30 c€/kWh plus une prime de 25 c€/kWh en cas d'intégration dans le bâti.*

⁷⁷ Suite à une demande écrite, Hespul attend de la Direction de la Législation Financière du Ministère des Finances la confirmation que les aides au fonctionnement telles que celle mise en œuvre par la Région Rhône-Alpes ne sont pas soumises à cette reprise.

- Pour les DOM et la Corse, à 40 c€/kWh plus une prime d'intégration de 15 c€/kWh.
- D'autres aides incluent : les aides des Conseils Généraux, régionaux...
- Le livret développement durable.
- Les offres bancaires spécifiques.
- Le concours financier de l'ADEME.

Deux types de contrats d'achat de l'électricité photovoltaïque existent :

- Revente de toute la production.
- Revente du surplus seulement.

Vers 2015, il est probable que la deuxième option devienne la plus intéressante, comme le prépare la nouvelle loi allemande (voir Annexe 2).

Cependant, ces tarifs ne reflètent pas les contraintes que le réseau subit en devant absorber l'électricité photovoltaïque à l'instant de sa production. Plusieurs études en Europe regardent l'optimisation d'achat selon les heures de pointe de la demande sur le réseau. Cela nécessitera de fait un développement fort du stockage et/ou de l'agrégation de la production par des opérateurs spécialisés, ceci afin de « masquer » la volatilité intrinsèque de la production d'électricité en provenance des renouvelables (solaire, vent).

Enfin, la notion **d'intégration au bâti des modules photovoltaïques** vient d'être clarifiée (<http://www.hespul.org/Precisions-sur-l-eligibilite-a-la.html>): le ministère de l'industrie a publié les critères d'éligibilité des équipements de production d'électricité photovoltaïque à la prime d'intégration au bâti (« Critères d'éligibilité des équipements de production d'électricité photovoltaïque pour le bénéfice de la prime d'intégration au bâti », DGEMP/DIDEME, Avril 2007).

7.3.5.2 Réglementation Technique

Normes et certification

La partie électrique des installations photovoltaïques est soumise de longue date à des normes internationales bien établies (normes IEC et NF) : elles sont assimilées par les industriels et les installateurs. Par contre, l'interface avec la partie bâtiment pose encore un grand nombre de problèmes, notamment en ce qui concerne la garantie décennale, les Avis Techniques (CSTB) et la réglementation des ERP (Établissements Recevant du Public). Il faut considérer, comme indiqué au paragraphe 7.3.2.3, que cette question est prioritaire et doit faire l'objet d'une volonté de la part des industriels à innover, s'ils veulent éviter de se trouver dans une impasse à court terme. Le contexte normatif est codifié dans le bâtiment, les outils sont disponibles pour les aider à innover, et pour certifier leurs produits. Par ailleurs, le Ministère de l'Intérieur doit être impliqué pour établir les contraintes de sécurité des ERP en particulier.

Raccordement au réseau

Après plusieurs années de concertation entre EDF et les représentants des producteurs, les normes et les procédures d'accès au réseau applicables aux installations inférieures à 36 kVA peuvent être considérées comme acceptables dans le contexte législatif et réglementaire français, même si elles sont encore très lourdes en comparaison des

meilleures pratiques européennes. Rien n'est encore réglé en revanche pour les installations comprises entre 36 et 250 kVA, la question étant de savoir si ce sont les normes de la HTA qui s'appliquent ou au contraire s'il est possible d'étendre celles pour les moins de 36 kVA. Un groupe de concertation nommé SEQUELEC, relancé depuis 2004, s'est saisi de la question. Ce groupe de travail, hébergé par ERDF, regroupe les différentes fédérations professionnelles d'installateurs, la FNCRR, le CONSUEL.

Il s'agit d'un sujet dont la technicité est importante, compte tenu des risques électriques encourus.

Un problème réglementaire doit aussi être résolu sur les cas de rallongement de ligne pour un nouveau bâtiment. En effet aujourd'hui, si le bâtiment est producteur d'électricité photovoltaïque, la collectivité se décharge du coût d'investissement pour l'allongement de ligne, sur le producteur d'électricité, c'est-à-dire le bâtiment équipé de photovoltaïque. Ceci représente, en l'occurrence, un frein au développement de telles constructions.

Suivi de la croissance du parc

Cette question est devenue d'autant plus urgente à traiter que l'arrêt total de l'apport de subventions à l'investissement par l'ADEME suite à l'augmentation du crédit d'impôt et des tarifs d'achat élimine de facto une source d'information unique, fiable et facile à mobiliser à travers une enquête annuelle auprès des Délégations Régionales. Ce problème existe également dans de nombreux pays européens, à commencer par l'Allemagne où les chiffres d'installations réalisées en 2004 varient de 400 à 760 MWc! On citera l'hypothèse formulée par l'ADEME au sein d'un groupe de travail européen pour un « numéro unique d'identification » qui serait attribué à chaque contrat d'accès au réseau et faciliterait la consolidation des bases de données entre opérateurs de réseaux. Elle soulève de nombreuses questions qui vont être examinées lors de prochains travaux de ce groupe.

Responsabilité civile vis-à-vis du réseau

La concertation avec les compagnies d'assurance mutualistes initiée par HESPUL, le SER et l'organisation de consommateurs CLCV a abouti positivement avec l'inclusion sans frais de ce risque considéré comme négligeable dans les contrats Responsabilité Civile classiques. Cette avancée devrait être logiquement étendue aux compagnies d'assurance privées.

Réglementation thermique du bâtiment

Le système de calcul par points des performances énergétiques des bâtiments qui devrait être mis en place prochainement dans le cadre de la RT (éventuellement la RT 2010, mais ce n'est pas encore certain) est très incitatif aux installations solaires thermiques

dans la construction neuve. Son «durcissement» prévu pour la RT 2010⁷⁸ et les suivantes devrait conduire au même résultat pour le photovoltaïque.

Recyclage

Il n'y a pas aujourd'hui d'obligation de recyclage pour les panneaux photovoltaïques. Ce marché n'existe pas encore, et il faudra une dizaine d'années pour qu'il émerge. D'ici là, la mise en place d'une **éco taxe** dès maintenant peut être envisagée pour financer de la R&D dans le domaine, qui est aujourd'hui initiée mais encore assez confidentielle.

Code civil

Des aménagements du Code Civil doivent être réalisés afin de garantir un « **droit au soleil** » permettant de sécuriser les investissements en photovoltaïque sur les bâtiments. Il est nécessaire de garantir les revenus liés au photovoltaïque dans le temps, et ce quoi qu'il arrive en terme de nouvelles constructions avoisinantes, qui pourraient réduire l'ensoleillement.

7.3.6. Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie

7.3.6.1 Atouts

- *Une recherche de bon niveau international (Solar Nano Cristal de l'A2I et la nouvelle société PV Alliance).*
- *Tarif d'achat subventionné à un niveau significatif.*
- *Image positive auprès du consommateur final.*
- *Marché en pleine expansion pour lequel les applications et les innovations se multiplient.*
- *Intégration assez aisée pour fournir sur place de petites puissances (de 1 à 5 kW), domaines où aucune autre filière ne peut entrer en compétition avec le photovoltaïque.*
- *Générateur simple et très fiable pour les technologies amorphes et cristallines.*
- *Les modules sont garantis pendant 25 ans par la plupart des constructeurs.*
- *Substitution à des toits ou façades, comme élément de bâtiment produisant de l'énergie (intégration), vers une diminution du coût.*
- *Coût de substitution à une autre solution souvent intéressant (substitution à la création d'un réseau électrique en zone rurale, raccordement au réseau électrique existant pour la vente du surplus d'électricité non consommé, en zone urbaine).*

7.3.6.2 Faiblesses

- *Structure industrielle des acteurs français qui doit s'adapter à la croissance potentielle de ce secteur.*

⁷⁸ Voire, directement la FT 2012 : la FFIE et la FFB demandent un passage direct à une la RT 2012 compte-tenu du seuil qualitatif qu'il faudra franchir.

- *Acteurs du marché classique de l'énergie qui ont freiné la promotion de la connexion au réseau, décalant l'acquisition de compétences sur la courbe d'apprentissage (voir Allemagne, Espagne).*
- *Ticket d'entrée (investissements de production) très élevé pour les nouveaux entrants industriels.*
- *Energie la plus chère par kWh (tendance confirmée sur encore 2 décennies à venir en France).*
- *Politique de Maîtrise de la demande en énergie encore « faible » en France, ne favorisant pas le photovoltaïque.*
- *Référentiels multiples : électrique, électromagnétique, environnemental, construction (intégration au bâti).*
- *Produit du courant continu, qui n'est pas ou peu utilisé directement pour les usages spécifiques de l'habitat (sauf électrification de sites isolés).*
- *Nécessité des onduleurs pour la conversion du courant traité et réinjecté sur le réseau électrique.*
- *Pour le photovoltaïque de site isolé (comme pour le photovoltaïque sécurisé = connexion réseau + batterie), le stockage reste le maillon faible.*

7.3.6.3 Opportunités

- *Photovoltaïque pour les usages spécifiques du bâtiment.*
- *Filière poly-cristallin en intégrée PV/bâti.*
- *Solutions techniques pour éviter les pics de demande en électricité et diversifier la production d'électricité face à la croissance des consommations.*
- *Réunion d'une volonté politique et industrielle pour mettre en place tout un secteur d'activité, et la naissance d'un marché (toits photovoltaïques qui pourraient devenir le toit standard à terme), dans la perspective d'un projet national fort.*
- *La définition d'une feuille de route avec des objectifs à réaliser pour les années à venir, et des moyens attribués pour les atteindre (financement par les organismes d'État, les industriels, les établissements financiers...).*
- *La facilité d'associer une solution photovoltaïque intégrée au concept de maisons préfabriquées ou standardisées.*
- *Les opportunités commerciales et financières nouvelles : banques vertes, coopératives, prépaiement par cartes ou compteurs, etc.*
- *Les clients peuvent être propriétaires de l'installation ou loueurs.*

7.3.6.4 Menaces

- *Les efforts de R et D en cours dans d'autres pays débouchent sur des produits dont le coût décroît plus vite que les solutions développées en France.*
- *Implantation des modules „bas coût“ venant de pays à faible coût de main d'œuvre.*

- *Absence de signal fort donné par la Puissance Publique sur cette filière, semblable à ceux fournis en Australie ou en Espagne/Allemagne.*
- *Signal incohérent avec les évolutions à court terme en Europe (voir Annexe 2)*

7.4. Le Chauffage Biomasse

7.4.1. Introduction

L'utilisation de la biomasse comme combustible pour le chauffage des bâtiments (individuels, collectifs) est d'autant plus facile que la comparaison avec le prix des combustibles classiques (gaz, fioul), qui est directe, est favorable.

L'utilisation de la biomasse (bois, déchets de bois, déchets agricoles) à des fins énergétiques, et dans le cadre d'une gestion durable de la forêt, présente de nombreux avantages au niveau local et au niveau national, outre le fait que ce combustible est renouvelable et qu'il participe donc à la réduction des émissions de CO₂ :

- *Intérêt économique de valorisation immédiate pour l'ensemble des professionnels des filières concernées.*
- *Valorisation des sous-produits de l'exploitation forestière, de l'industrie du bois ou de l'agriculture, dont les débouchés marchands sont parfois difficiles à trouver.*
- *Création ou maintien des emplois : le bois-énergie par exemple génère 4 à 5 fois plus d'emplois que ses concurrents gaz, fioul, charbon ou électricité. Deux mille m³ de bois-énergie (volume foisonné) créent directement un emploi qualifié à temps complet.*
- *Création de nouveaux débouchés pour des déchets souvent non utilisés.*
- *Dynamisation des acteurs locaux : installateurs, exploitants forestiers et transporteurs.*
- *Valorisation de ressources locales.*
- *Utilisation d'un combustible moins onéreux que son équivalent sous forme de combustible fossile.*
- *Participation à la protection et à l'amélioration de l'environnement forestier.*
- *Contribution à l'entretien de la forêt et du paysage, et à l'amélioration de l'état sanitaire des forêts.*
- *Lutte contre les incendies.*
- *Encouragement aux replantations et aux travaux sylvicoles (dépressage ou éclaircies).*
- *Amélioration de la qualité des bois d'avenir et donc contribution à l'enrichissement du capital forestier.*

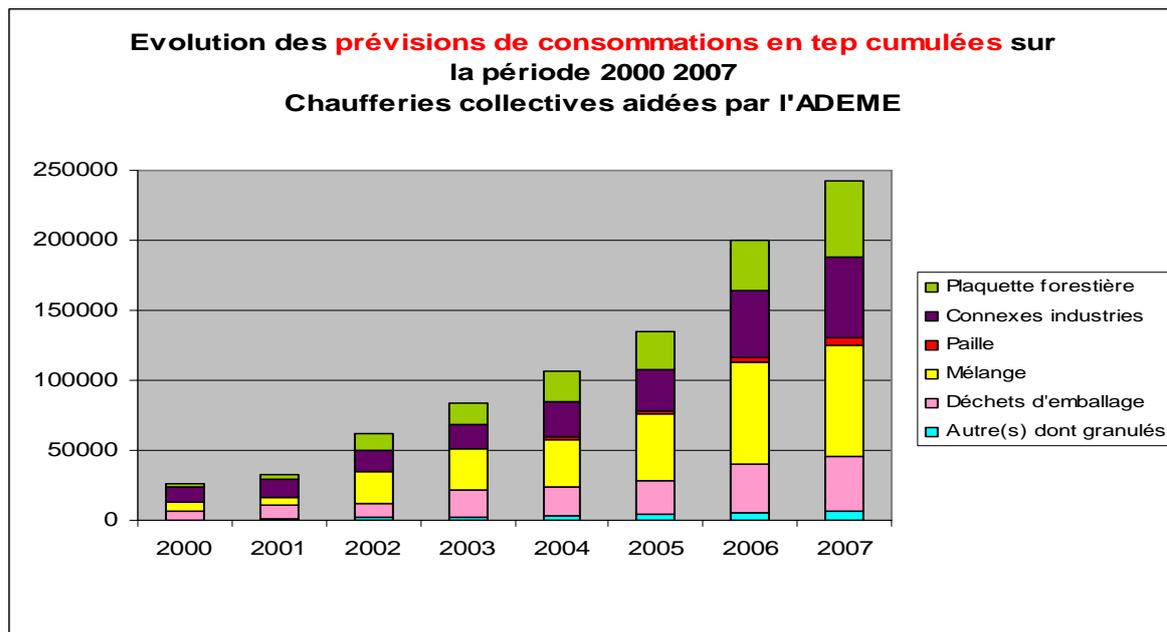
En Europe, l'utilisation énergétique de la biomasse concerne :

- *le chauffage domestique (plus de 50 %), y compris dans les réseaux de chaleur.*
- *l'industrie (de l'ordre de 20 %).*
- *la production d'électricité (de l'ordre de 25 %).*

7.4.1.1 L'utilisation de la biomasse en France pour les bâtiments

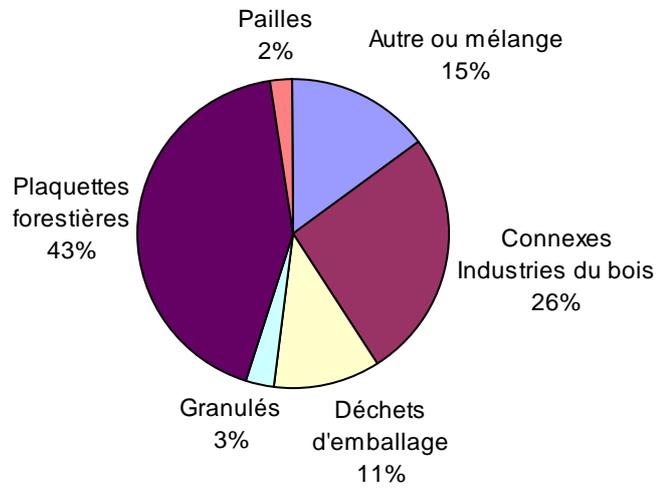
La biomasse représente 60% de la production des Energies Renouvelables en France (biogaz, carburant et énergie). Le bois énergie représente 9,3 Millions de TEP : c'est de loin la première Energie Renouvelable dans notre pays. Le secteur domestique consomme annuellement 7,3 Millions de TEP, le secteur industriel 1.7MTEP, suivi par le collectif tertiaire un peu moins de 0,3 Millions de TEP. Les utilisations couvrent d'abord et avant tout la production de chaleur, l'électricité n'intervenant qu'essentiellement en papeterie⁷⁹, et ceci depuis plusieurs années.

C'est sous l'impulsion de l'ADEME que le chauffage biomasse dans le collectif et le tertiaire a progressé en France depuis le début des années 2000.

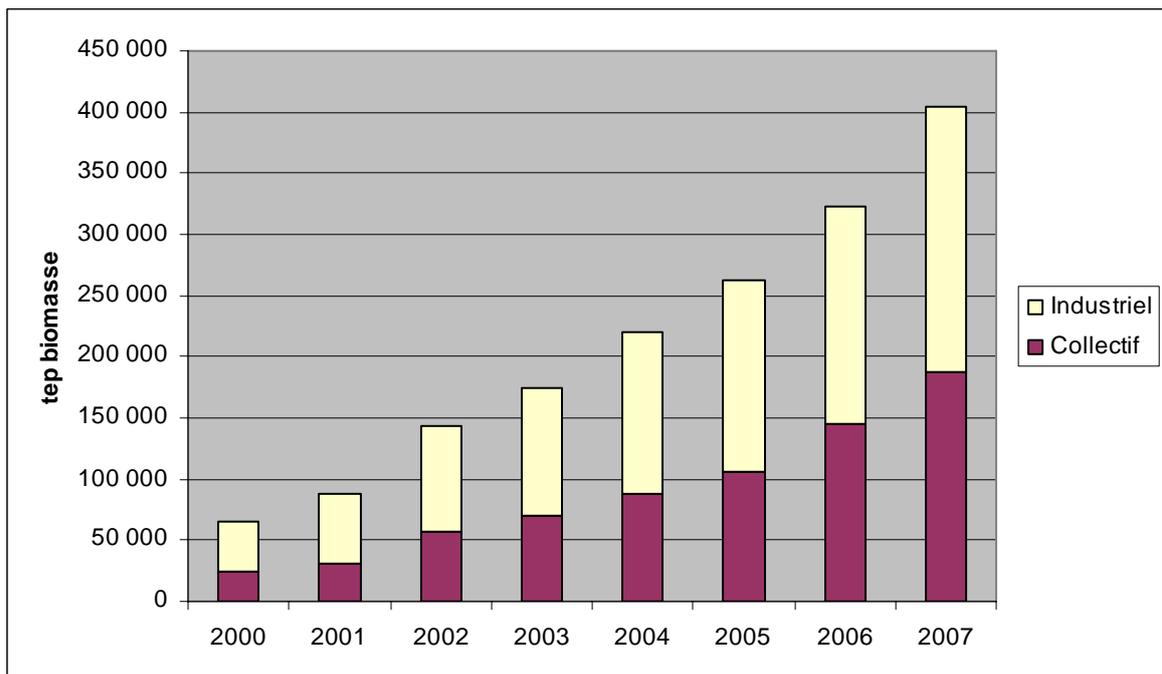


⁷⁹ La Directive Electricité verte a cependant conduit à des appels d'offres du MINEFE pour généraliser l'utilisation de la production d'électricité

Répartition de la biomasse par type de déchets en France en 2007
(données ADEME) :



Répartition de la biomasse entre industriel et collectif depuis 2000
(communication ADEME) :



7.4.1.2 La ressource biomasse en France : son évolution

La forêt française représente 30% du territoire ; c'est la quatrième plus grande forêt de l'Union Européenne :

- 30 % de la surface appartient à des collectivités ou à l'Etat.
- 70 % appartient à des propriétaires privés.

Elle est très morcelée, puisque plus de 2,5 millions de propriétaires ont moins d'un hectare.

Cette forêt peut produire annuellement 100 Millions de m³ de bois (croissance annuelle à prélever sans toucher au capital). En fait, de l'ordre de 60 Millions sont prélevés annuellement :

- 21 à 22 Millions de m³ pour le bois d'œuvre, dont la construction en plein essor.
- 11 à 12 Millions de m³ pour les filières industrielles (trituration papier et panneaux).
- 3 Millions de m³ de bois énergie officiellement commercialisé.
- Le bois non comptabilisé, « non enregistré » (économie rurale, informelle) conduit à environ 20 à 25 Millions de m³.

La vision à 2020 dégagée par le COMOP « Forêt » vise à récolter 21 millions de m³ de bois supplémentaires dont 12 millions de m³ directement utilisables pour l'énergie et 9 millions de m³ de bois d'œuvre, ce qui permettrait aussi de générer 3,6 millions de m³ de produits connexes de scieries pour alimenter la filière énergie.

Ces scénarios de récolte sont établis en tenant compte des résultats de deux études⁸⁰ qui ont fait différentes hypothèses pour évaluer les ressources forestières supplémentaires disponibles en France pour l'énergie (MAP/ CEMAGREF et ADEME / IFN /SOLAGRO). L'étude CEMAGREF identifie, en tenant compte d'une gestion durable des forêts, un potentiel physique de bois sur pied compris entre 12,7 et 20,6 millions de m³ (soit entre 4 et 5 Mtep si l'ensemble de cette récolte était orientée vers l'énergie). L'étude Ademe/IFN/Solagro évalue de son côté le gisement des rémanents d'exploitation à environ 7 Mtep. Les travaux liés à ces études se poursuivent pour mieux ajuster les premiers résultats obtenus. Il faut toutefois noter que ce potentiel physique disponible est susceptible d'être plus ou moins récolté selon les scénarios technico-économiques retenus, dans un marché qui traditionnellement s'avère très peu élastique. Dans ces conditions, il est important d'agir sur les bons leviers pour susciter la mobilisation complémentaire de bois.

Le futur devrait donc voir en France une augmentation significative de la contribution de la biomasse au bouquet énergétique français, d'à peu près 7M TEP pour chaleur/électricité, dont pour le bois plus de 4M TEP.

⁸⁰ Les valeurs de ressource potentielle telles que mentionnées ont été validées par le Ministère de l'Agriculture

Globalement, le développement d'une filière « chauffage » biomasse en France se heurte à plusieurs obstacles :

- *Une compétition sur la ressource en amont (bois, biomasse, déchets) qui peut conduire à d'autres choix que la valorisation thermique directe (par exemple la fabrication de combustibles liquides). Il faut de plus tenir compte des besoins des industries du bois utilisatrices de la matière première bois, le développement du bois-énergie ne pouvant se faire au détriment d'activités industrielles déjà en place.*
- *La structuration d'une filière d'approvisionnement stable avec des engagements de fourniture sur des périodes longues (20 ans ou plus ?).*
- *Le rendement global de la valorisation par combustion directe (incluant la logistique et la mise à disposition des cendres) qui doit prendre en compte l'impact environnemental (pollution par les poussières de combustion et les COV) et sociétal (emplois créés en amont pour l'approvisionnement et en aval pour la maintenance et le traitement des déchets).*
- *La réticence à généraliser les réseaux de chaleur, comme par exemple au Danemark. La généralisation permettrait de valoriser la biomasse dans les centres d'agglomérations de grande taille, en déportant zones de stockage tampon et sites de combustion aux périphéries d'agglomérations.*
- *La perspective de bâtiments mieux isolés et mieux orientés, qui va voir les besoins thermiques largement diminuer. Le chauffage biomasse peut alors entrer en compétition avec les systèmes basés sur la pompe à chaleur ou le solaire thermique, même si des projets innovants proposent de les coupler dans des conditions très précises de valorisation de la biomasse.*

Par ailleurs, les hypothèses d'évolution des prix pour le bois énergie montrent que ces marchés resteront vraisemblablement peu élastiques en l'état (source Ministère de l'Agriculture).

La ressource bois énergie (la principale pour les bâtiments) est donc **sous utilisée aujourd'hui en France**, du fait de plusieurs facteurs :

- *L'absence de processus d'industrialisation pour fabriquer du combustible stable à partir de déchets de qualité très variable.*
- *L'insuffisance, à ce stade, d'évaluations physico-technico-économiques des ressources disponibles par bassin d'approvisionnement.*
- *Le manque de mobilisation au niveau des petits propriétaires forestiers, des exploitants agricoles et des collectivités locales sur les possibilités d'exploitation de leurs forêts.*

Plusieurs pistes d'amélioration ont été identifiées lors des travaux du récent COMOP :

- *La mise en place de normes et standards pour garantir la qualité de la ressource, avec une meilleure adéquation avec les équipements de combustion.*
- *Le recensement des zones de production, avec des descriptifs précis des différentes catégories de ressources disponibles.*
- *L'industrialisation de la collecte et du tri des bois de rebut, et de leur transformation.*
- *Une meilleure mobilisation par l'information et la formation des propriétaires, exploitants et des collectivités pour une valorisation des terrains privés et des forêts communales, domaniales en vue d'une collecte plus large des ressources.*
- *Une mobilisation du bois plus soutenue en forêts publiques pour lesquelles le gestionnaire pourrait catalyser, par des décisions structurantes, le lancement d'une filière cohérente sur les performances.*

Les COMOP EnR et Forêt proposent la création d'un fonds de mobilisation de la biomasse en lien avec le fonds Chaleur dont les missions principales seraient :

- *L'amélioration de la desserte et de l'accès à la forêt.*
- *Le développement des technologies d'exploitation des bois et les investissements associés.*
- *L'animation pour mobiliser les petits propriétaires privés à vendre leur production ou leur capital.*

7.4.2. Les technologies disponibles

On distingue **deux applications du chauffage par la voie biomasse**⁸¹ : le chauffage individuel (marché domestique) d'une part, et le chauffage des habitations en collectif et du tertiaire (marché concentré) d'autre part, qui présentent des caractéristiques différentes, en termes de besoins à couvrir et de technologies utilisées.

Ces deux marchés ont néanmoins un important point commun : leur dimension locale. En effet, le chauffage par biomasse dépend de la proximité entre zones de ressources et zones de consommation, le transport du combustible restant une activité peu structurée et coûteuse en énergie. La principale ressource considérée est bien sûr le bois et les déchets de l'utilisation du bois. D'autres types de biomasse peuvent être cependant considérés tels que la paille ou d'autres déchets d'exploitation agricole : ils sont à suivre à la fois pour des débouchés en autoconsommation ou en installation de moyenne et grosse puissance, sans avoir pour l'instant l'impact de la filière bois⁸².

⁸¹ Cette étude ne concerne pas les applications industrielles

⁸² C'est par exemple le cas de projets déposés dans le cadre de la consultation « CRE II »

Deux critères clés sont à prendre en compte pour un déploiement efficace des technologies de production de chaleur par biomasse :

- *L'efficacité énergétique la plus élevée possible basée sur des normes de performance sévères (et d'ailleurs difficiles à valider par la mesure sur le marché domestique).*
- *La préservation de la qualité environnementale (émissions de poussières et de COV) grâce à une efficacité énergétique élevée et des normes environnementales sévères.*

On mentionnera à ce titre l'exemple de l'**Autriche**, qui, comme la France, est riche en combustibles de base : ce pays a mis l'accent sur le déploiement, pour le chauffage biomasse domestique, d'un combustible en granulés standardisés de façon à optimiser simultanément efficacité énergétique et environnementale globale, y compris les coûts de préparation et de transport du combustible.

7.4.2.1 Technologies pour le chauffage individuel

La durée de vie des chaudières pour le chauffage individuel tourne aujourd'hui autour de 15 ans. Une récente étude de l'ADEME (ERDYN 2006) permet de déterminer le **rendement moyen** pour le parc actuel des appareils de chauffage au bois : **40% avec un taux de CO moyen égal à 1% du volume des fumées à 13 % d'O₂**.

L'ADEME a accompagné le développement d'appareils de chauffage performants sur le plan énergétique et environnemental au travers du **label flamme verte**, issu d'un partenariat entre l'ADEME et des fabricants d'appareils domestiques respectant une charte de qualité exigeante en termes de rendement et d'émissions polluantes. Ce label est géré conjointement par l'ADEME, le Syndicat des énergies renouvelables et le Groupement des fabricants de matériel de chauffage central par l'eau chaude et de la production d'eau chaude.

Se basant sur les protocoles européens mis en œuvre dans le cadre de ce label, les industriels français ont bâti un plan d'actions visant à améliorer le rendement et le taux de CO des appareils vendus. L'échéancier proposé dans le cadre du label Flamme Verte est le suivant⁸³ :

Année	Rendement minimal %	Taux de CO maximal	Poussières en mg/Nm3
2004	60	1	1472
2005	65	0,8	723
2006	65	0,6	355
2007	70	0,6	355
2008	70	0,5	249
2009	70	0,3	122
2012	70	0,3	100

La réduction des émissions polluantes comblera donc une politique d'amélioration des performances énergétiques des appareils mis sur le marché (exigences flamme verte) et une évolution des mécanismes financiers (crédit d'impôt) afin d'inciter au remplacement des appareils anciens par de nouveaux appareils beaucoup plus performants.

Le chauffage au bois domestique fait cependant l'objet de critiques vis-à-vis des émissions polluantes produites lors de sa combustion. Si pour un certain nombre de polluants de l'air, le chauffage au bois domestique n'est pas ou très peu incriminé (dioxine, SO_x, NO_x), cette forme d'énergie a créé une polémique lorsque l'on considère les **polluants carbonés**. La combustion du bois est en effet à l'origine de particules, mais aussi d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de **composés organiques volatils** (COV), dont le benzène. Les émissions dues à la combustion de bois représentent une **part significative des émissions nationales en France**. Le dernier inventaire du CITEPA donnait en 2005 :

- 27% des émissions de matières particulaires PM10 (< 10 microns de diamètre),
- 41% des émissions de PM2,5, et 65% des émissions de PM1.
- 77% des émissions de HAP.
- 33% des émissions de COV, dont 74% des émissions de benzène.

La législation nationale ainsi que les directives européennes réglementent les **concentrations de ces polluants dans l'air ambiant** (PM10, PM2,5, benzène, HAP, ozone). Par ailleurs, la directive européenne n°2001/81 réglemente les émissions notamment de COV : elle fixe un plafond d'émission national à respecter en 2010. Un plafond relatif aux PM2,5 devrait être prochainement proposé par la Commission européenne. Les préoccupations actuelles relatives à la pollution de l'air portent en effet de plus en plus sur les **particules fines** (PM2,5). De nombreuses études épidémiologiques, réalisées tant en France qu'à l'étranger, ont mis en évidence l'importance de l'impact des particules fines sur la **santé humaine** (effets cardiovasculaires et respiratoires). Ces préoccupations se sont en particulier traduites dans le Grenelle de l'environnement par la décision d'élaborer un **Plan particules**.

7.4.2.2 Technologies pour le chauffage collectif et tertiaire

Les lois de programmation et d'orientation sur l'énergie ont donné à la France un cadre constant depuis le milieu des années 90 pour le développement des énergies renouvelables dont les bioénergies. Le développement des investissements en chaufferies bois à alimentation automatique participe aux objectifs d'accroissement de la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique français. L'ADEME a édité un guide de mise en œuvre des chaufferies bois et leur réseau de chaleur, ce qui suppose des connaissances et une méthodologie alliées à du pragmatisme pour répondre aux interrogations relatives au choix des combustibles, à la logistique d'approvisionnement, aux technologies de chauffage et de combustion, aux aspects environnementaux, économiques, réglementaires et sociaux qui se posent lors de la conception et de la réalisation d'un tel projet. Ce guide technique⁸⁴ est mis à jour pour tenir compte des évolutions et faire partager l'expérience acquise.

⁸⁴ Mise en place d'une chaufferie au bois : Etude et mise en place d'une unité à alimentation automatique, ADEME/EDP Sciences, 2007.

7.4.2.3 Les technologies de cogénération à partir de biomasse⁸⁵

La production d'électricité à partir de biomasse s'est beaucoup développée dans les pays scandinaves et germanophones (Allemagne et Autriche) sous forme de centrales de cogénération délivrant l'énergie thermique à un réseau de chaleur tertiaire et/ou industriel et l'électricité à une compagnie électrique. Elle est au contraire rare en France, où on ne la trouve que sur certains sites industriels gros producteurs de déchets ligneux (papeteries, sucreries,...). La cause principale de ce retard est évidemment liée aux conditions d'achat de l'électricité, mais aussi à une méconnaissance des technologies disponibles. Une étude ADEME de 2001 dressait un état de l'art des technologies utilisables dans la filière vapeur, la plus éprouvée à ce jour, et dans la gamme de puissance de quelques centaines de kW à 4 MWe, qui semble en France la cible la plus probable, compte tenu de la puissance des chaufferies bois déjà installées⁸⁶. Sachant qu'une cogénération de 10 MW électriques et 30 à 50 MW thermiques consommerait de l'ordre 80 000 à 100 000 tonnes de bois par an, on comprend que le nombre d'installations de cette taille sera très faible en France et que le créneau de développement se situe en dessous de 4 à 5 MWe en raison même des contraintes liées à l'approvisionnement en bois. Les technologies reposent en général toutes sur le principe de la combustion externe : un générateur de chaleur fournit de l'énergie thermique à un fluide de travail (eau, fluide thermique ou air) ; celui-ci est injecté dans une machine qui convertit cette énergie thermique en énergie mécanique et permet la mise en rotation d'un arbre entraînant un alternateur pour produire de l'électricité.

Ces unités sont installées au sein de réseaux de chaleur, qui sont soit de type communal de petites tailles (inférieur à 1 MW) soit de type urbain de grande taille. Les réseaux de chaleur sont composés de 3 éléments principaux :

- *La production de chaleur (chaufferie) : elle peut être faite grâce à une ou plusieurs unités de production dans la ville.*
- *Les consommateurs : les bâtiments raccordés au réseau de chaleur peuvent être des industries, des bâtiments communaux, des magasins, des établissements hospitaliers, des établissements scolaires, des bureaux, des logements sociaux, des résidences, des gîtes, etc.*
- *Entre les deux, un réseau de chaleur permet de transporter le fluide caloporteur.*

Les différentes technologies employées permettent souvent de valoriser aussi les déchets ménagers, dans des installations de puissance élevée (plusieurs dizaines de Mw thermiques). Un colloque récent "**Cogénération biomasse dans l'industrie et sur réseaux de chaleur**" organisé par le CIBE et l'ATEE, les 18 et 19 septembre 2007 à Strasbourg, a fait le point sur les projets français en cours.

⁸⁵ Directive 2001/77/CE du 27 Septembre 2001.

⁸⁶ Ce constat ne semble pas être repris par les services de la DGEC qui ne considèrent pas ce segment dans les procédures en cours, avec des appels d'offres au dessus de 5 MWe et des tarifs d'achat garantis toujours non révisés en dépit de la loi POPE de 2005 fixant une date limite à Mars 2006.

7.4.2.4 L'impact des réseaux de chaleur sur la combustion biomasse

« Pour diminuer nos émissions de gaz à effet de serre, **les quantités de chaleur livrées par des réseaux de chaleur peuvent tripler**, autorisant une **diminution des émissions de gaz carbonique fossile de 5,6 millions de tonnes de carbone par an** pour un « coût des émissions évitées » **inférieur à 300 € par tonne de carbone** (soit 80 €/tonne de CO₂), c'est à dire beaucoup moins que d'autres voies que notre pays a décidé d'emprunter⁸⁷ ».

Les conclusions du rapport Prévot situent les enjeux pour notre pays. La France dispose d'environ 400 réseaux de chaleur qui servent moins de 5 % des usagers. Le tableau ci-dessous rappelle ce que nos partenaires européens ont réalisé à ce jour.

Etats Membres de l'Union Européenne	Longueur totale des réseaux de chaleur (km)
Danemark	23.900
Allemagne	17.949
Suède	11.180
Finlande	8.340
France	3.950
Autriche	2.646

Au Danemark, c'est donc 60% des usagers qui sont servis par ces réseaux, avec une forte densité de petits réseaux de chaleur communaux qui permettent, grâce à la cogénération, de produire de l'électricité et de distribuer de la chaleur.

Il apparaît que le solaire thermique, la pompe à chaleur et le chauffage biomasse deviennent des sources diversifiées d'énergie, qui, en s'additionnant par ailleurs au biogaz (comme au Danemark), ou à d'autres combustibles végétaux, font ressurgir le réseau de chaleur comme un élément clé de leur valorisation :

- *Un réseau de chaleur solaire thermique permet de faire coopérer entre eux des bâtiments dont l'orientation de captation n'est pas optimale.*
- *Un réseau de chaleur permet de coupler les sources d'origine géothermique, la valorisation de rejets industriels à faible enthalpie (via une PAC) et une ressource biomasse locale non exploitée pour chauffer des quartiers, voire de petites agglomérations⁸⁸.*

La disponibilité de technologies de réseaux de chaleur fiables, de faibles coûts ouvre donc la voie à des valorisations énergétiques multi sources locales ou régionales, dans des conditions de rentabilité acceptables, à condition d'avoir des contrats d'approvisionnement pérenne⁸⁹ sur la ressource amont.

⁸⁷ H. Prévot « Les réseaux de chaleur », Conseil Général de Mines, Mars 2006.

⁸⁸ Voir par exemple Gaëlle Warnant « Chauffage céréales:grains et paille combustibles », Tournai, 16 Décembre 2005.

⁸⁹ Henri Prévot, Conseil Général des Mines, 29 Mars 2006, « Les réseaux de chaleur »

Sur le plan technologique, les promoteurs et acteurs industriels majeurs sont au Danemark et en Allemagne, avec des modalités de mise en œuvre technologique de conduits et de sous-stations très performants. Notre pays est donc **en retard technologiquement, sur les composants critiques**, alors qu'il a toutes les capacités d'ingénierie pour supporter le déploiement de ces technologies, avec des opérateurs de réseaux expérimentés. Enfin, le **stockage thermique (froid et chaud)** est aussi un composant critique pour les réseaux de chaleur, puisqu'il permet de découpler offre et demande, favorisant ainsi des ajustements, y compris saisonniers, de la production et de la consommation. Ces solutions sont encore peu étudiées en France.

7.4.3. Le marché

7.4.3.1 Le marché du chauffage individuel (domestique)

Le marché domestique comprend l'ensemble des systèmes de chauffage biomasse individuels, s'adressant pour deux tiers à la rénovation et pour un tiers au marché du bâtiment neuf.

Le marché évolue autour de deux sous-marchés, qui suivent des tendances opposées : un marché national de foyers fermés/inserts, qui est en baisse, et un marché importé sur les poêles, qui connaît aujourd'hui une augmentation. **Le poêle** présente en effet un fort potentiel de développement, de par le petit investissement qu'il représente, et la ressource bon marché qu'il permet d'utiliser.

Les volumes de vente sur le sol français atteignent en 2006 :

- Vente de poêles : foyers et inserts (voir tableau ci-dessous).
- Vente de cheminées : environ 200 000 vendues par an.
- Vente de chaudières bois: environ 30.000 unités dont 10 000 d'importation (les plus performantes étant les autrichiennes).

Marché français des appareils domestiques de chauffage au bois en 2005 et 2006

Source : ADEME – Observ'ER 2007

Type	Nombre d'appareils vendus en 2005		Nombre d'appareils vendus en 2006		Évolutions 2005 - 2006 des ventes
	Marché total 2005	% de labellisés "Flamme Verte"	Marché total 2006	% de labellisés "Flamme Verte"	
Foyers et inserts	253 400	72%	281 565	78%	11,1%
Foyers fermés	209 905	77%	228 936	83%	9,1%
Inserts	43 495	66%	52 629	74%	21,0%
Poêles	127 075	84%	205 492	89%	61,7%
Poêles classiques	65 300	97%	107 745	97%	65,0%
Poêles contemporains	13 090	74%	21 468	82%	64,0%
Poêles cheminées	14 040	85%	24 008	99%	71,0%
Poêles scandinaves	25 195	72%	36 533	76%	45,0%
Poêles massives	3 740	99%	5 460	97%	46,0%
Poêles à granulés	5 710	0%	10 278	9%	80,0%
Chaudières	18 545	48%	28 414	58%	53,2%
Tirage naturel	11 680	43%	15 184	49%	30,0%
Turbo	3 280	68%	5 904	68%	80,0%
Bi-énergie	1 000	61%	1 291	52%	29,1%
Automatiques à plaquettes	895	85%	1 185	81%	32,4%
Automatiques à granulés	1 240	74%	3 697	89%	198,1%
Automatiques à céréales	450	0%	1 153	0%	156,2%
Cuisinières	10 715	66%	13 658	78%	27,5%
Cuisinières simples	7 995	74%	10 394	83%	30,0%
Cuisinières chaudières	2 720	44%	3 264	52%	20,0%
Total	409 735	75%	529 129	81%	29,1%

Avec une croissance de 29,1%, l'année 2006 a pris son rythme de croisière dans le prolongement de 2005, marquant une rupture nette avec les résultats de l'année 2004. Le nombre total d'appareils domestiques de chauffage au bois vendus en 2006 s'élève à 529 129 unités.

Le positionnement de l'industrie française

En matière industrielle, le tissu français est composé de quelques PME innovantes. La filière de fabrication des appareils de chauffage au bois domestique comporte quelques «champions européens». Le travail de la fonte pour la construction d'appareils de chauffage domestique est une « spécialité » française avec la répartition suivante des emplois par région (source ADEME) :

Implantation	Effectifs
Champagne Ardenne	450
Nord Pas de Calais /Picardie	1000
PACA	200
Poitou Charentes	180
Auvergne	90
Alsace	430
Nord Pas de Calais	200

Le crédit d'impôt a déclenché d'importants **investissements dans la filière industrielle de fabrication des appareils** : le cabinet d'étude BIPE a identifié près de 35 millions

d'euros d'investissement dans la filière de fabrication des appareils indépendants de chauffage au bois pour les années 2005 et 2006.

7.4.3.2 Le chauffage des habitations en collectif et du tertiaire (marché du concentré)

Le marché du concentré comprend les installations de chauffage collectif et industriel, dans le neuf et la rénovation. Ce marché doit bénéficier de plusieurs conditions locales réunies pour pouvoir émerger :

- *Des ressources locales suffisantes.*
- *Une concentration de l'utilisation.*
- *Une concentration de la décision sur les investissements (collectivités locales) qui peut pâtir du manque de formation des décideurs quant aux différentes options offertes pour le chauffage et la production d'eau chaude.*

Les statistiques fournies par l'ADEME montrent l'impact des plans lancés sous sa coordination et la progression constante depuis 2000 pour atteindre aujourd'hui presque 300 000 TEP par an.

7.4.3.3 Les réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleurs couvrent les besoins de grands ensembles immobiliers, ou de villes (dont la taille peut varier considérablement).

On compte aujourd'hui 380 grands réseaux urbains, sans les réseaux de sites publics ou privés, et ceci dans plus de 250 villes. Cela représente au moins 10 000 kilomètres de canalisations délivrant 6 % de l'énergie consommée en France par le chauffage.

Les premiers réseaux ont été créés dans les années trente avec une forte croissance qui date des années 60 et début 70 avec l'équipement des « ZUP ». Mais, c'est après le choc pétrolier de 1974 que l'État a encouragé le développement de ces systèmes. Par la suite, le chauffage collectif urbain a été abandonné au profit du chauffage gaz individuel.

Peu d'acteurs politiques ont donc encore perçu que les réseaux de chaleur sont un moyen efficace de diminuer les émissions de gaz à effet de serre, lorsqu'ils sont alimentés par la géothermie, la biomasse, ou la chaleur fatale de procédés industriels (voire la production d'électricité nucléaire !). **Par ailleurs, les arguments** de sécurité d'approvisionnement et de simplicité de gestion ne sont pas clairement identifiés, alors que ce seront des arguments clés pour le futur de ces systèmes en France. Pour la biomasse au cœur des agglomérations, les réseaux de chaleur deviennent des technologies critiques.

Plusieurs notes du Comité Interprofessionnel du Bois Energie (CIBE) de Mars 2008 présentées au COMPOP EnR décrivent par ailleurs les obstacles juridiques, réglementaires et fiscaux qui limitent le déploiement des réseaux de chaleur. Des propositions concrètes d'évolution ont été faites :

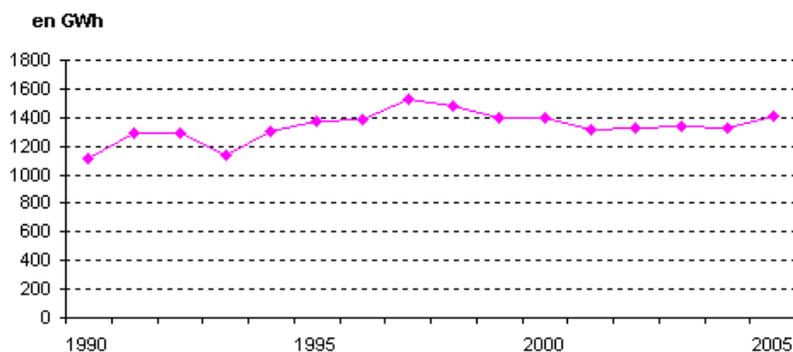
- *Etendre la compétence pour l'organisation du service public de distribution de l'énergie calorifique ou frigorifique.*
- *Classer au titre de la protection de l'environnement durable des réseaux de chaleur ou froid alimentés à plus de 60 % par des énergies renouvelables.*
- *Introduire la TVA à taux réduit pour tous les usagers et tous les usages des énergies renouvelables dans les réseaux de chaleur.*
- *Introduire le Crédit d'Impôt pour les particuliers raccordés à un réseau de chaleur (ou de froid).*

7.4.3.4 La cogénération biomasse

En France, ce sont les installations de grande puissance, notamment les industries papetières qui utilisent leurs résidus (écorces, sciures, liqueur noire) pour la cogénération. En 2006, cette production d'électricité a atteint 1,43 TWh, chiffre relativement stable depuis 1990 (voir diagramme ci-dessous).

Production d'électricité par cogénération bois depuis 1990

Source : Observatoire de l'Energie / CEREN



En 2005, 96% de cette production d'électricité est autoconsommée par les industries productrices ; la partie restante en électricité est vendue et injectée sur le réseau électrique.

De nouveaux éléments permettent d'entrevoir une croissance de la cogénération.

D'une part, le décret relatif aux garanties d'origine de l'électricité produite à partir de sources d'énergies renouvelables ou par cogénération est entré en application. Ce texte permet aux cogénérations (ainsi qu'aux stations de transfert d'énergie par pompage, aux usines d'incinération et aux installations utilisant de la biomasse) d'obtenir une certaine quantité d'attestation de garantie d'origine, en fonction de leurs spécificités, ce qui

préfigure à terme **un marché de ces “attestations” qui pourrait voir le jour en Europe.**

D'autre part, la France combine des appels d'offres et un tarif d'achat garanti de l'électricité pour promouvoir cette filière cogénération biomasse, ceci pour atteindre les objectifs de la programmation pluriannuelle des investissements du 10 juillet 2006, où notre pays vise une production électrique supplémentaire d'au moins 6TWh à partir de biomasse en 2016. A ce jour, les services du MEEDDAT ont de fait oublié la piste du tarif d'achat pour privilégier la procédure Appels d'Offres, à partir d'une puissance minimale et de façon contingentée.

La DIDEME a fait le point sur les deux appels d'offres⁹⁰ :

1. *Premier appel d'offres lancé en décembre 2003 pour des centrales >12 MW : 14 projets biomasse (216 MW) et 1 projet biogaz (16 MW) retenus pour un prix de vente moyen de 86 €/MWh. A ce jour, plus de 3 ans après la publication des résultats, seules 4 opérations sur 14 ont été réalisées, deux autres sont en cours d'instruction pour atteindre au mieux 40 % des objectifs.*
 - *Deuxième appel d'offres de décembre 2006 pour une puissance cumulée de 300 MW répartie en deux tranches (220 MW pour des installations > 9 MW, 80 MW pour des installations entre 5 et 9 MW) et mise en service au 1er janvier 2010 avec date de fin de contrat d'achat d'électricité au 1er janvier 2030. D'ores et déjà, certains opérateurs candidats manifestent une incertitude sur la possibilité de mener leur projet à terme.*

Les gisements de combustibles envisagés pour ce deuxième appel d'offres sont constitués :

- *Pour 60 % des projets, majoritairement de produits, sous-produits et déchets de la sylviculture ou de l'industrie de transformation du bois (plaquettes forestières, rémanents forestiers, broyats, écorces, liqueurs noires, connexes de scieries, sous-produits de l'industrie papetière, etc.).*
- *Pour 30 % des projets, majoritairement de produits, sous-produits et déchets de l'agriculture ou de l'industrie agroalimentaire (pailles et résidus de l'industrie céréalière, divers sous-produits et résidus de l'industrie agroalimentaire, etc.).*
- *Pour 10 % des projets, de ces deux types de ressources dans des proportions comparables.*

⁹⁰ (<http://www.atee.fr/cp/37/1-%2018-09%20J%20LENGYEL%20DIDEME.pdf>)

22 projets ont été retenus en Juillet 2008. La puissance électrique cumulée des offres retenues atteint :

- 84,6 MW pour la tranche 1.
- 229,8 MW pour la tranche 2.

Le prix moyen pondéré de vente de l'électricité produite s'établit à 128,1 €/MWh montrant ainsi l'engagement d'industriels dans cette voie de cogénération.

7.4.4. Le jeu d'acteurs

7.4.4.1 *Les acteurs clés sur le marché domestique (chauffage individuel)*

Les acteurs du marché domestique sont relativement peu nombreux :

Fournisseurs de ressources	✓ Fournisseurs pour le marché de l'individuel.
Industriels	✓ Les quelques fabricants de chaudières français.
Intermédiaires	✓ Les grossistes.
Professionnels du bâtiment	✓ Les installateurs : plombiers–chauffagistes–climatiseurs. ✓ Les architectes.
Financeurs	✓ Les banques locales. ✓ Les collectivités.
Autorités publiques	✓ L'ADEME, à travers ses Espaces Info Energies, premier outil d'information pour les utilisateurs.
Utilisateurs	✓ Les particuliers.

Les fournisseurs industriels de ressources

BLEZAT et ALGOE ont mené pour l'ADEME une étude pour recenser l'emploi dans la filière des bioénergies. La seule filière de fabrication, de commercialisation et d'installation des appareils indépendants couvre **environ 20 000 emplois** équivalent temps plein (ADEME/BLEZAT/ALGOE – mars 2007). En effet, les entreprises, des PME essentiellement, travaillent généralement avec des fondeurs français (Fonte Ardennaise, De Dietrich, PEBECO) et développent des réseaux commerciaux très maillés sur tout le territoire en aval pour la vente et l'installation des appareils. Par ailleurs, des industries connexes (conduits de fumée, par exemple) ont une activité liée au chauffage au bois très importante. Le groupe POUJOLAT emploie, par exemple, près de 1 000 personnes.

Les installateurs plombiers chauffagistes climatiseurs

En termes de déploiement et de qualité d'installation du chauffage biomasse, on peut considérer que **l'installateur joue un rôle prépondérant**, car c'est le premier conseiller auprès des particuliers. De plus, de la qualité de leur travail dépendront les performances du système installé. Dans ce cadre, la profession a développé un système d'appellation qualité, **Qualibois**, géré par l'association Qualit'EnR, consciente de la nécessité d'aider les professionnels dans l'acquisition de compétences pluridisciplinaires dans les énergies renouvelables.

Par ailleurs, la profession fait difficilement face à une demande en forte croissance : les entreprises sont essentiellement des TPE ou PME. L'offre en systèmes de chauffage performant se multiplie soulignant l'importance du recrutement, plutôt difficile aujourd'hui, et de la **formation des installateurs** aux technologies nouvelles. Les formations initiales doivent devenir plus attractives et intégrer les toutes nouvelles solutions de chauffage. En terme de formation continue, des contrats de professionnalisation pour des bacs professionnels sur un an sont nécessaires avec une aide financière.

La formation des professionnels de la filière bois énergie est à ce jour assurée par les associations professionnelles et les centres techniques :

- *L'ITEBE, Institut des Bioénergies,*
- *L'Association Technique Energie Environnement,*
- *Le COSTIC,*
- *Le CETIAT.*

Le temps de formation sur le terrain est relativement long, la main d'œuvre est rare avec un taux de rotation des jeunes formés très élevé qui ne permet pas aux entreprises de **rentabiliser l'investissement en formation**. Les formations rémunérées pourraient alors inclure des obligations de maintien dans l'entreprise des jeunes formés pour une durée déterminée afin que celle-ci bénéficie des retombées de l'investissement formation.

Quant à la maintenance et les services après vente, les installateurs adoptent différentes stratégies :

- *des prix d'installation assez faibles sans réel suivi,*
- *des prix valorisant le service après vente, ce qui demande de limiter le portefeuille de clients afin de maintenir un service de qualité.*

Assurer une maintenance de qualité se heurte aux grossistes régionaux qui ne sont pas capables d'**assurer systématiquement la disponibilité en pièces détachées**.

Enfin, toujours dans une optique de maintien de la qualité des installations, en Allemagne le ramoneur donne le « **permis feu** », c'est-à-dire le droit de chauffer ou pas aux particuliers selon l'état du système de chauffage. Il serait intéressant de réfléchir à une adaptation de ce système en France pour mieux contrôler la pollution des installations. Toutefois, les installateurs français n'ont pas les qualifications de leurs homologues allemands.

Les architectes

Les architectes sont aujourd'hui insuffisamment formés sur l'ensemble des options de chauffage et leurs avantages et inconvénients. Ils ont donc des difficultés à choisir entre du solaire thermique, une PAC, de la biomasse, d'autant plus que les conditions d'approvisionnement local sont difficiles à connaître.

Les particuliers

Les particuliers manquent d'informations sur les performances que l'on peut attendre du chauffage biomasse. Les deux vecteurs pour acquérir cette information sont les Espaces Info Energies de l'ADEME et les installateurs. D'où l'importance d'un bon niveau de connaissance chez ces deux types d'acteurs.

Les grossistes

Les grossistes représentent le 'bras armé' des industriels. En cela, ils ne sont pas nécessairement axés sur la qualité des services d'installation et maintenance, mais pour l'écoulement de leur stock.

Les banques

Certaines banques développent des services innovants tels que des prêts à la consommation sur instruction de dossier technique, en partenariat avec les acteurs des systèmes de qualification/certification.

7.4.4.2 Les acteurs clés sur le marché concentré

Le tableau ci-dessous liste les acteurs principaux de ce marché :

Détenteurs de ressources	✓ <i>ONF, Forêts privées, Communes forestières représentés par FNCOFOR</i>
Fournisseurs de ressources	✓ <i>Les fournisseurs de combustibles (par exemple : Sita Négoce, Selva, Biocombustibles SA) et une centaine de structures d'approvisionnement qui fournissent plus de 1000 tonnes de bois par an notamment des fournisseurs forestiers comme l'ONF et les coopératives forestières.</i>
Industriels	✓ <i>Les industriels actifs en France, membres du CIBE : Wärtsilä France (Gazéification et diesels), Weiss France et Compte (constructeurs de chaudières), Clarke Energy France et S3D (fournisseur d'installations de cogénération).</i>
Professionnels du bâtiment	✓ <i>Les bureaux d'études qui interviennent dans la spécification pour des consultations, puis le suivi pour le compte de maîtres d'ouvrage (Par exemple : Calia Conseil, Girus, Olergie, Saunier et associés, Trivalor)</i> ✓ <i>Les architectes.</i>
Exploitants de chauffage Puissance publique	✓ <i>Par exemple : Cofathec, Dalkia, Elyo, Idex</i> ✓ <i>L'ADEME, à travers son réseau de délégations régionales et le pilotage d'un réseau d'animateurs du programme bois énergie dans les différentes régions, premier outil d'information pour les utilisateurs.</i> ✓ <i>Les collectivités locales.</i>
Gros utilisateurs	✓ <i>Industriels</i> ✓ <i>Syndics</i> ✓ <i>Bailleurs sociaux</i> ✓ <i>Collectivités locales</i>

Des associations professionnelles interviennent aussi dans la chaîne de décision. Le **Comité Interprofessionnel du Bois Energie** (CIBE) a pour champ d'intervention le chauffage collectif et industriel au bois (et autres biomasses ligno cellulosiques), y compris la production combinée de chaleur et d'électricité, dans l'habitat et le tertiaire, les réseaux de chaleur et les entreprises industrielles. Adhèrent au CIBE des organisations professionnelles et des entreprises des secteurs de la forêt et du bois, du déchet et de l'énergie, des maîtres d'ouvrage (collectivités territoriales, organismes HLM, hôpitaux...), des associations d'appui aux maîtres d'ouvrage et des spécialistes du bois énergie. Le CIBE réunit et coordonne les analyses d'acteurs dispersés sur le territoire afin de professionnaliser les pratiques, établir les règles de l'art, former des professionnels et promouvoir les **chaufferies de forte et moyenne puissance (y compris la cogénération)** auprès des décideurs publics et privés.

La **Fédération Française des Entreprises Gestionnaires de services aux Equipements, à l'Energie et à l'Environnement** (FG3E) regroupe quant à elle six syndicats : Chauffage Urbain et de la Climatisation Urbaine ; l'Exploitation Climatique et de la Maintenance ; Traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et Assimilés; Entreprises de Télégestion, Télétransmission et Immoitique ; maintenance et des Services Après Vente ; Entreprises de Multiservice Immobilier et de Facilities Management. Elle est habilitée à la certification Qualibat.

En matière de réseaux de chaleur, **l'association AMORCE** a été créée en 1987 et regroupe 300 collectivités et 128 professionnels. Elle intervient sur les réseaux de chaleur (technique, économie, droit, fiscalité), la gestion des déchets municipaux, et la gestion de l'énergie par les collectivités territoriales (production, distribution, consommation, conséquences des choix d'urbanisme et de transport).

On citera enfin la FNCOFOR avec laquelle l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture ont un partenariat pour l'optimisation des projets de petite et moyenne puissance en milieu rural et France Biomasse Energie, association créée en 2007, qui constitue un rassemblement de compétences multiples, des producteurs de biomasse aux utilisateurs énergéticiens, autour du développement des productions d' ELECTRICITE, de CHALEUR, de BIOCARBURANT dits de « 2ème génération » et de BIOGAZ, issues d'installations industrielles ou agricoles et utilisant toutes les formes de biomasse.

Les bureaux d'études et architectes

Il existe de très bons bureaux d'études en France, cependant insuffisamment nombreux. De plus, les gros bureaux d'études ne sont aujourd'hui que peu formés sur la biomasse. Un recensement serait nécessaire.

Les gros fournisseurs de chaleur

Dalkia, Elyo, etc sont parties prenantes du marché, et jouent aussi un rôle important dans le recrutement, la formation. Ils assurent surtout le financement et l'exploitation de nombreuses installations biomasse.

Les collectivités locales

Les collectivités représentent un fort potentiel en tant que :

- Décideurs locaux pour l'installation de systèmes collectifs biomasse.
- Propriétaires de territoires potentiellement producteurs de combustibles,

Pour ces deux aspects, les collectivités doivent continuer à être informées sur certaines cibles comme les réseaux de chaleur, les bailleurs sociaux, les hôpitaux, les maisons de retraite, les grosses industries, etc.

Les exploitants agricoles

Certaines régions travaillent aussi à la sensibilisation des exploitants agricoles à la ressource biomasse. Par exemple, la Chambre d'agriculture des Alpes de Haute Provence et les Communes forestières proposent une formation sur le chauffage au bois à destination des agriculteurs.

7.4.5. Le cadre réglementaire et fiscal

La priorité du tout nouveau cadre réglementaire et fiscal sera de structurer l'approvisionnement et de limiter les conflits d'usage entre différentes priorités nationales.

7.4.5.1 Les programmes bois énergie pour structurer la filière

Lancé en 1994, à l'initiative du ministère de l'Industrie et géré par l'Ademe, le plan bois-énergie avait pour objectif de structurer de manière durable la filière bois-énergie tant au niveau de l'approvisionnement que de l'équipement en chaufferies collectives des secteurs résidentiel, tertiaire et industriel. 13 régions et départements, retenus dans le cadre d'un appel à propositions, ont été associés à parité avec l'Ademe dans la conduite de ce programme selon 3 types d'actions :

- L'aide à la structuration de l'offre de bois.
- L'aide à la décision d'installation de chaudières collectives.
- Les subventions pour l'acquisition de chaudières bois.

Le programme bois-énergie 2000-2006 s'est inscrit dans le cadre des contrats de plan État-Régions. Il visait l'ensemble du territoire national y compris les départements d'Outre-mer et concernait tous les usages du bois combustibles industries, collectifs, et individuels. Ce programme, avait pour objectifs :

- *De maintenir à hauteur de 8 Mtep/an la consommation domestique de bois (bûches principalement).*
- *D'améliorer de 10 % le rendement énergétique et la performance environnementale globale du chauffage domestique au bois.*
- *D'installer 1 000 nouvelles chaufferies collectives ou industrielles à bois sur la période 2000-2006 pour une production énergétique de 300 000 tep, grâce à des actions structurantes sur la technologie et sur le marché d'approvisionnement et grâce au partenariat avec les collectivités locales et les professionnels partenaires de la filière bois.*

L'ADEME et les régions associées devaient consacrer 15 M€ /an aux mesures d'accompagnement de ce programme : le budget des 15 millions d'euros par an a

contribué pour une part importante (78 %) au financement d'installations bois énergie collectives et industrielles.

Utilisation des subventions de l'ADEME

Secteur	Domestique	Collectif & tertiaire	Industriel	Ensemble	
Animation et communication	2,0	4,3	0,6	7,0	7 %
Etudes, R&D	2,5	3,4	1,0	7,0	7 %
Ingénierie	0,1	3,3	0,7	4,1	4 %
Chaufferies	2,3	67,2	9,7	79,1	78 %
Approvisionnement	0,8	3,4	0,7	4,7	5 %
Total	7,6	81,6	12,8	101,8	100 %

Source : évaluation du programme bois énergie 2000-2006 (ADEME-TERCIA)

Les objectifs de ce programme devaient se traduire par :

- Une économie annuelle globale de combustibles fossiles de 570 ktep dans les secteurs domestique, collectif et industriel et une réduction de 1,4 million de tonnes/an de gaz à effet de serre.
- La création de 2 000 emplois dans les filières d'approvisionnement dont 600 liés à l'exploitation des chaufferies.

L'ADEME a fait réaliser en 2007 une évaluation du programme bois énergie 2000-2006. Au-delà des **engagements quantifiés du programme, pour la plupart atteints ou dépassés** (TEP substituées, émissions de carbone évitées, ingénierie et équipements, création de signes de qualité pour les appareils et le bois de chauffage domestique), l'évaluation a établi un bilan complet de l'action menée ou financée par l'ADEME (aides à l'investissement, projets d'études et de recherche et actions d'animation et de communication, partenariats avec les collectivités territoriales). **Le bilan énergétique attendu est légèrement dépassé. Les objectifs sont largement atteints pour les autres indicateurs** : aides à la décision, nouvelles chaufferies installées, création du label Flamme Verte. Une seule faiblesse notable concerne le bois de chauffage de marque NF.

	Engagement 2000-2006	Résultat 2000-2006	Réalisation de l'engagement (en %)
Aide à la décision	700	1520	217
Chaufferies collectives et industrielles (nombre)	1000	1828	183
Puissance installée (MW)	1000	1120	112
Consommation de bois (ktep)	300	323	108
Energie fossile substituée (ktep)	300	317	106
Emission de carbone évitée (kt CO ₂)	700	793	113
Taux de pénétration Flamme verte	70 %	75 %	109
Volume NF bois de chauffage (millions stère/an)	1	0,15-0,2	20

Le programme a été centré comme prévu sur le **développement du secteur collectif** et tertiaire, "cœur" du programme : 80 % des aides y ont été affectées et environ 1 400 projets de chaufferies se sont concrétisés.

Le programme biomasse énergie 2007-2010 s'inscrit dans le contrat d'objectifs passé entre l'ADEME et l'Etat, qui fixe un objectif cumulé de 290 000 tep supplémentaires de bois pour la période. L'objectif fixé pour 2010 (80 000 tep / an) est ambitieux : il vise à doubler le résultat moyen obtenu lors du précédent programme (45 000 tep/an).

7.4.5.2 Le soutien à la cogénération

Au-delà des programmes bois énergie, un système de soutien a été mis en place pour la cogénération :

- *Une obligation d'achat de l'électricité : EDF et les distributeurs sont tenus de conclure un contrat pour l'achat de l'électricité produite par les installations d'une puissance inférieure ou égale 12 MW, et sans limite de puissance pour celles qui valorisent les déchets ménagers ou alimentent un réseau de chaleur. Le tarif de base est de 4,9 c€/kwh, plus une prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 1,2 c€/kW.*

Filière	Arrêtés	Durée des contrats	Exemple de tarifs pour les nouvelles installations
Hydraulique	1^{er} mars 2007	20 ans	6,07 c€/kWh + prime comprise entre 0,5 et 2,5 pour les petites installations + prime comprise entre 0 et 1,68 c€/kWh en hiver selon la régularité de la production
Biogaz et méthanisation	10 juillet 2006	15 ans	entre 7,5 et 9 c€/kWh selon la puissance, + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh , + prime à la méthanisation de 2c€/kWh .
Energie éolienne	10 juillet 2006	15 ans (terrestre) 20 ans (en mer)	- éolien terrestre : 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites. - éolien en mer : 13 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 3 et 13 c€/kWh pendant 10 ans selon les sites.
Energie photovoltaïque	10 juillet 2006	20 ans	- Métropole : 30 c€/kWh , + prime d'intégration au bâti de 25 c€/kWh - Corse, DOM, Mayotte : 40 c€/kWh , + prime d'intégration au bâti de 15 c€/kWh .
Géothermie	10 juillet 2006	15 ans	- Métropole : 12 c€/kWh , + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh - DOM : 10 c€/kWh , + prime à l'efficacité énergétique comprise entre 0 et 3 c€/kWh

- *Ces tarifs biomasse / cogénération nécessitent d'être revus pour une mise en cohérence avec les autres mécanismes possibles de soutien public (niveau, exigences).*
- *Les appels d'offre de la DIDEME détaillés plus haut sur la cogénération biomasse, avec les incertitudes liées à la mise en œuvre réelle des projets : il reste surprenant que le tarif d'achat ne soit plus une piste contractuelle retenue.*

7.4.5.3 Réglementation technique

Trois axes d'amélioration complémentaires de l'existant doivent être considérés :

- *Optimisation amont/aval : il est nécessaire de mobiliser davantage l'accès aux gisements existants de coproduits et déchets banals de bois et autres biomasses (industries du bois, bois de récupération, déchets des industries agro-alimentaires, résidus de récolte) : ceci nécessite **de reconsidérer les prescriptions environnementales afférentes** en redéfinissant les notions de déchet et de combustible.*
- *L'étude et la normalisation des conditions de traitement des cendres.*
- *La spécification des exigences en terme de qualité de l'air qui vont être appliquées aux installations.*

7.4.5.4 Fiscalité, financement, soutien des collectivités locales

Les propositions suivantes ont été mentionnées durant les ateliers :

- *Ajuster le crédit d'impôt.*
- *Encourager l'usage collectif si l'usage individuel se révèle nocif (donc inciter à la création de réseaux de chaleur).*
- *Prévoir une modulation suivant renouvellement ou premier achat.*
- *Augmenter les performances minimum des systèmes bénéficiaires.*
- *Promouvoir une fiscalité plus favorable à la chaleur renouvelable.*

Pour le financement, il faut :

- *Réexaminer les modalités d'aide à l'investissement.*
- *Introduire le principe d'une aide au fonctionnement pour des chaufferies, les options de rémunération étant :*
 - *Un mécanisme d'assurance contre la variation des coûts de l'énergie,*
 - *Les garanties d'origine et marché de « certificats verts »,*
 - *Les « tarifs » : contrat de bonification uniforme de chaque MWh vendu sur la durée de vie de l'installation.*
- *Lancer des appels d'offres et contrat sur 15 ans de bonification de la chaleur vendue.*
- *Accroître dans des proportions acceptables le Programme Bois Energie et les contractualisations régionales de l'ADEME, afin de développer les chaufferies territorialisées.*
- *Réexaminer la co-combustion dans les centrales fossiles existantes avec des mécanismes de soutien (même si le segment est limité, essentiellement grosses installations à combustible solide, pas trop anciennes...).*

Sur les aspects réglementaires et fiscaux relatifs au marché du concentré, des propositions complémentaires ont été faites dans le cadre du **COMOP EnR dont le chantier 10 est consacré aux chaufferies bois et réseaux de chaleur.**

7.4.6. Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie

7.4.6.1 Atouts

- *Des leaders industriels sur le chauffage domestique,*
- *La filière amont semble motivée pour de nouveaux débouchés,*
- *Des industriels forts en chauffage domestique,*
- *Des industriels reconnus en combustion grande puissance classique et exportateurs,*
- *Une recherche publique et privée capable d'aider à répondre aux enjeux d'innovation de ce secteur,*
- *Des systèmes qualité pour les produits et pour les installateurs.*

7.4.6.2 Faiblesses

- *Pollution du domestique lié au parc ancien d'appareils de chauffage,*
- *Foncier très morcelé, avec une multitude de décideurs insuffisamment informés sur les possibilités d'exploitation de la ressource,*
- *Un manque de compétences sur la biomasse dans les bureaux d'ingénierie, en sous nombre,*
- *Une filière bois de chauffage, notamment bois bûche, qui est très peu professionnalisée.*

7.4.6.3 Opportunités

- *Demande des collectivités locales,*
- *Demande individuelle,*
- *Les appels d'offre de la DIDEME,*
- *Les objectifs 2020 de l'Union Européenne, qui nécessitent d'utiliser la biomasse,*
- *Une ressource disponible, mais dont l'exploitation doit être structurée et promue.*

7.4.6.4 Menaces

- *Filières d'approvisionnement avec un conflit dans les usages,*
- *Les impacts environnementaux du chauffage domestique, qui nécessitent des innovations, donc des surcoûts d'installation (est ce que le marché est prêt à les encaisser ?)*
- *Des concurrents européens (Autriche, Allemagne, Finlande) ainsi que des pays émergents (Inde) qui exportent des technologies parfois plus compétitives (Ex : filière granulés)*

7.5. Les Pompes à chaleur

7.5.1. Introduction

Une pompe à chaleur (PAC) est un système thermodynamique permettant une capture de l'énergie thermique depuis une source froide, pour un transfert et une restitution vers une source chaude. La source froide peut être l'air environnant, une habitation, l'eau (une nappe) ou le sol. Le transfert se fait au moyen d'un fluide frigorigène dont le changement d'état (liquide ou gazeux) s'accompagne d'un transfert de calories⁹¹. Ce transfert nécessite de faire circuler des fluides, donc un ou des compresseurs alimentés le plus généralement par l'énergie électrique achetée au réseau⁹².

Les PAC sont des technologies pour lesquelles la France peut devenir le premier marché européen et probablement mondial, du fait des spécificités de son électricité nucléaire en base et d'un coût d'achat encore abordable quand on le compare à ceux de ses voisins européens.

De plus, cette technologie représente une alternative technologique crédible à la chaudière gaz ou fioul, ou un complément nécessaire. Elle trouve un marché naturel pour 2/3 du renouvellement (l'équipement est en général renouvelé 3 fois sur la durée de vie du bâtiment). Le recours à l'électricité comme vecteur énergétique de base permet d'assurer le maintien du confort de vie actuel, pour des utilisateurs désormais soumis à l'augmentation du prix de l'énergie d'origine fossile.

Les pompes à chaleur apparaissent aux installateurs classiques comme une évolution naturelle des systèmes de chauffage actuels, tout en complexifiant l'analyse amont des besoins énergétiques qui seule permet de définir le meilleur compromis investissement/gain d'énergie utile, à confort constant.

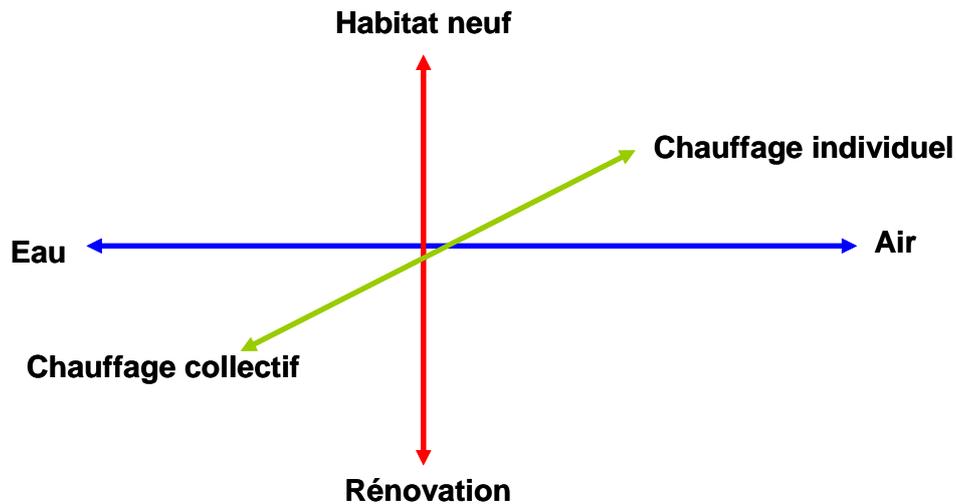
Le diagramme ci-dessous illustre la complexité des choix pour un installateur suivant 3 dimensions clés :

- *Bâtiments neufs ou rénovation de l'existant après isolation adéquate,*
- *Chauffage individuel ou collectif,*
- *Fluide thermodynamique eau (souvent en rénovation) ou air (la tendance pour les bâtiments neufs, à terme hyper isolés).*

⁹¹ Les cahiers du CLIP N°18 Janvier 2007 offrent un remarquable résumé du potentiel de cette technologie.

⁹² Ce travail a exclu les pompes à chaleur actionnées directement par un moteur thermique consommant par exemple du gaz naturel.

Les trois dimensions clés des choix de PAC



7.5.2. Les technologies disponibles

Le fluide thermodynamique d'une PAC circule dans un circuit fermé et étanche au travers des quatre grands composants de la PAC: l'évaporateur, le compresseur, le condenseur, le détendeur.

Cette circulation a un coût de consommation en énergie électrique : la performance de la pompe à chaleur est alors mesurée par le COP (Coefficient de Performance) qui correspond au rapport entre l'énergie thermique utile et cette consommation électrique. Il varie entre 3 à 5 selon les systèmes. Il est d'autant meilleur que la différence entre la température du milieu où la chaleur est captée et celle des émetteurs de chaleur du logement est réduite.

7.5.2.1 *Les technologies disponibles sur le marché*

On distingue parmi les PAC destinées au chauffage résidentiel :

- les PAC géothermiques pour les bâtiments neufs qui puisent la chaleur dans le sol ;
- les PAC à chaleur sur l'eau qui utilisent l'eau des rivières ou des nappes phréatiques par l'intermédiaire d'un réseau de capteurs ou de forages;
- les PAC aérothermiques pour les bâtiments neufs et anciens qui la puisent directement dans l'air ambiant, extérieur ou intérieur au logement.

Les appellations PAC air/air⁹³ (resp. air/eau) désignent une PAC aérothermique dont le mode de distribution est l'air (resp. eau). Les appellations PAC sol/eau, eau/eau désignent les PAC géothermiques. La fonction chauffage est assurée au moyen d'une installation avec différents types d'émetteurs :

- **Un plancher rayonnant basse température au moyen de tubes noyés dans une dalle de béton avec une circulation d'eau du circuit de chauffage ou du fluide frigorigène (PAC à détente directe).** Ce plancher peut être chauffant ou rafraîchissant selon les saisons et est bien adapté à la construction de maisons individuelles (neuf).
- **Des radiateurs basse température :** Ils fonctionnent avec une eau entre 45 et 50° C, ce qui est le cas dans un circuit de chauffage alimenté par une PAC mixte ou à fluides intermédiaires. Cette solution ne peut assurer le rafraîchissement du logement mais est moins coûteuse que la précédente. En rénovation, les radiateurs d'une précédente installation de chauffage central peuvent convenir, après vérification de leur dimensionnement.
- **Des ventilo-convecteurs à eau :** ce sont des émetteurs de chaleur par air, raccordés au circuit d'eau de chauffage d'une PAC mixte ou à fluides intermédiaires. Ils assurent également une fonction de filtrage d'air et déshumidification grâce à un ventilateur.
- **Des ventilo-convecteurs à détente directe :** Ce système peut comporter une unité par pièce ou une unité centrale (installée dans un faux plafond, des combles ou un placard et reliée à un réseau de gaines de distribution d'air chaud). Ils assurent chauffage ou rafraîchissement.

7.5.2.2 Les évolutions technologiques

Le premier point critique de toutes les PAC est qu'elles sont dimensionnées autour du compresseur, dont la fabrication est entre les mains de quelques acteurs mondiaux⁹⁴, et pas autour d'un besoin énergétique très précisément spécifié. Ce sera donc le volume d'équipements potentiels pour un pays ou pour l'Europe qui pourrait aider à figer des standards de fait : en ce sens, la France, avec son électricité nucléaire, peut créer une dynamique de standard et l'imposer en Europe, positionnant ainsi ses constructeurs à l'export européen.

Le deuxième point d'évolution vise la normalisation de la performance : il s'agit d'aller au-delà du concept de point nominal pour atteindre la performance saisonnière d'une PAC, qui peut varier très fortement.

Le troisième domaine d'évolution concerne les pompes sans fluides frigorigènes fluorés, du fait de leur contribution négative aux effets de serre. De nombreux travaux sont en cours chez tous les chimistes pour trouver de nouvelles molécules. D'autres travaux s'intéressent au CO₂ comme fluide thermodynamique. On notera à ce titre le recoupement avec le marché du transport routier qui s'intéresse aux mêmes enjeux pour le rafraîchissement des véhicules, avec des synergies possibles dans les choix de composants critiques (fluides et compresseurs), mais avec des durées de vie et des conditions de fonctionnement très différentes.

Enfin, au-delà de la fonction « chauffage » les PAC peuvent remplir d'autres fonctions :

⁹³ Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second le mode de distribution de la chaleur

⁹⁴ On notera l'absence de constructeurs européens de compresseurs à vitesse variable de petite puissance.

- **Fournir l'eau chaude sanitaire (ECS) : un appoint ou une installation indépendante sont nécessaires. Il existe aussi des PAC qui ne produisent que l'ECS : Les chauffe-eau thermodynamiques.**
- **Le rafraîchissement d'un bâtiment en été en inversant le cycle du fluide frigorigène. On parle alors de PAC « réversibles ».**
- **La production de froid qui peut être obtenue par couplage avec un système de production énergie renouvelable (le système PAC + PV est complètement renouvelable). Ce système ne peut être envisagé que dans un bâtiment très basse consommation d'énergie dont les besoins seraient couverts par une PAC de l'ordre du kW.**

Deux verrous technologiques sont alors à lever dans ce dernier cas :

- la réalisation de compresseurs de basse puissance en courant continu pour fonctionner directement derrière les panneaux photovoltaïques : aucune offre n'existe à ce jour en Europe (de même que pour les petits compresseurs à vitesse variable où le marché est dominé par les japonais) ;

- une modification des politiques d'achat du courant photovoltaïque : un particulier a en effet, à ce jour, plus d'intérêt à revendre son courant à 30 ou 50 centimes d'euros et à alimenter sa PAC sur le réseau. Cette technologie est pourtant prometteuse pour la sécurité des réseaux électriques faiblement maillés et soumis à de fortes surconsommations en été.

On notera enfin que, pour la France, deux autres pistes prometteuses de développement doivent être examinées :

- Les systèmes compacts pour bâtiments hyper isolés,
- Les pompes à *chaleur* géothermales.

Les systèmes compacts pour les bâtiments hyper isolés.

Les systèmes compacts, offre en émergence, rassemblent en un seul produit les fonctions ventilation, chauffage et production d'eau chaude sanitaire et constituent ainsi une famille de produits comportant généralement :

- Une *pompe* à chaleur sur air extrait pour le chauffage d'un ballon d'Eau Chaude Sanitaire (ECS),
- Un *récupérateur* de chaleur statique air extrait/air neuf.

Le vecteur de chauffage est généralement l'air, qui semble le vecteur le mieux adapté pour les bâtiments hyper isolés.

En plus du ballon d'ECS, il peut y avoir un ballon d'eau de chauffage qui peut compléter le chauffage de l'air soufflé, soit en alimentant un échangeur supplémentaire sur l'air soufflé, soit en alimentant des émetteurs de chaleur à eau chaude. Le ballon d'ECS comporte un appoint généralement électrique, de puissance variable suivant les produits.

Certains industriels proposent de coupler ce système compact à d'autres éléments :

- puits canadien pour le préchauffage de l'air neuf,
- capteurs solaires contribuant au chauffage du stockage.

Chaque système compact est, suivant sa technologie, destiné à un type de maison : maison passive ou maison à faible consommation d'énergie.

Les pays germanophones ont mis au point une solution originale avec les systèmes compacts pour le chauffage, la ventilation et la production d'ECS des maisons passives. Toutefois, les systèmes compacts pouvant être utilisés directement en France dans des opérations de démonstration doivent être adaptés au contexte français (métropolitain ou outre-mer) pour une diffusion plus large. Il s'agit alors de valider:

La pertinence liée aux conditions géo climatiques :

Compte tenu du climat des pays germanophones en général, les unités compactes sont surtout destinées au chauffage et à la production d'ECS. Les trois types de climat (continental, méditerranéen et océanique) représentés en France vont conduire à des besoins de chauffage variés voire à des besoins de refroidissement. Ainsi par exemple, des systèmes avec des pompes à chaleur réversibles permettraient de produire du froid l'été associé ou non à la production d'ECS.

La spécificité française du chauffage électrique :

D'autres systèmes pourraient concurrencer les unités compactes. On peut citer le chauffage électrique direct allié à un système de ventilation double flux avec un récupérateur performant et une production d'ECS solaire.

Plus généralement, les maisons hyper isolées reposent le problème de la place du chauffage électrique et la spécificité « nucléaire » du modèle économique français de la production d'électricité. Sera-t-il adapté aux maisons à très faible consommation d'énergie, dans lesquelles on rencontre les systèmes compacts, ayant un profil de consommation différent, c'est-à-dire une consommation moyenne plus faible mais des pointes maintenues à des niveaux élevés ? En particulier, un phénomène n'est pas à négliger : plus le besoin de chauffage est faible, plus le chauffage par effet Joule direct est pertinent, car il est, de très loin, le plus économique à l'installation (quelques centaines d'euros contre quelques milliers), en termes de CO₂ sur l'ACV (attention aux fluides frigorigènes) et en coût de possession sur la durée de vie.

L'adaptation pour le tertiaire ou en rénovation du logement ancien :

Les unités compactes sont principalement destinées à la maison individuelle neuve et aux cas de rénovation très lourde. On doit s'interroger sur leur adaptation au traitement individuel des logements collectifs. Dans le tertiaire les systèmes à air constituent une bonne base de réflexion de par leur analogie avec les systèmes compacts.

La levée des barrières techniques liées à la ventilation en France :

En France, la ventilation par extraction mécanique est fortement représentée et des systèmes dans le logement, la ventilation hygro réglable étant en développement. Les unités compactes sont fondées sur la ventilation double flux avec échangeur. Il convient donc de comparer ces systèmes tant au plan de l'efficacité de la ventilation qu'au plan des consommations d'énergie.

Le chauffage aéraulique dans les logements reste confidentiel en France ; or, pour ces systèmes, l'air neuf est le vecteur de chauffage. Une des raisons pourrait être son inadéquation avec les normes sociales que l'on associe au confort thermique chez soi: chaleur, réconfort, plaisir, etc. En établissant des relations de dépendance étroite entre chauffage, ventilation et production d'eau chaude sanitaire, les systèmes compacts rendent difficile la compréhension par l'utilisateur des principes de fonctionnement. Enfin, il semble difficile d'assurer correctement le chauffage et la ventilation simultanément, chauffage dont la qualité dépend sensiblement de la qualité de la diffusion de l'air dans les pièces. Des innovations permettant de contrôler la qualité de l'air permettraient de revoir les normes de ventilation actuelles, et de revisiter l'impact énergétique des normes sanitaires actuelles et futures. On notera toutefois que ce sujet nécessite de mettre en œuvre des compétences pluridisciplinaires (énergétique, santé, sécurité) qui voient des interactions entre MEEDAT, Ministère de la Santé et Ministère de l'Intérieur.

La dimension sociologique :

Le long processus de sensibilisation de certaines populations du nord de l'Europe sur la préservation de l'environnement commence à porter ses fruits. Ainsi, les particuliers ont changé de comportement et sont prêts à investir plus pour des systèmes plus écologiques qu'ils sont d'ailleurs fiers de montrer. Cet état d'esprit ne se retrouve pas en France. Cela implique que les systèmes compacts seront dans un premier temps limités à un marché de niche positionné haut de gamme. Les premiers clients types seront plutôt des diplômés sensibles au développement durable.

L'importance de l'investissement initial :

Dans les pays du nord de l'Europe, le coût d'un système de chauffage est différent de celui vécu en France. Les solutions moins coûteuses à l'investissement comme la chaudière murale ou le chauffage électrique y sont l'exception. Le consommateur français risque donc de solliciter des soutiens financiers pour choisir cet équipement.

Le besoin en service en exploitation et maintenance encore peu développé :

Le système compact fait appel à un ensemble de technologies complexes qui nécessiteront des contrats de maintenance pour garantir les performances dans le temps. Or, les habitants de maison individuelle sont peu habitués (ces contrats existent déjà sur les chaudières) à cette démarche et ils ne sont pas compétents pour vérifier si le travail prévu a été bien réalisé. Il faudra donc mettre en place une structure d'accompagnement des utilisateurs et encadrer la filière maintenance.

La compatibilité avec le cadre réglementaire et normatif français :

Le chauffage aéraulique par l'air neuf, tel que réalisé par les unités compactes, doit faire l'objet d'évolutions pour respecter la réglementation, en effet :

- *la réglementation relative à l'aération des logements impose d'une part des entrées d'air dans les pièces principales et des sorties dans les pièces de service et d'autre part des débits d'air à extraire,*
- *la réglementation thermique impose notamment qu'une installation de chauffage, hors base pour les systèmes mixtes, doit comporter par local desservi un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique en fonction de la température intérieure du local,*
- *Le bruit reste aussi une nuisance à examiner de près pour les appareils air-air et air-eau.*

La compatibilité avec les règles de raccordement au réseau électrique :

ERDF doit se préparer à favoriser l'accès au réseau électrique en triphasé

7.5.2.3 Les PAC Géothermiques : un autre axe pour notre pays ?

Contexte

La géothermie fait partie des énergies dites « renouvelables ». Son principe consiste à extraire l'énergie contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou d'électricité. On distingue quatre types de géothermie : la haute, la moyenne, la basse et la très basse énergie. Les sites géothermiques à haute et moyenne température permettent la production d'électricité. Tandis que la production de chaleur est obtenue à partir des sites géothermiques de basse (utilisation des nappes d'eau chaude du sous-sol profond) et très basse température (utilisation de pompes à chaleur).

En Europe, la géothermie est la troisième source d'énergie renouvelable derrière l'hydraulique et la biomasse. Elle est davantage utilisée pour produire de la chaleur que de l'électricité. La géothermie très basse température est désormais exploitée pour le chauffage et le rafraîchissement des maisons ou des bâtiments collectifs, et aussi pour la production de l'eau chaude sanitaire. La production de chaleur s'effectue à l'aide d'une pompe à chaleur qui prélève dans le sol l'énergie thermique. Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre aussi directement des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent)⁹⁵, ni même de la disponibilité d'un substrat, comme c'est le cas de la biomasse. C'est donc une énergie fiable et stable dans le temps. Bien que l'énergie prélevée soit gratuite, le coût des systèmes géothermiques reste intrinsèquement élevé (du fait du système de captage généralement) quand on le compare aux solutions concurrentes.

⁹⁵ Les PAC géothermales à capteurs horizontaux dépendent du soleil et de la pluie, qui permettent au sol de ne pas se refroidir et aux échanges de chaleur avec celui-ci de rester corrects.

Le cas de la France

En France, le flux thermique associé au gradient géothermal varie de 40 à 140 mW/m². Il est en moyenne de 100 mW/m², ce qui est supérieur à la moyenne européenne, égale à 62 mW/m². Dans le Bassin parisien, le flux est de 90 mW/m². Les ressources géothermales françaises sont essentiellement de type basse température sur le territoire métropolitain. La géothermie très basse température est quant à elle accessible partout, ou presque, quel que soit le site géographique.

La géothermie basse température permet d'exploiter directement les nappes aquifères dont la température est comprise entre 30 et 100°C. Par le biais de forage profond (entre 1 et 2 km), l'eau chaude remonte à la surface et passe ensuite dans un échangeur qui transfère les calories au réseau de chauffage. Ce mode de production de chaleur par la géothermie est essentiellement utilisé pour : le chauffage urbain, le chauffage de serres, l'utilisation de chaleur dans les processus industriels, le thermalisme,...

Il est nécessaire de disposer de terrains perméables pour exploiter l'énergie géothermique. La France a le privilège de posséder de larges bassins sédimentaires avec des couches géologiques perméables profondes, permettant d'extraire de l'eau chaude. Il existe deux grands bassins sédimentaires en France, qui sont : le Bassin parisien et le Bassin aquitain.

Le **Bassin parisien** comprend cinq grandes formations aquifères à des températures comprises entre 30 et 85°C : l'Albien, le Néocomien, le Lusitanien, le Dogger et le Trias. Le plus exploité est celui du Dogger situé entre 1500 et 2000 mètres. Sa température peut atteindre 85°C et les débits de production sont généralement supérieurs à 150 m³/h. Cette nappe présente l'inconvénient d'être chargée en sels et gaz dissous, ce qui peut être contourné par la réinjection des eaux à l'aide d'un deuxième puits qui forme, avec le puits de production, un doublet géothermique.

Le **Bassin aquitain** possède une structure géologique plus complexe que le bassin Parisien. Les aquifères y sont plus nombreux mais moins étendus. Les eaux y sont généralement douces et ne nécessitent pas une réinjection systématique.

En dehors de ces deux bassins, on peut citer également la plaine d'Alsace, la Limagne, la Bresse, le Couloir rhodanien, le Roussillon, le Hainaut.

Fort de ces constats, l'ADEME a été déterminante dans le lancement d'activités sur cette ligne technologique. Ses principales actions au niveau national sont :

- *Incitation à l'utilisation de l'énergie géothermique, aide aux programmes et aux opérations existantes (réseau de chaleur en Ile de France).*
- *Soutien à la diffusion des pompes à chaleur géothermiques pour le chauffage et la climatisation des bâtiments, au travers de la structuration de l'offre professionnelle sur tout le territoire, en collaboration avec EDF (label, qualification de matériels,...).*
- *Aide à la recherche sur la géothermie profonde et l'exploitation de roches chaudes sèches (pilote scientifique en Alsace).*
- *Relance des inventaires de potentiel géothermique (avec le BRGM).*

On distingue différents types de PAC en fonction du choix de la source froide : eau, air, sol. Les PAC dites **géothermiques** puisent la chaleur du sol. On distingue :

- les *pompes* à chaleur à capteurs enterrés horizontaux,
- les *pompes* à chaleur à capteurs enterrés verticaux (ou sondes géothermiques),
- les pieux ou *fondations* géothermiques,
- les pompes sur eau de nappe.

On notera par ailleurs la problématique d'appauvrissement du sol dans le cas de captages verticaux⁹⁶. De plus, il est impératif d'avoir une surface de terrain au minimum égale à 3 fois la surface chauffée. Sur ce terrain, il ne doit pas y avoir de végétaux à racines profondes. Ce type de terrain est quasiment hors de portée de financement dans des régions comme l'Ile de France.

Apparues au début des années 80, promues par de larges campagnes publicitaires lors des crises énergétiques, les premières installations ont abouti à un manque de fiabilité des matériels, et donc des contre références. Une reprise importante depuis quelques années, notamment en Amérique du Nord et en Europe (Suisse et Suède), a été confirmée en France en 2003 par le colloque ADEME sur le sujet.

Les pompes à capteurs horizontaux

En France, ce sont les configurations avec capteurs horizontaux qui sont les plus répandues. Ces systèmes sont les moins coûteux mais nécessitent de disposer d'une surface de terrain suffisante. Ils sont donc surtout réservés au chauffage des maisons individuelles.

Quelques milliers de réalisations de pompes à capteurs horizontaux par an contre seulement 800 réalisations en 1997. Cette technique concerne essentiellement la maison individuelle. Il s'agit d'un marché en émergence promu par une dizaine de PMI-PME employant de 30 à 50 personnes.

Les pompes à capteurs verticaux

Les configurations verticales sont très bien développées à l'étranger et l'on commence à voir des réalisations en France. Ces systèmes sont plus coûteux mais sont un peu plus performants. Leur emprise au sol est nettement plus réduite. Ils peuvent donc convenir pour chauffer des maisons individuelles, mais surtout de petits ensembles de logements et d'immeubles de bureaux qui sont limités par la surface environnante. En Ile de France, il est souvent difficile de faire des forages car le sous-sol est formé de nombreuses cavités (carrières, cavités naturelles, ...).

Cette technique s'avère plus onéreuse et nécessite une compétence particulière pour le forage, compétence difficile à trouver en France. Une formation est assurée conjointement par l'ADEME, le BRGM et EDF. A la fin 2004, plus de 1 000 opérations ont été menées.

⁹⁶ Avec les capteurs horizontaux la régénération thermique se fait par le soleil et la pluie.

Les pieux énergétiques

Il ne semble pas y avoir de références en France sur cette technique. Cependant, la France pourrait tirer des enseignements des 300 expériences menées à l'échelle européenne.

Les pompes sur eau de nappe

Environ une centaine d'opérations sont réalisées par an. Ces pompes permettent en moyenne une production comprise entre 150 et 200 tep par opération. Cependant, quelques grosses opérations peuvent produire jusqu'à 800 voire 1 000 tep. Pour cette technologie, la procédure AQUAPAC⁹⁷ s'avère déterminante.

7.5.3. Le marché

Globalement, le système eau (qui ne s'est développé qu'en Europe) est en compétition avec les systèmes air qui lui est mondialisé du fait de ses applications en rafraîchissement.

Les besoins liés aux bâtiments font apparaître une compétition très complexe entre différentes technologies pour répondre aux fonctions chauffage, ECS, refroidissement/rafraîchissement, électricité :

- *le solaire thermique plus particulièrement adapté à l'ECS, mais pouvant aussi couvrir chauffage ou refroidissement,*
- *le PV répondant aux usages spécifiques de l'électricité,*
- *la PAC pour le chauffage et la climatisation ainsi que l'ECS en complément⁹⁸,*
- *le chauffe-eau thermodynamique qui est un appareil avec de nombreux avantages par rapport au solaire (prix, simplicité d'installation, pas de problème d'orientation, pas de problème avec les ABF)*
- *les systèmes tri énergie Solaire +PAC en relève du solaire + électricité en dernier recours, qui peuvent s'avérer particulièrement prometteurs (par exemple le système PACSOL développé en commun par CIAT et CLIPSOL)*
- *Dans le collectif, les chaudières ont pour l'instant encore leur place, qu'elles soient centralisées ou individuelles, face aux PAC, car les technologies ne sont pas encore mures pour les PAC de grosse puissance,*
- *La solution d'installer des PAC air-air dans chaque appartement pose un problème d'esthétique et surtout de bruit,*
- *en maison individuelle, les PAC sont beaucoup plus simples à installer et d'un coût plus abordable,*
- *des PAC pour la production d'ECS en utilisant l'air extrait comme source «froide » et permettant des Coefficients de Performance plus élevés sont aussi une voie d'avenir.*

⁹⁷ L'ADEME, le BRGM et EDF ont créé la procédure AQUAPAC. Il s'agit d'une procédure qui garantit la ressource en eau souterraine à faible profondeur utilisée à des fins énergétiques pour une pompe à chaleur. Le maître d'ouvrage qui la souscrit est indemnisé si la recherche d'un débit d'eau suffisant échoue, ou si le débit de la nappe utilisée diminue après l'installation de la pompe à chaleur. AQUAPAC assure aussi bien une garantie de recherche qu'une garantie de pérennité.

⁹⁸ Les situations d'intersaison ou de forte couverture nuageuse peuvent nécessiter un complément d'apport énergétique pour atteindre la température d'ECS de 60°C

La PAC dispose d'une souplesse intrinsèque vu la possibilité de travailler sur des vecteurs accessibles – l'air, l'eau. L'air comme fluide caloporteur semble particulièrement prometteur dans le cas de bâtiment à très haute isolation.

Tendances 2020	Résidentiel Neuf	Résidentiel ancien / Rénovation
Chauffage Collectif ⁹⁹	- Réseau de chaleur - PAC Air / Air - PAC Eau / Air - PAC Air/Eau	PAC Air / Eau ou air/air, plus simples en rénovation
Chauffage maison individuelle	- PAC géothermiques PAC Air/Eau sur plancher chauffant rafraichissant PAC Air/Air	En fonction du système existant : - Si chauffage électrique : PAC air/air - Si chauffage gaz : PAC air/eau

7.5.3.1 Quelques chiffres.

En France, les premières installations de **pompes à chaleur dans le secteur domestique** sont apparues à la suite du 2ème choc pétrolier, dans la période 1979-1985. Après un démarrage prometteur dans le cadre du programme PERCHE (installation de plus de 50 000 PAC en 1982 contre 16 000 trois ans avant), le marché a subi une forte régression (10 000 PAC en 1985), due d'une part à la chute du prix du fioul, d'autre part à des insuffisances en termes de qualité d'équipements et d'installations ; de plus, les installations étaient surtout faites dans l'existant, avec les difficultés techniques inhérentes, non maîtrisées à l'époque par les installateurs.

La reprise du marché est intervenue progressivement à partir de 1997 grâce à un encadrement qualitatif (certification des équipements, charte des fabricants et installateurs...), qui se poursuit aujourd'hui, essentiellement sur le segment du neuf.

Le parc résidentiel individuel compte 130 000 PAC, dont 50 000 installées avant 1997 et 80 000 installées depuis, avec une croissance très forte depuis 2005 : le taux de croissance annuel du marché est passé de 13% en 2002 à plus de 45% en 2005. On note récemment une reprise du marché de la rénovation (relèves de chaudières). La production de ce parc est estimée à 225 ktep en 2005.

En 2006, un total de 53 510 pompes à chaleur domestiques a été installé en France, contre seulement un millier en 1997. Ce chiffre permet à la France de devenir le second marché européen pour cet appareil derrière la Suède mais devant l'Allemagne et la Suisse. Il faut noter la différence entre les taux d'équipement dans des maisons neuves: 10 % en France contre 95% en Suède (ce chiffre de 95% est lié à la nature du sous-sol en Suède, qui est volcanique). En France ce marché est sur une tendance de doublement chaque an.

Le marché de la pompe à chaleur géothermique s'est surtout développé en Europe avec un trio de tête composé de la Suède, de la France et de l'Allemagne qui représentent à eux trois 75% du marché Européen¹⁰⁰.

⁹⁹ les PAC de forte puissance sont encore en émergence

En France, le marché de la PAC air/air a été de 473.400 unités extérieures en 2007, ce qui fait de la France le 3ème marché européen. Ce chiffre est à comparer aux 80.000 PAC en géothermie et air/eau.

Les analyses de croissance les plus ambitieuses montrent que le parc des PAC en 2015 serait de **1,2 million d'équivalent logements**, dont la moitié pour les PAC géothermales (habitats individuels, collectifs et tertiaires), ce chiffre pouvant être porté à **1,6 million d'équivalent logements** si l'évolution technologique permet de diffuser très largement les PAC sur le marché de la rénovation, dans lequel les PAC Haute température et air/eau peuvent être des solutions appropriées.

Il faut mettre en perspective les PAC les moins chères de type air/air qui représentent à ce jour 85 % du marché en France. Pour atteindre 50 % en PAC géothermale, il serait nécessaire que le prix de celles-ci soit positionné au niveau des PAC air/air (150 dollars pièce au départ de la Chine) et que le coût d'installation soit aussi très fortement révisé à la baisse.

7.5.3.2 *Positionnement de l'industrie française.*

Les PAC, quel que soit le type, font l'objet d'importation en très grande majorité, et dans tous les cas, au minimum, du compresseur (une des pièces maîtresses¹⁰¹) qui est fabriqué soit en Asie, soit aux Etats-Unis.

La place des constructeurs Français est basée sur quatre fabricants majeurs et des installateurs positionnés sur le parc air / eau. Sur le segment air / air, la France achète des systèmes multi split initialement destinés à la climatisation de masse où le vecteur énergétique est le fluide frigorigène, marché dominé par les japonais, les USA et la Chine. Des évolutions technologiques risquent de favoriser des constructeurs Japonais travaillant sur des PAC avec le CO₂ en fluide frigorigène (dans ce cas le COP est généralement inférieur à 3). On notera enfin la multiplicité d'acteurs français dans le domaine des PAC géothermales, PME dynamiques et innovantes.

Un accord-cadre sur la Maîtrise de la Demande d'Energie (MDE) a été signé entre l'ADEME et EDF. Dans le cadre de cette collaboration, plusieurs études ont été menées, notamment des études marketing sur la situation du marché de la chaleur en France. Au regard de ce qui se passe chez nos voisins européens, l'une des recommandations avait été de favoriser le regroupement afin de remédier à la forte dispersion de la profession.

Au début de l'année 2002, a été créée l'Association Française Pompes à Chaleur (AFPAC) qui regroupe une trentaine de membres. Cette association tente d'assurer la promotion des pompes à chaleur via une démarche de qualité qui concerne essentiellement les installateurs de ces équipements.

La France doit enfin faire face aux manques de compétence multi-métiers des acteurs en installation (hydraulique, électricité, froid), à l'absence de « diagnosticiens », et à la nécessité d'accréditation des installateurs.

¹⁰⁰ Source Observ'ER

¹⁰¹ Même si les échangeurs de chaleur, le détendeur, la régulation ont autant d'importance que le compresseur

7.5.4. Le jeu d'acteurs

7.5.4.1 Les acteurs clés aujourd'hui.

Les laboratoires publics :

Des compétences en matière de recherche existent dans plusieurs laboratoires publics, mais en nombre restreint : Ecole des Mines de Paris, INSA de Lyon (CETHIL) et Latéq à Pau (Thermodynamique, modélisation, composants, fluide, cycle CO₂, Pompe à chaleur), CNAM-IFFI à Paris (cycles CO₂), Laboratoire TREFLE à Bordeaux (modélisation diphasique, échangeurs), CEA/Leth (échangeurs thermiques échangeurs microcanaux), BRGM (composante sous-sol) et CETIAT (fluides frigorigènes, échangeurs, performances saisonnières, cycles CO₂, acoustique, éco-conception, pompes à chaleur et appareils compacts multifonctions).

Les industriels :

Quatre principales catégories d'industriels sont présentes sur le marché :

- *Des fabricants exclusifs de PAC (45% des parts de marché en France), qui représentent une douzaine d'entreprises de petite taille (300 à 5 000 PAC par an).*
- *Des fabricants de chauffage électrique et de ballon ECS (10 % du marché) de taille plus importante. Il en existe 5 ou 6 en France.*
- *Des climaticiens (35% du marché), une dizaine en France.*
- *Des fabricants de chaudières (10 % du marché) de plus en plus nombreux aujourd'hui.*
- *Le COSTIC : son champ d'action est celui des systèmes en œuvre et il mène de nombreuses études sur les performances in-situ et en laboratoire sur banc semi-virtuel. Il a mené plusieurs travaux sur les méthodes de calcul des consommations. Il est un acteur central de la codification technique en tant que rédacteur des règles d'installation et de maintenance. Le COSTIC joue un rôle original mais essentiel entre la recherche amont, la R&D des Constructeurs et l'application pratique au profit de la filière «Installateurs».*

Ce sont les industriels du froid, de la climatisation, qui sont les plus à même, compte tenu de leur taille et du fait qu'ils peuvent valoriser leur courbe d'expérience du cycle thermodynamique, de lancer des actions de recherche ; mais ces recherches portent aujourd'hui essentiellement sur les machines produisant du froid. Ces recherches sont aujourd'hui principalement menées dans des centres à l'étranger (Europe, Etats-Unis ou Japon).

EDF mène depuis plusieurs années des actions de R&D pour promouvoir le marché de la pompe à chaleur, notamment pour la rénovation des installations de chauffage central équipée de chaudière combustible.

Les industriels français se positionnent plus sur les PAC électriques que sur les PAC à gaz¹⁰². Des efforts particuliers sont menés par les principaux acteurs pour améliorer la qualité des équipements : par l'AFPAC pour les PAC, par l'ADEME, le BRGM et EDF pour les forages des sondes géothermales et les capteurs horizontaux. Ces derniers

¹⁰² Les PAC à gaz sont exclues de cette analyse car a priori plus « carbonées » que les PAC « électriques »

mènent aussi des actions de formation et d'animation de la filière. Le BRGM réalise par ailleurs des actions d'inventaire des potentialités des aquifères superficiels pour les pompes à chaleur sur nappe aquifère, en vue de permettre le développement de la demande. La France est membre de l'accord de coopération de l'agence internationale de l'énergie sur les pompes à chaleur (IEA HPC). Elle a participé à des travaux de recherche dans le 6ème PCRD. On peut citer parmi les partenaires le Royaume-Uni, l'Allemagne, la Suède, la Belgique, la Suisse, l'Espagne et l'Italie.

Les associations :

L'association CERTITA (ATITA, CETIAT, LNE) a mis en place en 2007 une marque NF pour les pompes à chaleur. En avril 2008, cette marque a été attribuée à 50 gammes de pompes à chaleur de tous types, proposées par 17 fabricants, portant le nombre d'appareils certifiés à 330.

7.5.4.2 Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs.

Les évolutions nécessaires dans le jeu d'acteurs touchent les développeurs de technologies et l'installation et la maintenance.

Evolution des développeurs de technologies :

L'expérience étrangère montre que le développement des unités compactes est lié principalement à celui des maisons individuelles neuves à très faible consommation d'énergie. Les engagements pris en matière de réduction des émissions de Gaz à Effets de Serre (GES) vont aider à généraliser les bâtiments à très faible consommation dans le neuf et la réhabilitation tant pour le résidentiel que pour le tertiaire.

A partir d'une typologie du parc immobilier français montrant l'importance et les spécificités de chacun des secteurs, on pourra alors définir des solutions adaptées.

On entrevoit alors trois étapes de développement en France :

- *des groupes d'acteurs complémentaires constitués au moins d'un centre de recherche, d'un maître d'ouvrage et d'un industriel mettent au point des produits à partir de ce qui existe et les installent dans des opérations¹⁰³ de démonstration,*
- *l'expérience acquise permet d'une part la sélection des meilleures solutions et la définition de labels pour l'enveloppe et le système et d'autre part la diffusion plus large des unités compactes en même temps que les bâtiments,*
- *passage à la pratique courante.*

L'expérience à l'étranger concerne surtout la maison neuve : elle n'a pas encore permis de développer des produits de masse et de prix abordable. Il semble judicieux d'aborder les deux secteurs neuf et ancien en parallèle et spécifiquement, puis de croiser les expériences, et enfin de déployer dans le « futur » neuf et ancien.

Ce développement doit être accompagné par un soutien public à la recherche et développement :

¹⁰³ voir par exemple l'expérience en cours à l'ALLP à LYON sur l'ancien : http://www.ale-lyon.org/download/zone_telechargement/atelier_tech/17-12-7/GENHEPI_ALLP.pdf

- *développement des composants des enveloppes et des systèmes,*
- *développement de solutions globales cohérentes par secteur,*
- *développement d'outils de calcul,*
- *développement d'outils de formation, d'information des futurs occupants et des professionnels,*
- *étude de terrain pour connaître le comportement réel des équipements et la réaction des occupants et ainsi faire un retour vers les étapes de développement. Il s'agit notamment d'expliquer les dépassements de consommation qui pourraient apparaître,*
- *mise en œuvre d'aides financières à l'investissement pour passer à un marché autonome,*
- *Mise en œuvre d'un système de garanties de résultat,*
- *Développement d'une métrologie appropriée de la consommation énergétique réelle sur un cycle annuel complet.*

Il faut également favoriser le développement des métiers support à cette technologie. Les installateurs français restent attachés à leur activité d'assembleur sur chantier. Ils risquent donc d'être réticents à installer des systèmes intégrés qui sont de nature à favoriser le transfert d'une partie de leur marge vers les industriels. Les industriels constituent le relais essentiel au développement des systèmes compacts. Un des moteurs essentiels de leur motivation est l'intégration à un réseau disposant d'une image forte type Passiv Haus ou Minergie. Les constructeurs de maisons individuelles apparaissent aussi comme un relais puissant car les systèmes intégrés peuvent être une piste pour réduire le délai des chantiers.

Pour ce qui concerne l'innovation, les deux axes prioritaires de recherche et innovation sont :

- ***la réduction des coûts :*** *Actuellement une PAC géothermale avec sonde verticale coûte de 9 000 à 11 000 € HT;*
- ***l'adaptation des PAC au marché de la rénovation :*** *Des travaux sur les pompes haute température et sur la réduction de l'encombrement sont prévus.*

Les priorités de la R&D à moyen terme (5-10 ans) concernent :

- *la réduction de l'impact environnemental (bruit ; échangeur souterrain)*
- *la mise en œuvre de nouveaux fluides (dont CO₂)*
- *L'augmentation de la performance (obtention d'un COP très supérieur à 3,3.) avec la faiblesse des constructeurs européens : l'absence de fabricants de compresseurs à vitesse variable, barrière technologique importante pour optimiser ces performances.*

On notera que le CETIAT propose la création d'un Institut National des Pompes à Chaleur pour coordonner ces recherches (voir Annexe pour la description).

Evolution des installateurs et réparateurs :

Plusieurs industriels de la ventilation disposent du savoir-faire pour mettre au point des unités compactes et y apporter les adaptations au contexte français¹⁰⁴. Une société développe un système double flux avec récupération par pompe à chaleur réversible (refroidissement possible de l'air neuf soufflé).

Il convient de noter qu'en France les industriels de la ventilation sont souvent à l'origine d'innovations technologiques¹⁰⁵ dans le domaine des pompes à chaleur. Bien que le savoir-faire, les techniques de pose et l'outillage nécessaire ne diffèrent pas de ceux liés aux composants élémentaires d'un système compact et même si certains éléments sont particulièrement techniques ou d'enjeu sanitaire important, la difficulté de mise en œuvre vient surtout de la multiplicité des compétences à rassembler. A tel point que pour l'instant certains fabricants allemands réalisent eux-mêmes l'installation de leurs produits.

En France, les PAC et l'ECS sont installées par les plombiers ou les électriciens et il n'y a pas de professionnels de la pose de la ventilation : l'électricien par exemple pose le groupe d'extraction et le menuisier les entrées d'air. Des améliorations de compétences sont donc nécessaires, à la fois pour l'ingénierie, pour l'installation et pour la maintenance. Cependant considérer une seule personne rassemblant toutes les compétences requises semble illusoire. La pose pourrait être assurée sous la responsabilité d'une personne maîtrisant au moins un des champs de compétence et connaissant bien les produits, aidée pour les autres champs. La formation des installateurs par les industriels est donc primordiale.

7.5.5. Le cadre réglementaire et fiscal

Les points de blocage sont le prix des solutions et le nombre d'installateurs qualifiés pour les mettre en œuvre.

¹⁰⁴ En ce qui concerne la ventilation, il convient de souligner que l'identification de cette technique comme objet d'un lot à part entière dans l'établissement des marchés publics et privés permettrait d'améliorer la qualité des installations

¹⁰⁵ Communication de OSEO

En Allemagne, en Suisse et en Autriche au niveau fédéral comme au niveau régional des programmes d'aide à la construction de maisons passives sont mis en œuvre. Ces aides sont des aides directes ou des prêts à taux avantageux par rapport au marché et avec des facilités de remboursement. L'attribution des aides dépend de différents critères qui peuvent être un indice de consommation comme en Autriche ou le respect des exigences du standard Minergie en Suisse. Les aides peuvent être gérées par des banques.

Il convient de noter que les aides sont destinées à la construction de maisons passives ou à très faible consommation d'énergie, sans aides ciblées sur les unités compactes. On constate qu'il faut non seulement mettre en œuvre des montages financiers, avec l'implication du secteur bancaire, destinés à financer tout ou partie du surcoût de construction et des mécanismes de crédit d'impôt, mais aussi définir la performance à atteindre pour justifier le financement et un contrôle a posteriori.

Par ailleurs, plusieurs initiatives privées se développent en France :

- *Pour développer des maisons neuves à faible consommation d'énergie et de réhabilitation performantes,*
- *Pour promouvoir (l'ADEME, les régions, certaines banques) l'aide au financement d'équipements et de travaux en faveur des énergies renouvelables. Citons l'association Effnergie, rassemblant des collectivités locales et des professionnels du bâtiment, ayant pour but de promouvoir les constructions à basse consommation d'énergie et de développer en France un référentiel de performance énergétique des bâtiments neufs et existants.*

Bien que ne concernant pas les PAC (et en particulier les systèmes compacts), elles constituent une opportunité pour la première des trois étapes proposées pour le développement des systèmes compacts. En effet ces initiatives, vont dans le sens de l'amélioration énergétique des bâtiments vers le développement des bâtiments à très faible consommation d'énergie dont dépend le sort des unités compactes. Ces initiatives, qui montrent qu'il n'y a aucune fatalité et que les participants à l'acte de construire se sensibilisent, doivent être étudiées en détail pour capitaliser leur expérience et être fédérées pour se développer.

7.5.5.1 Incitations fiscales et économiques

La loi de finances pour 2005 a créé un crédit d'impôt dédié au développement durable et aux économies d'énergie. Destinée à renforcer le caractère incitatif du dispositif fiscal en faveur des équipements de l'habitation principale, cette mesure a été par la suite ciblée sur les équipements les plus performants au plan énergétique ainsi que sur les équipements utilisant les énergies renouvelables. Cette mesure s'inscrit dans la stratégie mise en place pour réduire d'un facteur 4¹⁰⁶ les émissions de gaz à effet de serre de la France d'ici 2050.

La loi de finances pour 2006 a complété certaines mesures prévues initialement, mesures qui ont été confirmées par la loi de finances 2007, notamment celles concernant

¹⁰⁶ Voir annexe 1

l'habitation principale. L'arrêté du 13 novembre 2007 fixe la liste des équipements, matériaux et appareils, qui bénéficient du crédit d'impôt à compter du 1er janvier 2008.

Cette disposition fiscale s'adresse aux ménages pour l'achat d'une PAC de type géothermique ou air / eau ayant un COP supérieur ou égal à 3,3 testé selon le référentiel des normes en vigueur (résidence principale neuve, ancienne ou encore en construction). Le crédit d'impôt relatif aux pompes à chaleur vise les équipements dont la finalité essentielle est la production de chaleur, c'est pourquoi des conditions complémentaires sont exigées pour son application aux PAC air/air¹⁰⁷.

Comme pour les équipements de production d'énergie renouvelable, les PAC éligibles bénéficient d'un taux de crédit d'impôt qui a été majoré de 40 % à 50 % au 1er janvier 2006. Pour les dépenses effectuées entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2009, le taux du crédit d'impôt est de 50 %¹⁰⁸.

Le dispositif est cadré comme suit:

- *Le crédit d'impôt porte sur le prix des équipements et des matériaux, hors main d'œuvre. L'équipement est fourni et installé par une même entreprise (c'est une nécessité si l'on veut s'assurer de la qualité des installations)*
- *En cas d'aide publique supplémentaire pour l'acquisition de l'équipement (conseil régional, conseil général, ANAH, ...) le calcul du crédit d'impôt se fait sur les dépenses d'acquisition des équipements, déductions faites des aides publiques,*
- *Le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt s'élève à la somme de 8000 € pour une personne seule (16000 € pour un couple sans enfant)*
- *De plus, les travaux de forage qui ne constituent pas un équipement n'entrent pas dans le champ du crédit d'impôt. La part matérielle du captage (horizontal et vertical) entre dans le cadre du crédit d'impôt.*

Sous certaines conditions, EDF peut délivrer des accompagnements financiers (primes et/ou prêts à taux réduits,...) pour la mise en œuvre d'une PAC. Les matériels éligibles aux aides EDF doivent bénéficier du label Promotelec.

L'ANAH (Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat) apporte sa contribution en matière d'énergies nouvelles et de lutte contre l'effet de serre en accordant une aide pour l'installation d'une PAC. Le logement doit avoir plus de quinze ans et être une résidence principale. L'ANAH propose depuis le 1er Septembre 2002 une prime pour les pompes à chaleur (sous condition de ressources). Elle s'élève à 900 € pour l'installation (fourniture et main d'œuvre) d'une pompe à chaleur air/eau et à 1 800 € pour une pompe à chaleur sur capteurs enterrés.

¹⁰⁷ <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000706721&dateTexte=>

¹⁰⁸ Une difficulté est apparue en cours d'année 2007 avec la limitation du crédit d'impôt aux seules unités extérieures, ce qui a mis de nombreux installateurs et particuliers en situation difficile. Dans l'avenir, afin d'aider le développement des PAC, il est impératif d'avoir une règle simple, claire et constante du crédit d'impôt.

7.5.5.2 Réglementation Technique

Le durcissement de la réglementation thermique prévu à intervalles de cinq ans ainsi que la mise en place de labels (HPE, THPE, basse consommation et leurs versions solaires) conduiront inmanquablement au développement des maisons à très faible consommation d'énergie et à la promotion des PAC. Il convient d'améliorer les méthodes de prise en compte des performances des PAC dans le calcul réglementaire.

7.5.6. Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie

7.5.6.1 Atouts

- **Fiabilité technique :**
 - Agréments AFPAC et QUALIPAC,
 - Marques NF existantes : Il existe déjà des PAC (équipements) NF PAC (50 gammes, 17 marques, ce qui représente 303 PAC). D'autres PAC sont en cours d'agrément. (19 mars 2008, données lors de l'assemblée générale de l'AFPAC).
 - La marque NFPAC est reconnue par les pouvoirs publics dans les réglementations thermiques.
- **Performance**
 - Rendement thermodynamique potentiellement élevé (cela dépend des technologies) : pour l'instant, c'est plutôt une faiblesse, il faut améliorer les rendements.
 - Source d'énergie non intermittente.
- **Adaptation à la demande**
 - Les PAC grandes puissances sont désormais envisageables pour le résidentiel collectif mais à un coût encore élevé pour la rénovation
 - Demande en croissance pour le neuf
- **Souplesse en utilisation :**
 - réversibilité été / hiver,
 - possibilité de produire de faibles puissances (si le besoin principal est l'ECS),
 - possibilité de raccordement à une production photovoltaïque si les conditions de tarif d'achat changent pour favoriser la maîtrise de la demande,
 - possibilité de fonction ventilation dans des bâtiments traditionnellement non ventilés,
 - Souplesse du vecteur air (associé au double flux)

- **Compacité et faible encombrement**
 - Faible espace supplémentaire par rapport à une chaudière,
 - Suppression des radiateurs dans le cas du vecteur air, ou du plancher à eau.
- **Rapidité d'installation sur un chantier du fait de l'intégration en usine uniquement pour les systèmes compacts et dans la construction neuve.**
- **Plate forme CSTB / BRGM d'expérimentation de la PAC air/eau.**
- **Impact positif du crédit d'impôt pour faire démarrer la filière par des aides fiscales à l'investissement, comme pour les autres filières.**

7.5.6.2 Faiblesses

- **Soutien financier**

Le crédit d'impôt a ouvert la voie à des vendeurs de crédit d'impôt, même si pour les PAC air/air, il faut faire réaliser un contrôle de l'installation finale par un organisme accrédité pour bénéficier du CI,

- **Performances de la technologie : nécessité d'améliorer encore les rendements,**
- **Domination des fabricants asiatiques sur les PAC air/air,**
- **Maintenance :**
 - Besoin de professionnalisation de l'installation/maintenance. Les installateurs avec l'AFPAC et Qualipac sont en train de créer une démarche qualité pour les installations et les équipements,
 - Deux visions du métier (généraliste ou spécialiste).
- **Contraintes de mise en œuvre du chauffage par air chaud**
 - PAC et réglementation hygiène si le vecteur du chauffage est l'air neuf : comment réguler le confort thermique tout en contrôlant la qualité de l'air intérieur ?
 - Distribution de la chaleur sur le logement ; gestion des pointes en hiver ?
 - Nécessité de faire changer les habitudes des utilisateurs : dans certains pays, le chauffage par air chaud des logements est confidentiel et ne correspond pas à une habitude des occupants.
- **Consommation :** les niveaux de consommation électrique attendus sont parfois largement dépassés.
- **Technologie :** dépendance de constructeurs étrangers concernant les performances des compresseurs.

7.5.6.3 Opportunités

- *Le système électrique français permet de proposer des solutions vertueuses thermodynamiquement,*
- *PAC innovantes sans fluides frigorigènes fluorés (CO₂)*
- *Développement des technologies adaptées aux PAC géothermiques,*
- *Systèmes compacts pour bâtiments hyper isolés :*
 - le développement de maisons à très basse consommation, voire à énergie positive auxquelles sont liées les unités compactes,
 - l'expérience européenne est valorisable,
 - les unités compactes peuvent offrir des possibilités de développement industriel (existants ou nouveaux entrants)
 - durcissement des réglementations thermiques qui pourraient les intégrer,
 - l'usage de l'électricité pour du chauffage/climatisation si le bouquet énergétique français s'appuie sur le nucléaire et le renouvelable éolien-biomasse,
 - l'intégration dans un même système des fonctions chauffage, ventilation et ECS intéresse des constructeurs qui cherchent à limiter le nombre d'interlocuteurs, voire un correspondant et un responsable unique pour l'installation et le réglage de toutes ces prestations.

7.5.6.4 Menaces

- *PAC en kit qui sera mal posée par l'installateur,*
- *Air/ air : place dominante des constructeurs asiatiques,*
- *Impact sur le réseau électrique : quelle pointe sur le réseau ?*
- *Systèmes compacts pour bâtiments hyper isolés :*
 - nécessité de soutien de la puissance publique pour lancer un marché viable ?
 - forte concurrence d'autres systèmes,
 - nécessité d'impliquer l'aval de la filière en investissement et en compétence,
 - concurrence du chauffage électrique par convecteur avec un système de ventilation double flux combinée à de l'ECS solaire,
 - concurrence des composants utilisés dans les systèmes compacts (pompe géothermale, double flux, ...) et assemblés à la demande sur le chantier, du fait d'un marché déjà établi,
 - peu de retour d'expériences sur les consommations réelles (l'aspect technique et sociologique)
 - l'acceptabilité par l'usager à grande échelle reste à démontrer au-delà du « consommateur militant »
 - développement lié à celui de la maison passive, d'où un marché du compact limité au neuf ou à la réhabilitation lourde,
 - respect des exigences réglementaires concernant les fluides frigorigènes,
 - performance des équipements à améliorer + baisse des coûts (une PAC qui marche mal fait consommer de l'électricité).

7.6. Les NTIC

7.6.1. Introduction

7.6.1.1 Le contexte français.

Les consommations d'énergie liées à l'usage des logements et des bâtiments tertiaires représentaient en 2007 43,5 % des consommations françaises d'énergie finale¹⁰⁹ et 18% des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) d'origine anthropique. Entre 1990 et 2004 les émissions de GES des secteurs résidentiel et tertiaire ont crû de 15 %¹¹⁰. Alors que dans le résidentiel, 75% de la consommation finale d'énergie est absorbée par le chauffage, cet usage ne représente que 30 % des consommations d'énergie finale du secteur tertiaire, les principaux postes de consommation du tertiaire étant l'eau chaude sanitaire et la cuisson (38%) et les usages spécifiques de l'électricité (32%)¹¹¹.

Une analyse dynamique des besoins énergétiques par usage montre qu'au cours des 20 dernières années (1985 – 2004), les besoins énergétiques pour le chauffage sont restés stables dans le résidentiel tertiaire. Cette stagnation témoigne de l'effet des réglementations thermiques, qui malgré la forte croissance des surfaces tertiaires, la tendance à l'augmentation de la taille moyenne des logements et l'individualisation du parc de logement, ont réussi à contenir la croissance des besoins énergétiques liés à l'augmentation du confort de chauffage.

Ce n'est pas le cas pour les usages spécifiques de l'électricité, de la cuisson et de l'eau chaude sanitaire.

Entre 1985 et 2004, les besoins énergétiques nécessaires pour fournir l'eau chaude sanitaire, la cuisson et assurer les usages captifs de l'électricité (éclairage, froid, lavage, force motrice, TV, Hi Fi, bureautique...) ont crû respectivement de 59% et de 12%. Ceci est dû à une évolution des besoins de confort des occupants et de leurs modes de vie, en particulier à la forte pénétration des équipements consommant de l'électricité (Hi Fi, vidéo, multimédia, climatisation, veilles...).

Pour le chauffage des bâtiments, réduire leurs consommations d'énergie et leurs émissions de GES suivra deux routes complémentaires :

- *environ 60 % des logements français ont été construits avant la première réglementation thermique¹¹². Les réglementations thermiques plus sévères permettront de faire baisser encore le niveau des consommations unitaires des bâtiments neufs (plus de 60 % en 30 ans), la limite pour les bâtiments anciens étant fixée par le coût de la sur isolation,*
- *l'état actuel des techniques en matière d'enveloppe du bâti et d'équipements de production d'énergie permettra la construction de bâtiments neufs atteignant des niveaux de consommation unitaires proches de 50 kWh/m².*

L'amélioration des équipements consommant de l'électricité continuera grâce à la mise en place de l'Energy Labelling, qui a induit un fort mouvement de progrès des produits

¹⁰⁹ Source : bilan énergétique de la France – Observatoire national de l'énergie – 2004.

¹¹⁰ Inventaire national des émissions de GES au format UNFCCC – CITEPA 2005.

¹¹¹ Ces mêmes postes entrent respectivement à hauteur de 14% et de 11% des consommations d'énergie du résidentiel.

¹¹² Données provenant du recensement

électrodomestiques mis sur le marché. Par contre, la croissance du nombre de ces équipements électriques justifie le maintien des efforts de recherche sur ces technologies, l'exploration d'innovations en rupture (LED, lavage à ultrasons, four radiant, climatisation performante...) couplées au développement de **nouvelles approches « systémiques » de mesure, de contrôle, de commande et de communication** pour l'ensemble de ces équipements et composants à l'intérieur des habitats.

D'autre part, la nouvelle organisation du secteur de l'énergie débouche sur une nouvelle répartition des compétences et des moyens entre les différents intervenants (Etat, CRE, Collectivités concédantes, fournisseurs, gestionnaires de réseaux). Ceci permettra d'optimiser l'organisation territoriale et la gestion des énergies de réseaux, notamment celle de l'électricité.

7.6.1.2 *Rôle de la domotique et de l'immotique*

La domotique est l'ensemble des technologies de l'électronique, de l'informatique et des télécommunications utilisées dans les habitations. La domotique vise à assurer des fonctions de sécurité, de confort, de gestion d'énergie et de communication que l'on peut retrouver dans la maison. Il s'agit alors d'automatiser des tâches en les programmant ou en les coordonnant entre elles.

L'immotique, c'est la domotique à l'échelle d'un grand bâtiment, immeuble ou grand site industriel ou tertiaire, etc. Ce qui implique des solutions techniques de domotique visant à gérer des quantités de modules plus importantes que pour un simple domicile de particulier.

L'utilisation de la domotique ou de l'immotique deviendra une nécessité pour les maisons ou immeubles dits « à énergie positive ». Ces technologies permettront d'atteindre des objectifs d'efficacité énergétique « active », en complément des solutions passives (isolation), ceci en faisant interagir les charges thermiques entre elles.

Une installation domotique pour l'énergie va donc bien au-delà de l'installation électrique traditionnelle, grâce à sa capacité **d'envoyer l'énergie (électrique et chauffage) à la demande**, c'est à dire là où elle est consommée, au moment où elle est nécessaire. Chaque installation domotique a ses propres spécifications, répondant aux besoins particuliers de chacun. Le fonctionnement d'une installation domotique pour l'énergie est cependant toujours basé sur le même principe : gérer la distribution de l'énergie pour supprimer le gaspillage énergétique dans la maison ou le bâtiment, augmenter le confort de vie et permettre une évolution de l'installation en fonction de nouvelles spécifications.

De nombreux fournisseurs présentent désormais des offres. Exception faite d'installations de luxe, les économies attendues concernent les postes suivants :

1. Gestion des équipements thermiques (chauffage, climatisation, ventilation) ;
2. Gestion de l'eau chaude sanitaire ;
3. Gestion des occultants (volets roulants, stores) par l'apport solaire en hiver et en été ;
4. Gestion de l'éclairage par la variation d'éclairage en fonction de la luminosité ou le lever et le coucher du soleil, ou l'allumage/l'extinction automatique des points lumineux ;
5. Gestion de scénarios comme "je quitte ma maison" qui met hors tension les prises commandées non utilisées et réduit le chauffage, par exemple ;
6. Interaction de l'ensemble de ces postes entre eux.

De plus, il convient d'ajouter à cette liste la fonction indispensable de mesure des flux d'énergie, fonction qui se révèle critique pour tous les acteurs du système énergétique quand on veut facturer achats et ventes d'énergie de manière fiable.

7.6.2. Les technologies disponibles

7.6.2.1 Les technologies disponibles sur le marché

La gestion énergétique des bâtiments, c'est la possibilité, via des systèmes automatiques d'actionneurs et de capteurs, d'optimiser l'usage de l'énergie dans les bâtiments, à partir de critères préétablis. Elle permet, par exemple, d'adapter l'éclairage en fonction de plusieurs critères comme la présence ou non de personnes dans une pièce ou selon la luminosité ambiante. Cette gestion énergétique permettra ainsi d'éteindre, d'allumer ou d'atténuer l'éclairage selon les besoins. Il s'agit là d'économies d'énergies mais aussi d'un apport en terme de confort. Autre exemple : la ventilation. Au lieu de laisser les trappes de ventilation ouvertes en permanence (ou obstruées par grand froid), la gestion de la ventilation permet de les piloter en fonction de la mesure de la qualité de l'air dans la pièce et de la température extérieure pour décider du moment optimal de ventilation (au moment le plus chaud en hiver et le plus frais en été), et même en tenant compte du niveau de pollution. Il en résulte un gain potentiel d'énergie important (chauffage, climatisation, éclairage) et un élément de confort et de sécurité (pour la santé également).

La gestion énergétique des bâtiments passe tout d'abord par la généralisation de systèmes simples et autonomes : détecteurs de mouvements, programmateurs, horloges, sous compteurs.... Ceux ci permettent à eux seuls de réaliser une partie importante des économies potentielles. Deux axes sont à travailler :

- **La mesure des consommations grâce aux systèmes de comptage** : le premier élément indispensable à connaître lorsque l'on parle économie d'énergie est la consommation d'énergie et surtout sa répartition entre les différents postes (chauffage, eau chaude *sanitaire*, éclairage, équipements sur prise de courant...). Cette connaissance permet aux utilisateurs et aux professionnels, d'une part de connaître et de suivre leurs consommations et les dérives associées et, d'autre part, de savoir sur quels postes agir par la suite, par une modification des comportements ou des équipements techniques.
- **La réduction des consommations par un meilleur contrôle des niveaux et durées de consommation avec des automatismes** : ces systèmes permettent de ne consommer que ce qui est nécessaire, quand et où c'est nécessaire. Ils pallient de plus automatiquement la négligence des utilisateurs. On peut citer les systèmes de régulation et de programmation du chauffage, eau chaude sanitaire, les détecteurs de mouvement, la gestion des prises de courant, des ouvrants...

Pour aller plus loin dans les économies et le confort, il est possible de combiner ces éléments pour obtenir une gestion optimale de l'énergie.

De plus, on est aujourd'hui capable de créer des bâtiments confortables en utilisant des énergies renouvelables. En effet, la domotique optimise l'interaction entre des éléments tels que:

- *un climatiseur géothermique utilisant une pompe à chaleur qui fonctionne avec les eaux souterraines,*
- *des cellules photovoltaïques qui captent le rayonnement solaire dans un double vitrage,*
- *des fenêtres thermo tropiques qui interceptent la chaleur produite par le soleil,*
- *ces différentes techniques tirent donc un profit optimal de la chaleur produite par des éléments naturels (géothermie, énergie solaire, habitants)¹¹³.*

7.6.2.2 Les évolutions technologiques

La France soutient par des fonds publics plusieurs projets de recherche et développement consacrés aux TIC pour les systèmes énergétiques. Parmi ceux-ci, on en citera deux dirigés par les deux acteurs industriels français du secteur : « HOMES » piloté par Schneider Electric et « SESAME » piloté par LEGRAND.

¹¹³ Une installation électrique classique dans une maison coûte environ entre 9 et 15 000 Euros. L'installation domotique coûte entre 10 et 20 000 Euros.

Le projet "Habitat et bâtiment Optimisé pour la Maîtrise de l'Energie et les Services" (HOMES) implique une dizaine d'industriels européens leaders dans leurs domaines. Il a reçu le feu vert de la Commission Européenne fin 2007. OSEO, à la suite de l'AIL, finance le programme à hauteur de 39 millions d'euros : une aide qui vient compléter l'investissement de Schneider Electric et de ses partenaires (50 millions d'euros). Un des leviers majeurs consiste à penser le bâtiment en tant que système : grâce aux capteurs communicants répartis dans chaque zone du bâtiment, à la collaboration entre les différents systèmes et au "contrôle actif" de l'énergie, celle-ci sera utilisée de façon optimale.

L'équipe Schneider Electric travaille de concert avec l'ensemble des partenaires durant ces quatre ans de développement. Ces derniers sont tous leaders européens dans leurs domaines respectifs : Ciat, EDF, Philips Lighting, Somfy, ST Microelectronics, TAC, Delta Dore, Polyspace, Radiall, Wateco, Wieland, le CEA, le Centre Scientifique et Technique du bâtiment et le laboratoire IDEA. La première étape de ce travail commun consiste en une revue des architectures existantes et une définition de la valeur apportée par les solutions qui seront élaborées.

Le projet SESAME, lancé en novembre 2006, auquel contribue la société Legrand, doit aboutir à la mise au point d'équipements professionnels et grand public permettant des économies d'énergie dans tous les types d'habitats. L'ambition affichée est d'apporter une réponse globale et unique aux trois problèmes suivants : efficacité énergétique, confort de l'habitation, sécurité et santé des personnes, en s'assurant de la totale compatibilité de l'habitat et du bâtiment de demain, avec l'existant et les évolutions futures.

Physiquement, ces nouveaux équipements se présenteront sous forme de capteurs remplis d'électronique, indépendants les uns des autres et dotés de fonctionnalités propres, qui seront capables d'échanger des informations entre eux pour optimiser leur fonctionnement et celui du système général.

Concernant l'efficacité énergétique, les recherches portent autant sur l'alimentation et les sources d'énergie que sur l'utilisation et les charges (gestion décentralisée, chauffage, climatisation, éclairage, équipements informatiques, électroménagers...). Les fonctionnalités ambiantes, les applications multimédia et la robotique domestique sont au cœur des recherches sur le confort de l'habitation. Enfin, l'axe Sécurité et Santé des personnes doit apporter des solutions aux dangers domestiques, à la surveillance des lieux et à l'assistance aux personnes. Pour plus d'efficacité, les entreprises et les laboratoires collaborent au sein de cinq sous - projets (CAPTHOM, ISIS, CAPI, GEDELOC et CARENE) menés simultanément. Appuyé par le pôle de compétitivité Sciences et Systèmes de l'Energie Electrique, SESAME est financé pour un programme de R&D estimé à 16,5 M€ sur trois ans.

7.6.3. Le marché

7.6.3.1 *Analyse préalable*

Le marché de la domotique fait parler de lui sans vraiment percer depuis la fin des années 80. En segmentant les applications à des fonctions bien précises (énergie, eau, sécurité), ce marché a en fait entretenu des « chasses gardées » (en particulier sur les applications détection incendie et contrôle d'accès) qui sont renforcées par des réglementations gérées par le Ministère de l'Intérieur.

Les autres freins et obstacles pour une diffusion large de la gestion énergétique dans le bâtiment en France sont les suivants :

- **Faiblesse, voire absence, des prescriptions réglementaires** : les outils de calcul et de diagnostic moteur RT2005, DPE... n'intègrent pas la plupart des d'éléments d'efficacité énergétique active cités plus haut, et ne donnent donc qu'une vision très partielle des consommations réelles. Ceci est d'autant plus vrai que le bâtiment est bien isolé. Il conviendrait donc d'intégrer le sous-comptage, la consommation des équipements mobiliers (branchés sur une prise), de la cuisson, de l'éclairage des zones communes (extérieur, parking..), des piscines... mais aussi de prendre en compte de nouvelles solutions (gestion des volets roulants, eau chaude) ;
- **Faiblesse des aides réglementaires qui portent actuellement uniquement sur le chauffage (programmateur, gestionnaire..)**. Il faudrait envisager l'extension de ces aides au sous-comptage, à la gestion horaire (horloge), aux détecteurs de *mouvement*, à la gestion centralisée des volets roulants, à la gestion horaire des chauffe-eau électriques... ;
- **Faiblesse de l'information sur les solutions de gestion de l'énergie**, tant au niveau des pouvoirs *publics* que des acteurs de terrain ;
- **Faiblesse des compétences** de conception et d'installation de systèmes qui sont *encore* complexes.

Ce marché **reste donc encore très segmenté dans sa mise en œuvre** en fonction des applications de base (alarmes, énergie, gestion de l'eau, etc.). L'alarmiste possède une compétence et un savoir-faire que ne possèdent pas l'électricien pour la gestion de l'énergie ou le paysagiste pour la gestion de l'eau. D'où l'intérêt de formations, de communications pour sensibiliser les acteurs impliqués aux différentes solutions simples existantes.

Pour aller plus loin, il sera possible de concevoir un système global où les différentes fonctions seront à même de communiquer entre elles et d'exploiter l'information fournie par l'une ou l'autre ; le détecteur de mouvement peut agir suite, à l'information captée, en terme de chauffage ou de lumière par exemple. L'idée est donc de mettre en relation ces actionneurs entre eux pour que le système final soit plus efficace que les actionneurs seuls. Ce travail de systémier est l'apanage de sociétés spécialisées, qui n'ont pas encore pignon sur rue¹¹⁴. L'intérêt de cette organisation est qu'elle laisse à chacun son métier, son savoir-faire et surtout sa marge, tandis qu'un intégrateur aide à faire des choix système cohérents, mais qu'il a des difficultés à facturer au client final. Le revers de la médaille reste alors la prise en compte du coût global de l'installation et de sa rentabilité dans chacune des fonctions clés.

¹¹⁴ Avec des échecs retentissants pour les nouveaux entrants.

Citons par ailleurs le rôle des standards décrit dans un rapport récent¹¹⁵ où le problème des brevets est aussi abordé, introduisant des obstacles majeurs qui peuvent freiner la croissance d'un marché jugé pourtant prometteur. Certes, la naissance d'un marché de masse exige notamment la baisse des coûts et la fiabilité des systèmes proposés. Mais ce sont des obstacles juridiques qui peuvent aussi se dresser face aux nouveaux entrants et ainsi freiner considérablement la pénétration des nouveaux produits domotiques dans les foyers. L'exemple de Lutron¹¹⁶ est illustrateur. Cette société s'est faite une spécialité dans la défense de ces brevets et a gagné à maintes reprises contre ses concurrents. A contrario, certains constructeurs pourront choisir le développement de la technologie IP, validée sur d'autres marchés en forte croissance, ce qui simplifiera le travail des intégrateurs de technologies familiers de ces technologies.

7.6.3.2 *Le marché européen*

Le marché européen de la domotique est lié à l'industrie de la construction neuve, même si la réhabilitation des maisons existantes offre d'importantes perspectives de croissance. Une étude de Frost & Sullivan¹¹⁷ sur le **marché européen de la domotique** révèle que le marché a généré 232,6 millions de dollars de chiffre d'affaires en 2006 et estime qu'il va atteindre 446,6 millions de dollars en 2013. Ces montants restent faibles. "La construction de maisons continue de dynamiser le marché européen de la domotique", affirme Niles Newberry, analyste de recherche chez Frost & Sullivan. "Dans la construction de nouveaux appartements, les systèmes domotiques commencent à devenir des équipements standards ».

Les rénovations importantes vont devenir aussi un moteur clé de croissance. L'accès au marché européen des maisons existantes – environ 155 millions de maisons – demeure cependant difficile, du fait du coût d'accès et de l'image encore élitiste de ces technologies.

Positionnement de l'industrie française.

Schneider Electric et Legrand restent les leaders incontestés en France avec une présence mondiale. Le rôle d'entraînement entre les différentes technologies de production d'énergie et les TIC telles que développées par ces deux groupes reste faible, alors que des actions conjointes pourraient faciliter la croissance commune. Citons un exemple : HOMES proposera un standard de description du mode de fonctionnement de sous systèmes tels qu'un générateur solaire d'ECS ou une PAC. Il ne semble pas que les acteurs de chacun de ces deux secteurs aient déjà établi des structures de suivi de HOMES pour adapter leurs interfaces dans les standards que proposera HOMES ?

¹¹⁵ voir <http://www.wtrs.net/>

¹¹⁶ Lutron détient des éléments de propriété intellectuelle sur le contrôle d'éclairage par onde radio bidirectionnelle, qui est une technologie critique pour faire de la domotique un produit grand public.

¹¹⁷ <http://www.buildingtechnologies.frost.com>

7.6.4. Le jeu d'acteurs

7.6.4.1 Les acteurs clés en France aujourd'hui

Schneider a saisi l'opportunité de mobilisation de HOMES, en vue d'assurer croissance et différenciation. Le Groupe dispose des compétences et technologies pour devenir un leader mondial du secteur :

- *Avec le programme Energy Efficiency lancé en 2005, l'efficacité énergétique est l'un des axes majeurs d'action du Groupe. Le marché de l'efficacité énergétique présente un potentiel de croissance à long terme estimé entre 15 et 20 %. Dès aujourd'hui, les produits, solutions et services Schneider Electric permettent de réaliser jusqu'à 30 % d'économies et garantissent une énergie fiable sans pénaliser confort, performance ni fiabilité. Avec le programme HOMES, Schneider Electric et ses 14 partenaires développent des solutions permettant de réaliser 20 % d'économie d'énergie dans les bâtiments neufs, anciens, tertiaires et résidentiels.*
- *Le Groupe s'est par ailleurs engagé en mai 2007 auprès de l'EMCA (Energy Management Company Association) et la CBEEC (China Building Electricity Efficiency Committee), dans le but de participer au programme national chinois d'économie d'énergie et de permettre à ses clients d'économiser, d'optimiser et renouveler leurs sources d'énergie.*
- *En Juillet 2007, Schneider Electric avec sa Business Unit Automatismes du bâtiment a rejoint la Fondation Clinton Climate Initiative (CCI) avec l'objectif d'aider 40 villes et métropoles mondiales à gérer plus efficacement la consommation énergétique de leurs bâtiments et diminuer ainsi les émissions de gaz à effet de serre*

LEGRAND est le spécialiste mondial des produits et systèmes pour l'installation électrique et les réseaux d'information. L'entreprise a lancé, fin 2004, la technologie In One by Legrand (IOBL), qui met en relation tous les équipements électriques de la maison. Un saut technologique que la société vend aux particuliers et aux professionnels. À ces derniers, des installateurs électriciens et des revendeurs, Legrand propose des formations très ciblées dans son centre de formation à Limoges où il dispose d'une maison témoin vitrine technologique. Legrand forme 2 000 installateurs de plus chaque année dont certains spécialisés sur l'offre domotique, qui reçoivent le titre d' « installateurs partenaires in one by Legrand ». L'offre « In One by Legrand » a reçu le premier prix Eco-produit pour le Développement Durable – Edition 2007, décerné par le MEDAD. Groupe Arnoul, filiale de Legrand, propose une alternative à cette offre avec son système « My home ». Avec les grossistes distributeurs – la société s'appuie sur un réseau de 1 500 points de vente qui font le lien avec les installateurs, artisans et entreprises générales de bâtiment – jouent un rôle-clé dans cette stratégie de vente. En effet, le groupe leur demande de sélectionner des points de vente qui soient fer de lance In One by Legrand. Ces derniers doivent s'engager sur un niveau minimum de stock et déployer les supports promotionnels (signalétique et publicité sur lieu de vente). Par ailleurs, l'entreprise forme un technicien dans chacun de ses magasins. En septembre 2004, un service « consommateurs » est chargé de la relation clients au sens large – envoi de documentation ou des tarifs, mise en contact des particuliers avec

un professionnel qualifié – et, plus particulièrement, de l'organisation des visites de la Maison IOBL pour ceux qui envisagent la construction ou la rénovation de leur habitation.

7.6.4.2 *Les évolutions nécessaires du jeu d'acteurs*

Les contraintes environnementales croissantes, le développement de la demande de qualité environnementale (approche transversale HQE), les prix élevés des énergies et la prise de conscience de la forte dépendance énergétique européenne créent un contexte très favorable au développement d'initiatives permettant d'optimiser les systèmes et, en particulier, d'en réduire la consommation énergétique. Les évolutions réglementaires et normatives, notamment celles liées à la mise en œuvre de la Directive européenne sur la Performance Énergétique des Bâtiments ou de la nouvelle réglementation thermique 2005, induisent ainsi une nouvelle approche de la performance du bâtiment, plus systémique. Ces modifications profondes du processus de conception, de construction ou de gestion des bâtiments, pourraient s'accompagner d'une évolution d'une approche "moyens" vers une approche "résultats" qui pourraient influencer fortement l'évolution des métiers du bâtiment.

Le projet HOMES et le projet SESAME doivent donc avoir un effet d'entraînement accru sur la recherche et le développement impliquant les TIC en France. Jusqu'à présent, la première action concernant la maîtrise des consommations consistait à travailler le poste chauffage et donc, pour la partie électrique, les thermostats, programmeurs, et autres composants. La baisse prévue des consommations des bâtiments va avoir pour conséquence d'augmenter la part relative des solutions autres que le chauffage pour maîtriser les consommations : éclairage, équipements électroniques, eau chaude...

De ce fait, on peut s'attendre à une ***croissance forte du marché pour les solutions qui traitent les fonctions autres que chauffage (en particulier les solutions électriques)***.

A ce titre, l'ADEME suit deux lignes complémentaires pour la promotion des TIC : un programme sur les Infrastructures et systèmes de gestion technique des bâtiments et un programme sur les capteurs et instruments de mesure non intrusifs

Evolution des Infrastructures et systèmes de gestion technique des bâtiments.

Le développement très rapide des TIC influence fortement l'évolution des modes de vie, (habiter, travailler, se transporter). Les bâtiments deviendront à terme encore plus «intelligents», conduisant à un potentiel de développement de marché très élevé pour des systèmes "intégrateurs" des fonctions d'automatisme (Building Automation), élargies à l'ensemble des usages rencontrés dans les bâtiments. On peut faire le parallèle avec un type d'évolution similaire tel qu'a pu le connaître l'industrie automobile avec l'intégration de l'électronique dans les véhicules, avec cependant des cycles de vie technologiques très différents.

Les principaux travaux de R&D en cours sur les systèmes de gestion de bâtiments sont :

- *Objets communicants du bâtiment COMETE (Inno leader d'un consortium Somfy, Velux, Honeywell, Gaz de France, CSTB, ETSI, contrats 0307C0021 Bâtiment 2010 session 2003 et 0507C0045 Bâtiment 2010 session 2004) ;*
- *Eco-conception de produits et services du bâtiment ECOPILOTE (Legrand, contrat 0307C0058 Bâtiment 2010 session 2004 en complément d'un dossier retenu à la session 2003 géré par DBU) ;*
- *Conception de microprocesseurs "low power" à travers 2 thèses co-financées par l'ADEME ;*
- *CNRS-I3S + Philips + Texas Instrument (Sophia Antipolis), thèse de Patricia Guitton soutenue en octobre 2004 ;*
- *LESTER Université de Bretagne + CEA, thésard Yannig Savary ;*
- *Optimisation énergétique et environnementale des barres de distribution et des canalisations électriques (Schneider Electric, contrats 0207041 Bâtiment 2010 session 2002 et 0307C0053 Bâtiment 2010 session 2003) ;*
- *Optimisation énergétique et environnementale des actionneurs électriques (Schneider Electric, contrat 0407C0030 Bâtiment 2010 session 2004).*

L'ensemble des financements publics devrait toutefois veiller à ne promouvoir que des protocoles constructeurs interopérables, facilitant ainsi l'intégration de composants à moindre coût.

Evolution des capteurs et instruments de mesure non intrusifs

Dans de nombreux cas, la mesure de l'efficacité énergétique passe par une connaissance suffisamment précise et actualisée des consommations énergétiques et des puissances appelées. Cette connaissance est critique pour tous les systèmes de pilotage (GTB, télégestion) et dans le cas des services d'efficacité énergétique. Elle permet de plus, d'un point de vue scientifique, de déterminer les pistes d'amélioration sur les usages énergétiques in situ. Il est maintenant possible d'avoir plus d'intelligence embarquée pour procéder à des traitements impensables, tant sur le plan technique que sur le plan économique, il y a encore quelques années. C'est pourquoi la mesure constitue un axe de recherche important dans les travaux engagés par l'ADEME :

- *Système de mesure électrique non intrusif (Watteco, 3 contrats - phases R&D de vérification du concept), prototypage (et validation sur le terrain, non R&D), amélioration des algorithmes et étude de conception ;*
- *Algorithmes de reconnaissance automatique des courbes de charges (ISITV Université de Toulon, contrat en préparation) ;*
- *Système d'autodiagnostic des logements (Fludia, PREBAT 2006 contrat en préparation).*

Cette interopérabilité des systèmes de gestion est essentielle pour favoriser la concurrence, faciliter la maintenance des installations, exploiter dans la durée les données,...

7.6.5. Le cadre réglementaire et fiscal

Les TIC sont les catalyseurs de changements forts en terme de réglementation :

- *Passer de l'obligation de moyen sur des équipements précis, à une obligation de résultat sur des systèmes énergétiques,*
- *Fixer des limitations d'émission de CO₂ par logement, ce qui règle la question de l'utilisation des EnR et de l'efficacité énergétique,*
- *Rendre cohérentes les réglementations sanitaires et énergétiques (Réglementer, par exemple dans la ventilation, sur la qualité d'air et non pas sur le débit),*
- *Segmenter les cibles de la réglementation, car il y a des usages différents entre les bâtiments (hôpital et hôtel par exemple),*
- *Valoriser dans la réglementation les solutions TIC existantes, et en particulier l'apport en performances énergétiques nouvelles du contrôle actif,*
- *Revoir la réglementation ECS (arrêté 2006 sur ECS) qui s'avère être un frein aux avancées technologiques.*

7.6.5.1 Incitations fiscales et économiques

L'Etat Français propose en 2008 :

- **Un taux réduit de TVA** : Le taux réduit de TVA à 5,5 % s'applique à la fourniture et à l'installation d'un matériel de programmation.
- **Un crédit d'impôt** pour l'achat d'un système de programmation (délestage du chauffage, gestionnaire d'énergie) :

25 % des dépenses TTC (subventions déduites, hors main d'œuvre) payées entre le 1er janvier 2005 et le 31 décembre 2009. Ce montant est plafonné en fonction de votre situation familiale.

Ce taux du crédit d'impôt est porté à 40 % à la double condition que, ces équipements soient installés dans un logement achevé avant le 1er janvier 1977, et que leur installation soit réalisée au plus tard le 31 décembre de la deuxième année qui suit celle de l'acquisition du logement. Le taux de 40 % s'applique aux dépenses payées entre le 1er janvier 2006 et le 31 décembre 2009.

7.6.5.2 Réglementation Technique

Au-delà de ces mesures, il sera nécessaire de revoir les réglementations thermiques pour valoriser les solutions actuelles. Les outils de calcul et de diagnostic RT2005, DPE... n'intègrent pas la consommation d'un certain nombre de postes (éclairage extérieur, équipement branché sur prise de courant...). Ils ne donnent donc qu'une vision très partielle des consommations réelles. Ceci est d'autant plus vrai que le bâtiment est bien isolé, ce qui réduira d'autant la possibilité de valoriser ces solutions. Il conviendrait donc d'intégrer dans les réglementations le sous-comptage, la consommation des équipements mobiliers (branchés sur une prise), de la cuisson, de l'éclairage des zones communes (extérieur, parking..), des piscines... mais aussi de prendre en compte de nouvelles solutions (gestion des volets roulants, eau chaude).

7.6.6. Les Atouts / Faiblesses / Opportunités et Menaces pour cette technologie

7.6.6.1 Atouts

- *Deux leaders mondiaux (SCHNEIDER, LEGRAND).*
- *Des équipementiers innovants (SOMFY, WATTECO, etc.).*
- *Une recherche de bon niveau international.*
- *Des produits simples, générant une grande partie des économies.*
- *Le système « plug and play » de Legrand est préconisé pour la rénovation et plébiscité par les électriciens qui l'utilisent pour sa simplicité, sa rapidité et son ergonomie.*

7.6.6.2 Faiblesses

- *Faiblesse, voire absence, des prescriptions réglementaires.*
- *Faiblesse des aides réglementaires qui portent actuellement uniquement sur le chauffage (programmeurs, gestionnaires...).*
- *Faiblesse de l'information sur les solutions de gestion de l'énergie.*
- *Pour une gestion inter applications : aucun standard de fait ne s'est encore imposé.*
- *Les compétences des installateurs électriciens classiques ne sont pas au niveau requis pour la maintenance.*
- *Image de produit de luxe, marché en émergence.*
- *Le «plug and play» reste parfois du « plug and pray » pour des applications non intégrées dès la conception !*
- *Aucun mécanisme d'incitation publique à l'investissement vraiment efficace, hors mis le crédit d'impôt de 25 à 40 % pour les régulations.*
- *L'image de la domotique des années 80-90 reste celle d'une technologie qui n'a pas tenu ses promesses de développement commercial¹¹⁸.*

¹¹⁸ La domotique existe mais la visibilité de l'offre domotique nécessite de communiquer de façon large auprès du grand public. La domotique évoque des notions de modernisme et praticité avec une image plutôt positive. Mais c'est un univers technologique perçu comme pas difficile à utiliser et à comprendre (PROMOTELEC)

7.6.6.3 Opportunités

- *Technologies incontournables pour l'optimisation énergétique.*
- *Systèmes la plupart du temps simples, et de faible investissement.*
- *Meilleure prise de conscience des utilisateurs grâce au sous-comptage.*
- *Diffusion des produits stand alone générant une grande partie des économies.*
- *Capacité à promouvoir quelques standards européens dans le sillage des applications énergétiques, en particulier pour la description du fonctionnement des appareils sensés être contrôlés activement.*
- *Rôle des assurances qui peuvent catalyser grâce aux applications sécurité.*

7.6.6.4 Menaces

- *Des standards venus hors d'Europe qui s'imposent face aux efforts européens en la matière.*
- *Des produits bas coûts qui leurrent les utilisateurs finaux.*
- *Des industriels qui continuent à développer des protocoles qui ne sont pas interopérables.*

8. LES ACTEURS IMPLIQUES : TYPOLOGIE, DEFIS A RELEVIER, IMPACTS SUR LA VALEUR AJOUTEE ET LES EMPLOIS

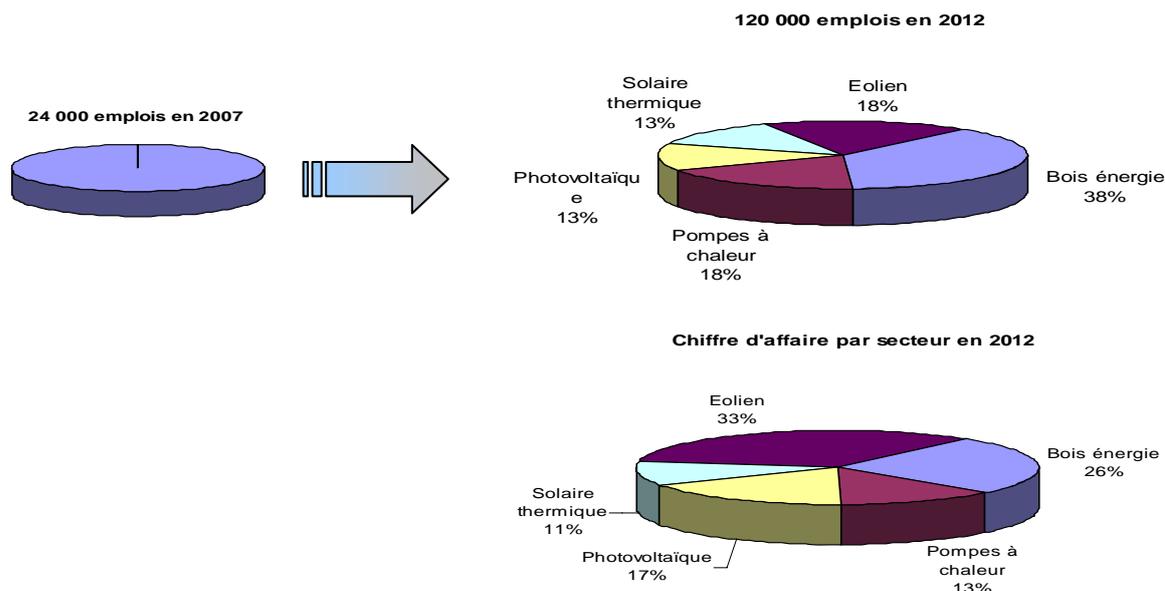
Le tableau ci-après résume les principaux acteurs directs par type d'organisation tout au long de la chaîne de valeur des NTE.

Organisation	Acteurs	Défis	Impact croissance française	Impact export	Impact emploi en France
Constructeurs de bâtiments	<i>Grands groupes internationaux et PME régionales</i>	<i>Contenir les coûts de réalisation Concurrence européenne</i>	<i>Moyen à fort</i>	<i>Moyen à fort</i>	<i>Croissance forte, délocalisation potentiellement faible</i>
Fabricants de NTE	<i>Innovateurs pluridisciplinaires</i>	<i>Innover par la réduction des coûts Compétition mondiale</i>	Fort	Fort	<i>Croissance forte, délocalisation possible</i>
PME installateurs de NTE	<i>Chauffagistes, plombiers, électriciens, couvreurs</i>	<i>Engagement de résultats Augmenter leurs compétences</i>	Fort à très fort	Fort si capable de contenir les coûts	<i>Croissance très forte, mais possibilité de compétition européenne</i>
Industriels spécialistes de technologies d'intégration	<i>Par exemple : Schneider, Legrand, SAFT (stockage d'énergie électrique)</i>	<i>Renforcer un leadership au niveau mondial</i>	Fort	Très fort	<i>Croissance forte, risque de délocalisation des fabrications</i>
Energéticiens	<i>Groupe EDF et GDF Suez Leurs filiales de services Les distributeurs de fioul domestique</i>	<i>Renouvelables et pompes à chaleur comme vecteur de consolidation du chiffre d'affaires</i>	<i>Faible du fait de l'amélioration de l'efficacité globale</i>	<i>Générateur de gain de parts de marché</i>	<i>Stabilité</i>

Une étude de l'ADEME¹¹⁹ quantifie l'évolution des emplois dans les NTE en 2012.

¹¹⁹ ADEME et vous, N°13, Juillet 2008

Projections de l'ADEME



Parmi les acteurs émergents en France, on citera plusieurs « métiers nouveaux » :

- **Les agrégateurs de production électrique décentralisée**, qui proposeront d'agréger la production électrique répartie afin de la stocker/revendre aux heures de pointe, par exemple, à des opérateurs de réseaux.
- **Les sociétés spécialistes de la rénovation clefs en main**, qui s'appuient sur les installateurs, mais proposent une offre complète permettant l'engagement de résultat à partir d'un diagnostic professionnel¹²⁰.
- **Les sociétés de réparation/maintenance**, similaires à celles qui sont nées de la micro-informatique, avec des modalités d'intervention nouvelles utilisant Internet.
- **Les sociétés de services nouveaux**, comme par exemple la gestion à distance de la température des logements, qui se rémunèrent sur les économies réalisées (euros et kilo équivalent pétrole).
- **Des offreurs de service d'énergie renouvelable** proposant des packages d'installation tout compris (dimensionnement, choix du matériel, demande des autorisations, optimisation de la solution de financement, réalisation des travaux, rémunération du consommateur final).

¹²⁰ Voir par exemple l'offre de la Société SAMSOLAR (www.samfi-invst.fr)

9. LES PROPOSITIONS ISSUES DES GROUPES D'EXPERTS

Les mesures retenues par les groupes d'experts visent à s'assurer de :

- ***La disponibilité d'une main d'œuvre adaptée à la nouvelle demande :***
 - ***Maîtriser le flux de main d'œuvre qualifiée grâce à des cycles de formation initiale et continue¹²¹ qui répondent aux besoins spécifiques des 5 NTE étudiées.***
- ***La réduction du coût global d'achat et de fonctionnement des NTE intégrées aux bâtiments existants ou neufs :***
 - ***Maîtriser les coûts de possession des NTE intégrées aux bâtis (existants et nouveaux) en s'appuyant sur :***
 - *l'innovation technologique Produit & Procédé de fabrication,*
 - *une sûreté de fonctionnement accrue des matériels intégrés,*
 - *des services innovants qui réduisent les coûts de conception, installation et maintenance des NTE sur ces bâtis.*
 - ***Afficher la qualité des performances des systèmes NTE en introduisant un étiquetage mixte énergie primaire/CO₂¹²², étiquetage qui s'appuie sur des normes et certifications au meilleur niveau européen.***
 - ***Améliorer les performances énergétiques des bâtiments en généralisant progressivement les techniques de Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie dans les bâtiments résidentiels et tertiaires***
 - ***Maîtriser le coût des assurances couvrant l'installation des NTE en mutualisant les données d'incidents d'exploitation au niveau national.***
 - ***Maîtriser les relations techniques et contractuelles entre les acteurs de terrain grâce aux systèmes d'information de chantiers (PGI).***
- ***Le développement de contrats de performances énergétiques¹²³, qui devraient devenir la règle pour accorder des aides d'Etat à l'investissement dans les technologies rendant les bâtiments plus économes en énergie :***
 - ***Maîtriser l'impact des aides publiques à l'investissement NTE dans les bâtiments existants en indexant progressivement leur attribution à un engagement de performances énergétiques.***

Ces sept mesures sont détaillées en Annexe dans le cadre de feuilles de route spécifiques avec un échéancier calé entre 2009, 2012 et 2015 en coordination

¹²¹ Revoir les contenus des formations des métiers existants, et dimensionner les structures d'accueil et le personnel pédagogique (quantitativement et qualitativement) en fonction des besoins

¹²² En cohérence avec l'application de la Directive Européenne Eco Design prévue sans modification de transposition en 2010

¹²³ Le rapport de l'observatoire permanent de l'amélioration énergétique des logements de l'ADEME (OPEN, Campagne 2007) montre les marges importantes de progrès en terme de résultats obtenus par des travaux ayant un impact énergétique.

notamment avec les travaux du Groupe de travail animé par M. Parent « Mobilisation des professionnels du bâtiment » :

- 2012 permet de bénéficier de la dynamique du Grenelle et d'être prêt à répondre aux obligations légales de performances en neuf comme en rénovation.
- 2015 permet de mettre l'offre en phase avec une demande alors soutenue à la fois par le prix élevé des combustibles fossiles et un engouement environnemental dont on perçoit les prémices dans les enquêtes *d'opinion*.

9.1. Mesure N°1 : Maîtriser le flux de main d'œuvre qualifiée

9.1.1. Contexte

Grâce à des cycles de formation initiale et continue qui répondent aux besoins spécifiques des 5 NTE étudiées.

Le secteur du bâtiment, dans son ensemble, a construit depuis les années 1960 une image d'activité à emplois peu attractifs, à l'opposé des Travaux Publics pour lesquels le Viaduc de Millau est un modèle de prouesse technologique pour les jeunes générations de techniciens attirés par ce secteur. Cette image pénalise le flux de nouveaux candidats et de formateurs. Des simulations fines de flux de formation anticipés jusqu'en 2015¹²⁴, donc au moment de la plus forte croissance de rénovation en France, montrent un besoin de 100.000 personnes.

Qualification	Nombre d'emplois nouveaux
Ingénieurs	1 900
DUT	5 000
BTS	8 400
Bac Techno	6 300
Brevet de Technicien	1 600
Bac Professionnel	21 000
BEP	25 800
CAP	31 000
Total	101 000

Cette même « mission Parent » a par ailleurs identifié les besoins de recrutement supplémentaire liés à la mise en œuvre des recommandations du Grenelle : 15 000 personnes par an sur 12 ans pour les entreprises du bâtiment et 5 000 personnes par an sur 12 ans pour les services autour de la construction (dont au moins 1500 thermiciens).

¹²⁴ Conseil Général des Ponts, Rapport N° 005747-01, mars 2008 « Suites du Grenelle de l'Environnement: mobilisation des professionnels du bâtiment ».

Les enjeux sont donc de renforcer l'attractivité du secteur, de redimensionner les structures d'accueil (CFA, sections BTP des lycées techniques et professionnels) et le corps enseignant, et aussi de corriger le taux de déperdition encore élevé à l'issue de la formation initiale¹²⁵.

Cet enjeu inquiète toute la profession et l'Education Nationale. La pénurie actuelle donne lieu à une surenchère salariale, en particulier chez les installateurs, liée à la pénurie, ce qui va dans le sens contraire d'une réduction du coût global de possession.

9.1.2. Verrous et freins actuels

L'ensemble des professionnels reconnaissent que le système éducatif global autour du bâtiment doit être ajusté, de façon à maîtriser le flux de personnel disponible dans un futur proche, et ainsi mettre en œuvre la politique d'amélioration définie à l'issue du Grenelle. Beaucoup ont, en effet, en mémoire la mode de la domotique des années 90, la création de formations ad hoc et, en définitive, l'absence de débouchés car ce marché n'a pas encore décollé à ce jour.

On retiendra deux verrous majeurs : le manque de formateurs en formation initiale et continue, et l'inadéquation des cursus existants. De plus, l'adaptation des flux de formation a plusieurs facettes, caractéristiques de ce secteur :

- **un aspect régional** : par exemple couvrir un toit en Alsace ou en Provence nécessite une spécialisation de niveau différent,
- **une difficulté technologique** : les enjeux d'une pompe à chaleur ou d'un chauffage biomasse sont différents pour un installateur habitué à des chaudières murales au gaz,
- **une distinction entre les capacités de formation initiale** (avec des délais de mise en œuvre longs et une politique de recrutement des éducateurs et des élèves dans les mains de l'Education Nationale) et les capacités de formation continue (avec des délais de mise en œuvre plus courts, que les professions peuvent initier et mettre en œuvre de manière quasi autonome),
- **des formateurs experts de systèmes énergétiques** :, d'autant plus crucial que les matières à enseigner sont plus complexes et que de nouveaux formateurs seront nécessaires pour répondre à la demande dans un délai court,
- **l'avènement d'activités de services nouvelles et attractives en aval et en amont de l'installation**, qui, elles aussi, seront génératrices de formations structurées sur les disciplines de base (thermique, électricité, intégration bâtiment).

9.1.3. Efforts d'innovation

Le **pré-requis** pour la profession (installateurs, constructeurs, technologues) est **d'améliorer l'image de la profession** - notamment au niveau des informations d'orientation fournies en collèges et lycées - **en capitalisant sur les effets de mode liées aux renouvelables**, à la technicité des objets à mettre en œuvre et aux impacts sociétaux de ces nouvelles technologies : c'est un effort continu sur 10 ans pour motiver de nouveaux entrants, ou faire changer d'orientation professionnelle des personnes aujourd'hui sans emploi.

¹²⁵ Le taux de déperdition à l'issue de la formation initiale est encore supérieur à 50 %.

La **deuxième cible** vise à **former des formateurs¹²⁶ de qualité¹²⁷**, en puisant en particulier :

- i) dans le vivier des associations professionnelles du secteur qui souhaitent, avec des experts du bâtiment, recruter plus de personnel pour répondre à la demande de leurs adhérents.
- ii) chez les fabricants d'appareils qui assurent déjà la formation continue des installateurs.

Un bilan du besoin en nouveaux formateurs est nécessaire de manière concertée entre Education Nationale et Professions : les moyens peuvent en effet être partagés, dans le cadre de contrats attractifs pour les formateurs nouveaux entrants. Le fichier de l'Education Nationale « enseignants Lycées Professionnels » (2005) fait ressortir les besoins à cette date, ainsi que la moindre qualité des contractuels recrutés compte tenu du faible nombre de candidats et du niveau de rémunération du Ministère. Depuis 2005¹²⁸, la situation s'est semblé t il détériorée, mais les données actualisées ne sont pas disponibles. Il faut aussi insister sur **l'évolution quasi exponentielle** de ces besoins liés au cumul de deux phénomènes : l'accélération des départs en retraite des enseignants et la stratégie de l'Etat en matière de réduction des recrutements¹²⁹. Pour le Lycée général et technologique, en particulier depuis la rentrée 2007, les « appels au secours » des établissements des lycées et des IUT sont très nombreux. Le recours aux heures supplémentaires ne suffira pas à la rentrée 2008 pour maintenir toutes les formations du secteur de la Construction (par exemple dans l'académie de Lyon). L'Education Nationale considère donc nécessaire :

- *de rouvrir le recrutement au niveau CAPET génie civil et génie énergétique,*
- *d'accroître le recrutement au niveau agrégation (depuis 2008 le nombre de postes - professeurs agrégés en université- est supérieur au nombre de postes au concours, ce qui aggravera encore le déficit en lycée apparu en septembre 2007)¹³⁰,*
- *d'augmenter les postes mis aux concours en Lycées Professionnels,*
- *de réformer les baccalauréats technologiques, ce qui permettrait d'une part d'adapter les contenus et d'autre part d'orienter, du fait de l'attractivité de la problématique énergétique, davantage d'élèves vers ce secteur,*
- *de réformer les modes de réalisation/rénovation des diplômes pour réduire les durées d'obtention¹³¹: les enseignants et inspecteurs qui construisent les diplômes le font tout en poursuivant leur activité, ce qui conduit à des délais d'au moins 2 ans entre lancement et mise en place de la rénovation du cursus ou du nouveau diplôme,*
- *de former l'ensemble des enseignants des filières concernées aux nouvelles technologies (conception, réalisation et maintenance) : les effectifs concernés et*

¹²⁶ Le Moniteur, 23 mai 2008, « Le secteur du BTP en mal de profs », page 12.

¹²⁷ La non qualité des enseignants et enseignements a un impact direct sur l'efficacité des stratégies mises en œuvre et sur les performances futures des installations réalisées.

¹²⁸ Voir "le Moniteur" le 23 mai 2008 qui montre l'évolution des postes mis au concours depuis 1948.

¹²⁹ Il paraît indispensable de dissocier, dans l'application de la réduction des recrutements, d'une part les disciplines dont les métiers sont en tension de celles qui ne le sont pas et des disciplines générales dont les étudiants de l'université (par exemple) peuvent constituer des "contractuels" potentiels de qualité pour certains niveaux.

¹³⁰ Pour la rentrée 2008 les besoins en lycées technologiques et en IUT sont supérieurs à une cinquantaine d'enseignants.

¹³¹ Il serait opportun de décharger quelques personnels totalement afin qu'ils réalisent les travaux en quelques mois (3 à 4).

le calendrier imposé nécessitent une volonté sans faille et des moyens financiers nouveaux pour le Ministère de l'Education Nationale.

La **mission Parent** « **Mobilisation des professionnels du bâtiment** » présente, quant à elle, un bilan des besoins formulés par les fédérations professionnelles¹³². Ce bilan se base sur la réduction de l' « évaporation » en sortie de formation, condition nécessaire¹³³ mais pas suffisante pour répondre aux besoins.

La **troisième cible** concerne la **structuration de sites de formation**, vraisemblablement spécialisés autour d'une technologie et de son intégration au bâtiment ; ces sites doivent s'appuyer sur des systèmes existants (Centres Techniques, Pôles de Compétitivité) et, si nécessaire, être étendus pour tenir compte de la demande en formations nouvelles. Le financement des équipements et du fonctionnement nécessite des Conventions Etat-Régions spécifiques, si l'on veut que, sur un même site, Education Nationale et professionnels du secteur puissent utiliser les formateurs et les moyens d'essais mis à leur disposition.

La **quatrième cible** consiste à prévoir un palliatif du manque probable de nouveaux formateurs en impulsant, via des fonds publics, le **développement de formations électroniques** utilisant Internet, formations qui viennent compléter les cursus plus classiques de formations professorales : on peut s'attendre à une innovation forte dans ce type de services basés sur la réalité virtuelle et sur la simulation de fonctionnement de systèmes.

La **cinquième cible** consiste à **expérimenter des circuits courts de formation initiale et continue** qui combinent ANPE, la profession et un support public régional de façon à montrer par l'exemple et rapidement l'attractivité de ces métiers¹³⁴.

La **sixième cible**, en s'appuyant sur les groupes technologiques décrits par ailleurs, est de **spécifier les cursus nouveaux pour la formation initiale** avec les associations professionnelles, en privilégiant l'analyse des besoins déjà citée.

On mentionnera enfin que le caractère pluridisciplinaire des métiers du bâtiment nécessite des approches nouvelles pour favoriser le changement de modes de pensée et de comportements. On trouvera en Annexe 5 un exemple de recherches dans ce domaine.

¹³² Dans son annexe 3 il évoque, parmi les actions à mener, le recrutement supplémentaire en formation de 7500 acteurs pendant 12 ans.

¹³³ La réduction continue des fuites en fin de formation passe de 63% en 1998 à 53% en 2005 montre que c'est possible.

¹³⁴ L'exemple en cours en Alsace est à étudier de près.

9.1.4. Feuille de route pour la mesure N°1

MESURE N°1.	
<i>MAITRISER LE FLUX DE MAIN D'ŒUVRE QUALIFIEE GRACE A DES CYCLES DE FORMATION INITIALE ET CONTINUE QUI REPONDENT AUX BESOINS SPECIFIQUES DES 5 NTE ETUDIEES</i>	
CIBLE D'ACTEURS VISES	
✓ ARCHITECTES, INSTALLATEURS, BUREAUX D'ETUDE, TECHNICIENS ET INGENIEURS DE R ET D ET FABRICATION	
OBJECTIFS POUR CETTE CIBLE	
✓ L'ENSEMBLE DES ACTEURS ENTRANTS PEUT SE FORMER POUR REPONDRE A LA DEMANDE	
✓ LES INSTALLATEURS SAVENT REPONDRE A UNE DEMANDE CROISSANTE	
✓ LE RISQUE D'INFLATION SUR LES TARIFS D'INSTALLATION ET MAINTENANCE EST MAITRISE PAR UNE COMPETITION PLUS GRANDE ENTRE INSTALLATEURS	
IMPACTS SI L'OBJECTIF EST ATTEINT	
✓ L'ENSEMBLE DES ACTEURS ENTRANTS PEUT SE FORMER POUR REPONDRE A LA DEMANDE	
✓ LES INSTALLATEURS SAVENT REPONDRE A UNE DEMANDE CROISSANTE	
✓ LE RISQUE D'INFLATION SUR LES TARIFS D'INSTALLATION ET MAINTENANCE EST MAITRISE PAR UNE COMPETITION PLUS GRANDE ENTRE INSTALLATEURS	
INDICATEURS D'AVANCEMENT VERS L'OBJECTIF / LIVRABLES	
✓ NOMBRE DE NOUVEAUX DIPLOMES SORTANT DE FORMATION INITIALE PAR AN	
✓ NOMBRE DE DIPLOMES DE FORMATION CONTINUE	
✓ NOMBRE DE JOURNEES PAR STAGIAIRE EN FORMATION CONTINUE NON DIPLOMANTE	
PILOTE NATIONAL	
✓ COMMISSION PARENT	
PARTENAIRES POUR LA MISE EN ŒUVRE	
✓ ANPE, EDUCATION NATIONALE, ASSOCIATIONS PROFESSIONNELLES, CONSEILS REGIONAUX, CONSEILS GENERAUX	

DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
1	<i>Spécifier les besoins de formation continue avec les associations professionnelles et l'ANPE</i>	<i>Au sein de la Mission Parent</i>	<i>Mars 2009</i>
2	<i>Spécifier les besoins de formation initiale : - avec l'Education Nationale - avec les professionnels</i>		<i>Juillet 2009</i>
3	<i>Spécifier les besoins de formation de formateurs avec les Centres Techniques susceptibles de fournir des sites de démonstration</i>		<i>Juillet 2009</i>
4	<i>Lancer des sessions pilotes de formation de formateurs pour chacune des 5 technologies</i>		<i>Rentrée 2010</i>
5	<i>Lancer des sessions pilotes de formation continue en Région avec les acteurs existants</i>		<i>Rentrée 2010</i>
6	<i>Bilan des actions pilotes et généralisation des approches</i>		<i>Mi-2012</i>

9.2. Mesure n° 2 : Maîtriser le coût global de possession des NTE intégrées aux bâtis.

9.2.1. Contexte

Les Nouvelles Technologies de l'Energie sont à ce jour intrinsèquement plus coûteuses à l'acquisition quand on les compare aux technologies classiques (chauffage par convecteurs ou panneaux rayonnants électriques, chaudières à combustibles fossiles), et ceci pour rendre un service équivalent à l'utilisateur final. De plus, les études pour leur mise en œuvre, l'installation et la maintenance ne bénéficient pas encore de la courbe d'apprentissage des technologies classiques, basée sur plusieurs dizaines d'années de pratique de tous les acteurs : les architectes, bureaux d'études, installateurs et sociétés de maintenance doivent encore apprendre sur ces nouvelles technologies afin d'optimiser le coût de leurs prestations pour en faciliter la progression.

D'autre part, la demande pour l'introduction des NTE sur les bâtis, qu'ils soient existants ou nouveaux, s'oriente, en particulier pour les renouvelables et les pompes à chaleur (PAC), vers un **engagement de performances dans la durée**, engagement d'autant plus aisé à mettre en œuvre que les demandeurs agissent par comparaison aux économies faites en restant aux solutions fossiles ou électriques classiques.

Le déploiement de ces technologies nécessitera donc un effort continu sur les dix prochaines années pour en maîtriser le coût de global de possession¹³⁵. Cet effort vise simultanément plusieurs cibles :

- *améliorer les performances énergétiques intrinsèques de ces systèmes,*
- *industrialiser la fabrication pour baisser le coût de revient du système final. Il est important de rappeler que cette démarche de réduction des coûts ne doit pas se faire au détriment d'une démarche qualité qui a fait défaut par le passé avec les conséquences que l'on connaît,*
- *valider que la sûreté de fonctionnement des systèmes n'est pas réduite du fait de l'intégration aux bâtis, et que les systèmes n'impactent pas la pérennité des bâtis,*
- *réduire le coût des services périphériques en amont et en aval de la décision d'acquisition.*

9.2.2. Verrous et freins actuels

Les acteurs industriels vivent globalement une surchauffe de l'activité, surchauffe due à plusieurs facteurs :

- *la montée des coûts de combustibles fossiles qui favorise naturellement la demande,*
- *les politiques de promotion des technologies qui facilitent les décisions d'investissement (crédit d'impôt, prêts bonifiés, tarifs d'achat de l'électricité produite par le photovoltaïque),*
- *la pénurie de main d'œuvre technique, qui conduit à une tension sur les salaires et, parfois, à l'entrée en lice d'acteurs peu professionnels donc pas engagés sur les performances réelles de ces technologies en exploitation.*

Ces tensions sur les offreurs les obligent à agir au quotidien, risquant de les conduire à ne réserver que peu de moyens internes à la recherche et développement (nécessaires pour répondre aux enjeux de réduction des coûts de possession évoqués plus haut). Il en va de même pour les installateurs qui deviennent des généralistes, et doivent donc se former aux nouvelles technologies pour répondre aux engagements demandés par leurs clients ou prospects.

¹³⁵ Voir le dossier spécial de E&C (Bernard Chabot) sur l'intérêt de l'approche par le coût global.

9.2.3. Efforts d'innovation

Une intervention publique dans la continuité des efforts actuels et coordonnée entre tous les acteurs industriels s'avère nécessaire, ceci pour ajuster les efforts de recherche et développement précompétitifs à la croissance de la demande. Ces efforts supplémentaires ont pour objectif premier de mobiliser plus de ressources privées des fabricants sur les opérations de démonstration et de diffusion massive, nécessaires à la construction de la courbe d'apprentissage sur chaque technologie. L'intervention publique déjà engagée a plusieurs dimensions :

- elle vise à **renforcer les équipes de R&D des acteurs industriels** pour que le relais industriel de la recherche publique soit mis en cohérence avec la croissance attendue dans chacune des technologies,¹³⁶
- elle doit aussi **promouvoir l'innovation dans les services induits par les NTE**, services dont l'impact sur la pénétration des renouvelables (réduire leurs coûts mais aussi les rendre plus acceptables à l'usage) est encore négligé dans beaucoup d'Etats Membres de l'Union Européenne,
- elle permet d'aider à la **compréhension des interactions équipements / bâtiments** sur des plates-formes de validation échelle 1,
- elle doit aussi intégrer dans ses priorités les positions nouvelles des deux énergéticiens français majeurs (Groupes EDF et GDF/SUEZ) vis-à-vis des nouvelles technologies¹³⁷ : leur capacité de financement et d'intervention dans la phase de construction de la courbe de connaissance ne peut pas être ignorée, voire doit être utilisée au sein de programmes de développement et de démonstration intégrant les acteurs sur toute la chaîne de valeur¹³⁸.

Une première ébauche de **feuilles de route technologiques** est proposée.

Les participants ont reconnu l'importance de détailler ces feuilles de route dès la fin 2008 dans le cadre de **structures collectives ad hoc** appelées groupes technologiques. Ces structures très légères devraient regrouper tous les acteurs industriels et ceux de la recherche publique dans un réseau capable de lever tous les verrous grâce à des recherches précompétitives coordonnées. Il sera par ailleurs nécessaire d'accompagner cette mesure d'objectifs chiffrés en terme de performances des bâtiments pour chaque besoin clé (Eau chaude, ventilation, consommation d'électricité...), et ceci à confort constant, voire amélioré.

¹³⁶ Ceci nécessite d'optimiser au sein du groupe de pilotage l'articulation entre les équipes de R&D des acteurs industriels avec celles des équipes de R&D des organismes de recherche publics ou para public sur les projets à contribution financière publique.

¹³⁷ Créée en février 2008, EDF EnR (Energies Nouvelles Réparties) est une filiale détenue à parité par EDF Energies Nouvelles et EDF. EDF EnR se positionne sur le marché des énergies renouvelables réparties c'est-à-dire produites sur le lieu de consommation (solaire photovoltaïque, solaire thermique, pompe à chaleur, bois). EDF EnR propose des offres complètes incluant équipements et services aux particuliers (offres commercialisées sous la marque Bleu Ciel d'EDF), aux professionnels, aux entreprises et aux collectivités. EDF EnR vient de racheter le Groupe RIBO SA, spécialiste du chauffage par PAC air/air.

¹³⁸ Voir par exemple les programmes de R&D européens EU-DEEP (GDF SUEZ) ou ADDRESS (EDF).

9.2.4. Feuille de route pour la mesure N°2

MESURE N°2.

MAITRISER LES COUTS DE POSSESSION DES NTE INTEGREES AUX BATIS (EXISTANTS ET NOUVEAUX) EN S'APPUYANT SUR L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE PRODUIT & PROCEDE DE FABRICATION, UNE SURETE DE FONCTIONNEMENT ACCRUE DES MATERIELS INTEGRES, DES SERVICES INNOVANTS QUI REDUISENT LES COUTS DE CONCEPTION, INSTALLATION ET MAINTENANCE DES NTE SUR LES BATIS

CIBLE D'ACTEURS VISES

- ✓ ARCHITECTES ET BUREAUX D'ETUDE
- ✓ FABRICANTS DE NTE
- ✓ MAITRE D'OUVRAGE ET MAITRE D'ŒUVRE
- ✓ INSTALLATEURS ET REPARATEURS

OBJECTIFS POUR CETTE CIBLE

- ✓ LE COUT TOTAL DE POSSESSION DECROIT
- ✓ LES PERFORMANCES ENERGETIQUES GLOBALES DES INSTALLATIONS AUGMENTENT, TOUT EN ENCOURAGEANT DES COMPORTEMENTS PLUS VERTUEUX DES UTILISATEURS

IMPACTS SI L'OBJECTIF EST ATTEINT

- ✓ COUT D'ACCES PLUS FAIBLE, DONC PLUS ABORDABLE QUAND IL EST COMPARE AUX SOLUTIONS CLASSIQUES (REDUCTION DE LA BARRIERE « TRESORERIE » POUR L'INVESTISSEUR)
- ✓ COUT DE POSSESSION PLUS FAIBLE, QUI PERMET UN AMORTISSEMENT PLUS RAPIDE DU SURCOUT D'INVESTISSEMENT
- ✓ PERFORMANCES ENERGETIQUES PLUS FIABLES SUR LE LONG TERME, EN PARTICULIER GRACE A DES COMPORTEMENTS PLUS VERTUEUX DES UTILISATEURS SOUCIEUX D'ECONOMISER L'ENERGIE

INDICATEURS D'AVANCEMENT VERS L'OBJECTIF / LIVRABLES

- ✓ COUT DES TECHNOLOGIES POUR LES INVESTISSEURS EN DECROISSANCE
- ✓ COUT D'INTEGRATION AU BATIMENT, Y COMPRIS L'INSTALLATION, CONTENU
- ✓ VOLUME D'INSTALLATIONS NOUVELLES QUI CROIT AVEC LE TEMPS

PILOTE NATIONAL

- ✓ LE PREBAT ET LES MINISTERES IMPLIQUES DANS CE PROGRAMME

PARTENAIRES POUR LA MISE EN ŒUVRE

- ✓ CSTB, CETIAT, INES, FCBA AVEC LES INDUSTRIELS POUR LES CINQ GROUPES, DGE, ADEME, OSEO, ANR POUR FINANCEMENT

DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
1	<i>Validation de feuilles de route détaillées avec les partenaires clés pour les cinq technologies (voir proposition ci-après sur les cinq technologies)</i>	PREBAT	Décembre 2008
2	<i>Validation d'une logique de R et D d'intégration bâtiment avec le CSTB</i>	PREBAT avec l'industrie et le CSTB	Décembre 2009
3	<i>Introduction des premiers appels à proposition dans le cadre du PREBAT 2010</i>	PREBAT	Janvier 2010
4	<i>Spécification d'une plateforme d'intégration nationale (formation, essais, développement)</i>	DGE/ADEME	Juillet 2009
5	<i>Financement des premiers contrats d'intégration innovante</i>	DGE/ADEME/OSEO/ANR	2010

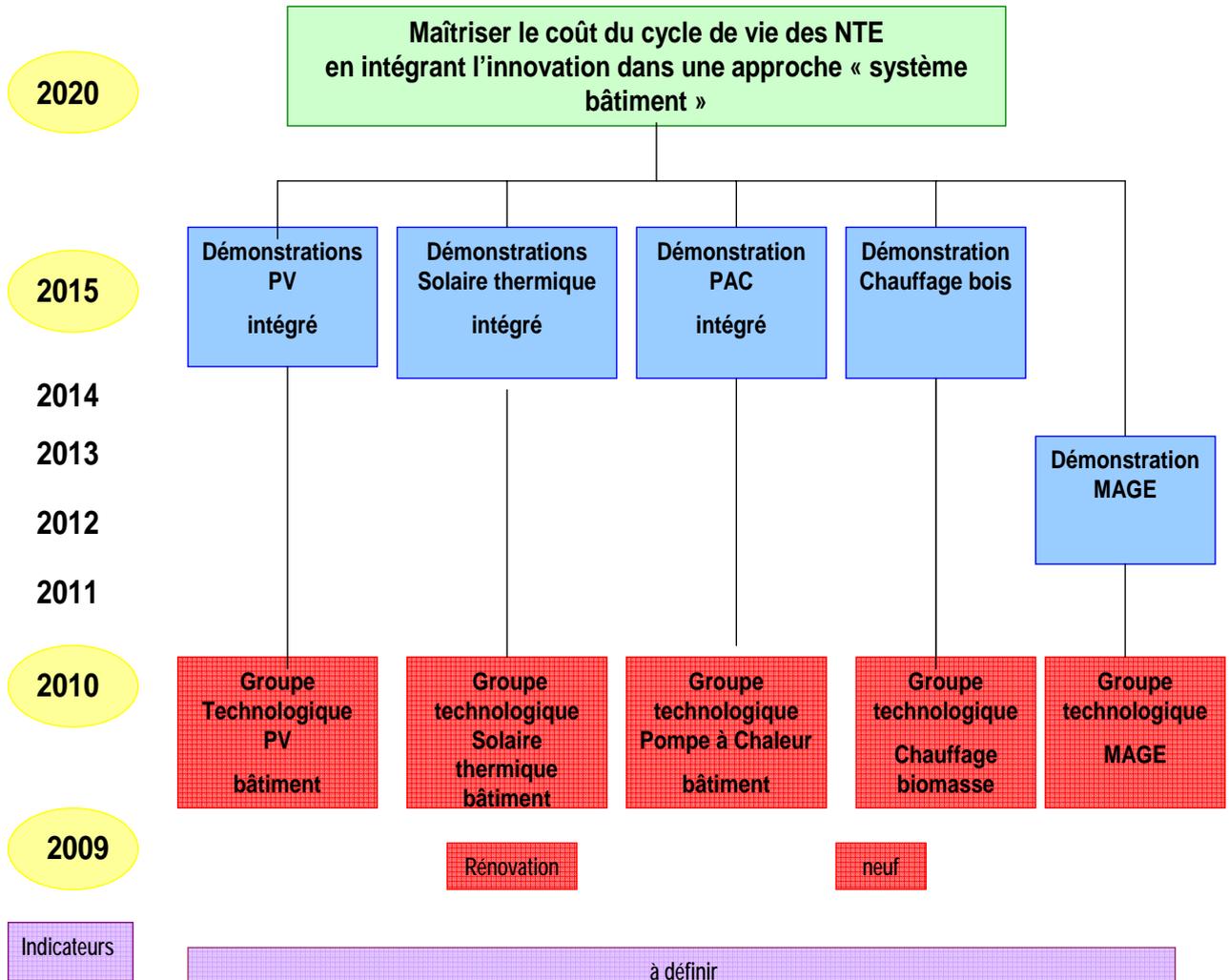
9.2.5. Développements technologiques et innovations d'intégration

Les sessions avec les industriels ou leurs représentants ont confirmé plusieurs tendances lourdes :

1. Le retard industriel de la France sur certains secteurs (solaire, biomasse) n'est pas irréversible: la faible intensité de main d'œuvre dans la fabrication de ces composants permet d'espérer de garder une part de marché nationale confortable (50 % des ventes annuelles semblerait un objectif réaliste à un terme de 2015) sans avoir à trop souffrir des coûts de main d'œuvre élevés en Europe. De plus, l'étiquetage énergétique et CO₂ pourrait constituer une barrière à l'entrée en Europe pour les fabricants de composants d'entrée de gamme à faible performance.
2. Par contre, les perspectives de croissance nécessitent d'innover dès aujourd'hui du fait de la **longueur des cycles dans ces secteurs** : cinq ans entre l'idée brevetée et la fabrication de composants de masse pour l'habitat individuel.
3. La surchauffe actuelle dans la profession ne favorise pas la réflexion à long terme, en particulier pour ce qui concerne l'intégration aux bâtis. La Puissance Publique doit aider à sortir du cadre opérationnel en aidant l'innovation « composant au sein du bâtiment » pour au moins quatre raisons :
 - ✓ *La vente des composants en rénovation se fera sur un coût de possession, ce qui oblige à disposer de compétences en France pour créer la valeur ajoutée attendue et tenir les engagements de performance,*
 - ✓ *Les compétences actuelles ne suffisent pas pour innover plus aujourd'hui, donc a fortiori encore moins demain : la formation par la recherche est un excellent moyen pour les industriels qui cherchent à bâtir les équipes opérationnelles de 2015,*
 - ✓ *Nos compétiteurs européens ont déjà engagé les efforts industriels sur les secteurs où nous sommes en retard : le marché unique leur laisse une voie royale si la France est absente du jeu en amont,*
 - ✓ *L'innovation est centrée système bâtiment, où nous avons des leaders mondiaux qui peuvent relayer à l'export nos performances sur le sol national.*

Il est donc nécessaire, pour augmenter la probabilité d'intégration des NTE aux bâtiments, de positionner les recherches des groupes technologiques à l'intérieur d'une démarche globale visant la réduction du coût de possession des NTE.

Le schéma ci-dessous visualise l'approche globale d'intégration pour chaque groupe technologique. On notera, en particulier, que ces technologies ne sont pas mutuellement indépendantes, tant du point de vue du marché (bien souvent en compétition directe) que du point de vue technologique (des synergies entre technologies existent¹³⁹). Ce dernier aspect nécessitera donc de piloter non seulement l'innovation d'intégration des NTE aux bâtis, mais aussi l'innovation née des synergies entre technologies.

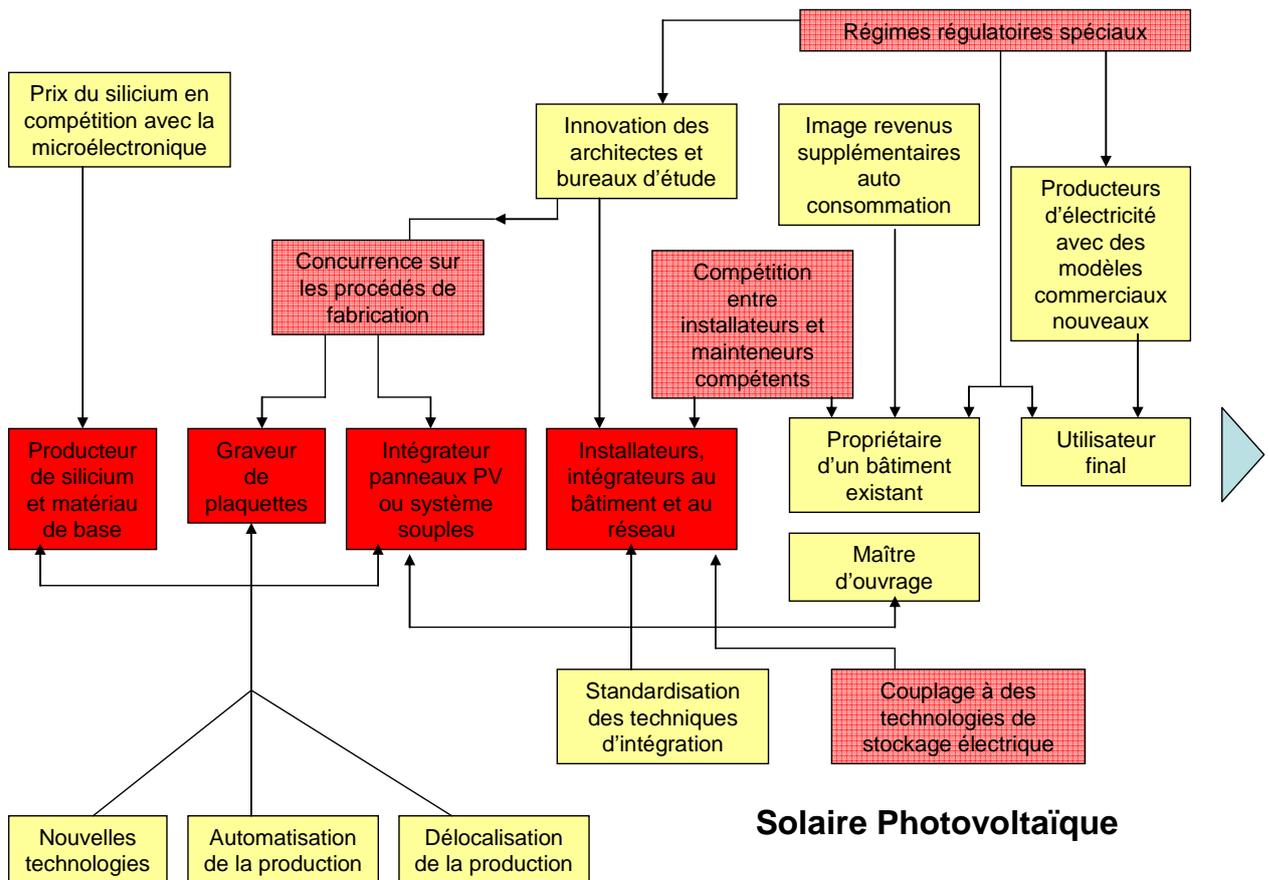


¹³⁹ Parmi les synergies, on citera : le couplage entre un ballon solaire thermique et une pompe à chaleur, le couplage chauffage biomasse / pompe à chaleur, le couplage MAGE avec chacune des autres technologies, etc...

9.2.5.1 Solaire photovoltaïque

Chaîne de valeur

Le schéma ci-dessous synthétise la chaîne de valeur pour cette technologie. On retiendra la criticité des étapes amont, allant de la production du matériau de base (le silicium étant un matériau critique pour TOUTE l'industrie électronique) à son assemblage au sein de panneaux intégrables aux bâtiments. Pour cette technologie, ce sont les tarifs d'achat de l'électricité produite qui fixent l'attrait du marché, car ils permettent de garantir des revenus en général sur 20 ans et des temps de retour sur investissement autour de 10-12ans.



Solaire Photovoltaïque

Verrous et freins

La dispersion passée de l'effort de recherche et innovation a conduit à la création de l'INES. Mais il faut bien reconnaître que la vitesse de croissance de l'industrie française dans ce secteur n'est pas à la hauteur de la situation : sur les dix premiers fabricants mondiaux en 2007, 5 n'existaient pas en 2002 !

Comme pour le solaire thermique, et en se comparant aux autres acteurs européens du secteur (en tenant compte du financement européen), la France se doit donc de renforcer sa propre structure de recherche en amont pour :

- *Eviter de dépendre de fournisseurs étrangers qui peuvent à terme « faire les prix » : la croissance du marché français concerne d'abord les systèmes intégrés bâtiment avec ses spécificités normatives et architecturales, ce qui est un marché spécifique où avec une industrialisation bien menée, des technologies fabriquées en France peuvent rester compétitives (fabrication hautement automatisée).*
- *Permettre à la France de rester le spécialiste du PV intégré bâtiment.*
- *Maintenir le niveau de connaissance de base au juste niveau nécessaire pour maîtriser le coût d'une technologie sur son cycle de vie.*
- *Se positionner sur des filières technologiques PV non encore matures mais prometteuses en rendement et/ou en coût.*

Efforts d'innovation

La France a lancé en 2007 un nouvel effort significatif de R&D collaborative en matière de cellules solaires couches minces, allant bien au-delà des 7 M€an de recherche annuelle –chiffres de 2008- investis par l'ADEME et l'ANR. C'est le projet « **Solar Nano Crystal** », où il s'agit de se doter d'une filière du futur de production massive de cellules photovoltaïque, autour de l'unique fabricant français **Photowatt**. Doit-on pour autant se contenter de ce programme jusqu'en 2012 ?

La feuille de route de la plate-forme technologique européenne (<http://www.eupvplatform.org>), publiée en septembre 2007, contient cinq lignes de recherche qui décrivent ce qui devrait être mené en Europe durant la période 2008-2020. Les sujets couverts sont :

- *Silicium cristallin sur tranche,*
- *Silicium en film minces¹⁴⁰,*
- *CIS (copper indium diselenide), technologie film mince polycristallin¹⁴¹,*
- *Les technologies émergentes et nouvelles (Film mince inorganique, CIS sphérique, Film mince polycristallin, Film mince organique, Couches actives nouvelles (puits quantiques et quantum dots), Effets plasmoniques),*
- *Photovoltaïque concentré.*

Les cinq axes de recherches à mener de front sont :

¹⁴⁰ Marché dominé par Uni-Solar, Kaneka, Mitsubishi utilisant des alliages Si:H, μ c-Si:H et SiGe:H

¹⁴¹ Marché dominé par Wuerth (Allemagne), Shell Solar (Camarillo, USA) et Global Solar (Tucson, USA)

1. Les composants critiques pour la production raccordée réseau :

- *Les modules (rigides, souples) pour l'intégration au bâtiment,*
- *Les onduleurs à haute fiabilité,*
- *Le comptage faible coût.*

2. Les procédés de fabrication nouveaux :

- *Sciage,*
- *Métallisation,*
- *Purification, cristallisation, métallisation et méthodes de dépôt.*

3. L'intégration du photovoltaïque aux bâtis (voir ci-dessus)

Il y a urgence à ne plus considérer (dans les bâtiments neufs en tout cas) l'intégration comme étant une solution consistant à substituer un composant d'enveloppe par des modules Photovoltaïques. Il faut au contraire dès à présent (et cela concerne l'alinéa suivant sur l'industrialisation des systèmes) considérer que les systèmes sont intégrés dès la conception dans l'enveloppe, ce qui suppose des développements technologiques sur ces systèmes pour les faire coexister avec les contraintes spécifiques des enveloppes (ex : tramage). Parmi les sujets importants on citera :

- *Un référentiel de caractérisation appliqué aux systèmes intégrés bâtiment,*
- *Les systèmes hybrides (thermique/photovoltaïque),*
- *La plate-forme de recherche, sur la caractérisation-modélisation des produits du bâtiment pour un travail d'innovation, en amont de la certification.*

4. L'industrialisation des systèmes :

- *Rapprocher les performances du produit final des performances laboratoire, grâce à des équipements fiables de fabrication,*
- *Recherche prénormative pour contribuer aux évolutions de standards (raccordement réseau, performance) au niveau mondial,*
- *L'intégration au bâtiment (montage, démontage, réparation),*
- *L'intégration au bâti, avec des produits pour façades et toitures actives, et des produits multifonctionnels, préfabriqués.*

5. Recherches de base sur les technologies du futur :

- *Compréhension des propriétés électroniques des couches minces et cellules, permettant d'améliorer le rendement de captation de la lumière,*
- *Couches minces (non Silicium et Silicium amorphe),*
- *Nouvelles générations (organiques),*
- *Impact des nanotechnologies,*
- *Cellules à points quantiques¹⁴²*

6. Recherches de base sur le stockage d'électricité comme composant critique de raccordement au réseau¹⁴³ (voir Annexe 2)

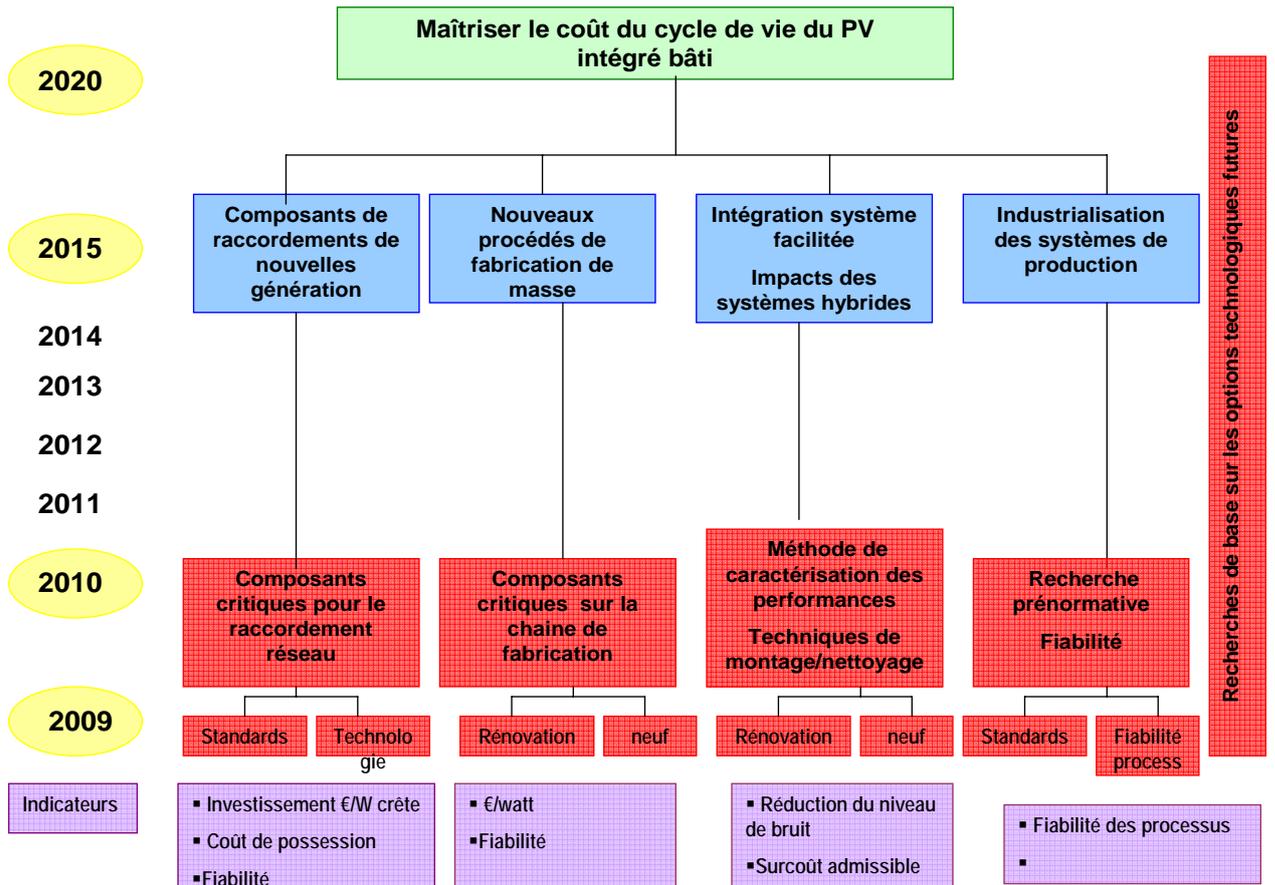
¹⁴² Un **point quantique** appelée aussi **boîte quantique** ou encore par son appellation anglophone **quantum dot** est un [nanocristal](#) de matériau [semi-conducteur](#) dont les dimensions sont inférieures à 10 nm.

¹⁴³ La prochaine loi allemande sur l'Energie applicable au 1^{er} Janvier 2009 concerne, en particulier, la connexion au réseau de distribution des installations photovoltaïques. Cette loi introduit une rupture majeure par rapport aux régulations en vigueur en Allemagne, mais aussi dans d'autres pays européens dont la France :

Le budget actuel disponible pourrait être complété par une enveloppe publique de quelques dizaines de millions d’Euros sur dix ans. Ce chiffre se base sur une comparaison avec le changement récent d’attitude des USA¹⁴⁴ pour soutenir cette technologie.

Le schéma ci-dessous présente la feuille de route proposée pour maîtriser à 2020 le coût du cycle de vie du photovoltaïque. Pour ce, quatre cibles technologiques sont fixées à 2015, et les étapes intermédiaires à 2010 sont détaillées. Pour chaque cible, des indicateurs possibles de mesure sont proposés.

Feuille de route pour le solaire photovoltaïque



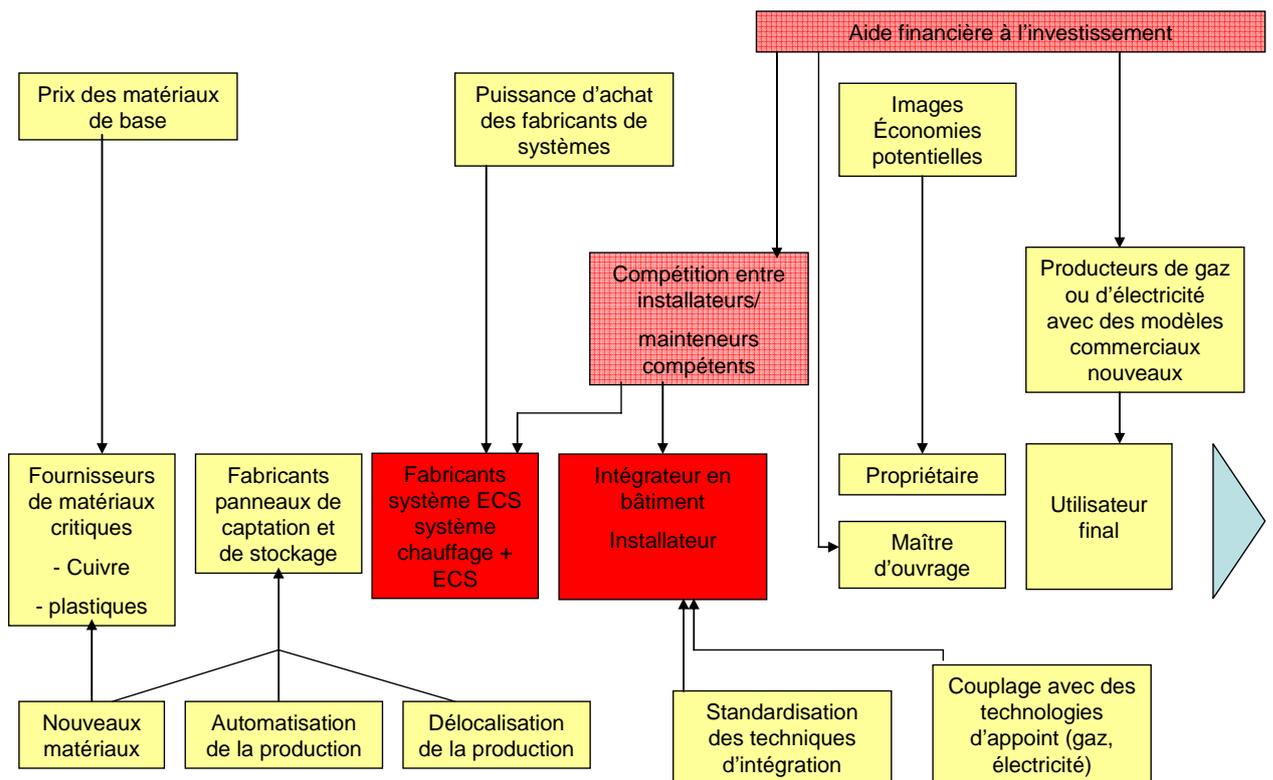
- L’autoconsommation d’énergie électrique d’origine photovoltaïque (la consommation par le producteur ou par un tiers dans son environnement géographique immédiat) est désormais rémunérée à un tarif plus avantageux globalement que l’injection directe sur le réseau.
- Cet avantage ira grandissant au fil du temps, ce qui favorise le stockage d’énergie électrique à long terme de façon à favoriser cette autoconsommation.
- Les conditions tarifaires les plus favorables s’appliquent aux systèmes inférieurs à 30 KW crête, ce qui confirme le support de l’Allemagne aux systèmes photovoltaïques décentralisés pour l’habitat.
- La loi s’appliquera aux installations mises en place à partir du 1^{er} Janvier 2009, les contrats étant conclus pour une durée de 20 ans.
- Les installations qui acceptent de l’énergie stockée, provenant de source renouvelable, et la transforment en électricité, sont considérées comme “installation pour la production d’électricité à partir d’énergies renouvelables”.

¹⁴⁴ Le programme EERE passe de 61 \$M en 2006 à 148 \$M en 2007 et 138 \$M en 2008 pour atteindre un coût du Kwh de 5 à 10 cents avec 5 GW de puissance installée.

9.2.5.2 Solaire Thermique

Chaîne de valeur

Le schéma ci-dessous synthétise la chaîne de valeur pour cette technologie. On retiendra la criticité des étapes d'intégration système. Pour cette technologie, ce sont les aides financières à l'investissement qui fixent l'attrait du marché, car elles permettent de garantir des économies d'énergie classique en général sur 20 ans et des temps de retour sur investissement autour de 10 ans, dès l'instant que le prix des combustibles fossiles est suffisamment élevé, que l'installation est faite dans les règles de l'art, et que les occupants sont vertueux dans la gestion de leur besoins d'eau chaude, voire de chauffage.



Solaire Thermique

Verrous et freins

La France, de par ses choix énergétiques, n'a pas encore atteint les densités d'installation de systèmes thermiques solaires validées dans d'autres Etats Membres. En 2007, la moyenne Européenne se situait autour de 3300 m²/100 000 habitants, alors que la France ne dépassait pas les 1100. A titre de référence, Grèce et Autriche se situaient autour de 27 000 m²/100 000 habitants.

Les orientations du Grenelle pour réduire la consommation des utilisateurs des bâtiments résidentiels et tertiaires vont changer la donne, autant en rénovation que pour le neuf. Le solaire thermique est en effet une solution innovante qui :

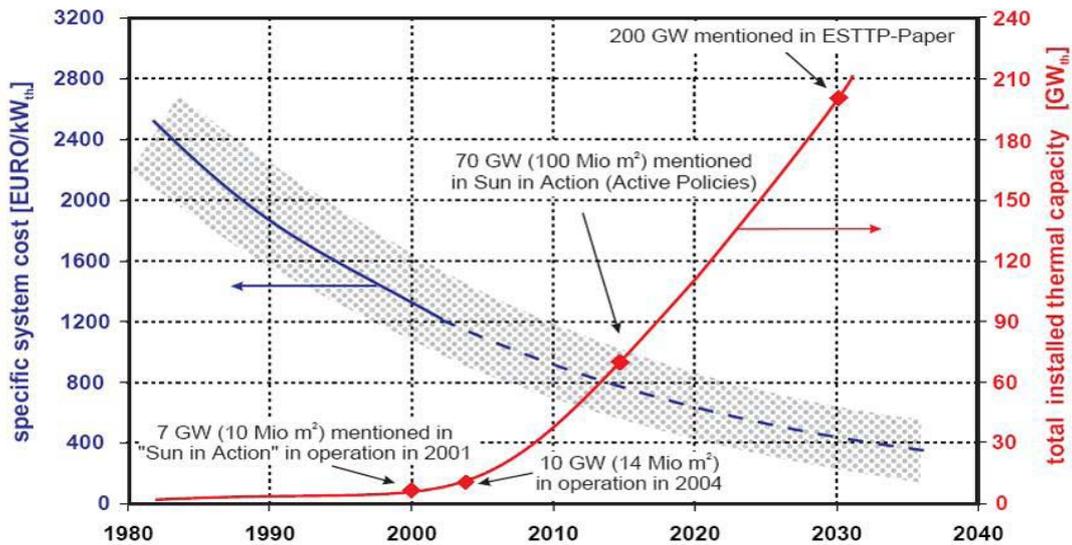
- *sera d'autant plus adaptée que la demande d'eau chaude sanitaire restera importante,*
- *pourra être couplée de façon intéressante avec les systèmes de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et de ventilation des bâtiments, que ce soit en utilisant des capteurs solaires à circulation de liquide ou des capteurs solaires à air,*
- *ouvrira la possibilité de construire en ville des réseaux de chaleur faisant coopérer des immeubles existants entre eux.*

De plus, le rafraîchissement solaire dans les bâtiments existants est une piste technologique à valider dans le cadre à la fois de la rénovation et des bâtiments neufs. Enfin, le manque de retour d'information sur la qualité effective des installations solaires mises en œuvre reste important. C'est un point crucial pour le consommateur final mais aussi pour l'installateur : une étude réalisée par le CSTB (suivi sur 120 CESI) a montré que les performances réelles étaient en moyenne plus faibles de 30 à 40% par rapport aux performances mesurées en laboratoire.

Efforts d'innovation

Que fait l'Europe sur ce segment technologique ? Les financements de la Commission ne touchent que des opérations de démonstration (DG TREN). Il n'y a plus de financement de recherche technologique. Afin d'engager ce processus et de diffuser le solaire thermique au niveau européen, un groupe d'initiateurs a vu le jour début 2005 pour aboutir à la création de la Plateforme Technologique Européenne du Solaire Thermique (ESTTP). Le groupe comprend des membres de la Fédération Européenne de l'Industrie Solaire Thermique (ESTIF) et de l'Agence Européenne des Centres sur les Énergies Renouvelables (Agence EUREC), ces derniers assurant également un soutien actif. Le groupe d'initiateurs a élaboré une vision du solaire thermique pour 2030 et l'a présenté avec la structure de l'ESTTP lors de la Conférence Européenne sur le solaire thermique estec2005 à Fribourg en Allemagne. La plateforme a été lancée officiellement le 30 mai 2006 à Bruxelles. La vision 2030 positionne quelques orientations majeures comme décrites ci-dessous¹⁴⁵.

¹⁴⁵ "At the beginning of 2005, approximately 10 GWth of solar thermal capacity were in operation in Europe. In the Solar Thermal Vision 2030, it is believed that with the right mix of R&D, industrial deployment and consistent market implementation, the total installed capacity could well increase to at least 200 GWth by 2030. This goal is ambitious but well achievable given the right mix of support measures and increased R&D. By 2030, solar thermal technologies will cover up to 50% of all applications which require temperatures of up to 250°C"



Prévision d'évolution des solutions « solaire thermique » en Europe

- *Le bâtiment solaire actif : un bâtiment neuf chauffé ou rafraîchi uniquement avec l'énergie solaire pour 2030 comme le standard de l'époque, ce qui suppose l'amélioration des rendements de captation, un stockage inter saisonnier,*
- *Le bâtiment rénové qui permet de couvrir 50 % de la demande thermique des bâtiments existants avec l'énergie solaire,*
- *L'innovation technologique pour réduire les coûts de tous les composants critiques,*
- *Les réseaux de chaleur solaire.*

Même en l'absence de financements européens sur ce thème, l'innovation technologique restera donc une composante critique de l'équipement massif des bâtiments, dès l'instant qu'elle est spécifiée à partir de besoins systèmes, et que l'objectif constant est de réduire le coût des composants sur leur cycle de vie (coût, performance, fiabilité, simplicité des techniques d'intégration).

Les axes de recherche en France devraient donc couvrir en parallèle :

- *Les systèmes solaires totalement autonomes (sans appoint)¹⁴⁶*
- *Les composants critiques pour les systèmes à eau et à air :*
 - capteur,
 - stockage (eau, changement de phase, thermochimique),
 - équipement de pilotage.
- *L'intégration système incluant les aspects multi-énergie (gaz, photovoltaïque, biomasse, électricité) :*
 - production d'eau chaude,

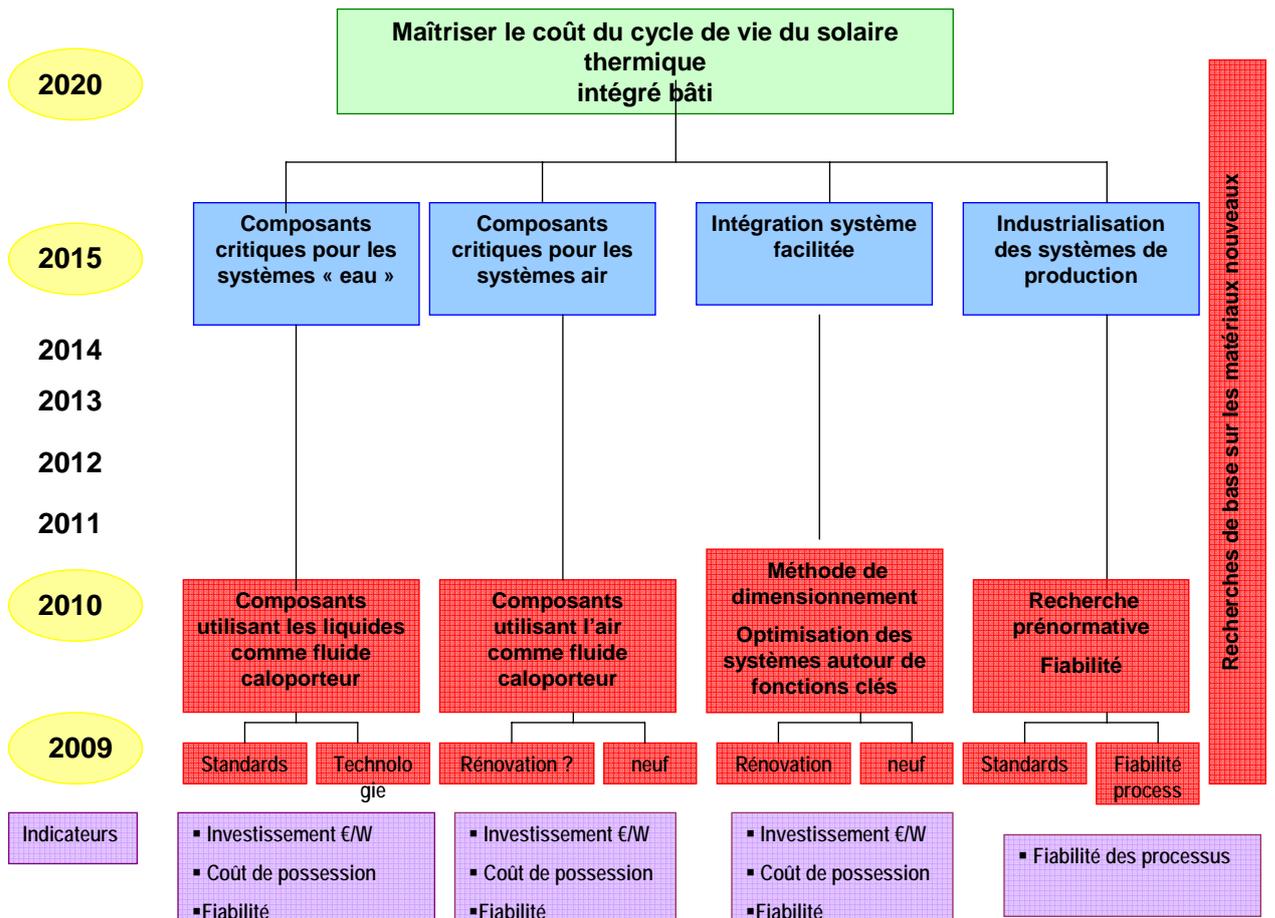
¹⁴⁶ les systèmes solaires thermiques ont une singularité (par rapport aux autres technologies retenues dans cette étude). Ils fonctionnent sur le principe de la base + appoint, la base étant ici le solaire. Réduire le coût de possession du solaire thermique va donc impacter 60% des coûts de fonctionnement et 70 % des coûts d'investissement.

- chauffage,
- rafraîchissement,
- réseaux de chaleur pour rendre les bâtiments coopératifs,
- outils de conception/simulation du fonctionnement (en transitoire),
- systèmes hybrides.
- ***L'industrialisation des systèmes :***
 - nouveaux matériaux pour la connectique, le stockage et le capteur,
 - traitements de surface des parties absorbantes (y compris l'antialissure),
 - intégration au bâtiment (montage, démontage, réparation),
 - composants multifonctions, intégrant le composant de captation comme élément de construction,
 - méthodes de rénovation solaire.

Cette recherche nécessite une **structure de concertation permanente entre ANR, ADEME, OSEO DGE, et les industriels**, de façon à orienter de manière formelle et concertée l'équilibre entre les laboratoires publics (financement public majoritaire) et les investissements des industriels (financement court et moyen terme) sur l'innovation. Sur la période 2010-2020, une enveloppe supplémentaire comprise entre 5 et 10 Millions d'Euros pourrait être nécessaire pour soutenir une industrie française qui aura à résister à la pression de concurrents européens pour conserver une valeur ajoutée de fabrication sur le sol national.

Feuille de route « Solaire Thermique »

Le schéma ci-dessous présente la feuille de route proposée pour maîtriser pour 2020, le coût du cycle de vie du solaire thermique intégré au bâti. Pour ce, quatre cibles technologiques sont fixées à 2015, et les étapes intermédiaires à 2010 sont détaillées.



9.2.5.3 Les pompes à chaleur¹⁴⁷

Chaîne de valeur

Le schéma ci-dessous synthétise la chaîne de valeur pour cette technologie. On retiendra le compresseur comme pièce critique du système. Pour cette technologie, ce sont les aides financières à l'investissement qui conditionnent encore l'attrait du marché, car elles permettent des temps de retour sur investissement de quelques années grâce aux gains en dépenses énergétiques par rapport à des solutions classiques, et ceci dès l'instant où le prix des combustibles fossiles est suffisamment élevé, l'installation est faite dans les règles de l'art, et les occupants sont vertueux dans la gestion de leurs besoins énergétiques.

Notre pays a deux atouts majeurs : l'implication de deux grands groupes énergétiques¹⁴⁸ et celle des industriels avec une couverture large de la demande.

¹⁴⁷ Utilisant une communication du CETIAT (Mars 2008)

¹⁴⁸ GDF SUEZ investit dans les pompes à chaleur gaz.

Le groupe EDF est depuis le début des années 1980 un acteur clef de cette technologie en France, car c'est la solution de substitution au chauffage ohmique, avec une capacité à apporter des fonctions de rafraîchissement demandées par le consommateur. Ses prises de participations récentes montrent la montée en puissance du groupe sur toute la chaîne de valeur, position assez unique en Europe pour être soulignée :

1. EDF Energies Nouvelles Réparties et le groupe STIEBEL ELTRON ont signé fin 2007 un accord de partenariat global portant notamment sur la création d'une société commune, dans le but d'industrialiser une pompe à chaleur à très haute performance. Cet accord prévoit la commercialisation de ce nouveau produit sur la base d'une innovation, développée dans les laboratoires de recherche et développement d'EDF. L'industrialisation du produit est réalisée de façon conjointe avec STIEBEL ELTRON. La mise sur le marché de cette nouvelle pompe à chaleur à très haute performance est prévue pour le second semestre 2008¹⁴⁹.
2. EDF Energies Nouvelles Réparties renforce début 2008 son implantation sur le marché des énergies renouvelables réparties avec l'acquisition du groupe RIBO SA. Le groupe RIBO SA, développe depuis plus de dix ans des solutions techniques de chauffage par pompe à chaleur air / air destinées aux logements individuels et collectifs. Les solutions RIBO¹⁵⁰ permettent de traiter les immeubles collectifs comme les maisons individuelles. Elles garantissent jusqu'à 65% d'économies d'énergie sur le chauffage des logements et permettent d'atteindre des performances énergétiques conformes aux labels les plus exigeants (bâtiment basse consommation, label Effinergie).

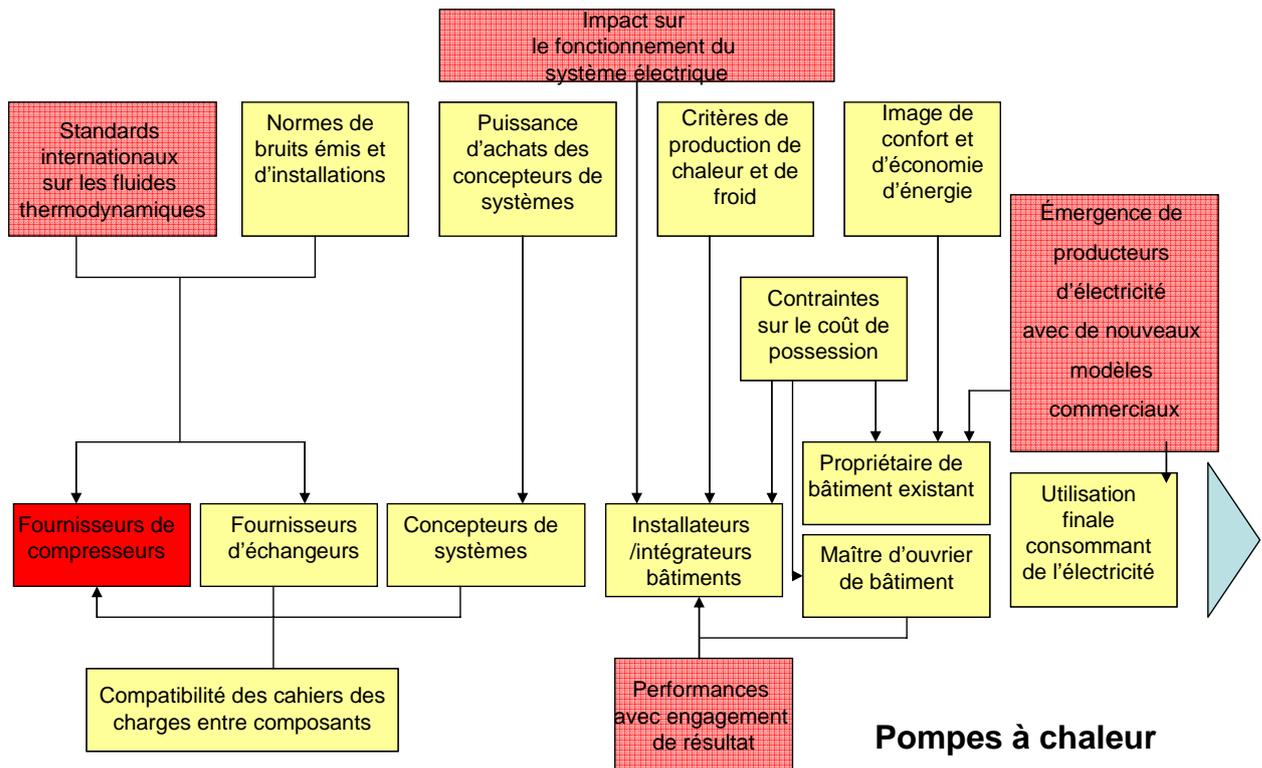
Les autres industriels présents sur le marché français (une cinquantaine) sont :

- des entreprises dont l'activité exclusive est la fabrication de pompes à chaleur,
- des fabricants de matériels de conditionnement d'air,
- des fabricants d'appareils de chauffage (chaudières ou chauffage électrique).

Ces industriels sont membres des syndicats professionnels UNICLIMA ou GFCC (dont la fusion est en cours), l'Union Climatique de France/FFB et l'UNACPC CAPEB et d'associations comme l'AFPAC.

¹⁴⁹ Les informations concernant les modalités de fabrication industrielle ne sont pas connues à ce jour.

¹⁵⁰ Les informations concernant les perspectives de croissance de RIBO ainsi que les types de composants technologiques ne sont pas disponibles à ce jour.



Verrous et freins

Dans un marché en croissance, avec des acteurs industriels de différentes tailles et d'expériences variées, face à des enjeux technologiques importants pour disposer de produits efficaces et fiables, il est urgent de concentrer les efforts de R&D : mettre à la disposition des professionnels de la filière une entité nouvelle, apte à fédérer l'ensemble des initiatives et travaux qui visent à une performance accrue des pompes à chaleur.

Le groupe technologique « Pompes à Chaleur » doit donc être un centre de compétences multidisciplinaires et de ressources pour la filière professionnelle française, qui évite la dispersion des efforts et accroît la visibilité de la R&D technologique sur ces appareils.

- *recherche fondamentale (fluides frigorigènes, transferts thermiques, efficacité énergétique, mécanique des fluides, acoustique, matériaux, ...),*
- *développement technologique,*
- *veille technologique,*
- *veille économique et de marché, en liaison avec les organisations professionnelles de la filière,*
- *formation continue (fabricants, bureaux d'études, installateurs, sociétés de maintenance),*
- *diffusion d'informations (lettre d'informations, documents techniques, journées techniques, Congrès Français annuel des Pompes à Chaleur, ...)*

Les partenaires possibles de ce groupe technologique pourraient être :

- *Laboratoires de recherche : Ecole des Mines de Paris, INSA-CETHIL, LATEP, TREFLE, CNAM-IFFI, CEA BRGM,*
- *Centres Techniques Industriels : CETIAT, CETIM,*
- *Laboratoires d'essais : CETIAT, LNE,*
- *Distributeurs d'énergie : EDF, GDF SUEZ,*
- *Organisations ou associations professionnelles : UNICLIMA, GFCC, AFPAC,*
- *Organismes de formation continue : CETIAT, COSTIC,*
- *Organismes de diffusion d'information : ADEME.*

Efforts d'innovation

La technologie des appareils est maîtrisée lorsqu'ils utilisent un cycle thermodynamique à compression de vapeur, mais des enjeux technologiques forts subsistent pour en améliorer les performances :

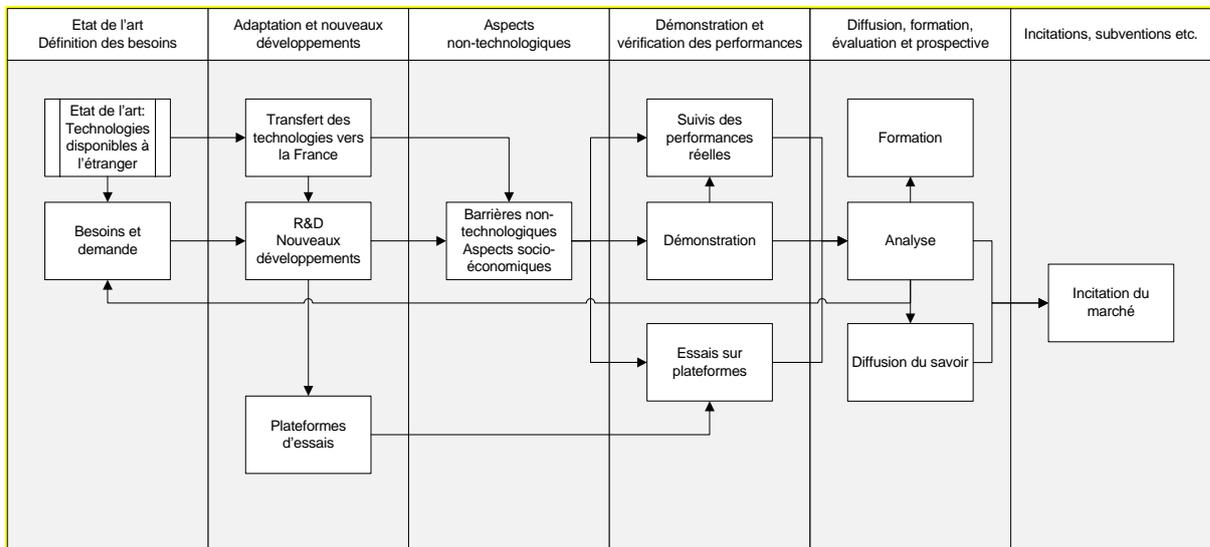
- *évolution des réglementations sur les fluides frigorigènes,*
- *optimisation des capteurs géothermiques,*
- *optimisation des échangeurs de chaleur,*
- *contrôle-commande – stratégie et logique de régulation,*
- *couplage avec d'autres systèmes (pompes à chaleur sur l'air extrait de ventilation, pompes à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire,...),*
- *pompes à chaleur haute température, adaptées au remplacement d'anciennes chaudières,*
- *réduction du bruit des appareils et des installations,*
- *pompes à chaleur adaptées à des bâtiments à très faible besoin de chauffage,*
- *optimisation d'autres types de PAC (PAC à moteur gaz, PAC à sorption etc.),*
- *intégration optimisée des ventilateurs,*
- *qualité des installations,*
- *diffusion d'outils d'aide à la décision et des outils de dimensionnement.*

Des travaux de recherche restent par ailleurs nécessaires sur les pompes à chaleur à absorption¹⁵¹. Les travaux de recherche sur les pompes à chaleur sont menés dans des laboratoires publics (Ecole des Mines de Paris, INSA-CETHIL, LATEP, TREFLE, CNAM-IFFI, CEA, BRGM). EDF, GDF Suez et le CETIAT (centre technique industriel des fabricants français de pompes à chaleur) ont aussi une activité de R&D dans ce domaine, en collaboration avec les fabricants.

¹⁵¹ Les pompes à chaleur à absorption remplacent la compression mécanique par un système à absorption couplé à un générateur de chaleur. Le fluide véhiculé est un couple frigorigène / absorbant, deux composants naturels qui permettent de s'affranchir des fluides fluorés (CFC, HCFC ou HFC).

Par ailleurs, l'ADEME, avec la collaboration du CSTB et du BRGM, prépare actuellement une feuille de route géothermie très basse température, pour les actions à mener dans les 5 années à venir. Les actions couvrent l'ensemble de la filière comme le montre la figure ci-dessous.

Types d'actions de la feuille de route Géothermie très basse température

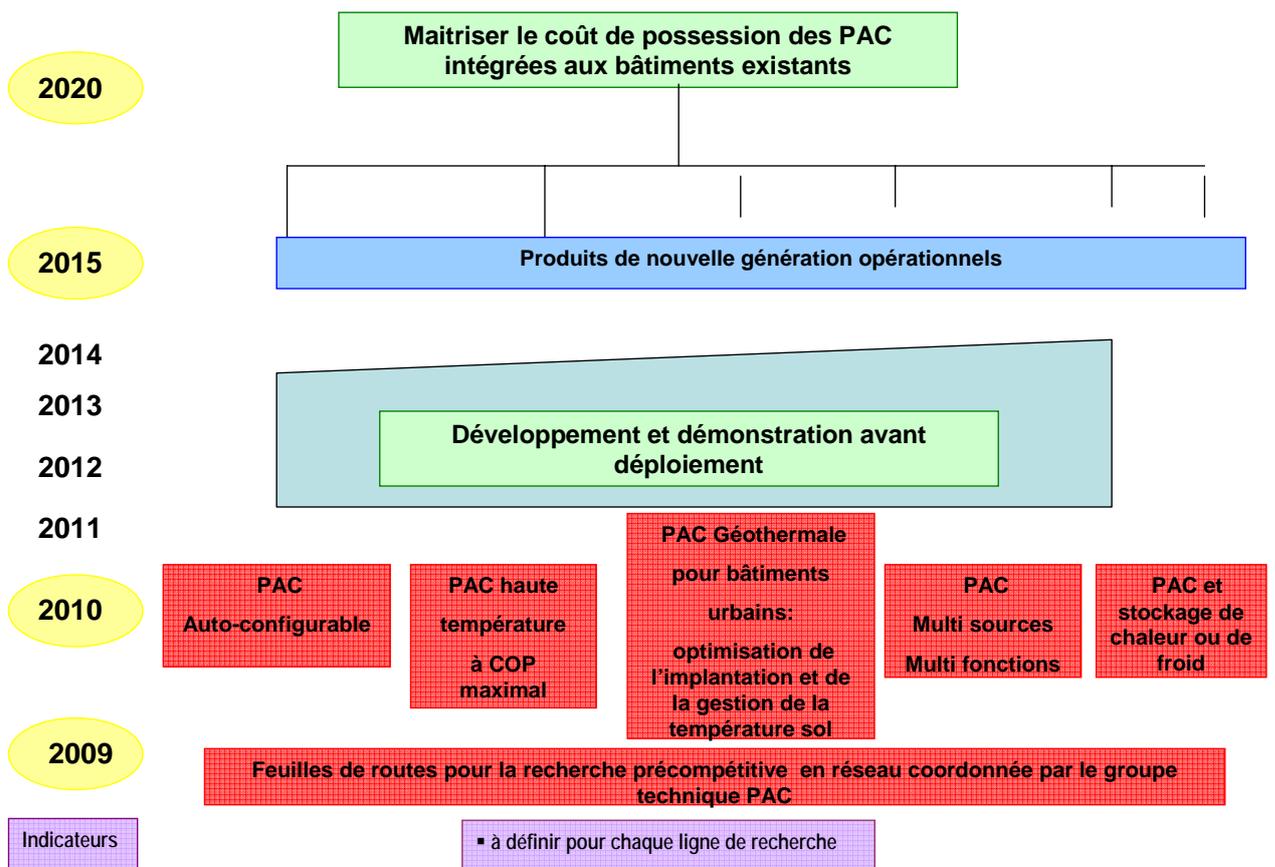
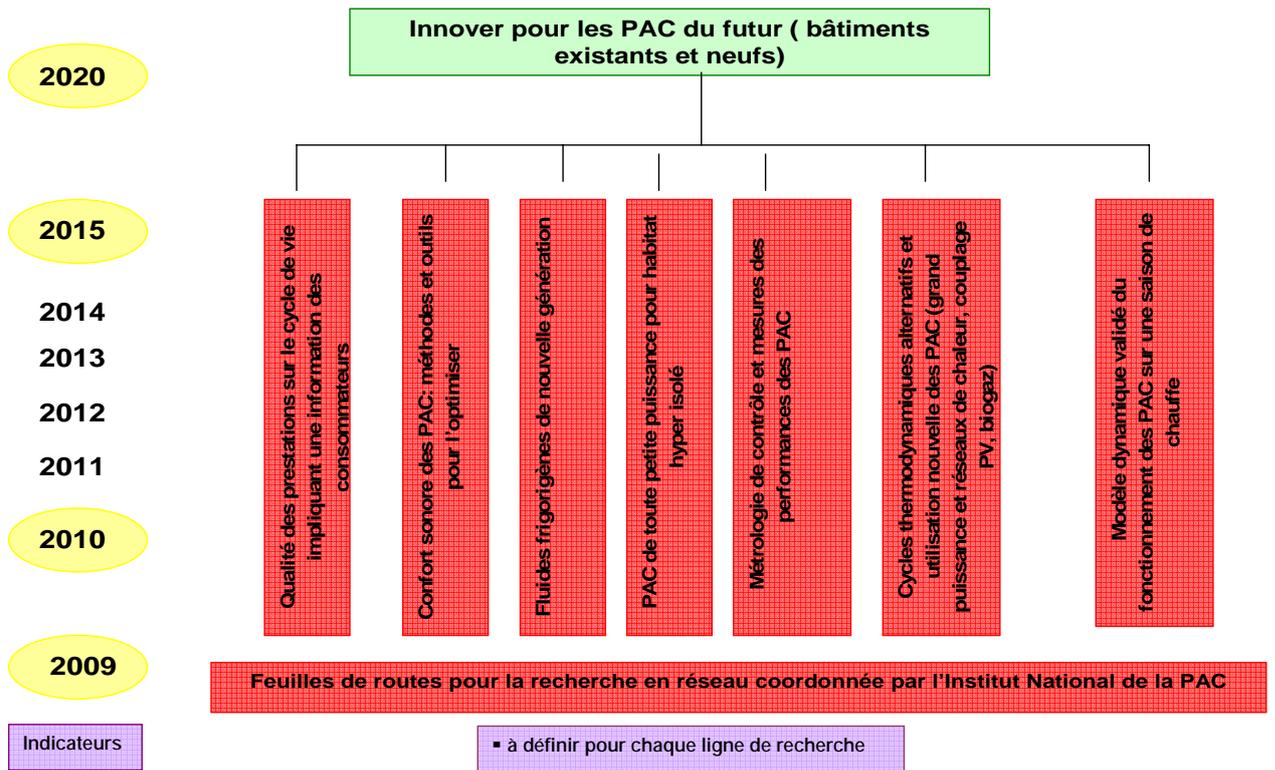


Les résultats de cette étude, attendus pour fin 2008, pourraient alimenter les réflexions sur les PAC en général.

Feuilles de route « Pompes à Chaleur »

Les deux schémas ci-dessous présentent les feuilles de route proposées. Les thématiques de recherches sont identifiées et les indicateurs restent à définir pour chacune d'elles avec l'aide du groupe technologique. Ces feuilles de route couvrent deux axes complémentaires :

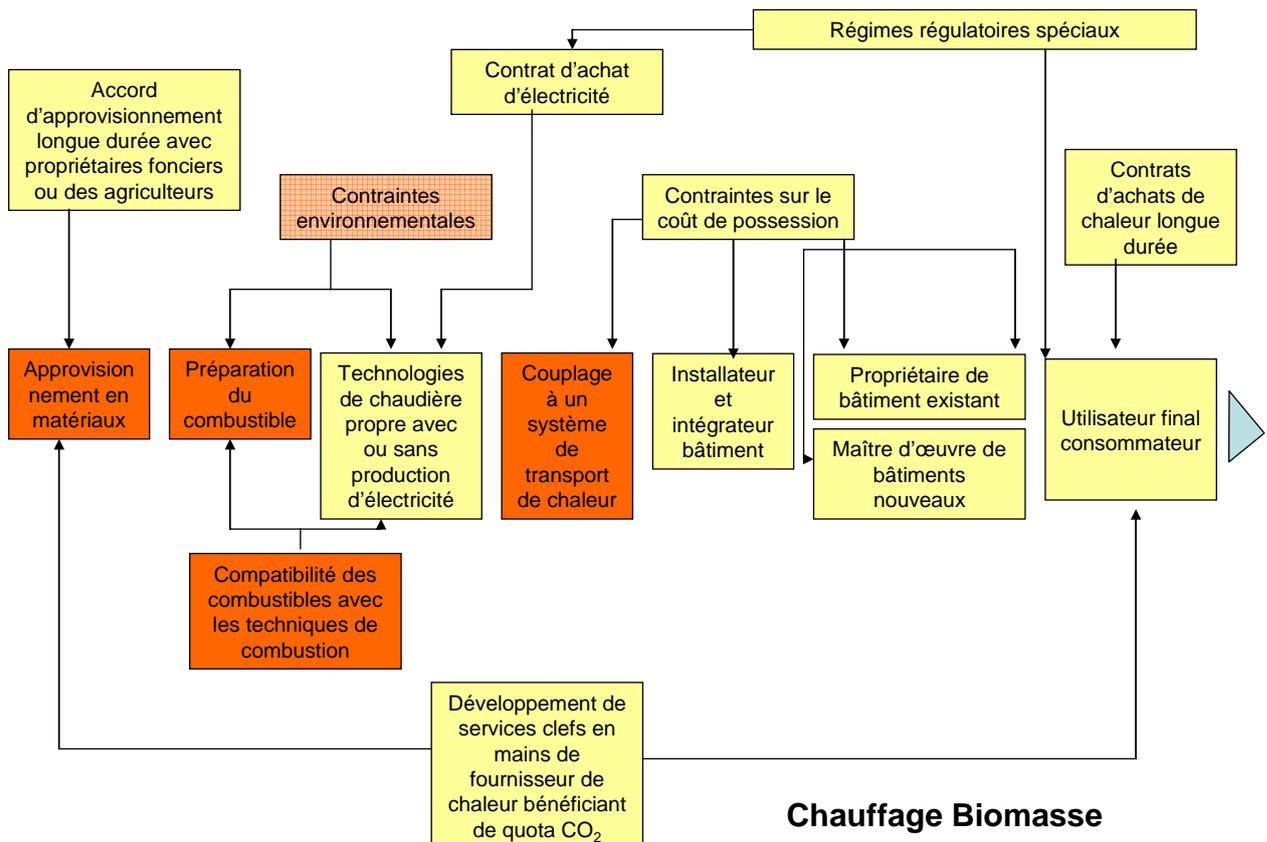
- *L'amélioration continue des composants technologiques et les prestations de services autour de la technologie pour en réduire le coût pour l'utilisateur une fois l'intégration faite.*
- *L'innovation système autour de nouveaux concepts et de nouvelles utilisations des PAC.*



9.2.5.4 Chauffage biomasse

Chaîne de valeur

Le schéma ci-dessous synthétise la chaîne de valeur pour cette technologie. On retiendra la criticité de l'approvisionnement en combustibles de qualité stable. En 2007, et suite aux succès rencontrés depuis 2000, l'ADEME a lancé un nouveau plan pour valoriser 290 000 TEP supplémentaires, en visant à améliorer l'efficacité des aides en € et CO₂ évitée (sur 20 ans), ce qui permettra de passer d'environ 7 à 5 €. Ceci nécessite de mobiliser le combustible sur des projets à forte consommation (hôpitaux, piscines, maisons de retraite, logement collectif).



Verrous et freins

La loi du 13 juillet 2005 (loi POPE) fixe implicitement la nécessité de recourir massivement à la combustion biomasse (entre 3 et 4 Millions de TEP de biomasse supplémentaire), alors qu'en parallèle la directive européenne sur les quotas (2003) plafonne les émissions de CO₂ des grandes installations émettrices de gaz à effet de serre, et le Plan National Santé Environnement vise à réduire les émissions polluantes du secteur résidentiel et tertiaire, touchant donc aussi la combustion de la biomasse.

Par ailleurs, la décision des Etats Membres pour 2020 de passer à 20 % d'électricité d'origine renouvelable replace l'enjeu biomasse pour notre pays à sa juste valeur :

- *favoriser la **mobilisation d'une ressource supplémentaire** sans perturber la filière bois dans son ensemble, filière qui utilise d'abord le bois comme matériau technique : or, une voie d'amélioration des performances des bâtiments est l'utilisation du bois en construction !*
- ***optimiser l'utilisation de la biomasse ressource** en combinant les voies chaleur, cogénération, biocarburants et chimie du bois.*
- ***réduire les impacts environnementaux de la combustion de la biomasse** qui, en particulier pour le parc domestique des chaudières anciennes ou inserts, restent très élevés.*

La France est donc face à un paradoxe :

- *le chauffage biomasse est très répandu (plus de 9 Millions de TEP) avec un bois bûche représentant plus de 7 Millions de TEP, mais une consommation grise -en général gratuite- très importante : la France a donc plus de 5 Millions de foyers chauffés totalement ou partiellement au bois, **mais dont on connaît mal les performances de combustion in situ.***
- *le chauffage collectif est encore très faiblement développé (le ratio de transformation de chaleur collective au bois par habitant est dix fois plus faible qu'en Suède, Finlande, Danemark ou Autriche¹⁵²).*
- *l'utilisation des connexes (en particulier sciures) issus de l'industrie du bois voit croître les projets de granulés, qui permettent de promouvoir les chaudières à bois individuelles où la France est encore peu présente.*
- *les différents plans bois de l'ADEME depuis la fin des années 90 ont réussi à promouvoir l'ensemble de la filière combustion biomasse et ont créé plus de 10 000 emplois sur toute la filière¹⁵³.*

Le premier verrou à la progression de la combustion biomasse est **la mobilisation de la ressource non exploitée**, ce qui suppose l'utilisation d'outils d'information modernes pour savoir qui est le propriétaire (2/3 des surfaces boisées sont des patrimoines privés), puis comment le motiver à passer d'une logique patrimoniale confortée par la législation fiscale en vigueur à une logique de vente des stocks disponibles.

Le deuxième verrou pour le chauffage collectif reste **les contraintes fiscales et réglementaires sur les réseaux de chaleur**, qui, une fois levées, permettent de s'affranchir des problèmes propres à la biomasse (approvisionnement, stockage, nécessité d'une utilisation de la chaleur pour les solutions de cogénération). Une feuille de route spécifique est proposée dans ce sens.

Le troisième verrou pour **le chauffage individuel reste le parc de matériel ancien**, très difficile à déplacer, et la difficulté pour les installateurs à préconiser le chauffage bois, ceci pour plusieurs raisons (hormis les solutions granulés) :

- *nécessité du chargement manuel et inertie associée du système,*

¹⁵² Rapport du Sénat « **Energies renouvelables et développement local : l'intelligence territoriale en action** » 2006.

¹⁵³ « Politique de développement de la biomasse énergie : les différentes aides publiques » Sylvain Bordebeure, ADEME, 2007.

- *coût d'investissement,*
- *garantie d'un approvisionnement de qualité,*
- *coût d'entretien,*
- *marges de distribution moins incitatives pour la biomasse que pour les combustibles fossiles classiques.*

Le quatrième verrou concernant la combustion biomasse est le **niveau de pollution** (particules, COV) qu'il faut réduire pour rester en conformité avec les directives européennes qui évolueront continûment dans les années à venir.

Le cinquième verrou concerne la recherche d'options de développement de la **filière d'électricité «verte»** répondant aux critères de haute performance énergétique, en cohérence avec la directive européenne, pour atteindre 1000 MWe en 2010 et 2000 MWe en 2015¹⁵⁴.

Efforts d'innovation

Les orientations suivantes ont été définies.

1. faciliter l'accès à la ressource inexploitée sans déstabiliser les filières actuelles : les informations existent mais sont difficilement accessibles rapidement. **Un système d'information** liant une information GPS aux données cadastrales elles-mêmes déjà informatisées doit permettre de répondre à la question critique pour les exploitants forestiers (coopératives, exploitants privés) : qui est propriétaire de quoi ? Ce service serait rendu disponible par la Puissance Publique dans des conditions d'accès à définir avec l'ONF.
2. la création d'un groupe **technologique**, lieu de rencontre entre l'Etat, les collectivités locales et les acteurs professionnels de la recherche apparaît nécessaire pour coordonner et accélérer les travaux de recherche précompétitive à lancer. Le FCBA¹⁵⁵ est prêt à en prendre la coordination, son atout étant de couvrir toutes les utilisations du bois, donc d'optimiser les filières de production en amont. Les thèmes de coopération à traiter en priorité sont :
 - ✓ la **maîtrise des rendements et de la pollution**, toute taille et type confondus d'installation, avec une augmentation des budgets ADEME actuels (chiffrés à +1M€/an pour le chauffage individuel),
 - ✓ la **recherche de la taille critique** pour les opérations de production combinée chaleur et électricité, donc de la bonne taille entre les grosses installations qui peuvent rendre la performance énergétique médiocre ou aléatoire, et les installations de faible taille qui ne bénéficieront pas d'un effet d'échelle suffisant¹⁵⁶,
 - ✓ la **certification et la normalisation de la qualité des combustibles** (bûches, granulés, plaquettes) de façon à garantir des performances des matériels de manière plus fiable¹⁵⁷,
 - ✓ la validation des **circuits d'approvisionnements** nouveaux en plaquettes forestières,

¹⁵⁴ Arrêté du 7 juillet 2006 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité (PPI).

¹⁵⁵ Institut technologique Forêt, Cellulose, Bois-construction, Ameublement.

¹⁵⁶ CIBE-ATEE, Strasbourg, 18-19 Septembre 2007, « Production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables : Enjeux et perspectives pour la biomasse dans le contexte administratif et réglementaire français ».

¹⁵⁷ L'introduction d'une norme NF bois n'a pas, à ce jour, donné entière satisfaction.

- ✓ la **formation** des installateurs aux techniques de la combustion biomasse,
 - ✓ la **valorisation agricole des cendres** pour les grosses installations en dégageant de nouvelles réglementations plus appropriées que l'existante.
3. La réduction de la pollution observée à ce jour passera par un déplacement du parc d'installations individuelles vers des installations plus performantes : un système de « **prime à la casse** » similaire à celui mis en place pour les voitures doit être examiné avec l'ensemble de la profession, installateurs compris. Ceci aurait l'avantage de stimuler la demande et de résoudre un problème chronique de santé publique sans déstabiliser la filière existante : en effet, les gains de rendement obtenus en déplaçant le parc permettraient de garder la consommation domestique de bois constante, comme indiqué par le COMOP EnR.
4. Analyser l'impact du déploiement du chauffage biomasse sur la sécurité des bâtiments (en particulier la sécurité incendie du fait de mauvaises conditions de stockage, voire de combustion) et définir, si nécessaire, de nouveaux standards limitant ces risques.
5. Pour les réseaux de chaleur, au-delà des ajustements d'ordre législatif proposés dans le COMOP EnR, trois pistes technologiques sont proposées pour répondre à l'objectif de triplement évoqué dans le rapport de M. Prévot, lié à l'extension du chauffage collectif biomasse :
- ✓ aider les **opérations de démonstration** de chauffage biomasse couplé à la géothermie et à la récupération de chaleur industrielle résiduelle,
 - ✓ susciter une innovation « **composant réseau** » (conduits, stockage de chaud et de froid, surveillance des performances) pour disposer, à terme, d'une industrie française sur ce segment de marché : on notera que des transferts de technologies peuvent venir de l'industrie pétrolière,
 - ✓ évaluer le potentiel des **micro-réseaux de chaleur** interconnectant des bâtiments en résidentiel ou tertiaire urbains pour leur rénovation thermique (utilisant le solaire thermique et le chauffage biomasse).

9.3. Mesure N° 3 : Afficher la qualité des performances des systèmes NTE en introduisant un étiquetage mixte énergie primaire/CO₂, étiquetage qui s'appuie sur des normes et certifications au meilleur niveau européen

9.3.1. Contexte

La Directive Européenne CE/32/2005 concernant **l'éco-conception des produits consommant de l'énergie** a été adoptée en Juillet 2005. Cette nouvelle directive vise à prendre en compte les impacts environnementaux lors de la conception de produits. Parmi les produits visés, les chaudières, les chauffe-eau, les climatiseurs. En France, l'Ecole des Mines est responsable d'un projet (ECOAIRCOM) pour examiner le processus pour les climatiseurs et le GIFAM a en charge le suivi des travaux sur les chauffe-eau.

L'adoption de mesures d'exécution pour les différents produits pourrait intervenir dès 2009.¹⁵⁸

Avec la baisse programmée des consommations d'énergie dans les bâtiments neufs (2010) puis dans les bâtiments existants, la prise en compte de l'énergie grise (toutes les énergies consommées de la phase de fabrication à la phase de recyclage) devient donc essentielle, avec d'ailleurs un avantage aux NTE. Il convient donc, à l'avenir, que le calcul conventionnel des performances de ces systèmes prenne en compte l'ensemble du cycle de vie du produit.

Devant l'afflux de produits étrangers faible coût / faible performance, les constructeurs, comme les installateurs, insistent sur l'intérêt de promouvoir un étiquetage mixte énergie primaire/carbone évité¹⁵⁹ qui permette :

- *de définir un **domaine de performances** agréé par la profession,*
- *de construire une « **voiture balai** » programmée pour les produits les moins performants, c'est-à-dire non seulement moins efficaces mais aussi moins fiables et de plus courte durée de vie (le coût total de possession),*
- *de fournir aux intégrateurs systèmes / installateurs des **critères de performances** sur lesquels ils peuvent eux-mêmes s'engager,*

¹⁵⁸ CSTB, Mars 2008, « Etiquetage Energétique et Eco conception pour les systèmes de production d'ECS ».

¹⁵⁹ montrant ainsi l'inefficacité du marquage CE comme garantie d'efficacité des produits concernés

Cet effort doit s'appuyer, en parallèle, sur la normalisation et la certification des ensembles technologiques NTE, outils essentiels pour :

- *mettre en place des exigences de performances environnementales (on citera la norme EN303.5 qui décrit trois classes de performances de 1 à 3 prenant en compte le rendement, les émissions de CO et de COV (composés organiques volatiles et poussières),*
- *« sévérer » progressivement dans le temps les exigences de performances et donc inciter les industriels à des efforts cohérents de recherche et développement en vue de faire évoluer les produits,*
- *prendre en compte le fonctionnement réel des systèmes (on mentionnera, en particulier, le projet de norme EN14825 qui définit les performances saisonnières ou annuelles des pompes à chaleur).*

Les efforts combinés des fabricants et des organismes de certification dans le domaine des Energies Renouvelables doivent être soutenus au niveau national afin de créer un pôle de certification fort au niveau européen pour chaque technologie.

Par ailleurs, une autre piste de financement de l'innovation a été évoquée lors des travaux du groupe de travail interministériel : elle mérite d'être approfondie avec la Commission Européenne (voir annexe 6).

9.3.2. Verrous et freins actuels

Des travaux sont en cours pour l'eau chaude sanitaire (ECS), les chaudières et les climatiseurs. Il s'agit de situer les performances des systèmes et non plus des composants (comme des moteurs électriques), ce qui amplifie la difficulté car :

- *les données d'entrée pour le bon fonctionnement sont fluctuantes,*
- *les systèmes travaillent en régime transitoire, ce qui complexifie la quantification du niveau de performance.*

9.3.3. Efforts d'innovation

En supposant que les études en cours débouchent sur des recommandations positives, il va sans dire que leur application doit suivre en même temps pour les chaudières, chauffe-eau, climatiseurs, pompes à chaleur et chaudières biomasse, avec l'aide de la profession.

9.3.4. Feuille de route pour la mesure N°3

MESURE N°3	
AFFICHAGE DES PERFORMANCES ENERGIE PRIMAIRE ET CO ₂ DES NTE POUR FACILITER UNE INTEGRATION COHERENTE DANS LES BATIMENTS	
CIBLE D'ACTEURS VISES	
✓	LES CONSTRUCTEURS DE MATERIEL ET LEURS ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES
✓	LES ORGANISMES DE VALIDATION ET DE CERTIFICATION DES PERFORMANCES
✓	LES LABORATOIRES MESURANT LES PERFORMANCES
OBJECTIFS POUR CETTE CIBLE	
✓	DISPOSER PROGRESSIVEMENT D'UN ETIQUETAGE MIXTE ENERGIE/CO ₂ COHERENT AVEC LE LABEL MIS EN PLACE POUR LES BATIMENTS
✓	METTRE EN ŒUVRE PRATIQUEMENT LA DIRECTIVE EUROPEENNE CE/32/2005 CONCERNANT L'ECO-CONCEPTION DES PRODUITS CONSOMMANT DE L'ENERGIE ADOPTEE EN JUILLET 2005
IMPACTS SI L'OBJECTIF EST ATTEINT	
✓	CHAQUE ACTEUR DE LA CHAINE BATIMENT DISPOSE D'UNE INFORMATION PARTAGEE SUR LES PERFORMANCES INTRINSEQUES DES NTE UTILISEES
✓	L'INTEGRATION AU SEIN D'UN SYSTEME PART DE DONNEES DE PERFORMANCES REFERENCEES QUI FACILITENT LES ANALYSES SYSTEMES ET LE BILAN ECONOMIQUE A PRIORI
✓	LES CONSTRUCTEURS DECIDENT D'UN SYSTEME D'ELIMINATION DU MARCHE DES PRODUITS LES MOINS PERFORMANTS
✓	L'IMPORTATION DE PRODUITS DE QUALITE REDUITE EST LIMITEE PAR LE CONTROLE DE L'ETIQUETAGE
✓	LES ECONOMIES D'ENERGIE ET LA REDUCTION DE CO ₂ SONT MOINS SENSIBLES AUX PRIX DES COMBUSTIBLES FOSSILES
INDICATEURS D'AVANCEMENT VERS L'OBJECTIF / LIVRABLES	
✓	CHOIX POUR LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE (FIN 2008)
✓	BILAN DES TRAVAUX DE L'ECOLE DES MINES RESPONSABLE D'UN PROJET (ECOAIRCOM) POUR EXAMINER LE PROCESSUS POUR LES CLIMATISEURS (FIN 2009) ET DONC LES POMPES A CHALEUR
✓	ADOPTION PAR LA COMMISSION EUROPEENNE DE MESURES D'EXECUTION DE LA DIRECTIVE « ECO-CONCEPTION » AUX CHAUDIERES, CHAUFFE-EAU ET CLIMATISEURS PUIS TRANSPOSITION DE CES MESURES DANS LA LEGISLATION FRANÇAISE ¹⁶⁰
✓	EXTENSION AUX CHAUDIERES ET POMPES A CHALEUR A PARTIR DE 2010

¹⁶⁰ La France n'est pas maîtresse du calendrier de la CE

PILOTE NATIONAL
✓ LES GROUPES TECHNOLOGIQUES CONCERNES, AVEC LE PREBAT ET LE CSTB
PARTENAIRES POUR LA MISE EN ŒUVRE
✓ LES CONSTRUCTEURS ET LES CENTRES TECHNIQUES CHARGES DE L'EVALUATION
✓ DGE / ADEME / OSEO / ANR POUR LE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE PRENORMATIVE EN LIAISON AVEC LA DIRECTIVE EUROPEENNE CE/32/2005

DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
1	<i>Introduction de cette thématique dans les feuilles de route technologiques concernées</i>	<i>Les groupes technologiques</i>	<i>Juin 2009</i>
2	<i>Bilan des travaux ecoaircom transmis à la CE par l'Ecole des Mines</i>	<i>Les groupes technologiques</i>	<i>Décembre 2009</i>
3	<i>Validation des premiers travaux de préparation des étiquetages, accompagnement de la normalisation/ certification des équipements</i>	<i>MEEDAT, DGEC et groupes technologiques candidats</i>	<i>Janvier 2010</i>

9.4. Mesure N°4 : Améliorer les performances énergétiques des bâtiments en généralisant progressivement les techniques de Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie dans les bâtiments

9.4.1. Chaîne de valeur

L'article 4 de la directive 2002/91 CE en date du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments fixe un calendrier d'amélioration (voir Annexe 3) : « Ces exigences (en fonction du progrès technique de nouvelles technologies telle la ventilation) sont revues à intervalles réguliers n'excédant pas une durée de cinq ans, mises à jour pour tenir compte des progrès techniques réalisés dans le secteur du bâtiment ».

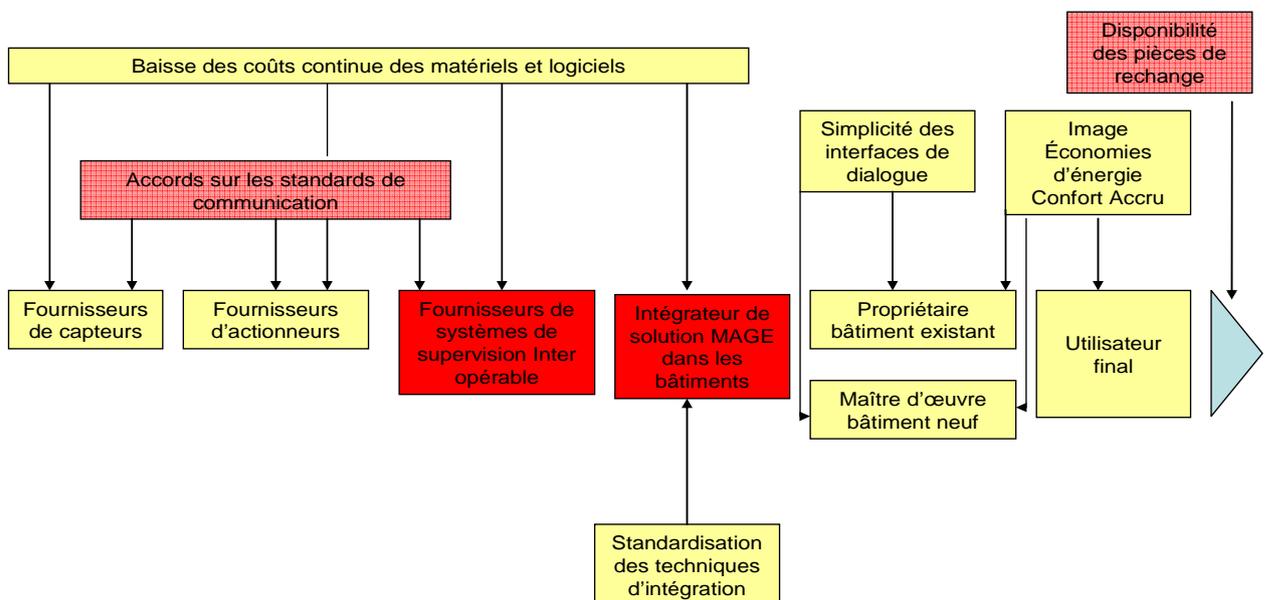
Un des atouts des NTE est de contribuer à cette réduction programmée des besoins énergétiques et de la signature CO₂ des bâtiments neufs et existants (en particulier dans la satisfaction des besoins de chauffage / rafraîchissement et d'eau chaude sanitaire) : cet atout sera d'autant plus convaincant que la réduction est atteinte avec une rentabilité prenant en compte leur coût de possession réel, donc sur au moins vingt ans d'utilisation intensive.

Cependant, les performances de ces composants dépendent directement du **comportement de ses occupants à l'intérieur des bâtiments servis**, et en particulier de la perception que ces clients ont de leur facture énergétique globale réelle. De nombreuses études ont montré que cette perception est restée longtemps erronée, en l'absence de comptage précis par utilisation mais aussi du fait d'une énergie peu chère qui ne poussait pas les occupants à adopter des comportements plus vertueux. Il convient donc d'**imposer la mesure et la visualisation en temps réel** (et non calculée) des consommations par poste (chauffage, éclairage, eau chaude sanitaire, éclairage, prises de courant, etc...)

Les progrès des technologies de l'information et de la communication permettent aujourd'hui d'envisager la généralisation des produits et systèmes de Maîtrise Active des Consommations d'Énergie. Par maîtrise active, on entend des automatismes assurant un meilleur contrôle des niveaux et durées de consommation de différents postes (chauffage, climatisation, ECS, éclairage, ventilation, prise de courant...) ainsi que l'optimisation en temps réel des NTE intégrées au bâtiment. Un système de Gestion Technique des Bâtiments (GTB) peut fédérer tous ces automatismes.

Le schéma ci-dessous synthétise la chaîne de valeur pour cette technologie de systèmes GTB. On retiendra la criticité des étapes technologiques de fourniture de système « ouverts et interopérables » et d'installation de tels systèmes. Par ailleurs, les installateurs soulignent l'absence de politique stable de pièces de rechange.

Maîtrise Active de la Gestion de l'Énergie (MAGE)



Ces produits et systèmes MAGE permettent :

- de prendre des décisions **d'optimisation de la demande interne en énergie** sans intervention humaine, en particulier par une meilleure connaissance des besoins locaux (par exemple éclairage réglé en fonction de la luminosité extérieure), ou une adaptation de la demande en énergie par un meilleur pilotage ce qui déjà limite le risque de surconsommations,
- d'informer les occupants des consommations réelles ce qui rend vertueux leur « comportement énergétique ».

9.4.2. Verrous et freins

La Maîtrise Active des Consommations d'Énergie n'est pas une innovation en soi : les détecteurs de mouvement, les programmeurs de chauffages... existent depuis longtemps. Au niveau système, le tertiaire et certains logements collectifs ont déjà adopté de telles solutions à la demande des gestionnaires de parcs immobiliers qui, bien souvent, ont des contrats de fournitures d'énergie avec bonus/malus sur les performances. Dans ce dernier cas, le « foisonnement » du comportement des utilisateurs (plusieurs centaines servis dans un même immeuble) permet, en moyenne, de prédire les comportements du bâtiment dans son ensemble, et donc des lois de demande qu'il faudra maîtriser.

Au niveau des applications (chauffage, éclairage, ECS..), le déploiement de solutions « produits » (thermostat, programmeur, détecteur, gestion horaire, gestion des volets roulants...) permet à lui seul une grande partie des économies. Néanmoins leur diffusion est encore limitée du fait de :

- l'absence de prescription et d'aide réglementaire,
- la faiblesse de l'information sur les solutions disponibles commercialement de gestion de l'énergie.

Au niveau des systèmes de GTB, ce sont six raisons principales qui expliquent leur déploiement encore restreint :

- **leur coût (matériel et logiciel) qui ne peut être amorti que pour de grands immeubles** : cet état de fait changera progressivement avec une réduction inexorable des coûts des matériels et des logiciels,
- **leurs modes de réalisation actuels, où les développeurs se basent sur des choix de réalisation dits « propriétaires », au cas par cas, interdisant l'interopérabilité des matériels et logiciels, et faisant donc de chaque solution un système prototype** : le défi est d'introduire des standards pérennes d'architecture de système, l'utilisation de protocoles standards de communication favorisant l'interopérabilité entre matériels et logiciels et des interfaces matériels / logiciels elles aussi standards, le tout pour éviter de lier la réalisation d'un système complet à des technologies spécifiques de capteurs ou d'actionneurs,
- **le lotissement dans les contrats de construction ou de rénovation qui ne valorise pas le rôle des systèmes électroniques/informatiques par rapport aux autres lots classiques d'un bâtiment** : bien souvent les choix sont faits en fin de chantier, en minimisant leurs ambitions du fait de contraintes budgétaires,
- **un manque de connaissance sur le potentiel réel de ces techniques, regardées comme « secondaires » en particulier par la majorité des architectes**¹⁶¹,
- **une connaissance encore approximative des réels besoins des utilisateurs, connaissance qui ne permet pas de construire une intelligence de pilotage garantissant l'optimisation de la consommation énergétique au plus juste** : le CSTB vient de lancer un ambitieux programme de recherche pour mieux cerner les profils et les consommations des usages spécifiques de l'électricité dont les projections estiment qu'elles représenteront en 2030 70% des consommations énergétiques des logements. Ce programme se base sur des systèmes de reconnaissance non intrusifs des appareils consommateurs d'électricité,
- **des contre-performances sur certaines installations incluant les difficultés de maintenance qui ont, dans certains cas, montré que des erreurs d'implémentation système ont débouché sur des surconsommations inattendues.**

Depuis 2007, des aides publiques importantes accordées aux constructeurs français (Schneider, Legrand) permettront de promouvoir à partir de 2012 d'une part des produits ou solutions par application plus fiables, plus efficaces ou plus adaptées aux usages, et d'autre part des systèmes de GTB ayant des coûts encore plus faibles, plus ouverts et interopérables, plus faciles à installer et à maintenir par des opérateurs de terrain. En particulier, le projet HOMES de Schneider développe un langage de description de performances des NTE, langage qui permet de communiquer avec les systèmes de supervision sur leur état de fonctionnement en temps réel.

¹⁶¹ On citera aussi la nécessité de revisiter la ventilation des bâtiments sur la base d'un pilotage en temps réel de la qualité de l'air ambiant (CO2), changement dont l'impact potentiel sur la réduction des consommations peut être important.

9.4.3. Efforts d'innovation

L'intervention publique pour soutenir la recherche et développement dans l'industrie doit être continuée sur trois aspects :

- le développement de **capteurs, commandes, afficheurs, contrôleurs et actionneurs à faible coût et haute fiabilité** pour la Maîtrise Active des Consommations Energétiques (présence, CO₂, température, débit, ...) en favorisant l'innovation des PME qui ont su protéger leurs inventions,
- la **standardisation des architectures** de système de GTB de façon à rendre les composants matériels et logiciels interopérables,
- une meilleure connaissance des usages pour développer des produits, des **modèles d'usage de l'énergie** dans le résidentiel et le tertiaire, modèles qui permettront d'une part de proposer de nouvelles gestions des équipements et d'autre part de proposer des lois de pilotage où l'utilisateur et ses habitudes – qui peuvent évoluer – sont pris en compte dans la boucle d'optimisation.

En parallèle, des démarches doivent être entreprises par l'Etat et la profession pour faire évoluer la réglementation thermique actuelle vers une réglementation énergétique globale, qui puisse en particulier considérer les dépenses en électricité liées à l'informatisation croissante des activités (travail et loisirs).

Enfin, la meilleure façon de valider le bien fondé des architectures ouvertes pour de tels systèmes de GTB est **d'imposer** une réponse industrielle fondée sur ces standards dans les futurs appels d'offres publics de rénovation (hôpitaux, administrations...) qui requièrent la fourniture de systèmes de GTB.

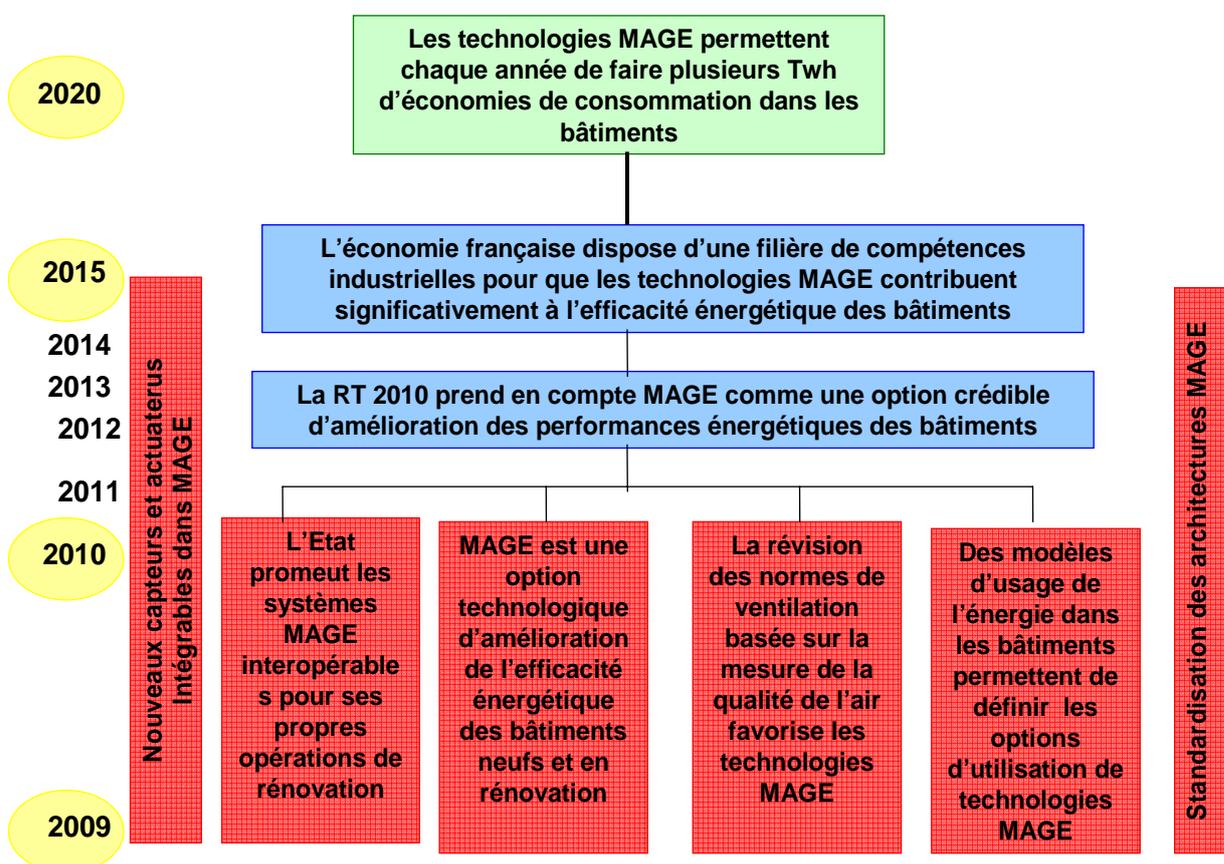
L'ensemble de ces actions, en complément de la formation des quelques 8.000 entreprises d'électricité à ces technologies, permet de structurer un ensemble de fournisseurs et prestataires capables de diffuser la Maîtrise Active des Consommations Energétiques comme une solution de réduction optimale des consommations des bâtiments neufs ou à rénover.

9.4.4. Feuille de route pour la Mesure n°4

MESURE N°4. GENERALISER PROGRESSIVEMENT LES TECHNIQUES DE MAITRISE ACTIVE DE LA GESTION DE L'ENERGIE (MAGE) DANS LES BATIMENTS RESIDENTIELS ET TERTIAIRES
<p>CIBLE D'ACTEURS VISES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ LES ARCHITECTES, LES BUREAUX D'ETUDE, LES CONSTRUCTEURS DE MATERIELS, LES CENTRES TECHNIQUES SUSCEPTIBLES D'EN EVALUER L'IMPACT
<p>OBJECTIFS POUR CETTE CIBLE</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ INTRODUIRE UNE REGLEMENTATION ENERGIE AU-DELA DE RT 2010 (ROLE DE L'ELECTRICITE) ✓ IMPOSER DES LOTISSEMENTS MAGE EN MAITRISE D'ŒUVRE POUR LES PROGRAMMES D'INVESTISSEMENTS PUBLICS QUI PERMETTENT D'ISOLER L'IMPACT DES CES TECHNOLOGIES SUR LES PERFORMANCES ENERGETIQUES DES BATIMENTS ✓ PROMOUVOIR UNE NOUVELLE REGLEMENTATION « VENTILATION » QUI PRENNE EN COMPTE LA MESURE TEMPS REEL DE LA QUALITE DE L'AIR
<p>IMPACTS SI L'OBJECTIF EST ATTEINT</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ PRISE EN COMPTE DES HABITUDES D'USAGE DES OCCUPANTS POUR ADAPTER LA CONSOMMATION AUX BESOINS REELS, Y COMPRIS LE CONFORT ✓ CAPACITE A TRACER LES COMPORTEMENTS DE CONSOMMATION ANORMAUX ET A ALERTER EN TEMPS REEL LES OCCUPANTS SUR DES DERIVES ✓ UTILISATION DES SIGNAUX DE PRIX DE L'ENERGIE POUR MODIFIER LES COMPORTEMENTS DE CONSOMMATION
<p>INDICATEURS D'AVANCEMENT VERS L'OBJECTIF / LIVRABLES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ LES PROJETS DE R&D AIDES PAR L'ETAT DEBOUCHENT SUR DES DEMONSTRATIONS
<p>PILOTE NATIONAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ LE GROUPE TECHNOLOGIQUE MAGE
<p>PARTENAIRES POUR LA MISE EN ŒUVRE</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ MINISTERES DE LA SANTE, MEEDDAT ✓ GESTIONNAIRE DES ACTIFS IMMOBILIERS DE L'ETAT

DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
1	Finaliser la feuille de route technologique	Groupe technologique	Décembre 2008
2	Contribuer à une réglementation thermique 2012 en introduisant toutes les consommations d'électricité	Groupe technologique	Juin 2009
3	Préparer des démonstrations Echelle 1 sur la base des résultats des projets de R&D aidés par la puissance publique	DGE / ADEME + bâtiments publics	Janvier 2010

Le schéma ci-dessous présente l'organisation de la coopération pour le déploiement à 2020 des technologies MAGE, dans le cadre d'un groupe technologique ad hoc.



9.5. Mesure N°5 : Maîtriser le coût des assurances couvrant l'installation des NTE en mutualisant les données d'incidents d'exploitation au niveau national

9.5.1. Contexte

Les Nouvelles Technologies de l'Energie sont des **technologies encore trop récentes** pour que l'ensemble des opérateurs impliqués ait une vision complète de leur coût de possession, et de l'évolution future de ce coût de possession : les risques industriels attachés à leur exploitation intensive sont donc pour l'instant difficilement appréhendables. **Ce manque de connaissance impacte directement le comportement des compagnies d'assurance qui couvrent les risques d'installation :**

- *soit les primes payées par les installateurs atteignent des sommes inacceptables pour le client final,*
- *soit, dans certains cas, les assurances refusent de couvrir les risques (cas du géothermal), ce qui implique un retrait des offres par les installateurs.*

Par ailleurs, le régime de **garantie décennale** (qui intervient aussi lors de la rénovation d'un toit à l'aide de solutions solaires) a conduit, en France, à un jeu d'acteurs complexe¹⁶² où :

- *pour le neuf, l'architecte étant responsable des choix technologiques innovants faits avec les bureaux d'études, et dont les performances n'atteindraient pas les spécifications des notices commerciales,*
- *pour la rénovation, l'installateur est à coup sûr la seule entité à subir d'éventuels risques, puisque responsable de la mise en œuvre à bonnes fins.*

Enfin, paradoxe de la situation, l'utilisateur final demande un engagement de résultats sur les performances à l'installateur (dont lui-même sent la nécessité pour ouvrir le marché des NTE), alors que l'on mesure une **judiciarisation progressive des conflits** : il y a de plus en plus d'utilisateurs qui avancent des arguments de mauvaise foi pour faire condamner l'installateur imprudent qui n'a pas fourni par écrit toutes les règles de fonctionnement. On notera d'ailleurs que les constructeurs de matériel construisent des fiches techniques afin de se protéger contre toute poursuite en cas de défaut de performances. On trouvera en Annexe 4 une invitation à reconsidérer l'ensemble de l'appareil législatif et assurantiel qui régit les recettes et la vie des bâtiments dans les dix premières années d'existence, ceci à la lumière des cibles 2020 pour l'ensemble de la profession.

¹⁶² voir l'article récent dans Vecteur Gaz, N°78, mai-juin 2008, page 4 « Les BET seraient-ils malades de leur assurance construction ? »

9.5.2 Verrous et freins actuels

Des discussions entre assureurs, installateurs et constructeurs sur le thème des NTE ont déjà eu lieu, et continuent, mais sans succès patent à ce jour :

- *chaque assureur reste frileux sur la couverture des risques¹⁶³, ce qui peut se comprendre quand on analyse les risques innovation en série (processus constructif et technologie),*
- *le régime de garantie décennale (par ailleurs, globalement déficitaire) conduit à des résultats controversés quand on l'applique à la couverture des risques induits par l'adoption des NTE,*
- *cette situation bloque aussi la volonté des installateurs à s'engager vers des résultats de performance : les assureurs seront en effet encore plus frileux quand il s'agira de garantir des contrats de performance.*

En parallèle, la « mission Parent » souligne les nécessités d'adapter le cadre normatif assurantiel actuel des acteurs de la construction et les évolutions qu'il conviendrait d'y apporter :

- *Faciliter l'emploi de technologies innovantes, avec les formations d'accompagnement,*
- *Préciser les conditions et les conséquences d'un engagement de la responsabilité des acteurs de la construction sur le respect des performances annoncées,*
- *Clarifier le processus de construction dans la phase d'achèvement de projet.*

Enfin, un programme de recherches aidé par l'ANR dans le cadre du PREBAT (programme EVA, voir www.duree-de-vie-batiment.fr) a été lancé fin 2007. Ses objectifs sont de disposer :

- de 10 grilles de composants d'ouvrages
- d'environ 200 données de durée de vie et de plus de données liées aux codes de dégradations

Les 3 Etapes du projet d'une durée de trois ans sont :

- Etape 1: Elaboration des grilles de facteurs d'impact sur la durée de vie
- Etape 2: Campagne de capitalisation de données
- Etape 3: Utilisation des données dans des projets et validation

¹⁶³ Pour les techniques dites non traditionnelles, la procédure des avis techniques permet aux professionnels de mettre en œuvre des produits innovants tout en bénéficiant de la couverture assurance adéquate.

9.5.3 Efforts d'innovation

L'Agence Qualité Construction (AQC) regroupe toutes les professions de la construction (www.qualiteconstruction.com) :

- *les Maîtres d'ouvrage (FNSEM, FPC, UESL, UMF, USH),*
- *Les Maîtres d'œuvre (CICF, SYNAAMOB, Syntec, UNSFA, UNTEC, USG),*
- *Les entreprises (CAPEB, EGF-BTP, FFACB, FFB, FNSCOP, SNSO),*
- *Les industriels et négociants (AIMCC, FIB),*
- *Le Contrôle Technique (COPREC),*
- *Les organisations de l'assurance (AGI, FCA, FFSA, GEMA),*
- *Les organisations d'experts (CFEC, CNEAF),*
- *Les organismes de qualification et certification (AFAQ AFNOR, AFOCERT, OPQIBI, QUALIBAT, QUALITEL),*
- *Les centres techniques (CEBTP, CSTB),*
- *Les organismes intéressés par la qualité (ANAH, ANIL, CATED, INC, UTI).*

Cette Agence peut être missionnée avec l'aide des Centres Techniques pour collecter et analyser au sein d'**une base de données nationale unique et commune les données d'incidents relatives au NTE, sur la base de l'expérience du projet EVA**. La mise à disposition de ces données auprès des assurances, données spécifiques pour chaque NTE, permettra d'avoir un échantillon plus large de défaillances et donc de **revalider les primes de risques** sur une base d'incidents partagée et largement plus complète que celle que se construiraient les assureurs indépendants.

L'Etat est représenté par la DAEI et la DGUHC : en impliquant la DGE, la DGTPE et l'ADEME sur ce programme, il est donc possible à très court terme de reformuler une politique d'assurances avec les professionnels qui prenne la juste mesure du risque, y compris pour la rénovation des bâtiments à venir (publics et privés).

Cette solution induit, par ailleurs, plusieurs autres avantages :

- ***former les acteurs terrains** à la qualité à partir d'une base d'incidents réels, et donc augmenter ce niveau de qualité des prestations de toute la chaîne de valeur,*
- ***réorienter éventuellement des programmes de développements technologiques** aidés par l'Etat, en fonction de constats avérés de défaillances critiques sur certaines NTE,*
- ***aider les centres techniques** en charge des Avis Techniques et DTU pour ajuster d'éventuels défauts rencontrés sur le terrain.*

9.5.4 Feuille de route pour la mesure N°5

MESURE N°5.	
MAITRISER LE COUT DES ASSURANCES D'INSTALLATION DES NTE EN MUTUALISANT LES DONNEES D'INCIDENTS D'EXPLOITATION AU NIVEAU NATIONAL	
CIBLE D'ACTEURS VISES	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ LES INSTALLATEURS ✓ LES COMPAGNIES D'ASSURANCES ET LES FEDERATIONS ✓ L'AQC 	
OBJECTIFS POUR CETTE CIBLE	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ DISPOSER D'UNE BASE NATIONALE D'INCIDENTS NTE CONSULTABLE PAR LES PROFESSIONNELS, LES CENTRES DE FORMATION ET LES ORGANISATIONS DE RECHERCHE CONCERNEES PAR LES NTE 	
IMPACTS SI L'OBJECTIF EST ATTEINT	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ LES INSTALLATIONS « ENERGIE » DES BATIMENTS REPONDENT A DES ENGAGEMENTS DE PERFORMANCES DANS LE CADRE DES CONTRATS COUVERTS PAR DES ASSURANCES AD HOC ✓ COMBINAISON POSSIBLE D'UNE GARANTIE DECENNALE AMELIOREE ET DE L'IMPACT DES CONTRATS DE PERFORMANCES ENERGIE POUR REDUIRE ENCORE PLUS LA SINISTRALITE OBSERVEE A CE JOUR 	
INDICATEURS D'AVANCEMENT VERS L'OBJECTIF / LIVRABLES	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ RESULTATS DU PROGRAMME ANR EN COURS CONFORMES AUX ATTENTES DES PARTENAIRES ✓ BASE NATIONALE D'INCIDENTS NTE MISE A DISPOSITION DES INSTALLATEURS ✓ EXTENSION AUX AUTRES ACTEURS DES NTE POUR DES BESOINS D'INFORMATION, DE FORMATION ET DE RECHERCHE SUR L'AMELIORATION DE L'INTEGRATION BATIMENT ET DE L'INSTALLATION 	
PILOTE NATIONAL	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ AQC AVEC LES FEDERATIONS D'ASSURANCES 	
PARTENAIRES POUR LA MISE EN ŒUVRE	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ LES FEDERATIONS D'ASSURANCE ✓ LES FEDERATIONS D'INSTALLATEURS ✓ LES CENTRES TECHNIQUES CHARGES DE L'EVALUATION DES PERFORMANCES DES NTE 	

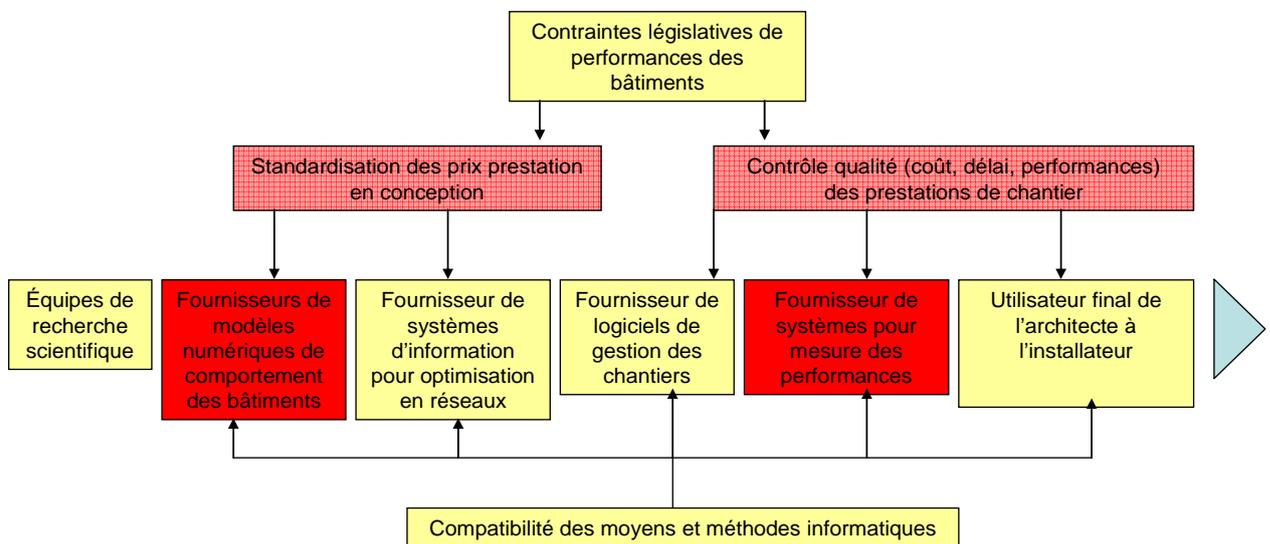
DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
1	<i>Lancement du projet national avec l'AQC et les partenaires</i>	AQC	<i>Début 2009</i>
2	<i>Diffusion et mise en œuvre des résultats du programme ANR</i>	<i>Fédérations d'assurances</i>	?
3	<i>Validation de la base de données pour accès aux professionnels et incluant les incidents déjà recensés (retours d'expérience)</i>	AQC	<i>Début 2011</i>
4	<i>Extension aux organismes de formation et de recherche</i>	AQC	<i>Début 2012</i>

9.6 Mesure N° 6 : Maîtriser les relations techniques et contractuelles entre les acteurs de terrain grâce aux systèmes d'information de chantier

9.6.1. Chaîne de valeur

Le schéma ci-dessous représente les points essentiels de la chaîne de valeur de la technologie de système d'information chantier. Deux points critiques : les modules de simulation en amont accessibles à toute la chaîne de décision et les techniques de mesure de performance des bâtiments en aval.

Systeme d'information de chantier



La mutation initiée par le Grenelle de l'Environnement nécessite une refonte des approches de conception / réalisation / exploitation des bâtiments qui optimisent leurs rôles et leurs impacts à l'échelle des quartiers ou des villes. Deux exemples :

- *le chauffage par biomasse aux centres d'agglomérations pose des problèmes évidents d'acheminement du combustible et de son stockage : le Danemark a résolu ce problème en promouvant les réseaux de chaleur, qui, dans des climats continentaux nécessitent des choix structurants d'organisation de distribution de chaleur, de lieu de stockage et de combustion (avec éventuellement production d'électricité), voire d'organisation de quartiers entiers,*
- *l'utilisation massive de solaire thermique en collectif, avec des possibilités de coopération entre immeubles, implique des positionnements optimaux qui nécessitent des études préalables d'implantation, afin de garantir les performances.*

Dans ce contexte, l'ensemble des outils de simulation, et en particulier la réalité virtuelle couplant représentation 3D et simulation numérique des phénomènes

physiques deviendront des pièces majeures de la conception et du développement, utilisables par les maîtres d'ouvrages, les maîtres d'œuvre, les architectes, les BET, les installateurs, mais aussi les collectivités territoriales, concepteurs de plans de développement urbains.

Il s'agit donc, pour la France, à la fois de poursuivre les développements technologiques qui rendent ces outils plus souples, plus performants et moins chers à l'usage, mais aussi de s'assurer que les développements, menés sur fonds publics en grande partie, puissent passer à un mode de valorisation et de production de résultats industriels.

Pour les outils de modélisation et simulation, le projet SYMBIO en cours se propose de spécifier les outils de simulation du futur, prenant l'approche « plateforme de simulation » à l'image d'un outil CATIA désormais un standard mondial.

Par ailleurs, le CSTB développe pour un promoteur/constructeur des outils logiciels de diagnostic/simulation pour la rénovation, utilisable par des non experts : les choix du Grenelle en rénovation offrent de nouvelles opportunités de standardisation de ces approches.

9.6.2. Verrous et freins

Un récent rapport d'ALPHEIS¹⁶⁴ pour le PREBAT situe deux enjeux de terrain pour les outils informatiques de terrain (Progiciels de Gestion Intégré dans une définition large) :

- *Aider les concepteurs à traiter les détails de construction : les détails de construction d'un bâtiment à haute performance énergétique doivent être traités dès la phase de conception. Pour faciliter ce travail, il est utile d'établir des catalogues de détails de construction, dans lesquels les équipes peuvent puiser en cours de conception. En plus de traiter les détails de construction, les concepteurs doivent également prévoir l'instrumentation du bâtiment. Pour faciliter ce travail, il faudrait établir des cahiers des charges d'instrumentation par type de bâtiment.*

¹⁶⁴ Bâtiments à haute performance énergétique : Formalisation des questionnements concernant : (I) le processus de réalisation ; (II) la caractérisation de la performance énergétique et sa mesure.

- *Donner les moyens aux entreprises d'approfondir le dialogue avec les concepteurs : le lien entre phases de conception et de réalisation, et la manière dont est assurée ce lien, est un point critique de la réalisation des projets à très basse consommation énergétique. Généralement, on observe un manque de communication entre concepteurs et réalisateurs, d'où un faible nombre d'itérations entre ces deux types d'acteurs. Plusieurs facteurs contribuent à une mauvaise communication entre concepteurs et réalisateurs :*
 - ✓ l'organisation des marchés n'y est pas favorable. Dans les marchés publics, par exemple, la loi MOP¹⁶⁵, qui régit les rapports entre la maîtrise d'ouvrage publique et la maîtrise d'œuvre privée, n'est pas favorable à un dialogue entre concepteurs et réalisateurs,
 - ✓ on note l'absence d'outils de calcul partagés entre concepteurs et réalisateurs.

9.6.3. Efforts d'innovation

Les travaux à engager pour faciliter le rapprochement entre concepteurs et réalisateurs sont de nature :

- ***technique** : mise en place d'outils de calcul communs aux concepteurs et réalisateurs (pour que les personnes chargées de la réalisation mesurent l'impact de leur choix sur la performance globale et puissent dialoguer avec les équipes de conception),*
- ***sociologique** : identifier des moyens pour améliorer la communication entre acteurs.*

Une expérience est en cours en Basse Normandie utilisant la solution « Building Smart », d'origine norvégienne. Elle doit être suivie avant de définir la nécessité d'un PGI français ou d'une francisation de produits existants.

¹⁶⁵ La loi MOP de 1985 a donné une nouvelle identité à la maîtrise d'œuvre de chantier, qui est la mission OPC (**Ordonnancement, Pilotage et Coordination**). Elle a pour objet, dans le cadre d'un marché traité en corps d'état séparés, de définir l'ordonnancement de l'opération et de coordonner les différentes interventions afin de garantir les délais d'exécution et la parfaite organisation du chantier.

9.6.4. Feuille de route pour la Mesure N°6

MESURE N°6.	
<i>Maîtriser les relations techniques et contractuelles entre les acteurs de terrain grâce aux systèmes d'information de chantiers (PGI)</i>	
Cible d'acteurs visés	
✓ Les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les bureaux d'étude, les installateurs	
Objectifs pour cette cible	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réduire les coûts d'installation et de validation des performances des NTE ✓ Professionnaliser l'approche du DPE en priorité pour la rénovation énergétique du patrimoine d'Etat ✓ Bénéficier de l'approche en rénovation pour faciliter le déploiement des bâtiments à haute qualité énergétique 	
Impacts si l'objectif est atteint	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les réceptions des performances énergétiques des bâtiments rénovés sont facilitées, ce qui permet d'engager des rénovations avec engagement de résultats ✓ Les réceptions des performances énergétiques des bâtiments neufs sont facilitées ✓ Le suivi des performances sur les deux premières années est facilité 	
INDICATEURS D'AVANCEMENT vers l'objectif / LIVRABLES	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tests en région Basse Normandie démontrant l'impact dans le cadre de marchés publics d'équipements avec une solution norvégienne ✓ Généralisation progressive aux marchés publics français imposant une approche qualité nouvelle ✓ Standard de réponse aux appels d'offres à partir de 2012 sur le neuf et la rénovation 	
Pilote national	
✓ Le service Etatique en charge du patrimoine immobilier de l'Etat	
Partenaires pour la mise en œuvre	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ MEDDAAT ✓ Collectivités locales et régionales ✓ CSTB pour validation de standards de communication et interfaces et évaluation de solutions informatiques en accord avec ces standards 	

DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
1	<i>Suivi de l'opération en cours en Basse Normandie et retour d'expérience</i>	<i>PREBAT</i>	<i>Fin 2009</i>
2	<i>Définition de standards français de systèmes d'information de chantiers compatibles avec la gestion du patrimoine de l'Etat</i>	<i>CSTB ?</i>	<i>Fin 2010</i>
3	<i>Généralisation d'une approche informatisée de tous les programmes de rénovation et d'équipement de l'Etat</i>	<i>CSTB ?</i>	<i>Fin 2011</i>

9.7 Mesure N°7 : Maîtriser l'impact des aides publiques à l'investissement NTE dans les bâtiments existants en indexant progressivement leur attribution à un engagement de performances énergétiques

9.7.1.Contexte

Les aides publiques accordées à la promotion des Energies Renouvelables ont montré une efficacité certaine pour lancer la construction d'une courbe de connaissance qui structure un cercle vertueux industriel :

- *les aides augmentent le volume des ventes,*
- *un volume des ventes accru devrait faire baisser les prix,*
- *une base installée de plus en plus large permet de mieux appréhender la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité de tels systèmes.*

Ce n'est cependant pas ce que l'on observe dans le domaine du solaire thermique en maison individuelle. Les volumes de vente ont augmenté ...en même temps que les prix ! Cela est dû à une relative absence de concurrence : c'est l'installateur qui choisit le système qu'il veut installer et à un manque de structure de conseil pouvant orienter les consommateurs dans leur choix. De plus, la formulation des aides peut aussi avoir des effets pervers ; certaines sociétés se sont engouffrées dans des brèches ouvertes par ces modalités d'incitations fiscales en utilisant par exemple le crédit d'impôt pour placer de la technologie sans se soucier de la performance. Le risque est alors la contre-performance montée en épingle, et qui peut figer les décisions d'investissements, surtout dans la phase de démarrage des technologies. On se souvient des mésaventures du programme PERCHE ou des déboires d'automobiles françaises inaugurant l'usage de systèmes électroniques innovants.

Par ailleurs, les clients qui cherchent à remplacer ou à rénover leur habitat exigent désormais une **garantie de performances** pour les NTE, ce que les acteurs du solaire thermique en collectif ont initié dès 1988, avec un retour d'expérience plutôt positif.

Les installateurs de NTE souhaitent renforcer leur image de qualité, alors qu'ils deviennent des généralistes du chauffage bâtiment : ils sont donc prêts à examiner l'attribution **d'aides financières à l'investissement basée sur un engagement de performances mesurables** des systèmes acquis. C'est une rupture dans les habitudes du métier, rupture qui a des conséquences importantes au niveau des politiques publiques d'aide :

- *il est possible de garantir l'impact de l'aide sur les économies d'énergie et le CO₂ évité,*
- *le secteur professionnalise sa démarche en instituant l'engagement de résultats mesurables comme politique de promotion des NTE,*
- *le management collectif du risque est encouragé, en rénovation ou remplacement, comme l'a déjà initié la profession du solaire thermique,*
- *la qualité du nouveau système DPE est tirée vers le haut, système qui doit évoluer de l'avis de tous les professionnels.*

9.7.2. Verrous et freins actuels

La généralisation de l'engagement de résultats, en particulier en rénovation ou remplacement, se heurte à plusieurs obstacles :

- **techniquement**, il faut pouvoir proposer une démarche complète qui couvre le diagnostic d'amélioration, l'implémentation de la solution, la mesure de performance avec des systèmes simples et de coûts faibles,
- **économiquement**, le coût des transactions pour suivre les performances avant et après implémentation doit être suffisamment faible et transparent pour ne pas obérer l'économie de cette approche,
- **légalement**, il est nécessaire de formuler des engagements réciproques qui limitent la judiciarisation d'éventuels conflits et soient attractifs pour une couverture par les assurances à des coûts maîtrisés,
- **politiquement**, il est indispensable de rendre le calcul des aides simple pour tous,
- **professionnellement**, des installateurs moins qualifiés pourront toujours promettre des résultats qui resteront inattaquables sur le terrain. La technologie avec des systèmes d'historisation des consommations pourra désormais montrer des comportements utilisateurs anormaux. Par ailleurs, le déploiement d'approches Qualit'EnR avec un système d'auto contrôle pour des installateurs qualifiés, ou un audit externe de l'installation obligatoire pour les non adhérents à ce système.

9.7.3 Efforts d'innovation

Entre 2009 et 2010, les acteurs du thermique solaire proposent de généraliser la démarche de performances garantie en accord avec la Puissance Publique (pour le collectif et l'individuel), de façon à valider une approche globale et à en mesurer les effets sur 2011-2015. Il s'agit de bénéficier de l'expérience antérieure et de résoudre l'ensemble des problèmes encore existants pour faire de cette approche le standard du métier (problèmes techniques, économiques, juridiques).

En parallèle, des approches similaires bénéficiant de l'expérience peuvent être testées pour les PAC, le chauffage Bois et les systèmes de Maîtrise Active des Consommations d'Energie : ces systèmes présentent des difficultés intrinsèques de mesures de performances, qu'il faut régler pas des techniques spécifiques. C'est avec un retour d'expérience positif sur le solaire thermique et des solutions adaptées pour les trois autres que la généralisation de la garantie de résultats pourra être envisagée.

Enfin, une telle rupture nécessite **d'améliorer significativement le DPE¹⁶⁶ pour le rendre plus opérationnel :**

- *dans sa capacité à diagnostiquer la performance du bâtiment et les solutions de baisse des consommations énergétiques,*
- *dans sa capacité à suivre une décision d'investissement d'amélioration (rénovation et / ou remplacement),*
- *dans sa capacité à aider à mesurer l'impact énergétique des préconisations mises en œuvre.*

Cette professionnalisation passe vraisemblablement par un système d'information ad hoc (l'exemple Norvégien¹⁶⁷ est à étudier de près, où l'informatisation complète du diagnostic à la mesure de performances peut réduire le coût total d'une opération). On citera l'exemple en cours dans le Département de l'Eure, avec le concours de la Région Haute Normandie et de la Communauté d'Agglomération d'EVREUX, qui se sont engagés dans des "PLANS CLIMAT", régionaux, départementaux et locaux voulus par l'ensemble des élus. L'approche norvégienne sera mise concrètement en situation sur des projets : un lycée pour la région, un collège pour le département de l'Eure et un bâtiment ERP pour la Communauté d'Agglomération d'Evreux en insistant d'abord sur l'assistance à Maitrise d'ouvrage.

¹⁶⁶ Le DPE peut donner une meilleure visibilité sur les potentialités d'amélioration des performances énergétiques.

¹⁶⁷ Le processus constructif français souffre de plusieurs difficultés, en particulier des surcoûts liés aux coûts indirects sur le prix de vente et sur la marge des entreprises. Les non qualités, par méconnaissances des normes, et par absence de coopération entre les différents corps de métier, entraînent également des pertes énergétiques importantes. Les résultats à atteindre pour que les bâtiments deviennent à « énergie positive » impliquent des changements radicaux des relations inter entreprises. La Norvège a adopté et généralisé l'utilisation du « Building Smart », et plusieurs pays européens sont en train de suivre cet exemple.

9.7.4 Feuille de route pour la Mesure N°7

<p align="center">MESURE N°7.</p> <p align="center">Attribuer les aides publiques à l'investissement NTE dans les bâtiments en indexant progressivement leur attribution à un engagement de performances énergétiques</p>
<p>Cible d'acteurs visés</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les bénéficiaires des aides à l'investissement (propriétaires, maîtres d'ouvrage) ✓ Les constructeurs de matériels ✓ Les installateurs de matériels ✓ Les opérateurs de systèmes d'énergie (tertiaire, habitat collectif en particulier)
<p>Objectifs pour cette cible</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Définir des contrats d'engagements de résultats avec les systèmes de mesure de performances associés faciles de mise en œuvre ✓ Définir les méthodes (cohérentes avec le DPE) qui permettent de mesurer des performances et de prendre en compte les aléas de chantier ✓ Revoir le processus de construction dans la phase d'achèvement de projet ✓ Préciser l'engagement de responsabilités des acteurs sur les performances annoncées
<p>Impacts si l'objectif est atteint</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les aides à l'investissement sont attribuées sur la base de performances énergétiques avérées ✓ Les aides publiques nationales ou régionales ont toutes l'excellence énergétique comme critère d'aide à l'investissement ✓ Pour la rénovation, cette mesure force à examiner l'isolation des bâtiments et NTE pour optimiser une solution globale
<p>INDICATEURS D'AVANCEMENT vers l'objectif / LIVRABLES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mise en œuvre opérationnelle dans le cadre du solaire thermique grâce à une extension des contrats déjà en place pour l'habitat collectif (fin 2010) ✓ Extension aux pompes à chaleur, chauffage biomasse et systèmes de maîtrise active de la gestion de l'énergie avant fin 2012 (exemple EDF EnR en cours)
<p>Pilote national</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi
<p>Partenaires pour la mise en œuvre</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les associations professionnelles d'installateurs ✓ Les gestionnaires de systèmes énergétiques

DESCRIPTION DES ACTIONS A MENER D'ICI 2012 ET CALENDRIER			
Action N°	Intitulé	Qui ?	Date au plus tard
<i>1</i>	<i>Mise au point du contrat type pour le chauffage et la production d'ECS par solaire thermique</i>	<i>MINEIE</i>	<i>Fin 2009</i>
<i>2</i>	<i>Validation terrain 2010-2012 et retour d'expérience</i>	<i>MINEIE et installateurs</i>	<i>Fin 2011</i>
<i>3</i>	<i>Généralisation aux autres NTE avec les professionnels</i>	<i>MINEIE</i>	<i>à partir de 2012</i>

10 Conclusions et propositions

L'ensemble des professionnels, qui ont fait l'effort de coopérer avec le GTI durant les six premiers mois de 2008, reconnaissent la complexité des mutations à venir et la nécessité d'une approche globale pour une adoption plus large des NTE dans les bâtis existants ou à construire. Il s'agit *in fine* de mieux valoriser un patrimoine en utilisant les économies d'énergie et de confort que peuvent apporter ces NTE. Les professionnels sont donc en attente d'une suite concrète aux propositions faites dans le cadre de ces réunions. Chacun s'est construit son scénario de croissance basé sur une analyse des forces et faiblesses, opportunités et menaces pour son activité. Cependant, les dix réunions de travail avec les experts de la profession ont montré une conviction partagée sur trois points¹⁶⁸ :

- ***L'urgence d'agir : l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments existants représente un gisement immédiat de progrès*** (baisser la consommation en énergie fossile et mettre en œuvre des solutions à faibles rejets de carbone).
- ***Agir collectivement : passer à l'engagement de résultats*** nécessite désormais d'innover collectivement afin de jouer avec le maquis réglementaire (issu de plus de 60 ans de développement continu) et changer l'organisation du travail pour aborder l'optimisation d'un coût global des bâtiments.
- ***Le collectif au service d'une innovation pour le système bâtiment*** : l'innovation « composant NTE » doit prendre en compte l'intégration des composants au sein du système bâtiment, ainsi que des nouveaux jeux d'acteurs, un changement dans l'organisation du travail et une évolution dans la prise de responsabilités des maîtres d'ouvrage (neuf ou rénovation).
- ***Un système bâtiment pour lequel une concertation public/privé continue*** vise à clarifier et simplifier la mise en place des NTE, tout en garantissant une qualité croissante du cadre de vie.

¹⁶⁸ Par analogie avec le secteur automobile, constructeurs et équipementiers ne peuvent plus s'ignorer.

1. L'urgence d'agir

Chacune des mesures préconisées doit voir sa traduction dans un plan d'actions opérationnel dès janvier 2009 (les **feuilles de route** fixent les lignes directrices).

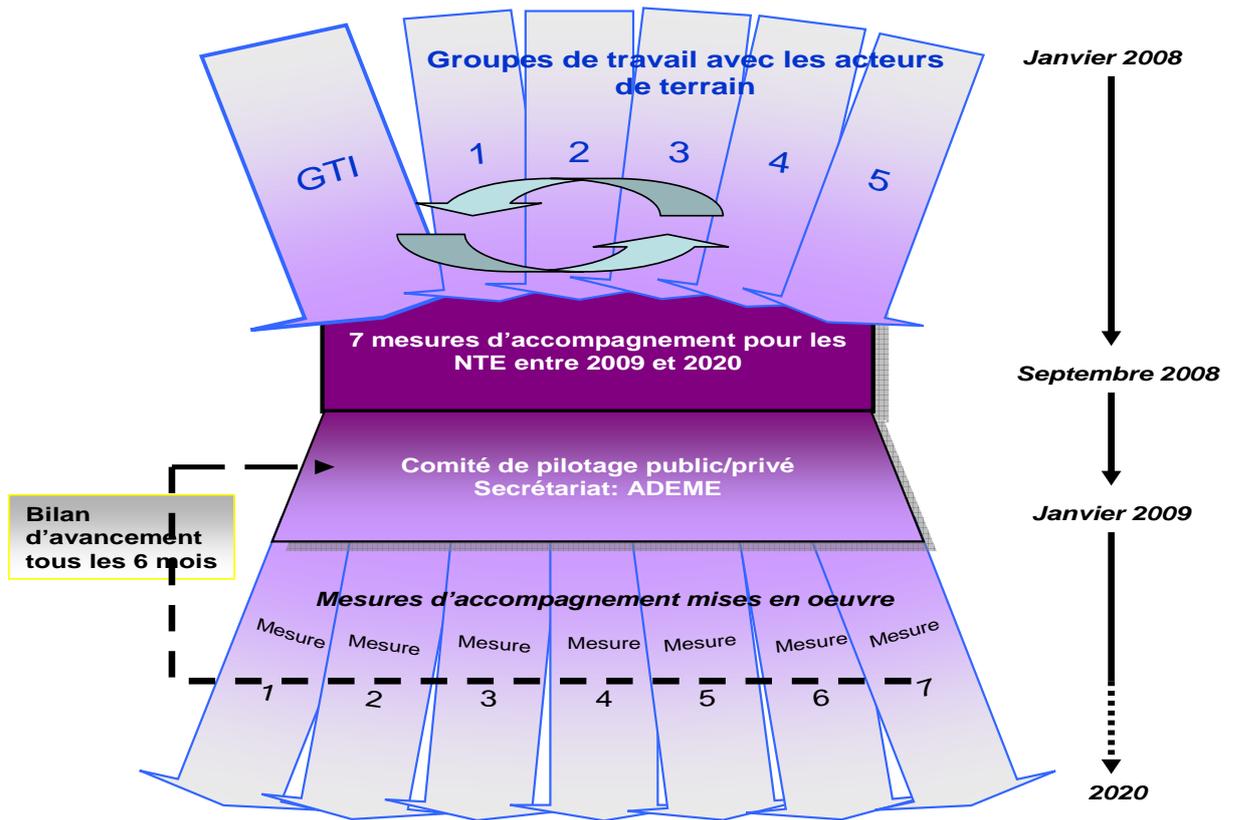
2. Agir collectivement

Les travaux technologiques, les activités de normalisation/certification des technologies et les développements réglementaires doivent être coordonnés, ceci pour l'ensemble des parties prenantes, ce qui nécessite de :

- *Finaliser les feuilles de route présentées en Annexe.*
- *Disposer de projets concrets de R&D collective à soumettre comme support à la Puissance Publique dès 2009 (réduire le coût d'accès aux technologies).*
- *Coordonner cette R&D précompétitive, en y adjoignant l'ensemble des efforts déjà entrepris au niveau national, et qui contribuent aux mêmes objectifs.*
- *Développer des partenariats avec des structures similaires en Europe sur la recherche et la standardisation, afin de mutualiser les coûts et les compétences sur des enjeux qui dépassent notre seul pays.*
- *Structurer un dialogue permanent avec le GTI durant les dix prochaines années, pour avancer sur les dossiers transdisciplinaires les plus critiques (formations, aides à l'investissement, opérations de démonstration, normalisation).*

La coordination nécessite, sur la période 2009-2020, de constituer un **comité de pilotage ad hoc, dont le secrétariat sera assuré par l'ADEME**, avec des bilans semestriels sur le degré d'avancement des sept mesures préconisées. Ce comité regroupera les représentants du GTI actuel, les associations professionnelles d'installateurs et de constructeurs¹⁶⁹, les opérateurs de R&D. Le pilotage transversal tel qu'illustré ci-dessous permettra par ailleurs de surveiller les interactions croisées entre mesures d'accompagnement et entre NTE elles-mêmes.

¹⁶⁹ Toutes les organisations participantes ont montré leur volonté soit de fusionner des groupes de travail existants, soit de participer aux actions nouvelles des mesures 1 à 7 (avec possibilité de copiloter), soit de faire partie du Comité de Pilotage



Le tableau ci-dessous présente les pilotes pour chacune des mesures et des sous-groupes technologiques auxquels se joindront les différentes associations professionnelles.

Mesure N°	Pilote	Sous groupe Technologique	Pilote
1	Commission Parent 2	PV	INES
2	ADEME	ST	INES
3	ADEME	PAC	CETIAT
4	CSTB + CETIAT	Chauffage Biomasse	FCBA+ CETIAT
5	AQC		
6	CSTB		
7	MINEI		

3. Le collectif au service d'une innovation pour le système bâtiment

L'ADEME, l'ANR et OSEO doivent mettre en place une coordination permanente du thème technologique NTE, avec l'objectif commun de garantir, aux partenaires publics et privés, un portage continu des projets de recherche sur la maîtrise de l'énergie, l'amélioration de l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, ainsi que le support aux travaux d'innovation liés à l'intégration des NTE aux bâtiments, en particulier dans le cadre du PREBAT. Ce renforcement se matérialisera d'abord par la validation des feuilles de route, puis par :

- Une *définition conjointe des actions de valorisation* à mener afin de garantir une bonne circulation des connaissances entre recherche amont, recherche aval et démonstrateurs de recherche (et vice versa).
- Un *échange permanent sur le contenu technique et scientifique* des futurs appels à projet et autres appels à manifestation d'intérêt en préparation.
- La *réorientation de projets* qui, par exemple, recevraient une évaluation moyenne au regard du critère d'excellence scientifique, mais auraient un intérêt certain du point de vue du soutien au développement industriel d'une technologie (et vice versa).

Cette coordination est d'autant plus importante qu'OSEO est désormais fortement impliqué dans l'action des **pôles de compétitivité** et associé à la sélection des projets collaboratifs impliquant les entreprises. Le Fonds unique de financement interministériel devrait lui être transféré en 2009, les quatre pôles¹⁷⁰ plus particulièrement concernés par les NTE ont été évalués positivement en 2005 au vu de leur activité passée et continueront d'être supportés dans les trois ans à venir.

Cette coordination accrue s'assurera aussi que les propositions de support public à l'innovation ne doivent coûter rien de plus au contribuable. Dans le cadre de la préparation de la revue en profondeur de la politique énergétique française par l'AIE¹⁷¹, à paraître début 2009, la DGEMP a réalisé un inventaire des dépenses publiques françaises de R&D dans le domaine de l'énergie¹⁷². Sur la période 2003–2006, les dépenses publiques sur l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, le captage et le stockage du CO₂, les piles à combustibles et l'hydrogène ont augmenté de 93%, soit un quasi doublement en 4 ans.

Evolution des dépenses publiques françaises de R&D dans les domaines de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables et des NTE sur la période 2003–2006

	2003	2004	2005	2006	Taux de croissance (%)
Efficacité énergétique	53,2	57,4	64,5	78	+ 47 %
Captage et stockage du CO ₂	3	5,8	9,8	25,8	+ 760 %
Energies renouvelables thermiques et électriques	25,4	30,7	42,6	53,1	+ 109 %
Hydrogène et piles à combustibles	25,9	22,9	45	50,9	+ 97 %
Total	107,5	116,8	161,9	207,8	+ 93 %

Au vu des engagements pris dans le cadre du Grenelle (ex : mise en place d'un fonds démonstrateur de recherche) et des enjeux de compétitivité et d'emploi induits par les

¹⁷⁰ CAP ENERGIES, DERBI, TENERDIS, S2E2

¹⁷¹ Agence Internationale de l'Energie.

¹⁷² Cf : les dépenses publiques de recherche et développement sur l'énergie. Synthèse de l'étude commandée par l'observatoire de l'énergie. Téléchargeable sur :

http://www.industrie.gouv.fr/cgi-bin/industrie/frame23e.pl?bandeau=/energie/recherche/be_rech.htm&gauche=/energie/recherche/me_rech.htm&droite=/energie/recherche/alcimed.htm

questions énergétiques et climatiques (ex : intégration au sein d’OSEO des droits et devoirs de l’AII), cet effort national doit être au minimum maintenu au cours des 4 prochaines années.

4. Un système bâtiment qui simplifie et clarifie l’accès offert aux NTE

La démarche collective menée par les Ministères concernés, sous la coordination du PIPAME, a aussi montré la nécessité d’une coordination permanente entre eux pour la mise en place des mesures proposées. La figure ci-dessous illustre de manière simplifiée leurs interactions futures. On citera plus particulièrement le rôle critique, et parfois sous-estimé :

- du Ministère de l’Intérieur dans le cadre de l’optimisation des contraintes liées à la sécurité des bâtiments (incendies en particulier), contraintes qui impactent les systèmes de ventilation mais aussi les modalités de stockage des combustibles à base de biomasse,
- du Ministère de la Santé dans le cadre de l’évolution des normes de ventilation mais aussi de la mise en place de standards de rejets gazeux ou particuliers pour limiter la pollution par combustion de la biomasse,
- du Ministère de la Culture comme catalyseur des concertations nécessaires entre les Architectes des Bâtiments de France, les maîtres d’œuvre et les services territoriaux de l’Etat pour simplifier l’accès offert aux NTE en particulier des programmes de rénovation urbaine.

Mesure N°	Recherche	Industrie	Meeddat	Education nationale	Culture	Intérieur	Agriculture	Santé	Finances
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

L’approche proposée dans le cadre de cette démarche collective doit permettre d’accompagner les acteurs industriels des NTE face à leur unique option pour 2020 : être prêts au plus tard en 2012 à maîtriser une croissance forte de la demande en nouvelles technologies de l’énergie intégrées au bâtiment, dans un cadre législatif balisé, mais dans une conjoncture économique instable et peu prévisible.

Faire adopter par tous les acteurs cette posture, prudente mais volontariste, doit garantir un impact maximal pour notre pays :

- *Des emplois nouveaux et stables dans un secteur dont l’activité restera soutenue, ne serait-ce que par l’effort de rénovation à accomplir jusqu’en 2050.*

- *Une industrie des équipements énergétiques puissante qui innove par la réduction des coûts de ces matériels, donc **plus forte à l'export** avec des atouts de long terme.*
 - *Des services **amont** (architectes, bureaux d'étude) et **aval** (installation, maintenance) qui maîtrisent leur compétitivité grâce à un **marché national structuré par l'excellence des prestations** : l'ADEME évalue le marché français des NTE (hors MAGE) à au moins 13 milliards d'Euros à l'horizon 2012, avec environ 120.000 emplois (contre 24.000 aujourd'hui).*
 - *Des utilisateurs qui investissent structurellement sur le long terme, en **réduisant leur consommation sans toucher à leur confort**.*
 - *Un **Etat et des collectivités locales exemplaires** qui, sur leur propre parc de bâtiments, accompagnent la mutation de tout un secteur (par exemple la Région Basse Normandie grâce au déploiement d'outils informatiques de suivi de chantier).*
 - *Un niveau d'économies d'énergie et de CO₂ rejeté qui soit à la mesure des ambitions actuelles des Pouvoirs Publics et de l'Union Européenne.*
- Une contribution directe à **l'accroissement de la sécurité d'approvisionnement du pays en hydrocarbures**, puisque diminuant nos besoins à moyen et long terme, donc notre dépendance vis-à-vis de pays exportateurs et les risques de pénurie, voire de ruptures d'approvisionnement, qui s'ensuivent.*

11 Liste des contributeurs

Contributeurs experts au Groupe de travail Pompes à chaleur

NOM	PRENOM	Fonction	ORGANISATION	
ALTAZIN	Marc	Directeur R et I	CIAT	Fabricants de solutions de climatisation, réfrigération, traitement d'air, échanges thermiques et chauffage par EnR
CHARTIER	Philippe	Conseiller stratégie et recherche	SER	SYNDICAT DES ENERGIES RENOUVELABLES
DURIER	François	Directeur Scientifique	CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique
FELDMANN	Christian		COSTIC	Comité scientifique et technique des industries climatiques
FOLEMPIN	Pascal	Délégué Général Adjoint	UNICLIMA	Union Syndicale des Constructeurs de Matériel Aéraulique, Thermique, Thermodynamique et Frigorifique
GIRON	Philippe	Secrétaire Général	UNCP	Union Nationale des Chambres syndicales de couverture et de Plomberie de France
GIORIA	Michel	Service de la Programmation de la Recherche	ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
GRAVIER	Philippe		BOUYGUES IMMOBILIER	Promoteur immobilier
HUSAUNNDEE	Ahmad		VEOLIA	Prestataire de services énergétiques et climatiques

JOURDAN	Olivier	Responsable Service Expertise et Développement	PROMOTELEC	Association de promotion de la sécurité et la qualité des installations électriques dans le bâtiment - labels qualité des logements
LAURENTIN	Emmanuel		CAPEB-75	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
LECENE	René	Directeur Technique	PROXISERVE	Société d'entretien plomberie, chauffage, ventilation
MALDONADO	Jérôme	Responsable Energies Renouvelables	GFCC	Groupement des fabricants de matériels de chauffage central
MASSERON	Jean-Dominique		Atlantic	Fabricant d'équipement aéraulique, thermodynamique et climatique
NAVES	Hervé	Chargé de mission - Service des Affaires Techniques et Professionnelles	CAPEB	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
SONRIER	M.		Atelier BLM - Architecture	
TETREL	Robert	Directeur Général	CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique
VINCENT	Nicolas	Ingénieur	UCF	Union climatique de France
THONON	Bernard		CEA-INES	Institut National de l'Energie Solaire

Contributeurs experts au Groupe de travail Solaire thermique

NOM	PRENOM	Fonction	ORGANISATION (abr.)	
BELLI	Aristide		Energie et avenir	Association des professionnels pour le chauffage durable
BLANCARD DE LERY	Lionel	Architecte	Atelier BLM - Architecture	Cabinet d'architecture
CARDONNEL	Christian	Président	CARDONNEL ingénierie	Bureau d'expertise en bilan énergétique des bâtiments
CORTESSE	Sonia	Architecte	ADSC - Architecture & développements	Cabinet d'architecture
DI GIUSTO	Maurice	Conseiller Professionnel de l'Union Nationale Artisanale Couverture Plomberie Chauffage	CAPEB	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
DURIER	François	Directeur Scientifique	CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique
GIRON	Philippe	Secrétaire Général	FFB-UNCP	Union Nationale des Chambres syndicales de couverture et de Plomberie de France
GOUBET	Arnaud	Architecte	ADSC - Architecture & développements	Cabinet d'architecture
HUSAUNNDEE	Ahmad		VEOLIA ENVIRONNMENT	Prestataire de services énergétiques et climatiques
LECENE	René	Directeur Technique	PROXISERVE	Société d'entretien plomberie, chauffage, ventilation
LEYDIER	Angèle	-	Atlantic	Fabricant

				d'équipement aéraulique, thermodynamique et climatique
LOYEN	Richard	Délégué Général	ENERPLAN	
MALDONADO	Jérôme	Responsable Energies Renouvelables	GFCC	Groupement des fabricants de matériels de chauffage central
MAURAN	Sylvain	Chercheur	Promes CNRS Perpignan	Laboratoire procédés, matériaux et énergie solaire du CRNS Perpignan
PAPILLON	Philippe	Recherche Développement Innovation Industrielle	CEA - INES	Institut National de l'Energie Solaire
PARRENS	Gael	Directeur	Aquasun	Spécialiste en énergies renouvelables
PESSIEAU	Jacques	Secrétaire général	UCF	Union climatique de France
SAVIDAN	Isabelle		Atlantic	Fabricant d'équipement aéraulique, thermodynamique et climatique
VINCENT	Nicolas	Ingénieur	UCF	Union climatique de France

Contributeurs experts au Groupe de travail Solaire PV

NOM	PRENOM	Fonction	ORGANISATION (abréviation)	ORGANISATION (nom complet/description)
ARNOULT	Olivier		CAPEB 75	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
ALVAREZ	Pierre-Etienne	Architecte	Atelier BLM - Architecture	Cabinet d'architecte
BARANGER	Luc	Responsable Affaires Techniques	FFIE	Fédération Française des Installateurs Electriciens
BENVENISTE	Pascal	PDG	STRATEGECO	production électricité PV
BLANCARD DE LERY	Lionel	Architecte	Atelier BLM - Architecture	Cabinet d'architecte
CHARTIER	Philippe	Conseiller stratégie et recherche	SER	SYNDICAT DES ENERGIES RENOUVELABLES
DI COSTANZO	Catherine		Union sociale pour l'habitat	Confédération représentant près de 820 organismes Hlm
GIRON	Philippe	Secrétaire Général	FFB-UNCP	Union Nationale des Chambres syndicales de couverture et de Plomberie de France
GIORIA	Michel	Service de la Programmation de la Recherche	ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
GLAIZE	Christian		DERBI	Pole de compétitivité Languedoc Roussillon - Energies renouvelables appliquées au bâtiment et à l'industrie.
GUIOT	Thierry	Animateur de l'axe stratégique Production Décentralisée d'Energie	CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

JOURDAN	Olivier	Responsable Service Expertise et Développement	PROMOTELEC	Association de promotion de la sécurité et la qualité des installations électriques dans le bâtiment - labels qualité des logements
LECENE	René	Directeur Technique	PROXISERVE	Société d'entretien plomberie, chauffage, ventilation
LOHIER	Christophe	Responsable R&D Développement Durable	AKERYS	Société d'investissement locatif et de commercialisation de logements neufs
LOYEN	Richard	Délégué Général	ENERPLAN	Association professionnelle de l'énergie solaire
MALBRANCHE	Philippe	Recherche Développement Innovation Industrielle	CEA - INES	Institut National de l'Energie Solaire
MEIGNIN	William	Directeur Général	Pantin Habitat	Office public de l'habitat de PANTIN
MOLINA	Jean-Marc	Délégué Général Adjoint - Building and Industrial Automation	GIMELEC	Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle-commande et des services associés
NAVES	Hervé	Chargé de mission - Service des Affaires Techniques et Professionnelles	CAPEB	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
PAYET	Pascal	-	CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique

Contributeurs experts au Groupe de travail Chauffage biomasse

NOM	PRENOM	Fonction	ORGANISATION (abréviation)	ORGANISATION (nom complet/description)
BALDAUFF	Christian	Directeur	FROELING	Fabricant de chaudières à granulé
BORDEBEURE	Sylvain	Ingénieur Département Bioressources	ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
CAPPE	Daniel	Vice-président	CIBE	Comité Interprofessionnel du Bois Energie
DICOSTANZO	Catherine		Union Sociale pour l'habitat	Confédération d'organismes Hlm - société de conseil en gestion de parc urbain
DUPOUX	François	Président	FG3E	Fédération Française des Entreprises Gestionnaires de services aux Equipements
DURIER	François	Directeur Scientifique	CETIAT	Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique
MALDONADO	Jérôme	Responsable Energies Renouvelables	GFCC	Groupeement des fabricants de matériels de chauffage central
LHERITIER	Jean-Paul	Conseiller Professionnel Plomberie Chauffage	CAPEB Meuse	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
LE PORT	Yann	Responsable de pôle Service des Affaires Techniques et Professionnelles	CAPEB- 75	Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment
Monchaux	Philippe	Directeur du Pôle Approvisionnement Bois et Première Transformation	FCBA	Institut technologique Forêt, Cellulose, Bois-construction, Ameublement

TETREL	Robert	Directeur Général	CETIAT	Centre Technique des Industries Aérouliques et Thermique
VIOLLE	Didier	Service Valorisation des Informations et des Connaissances	ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
GUEDRA	Isabelle	Chargée de Mission	FG3E	Fédération Française des Entreprises Gestionnaires de services aux Equipements

Contributeurs experts au Groupe de travail NTIC

NOM	PRENOM		ORGANISATION	
ALTAZIN	Marc	Directeur R et I	CIAT	Fabricants de solutions de climatisation, réfrigération, traitement d'air, échanges thermiques et chauffage par EnR
AMPHOUX	André		AVEMS	Association pour la valorisation de l'extraction statique et statomécanique
ARLES	Jean-Pierre		Les Energies Durables	
ASFAUX	Bernard	Directeur Technique	GFCC	Groupement des fabricants de matériels de chauffage central
BARANGER	Luc	Responsable Affaires Techniques	FFIE	Fédération Française des Installateurs Electriciens
BASSEUR	Jean-Michel		Energie et avenir / ACR	Association des professionnels pour le chauffage durable / Association confort régulation
BENVENISTE	Pascal	PDG	STRATEGECO	production électricité PV
BLANCARD DE LERY	Lionel	Architecte	Atelier BLM - Architecture	Cabinet d'architecture
BLAZY	Mickaël	Responsable Marketing et Qualité	ANJOS - Ventilation	Fabricant de systèmes de ventilation
BONDUAU	Catherine	Coordinatrice	Effinergie	Association de promotion des constructions à basse consommation d'énergie

BRIERE	Emmanuelle	Responsable Technique Ventilation	UNICLIMA	Union Syndicale des Constructeurs de Matériel Aéraulique, Thermique, Thermodynamique et Frigorifique
CARDONNEL	Christian	Président	CARDONNEL ingénierie	Bureau d'expertise en bilan énergétique des bâtiments
DERIEUX	Jean-Baptiste	-	PROFLUID	Association française des pompes, des compresseurs et de la robinetterie
DUFOUR	Nicolas	Responsable Commercial	ANJOS - Ventilation	Fabricant de systèmes de ventilation
GRADOUSSOFF	Baptiste	Ingénieur d'affaires	STRATEGECO	production électricité PV
HUSAUNNDEE	Ahmad		VEOLIA	Prestataire de services énergétiques et climatiques
JARDINIER	Marc	PDG	AERECO - Ventilation	Fabricant de composants de ventilation
JOURDAN	Olivier	Responsable Service Expertise et Développement	PROMOTELEC	Association de promotion de la sécurité et la qualité des installations électriques dans le bâtiment - labels qualités des logements
MAQUENNEHAN	Muriel	Responsable Technique	PROFLUID	Association française des pompes, des compresseurs et de la robinetterie
MEIGNIN	William	Directeur Général	Office d'HLM Pantin Habitat	Office public de l'habitat de PANTIN

MOLINA	Jean-Marc	Délégué Général Adjoint - Building and Industrial Automation	GIMELEC	Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle- commande et des services associés
NUSS	Stéphane	-	SCHNEIDER	Fabricant de produits et systèmes intelligents et communicants pour la gestion de l'électricité
PETITPAS	Pierre		BOUYGUES IMMOBILIER	Promoteur immobilier
PREVOST	Philippe	Direction Technique Groupe - Service Recherche Technologique et Systèmes	LEGRAND	Fabricant de systèmes de pilotage électrique et bâtiments intelligents
RICAUD	Claude	-	SCHNEIDER	Fabricant de produits et systèmes intelligents et communicants pour la gestion de l'électricité
STEIMETZ	Jonathan	Ingénieur domotique	PROMOTELEC	Association de promotion de la sécurité et la qualité des installations électriques dans le bâtiment - labels qualités des logements

Contributeurs experts transversaux

NOM	PRENOM	Fonction	ORGANISATION (abréviation)	ORGANISATION (nom complet/description)
Lenglet	Claude	Directeur R & D Projet Européen	Bouygues	Bouygues Construction - Pôle de Compétence Construction Durable
Mela	Patricia	Direction de la recherche et de l'innovation	GDF SUEZ	
MELACCA	Vincent- Stanislas	Direction des Marchés et Risques IARD	SMABTP	SMABTP - Veille et Gestion des Connaissances
BERRABAH	Abed		Groupe MMA	Groupe MMA - Branche Assurances Construction
DELPECH	Bernard	Directeur Général	EDF ENR	EDF Energies Nouvelles Réparties
MORATOGLOU	Pâris	Président	EDF EN	EDF Energies Nouvelles

Contributeurs du GTI

NOM	PRENOM	ORGANISATION
BAIN	Pascal	ANR
BRIZAY	Arnaud	Ministère de l'agriculture
CACAVELLI	Dominique	CSTB
CELESTIN-URBAIN	Joffrey	MINEIE - DGTPE
CHAUVEAU	Helene	MEEDDAT - DGEMP
CHOQUERT	Martine	MEEDDAT - DGEMP
CLEMENT	Daniel	ADEME
CLIN	François	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, DGRI/a/a2
DJANI-CAILLEAU	Natacha	MINEIE - DGEFP
DONNE	Sylvie	MINEIE - DGE/PIPAME
GIORIA	Michel	ADEME
JOUCLA	Véronique	Ministère de l'agriculture - sous direction forêt-bois
KREMER	Fernand	Ministère de l'Education Nationale - IGEN
LACOMBE	Suzanne	MINEIE - DCASPL/SCD
LE PESTEUR	Jean-Pierre	MINEIE - DGE/PIPAME
LEROMANCER	Jean-François	Ex OSEO (Directeur de l'Innovation , POWEO)
LETOURNEL	Jerome	MINEIE - DGE/SESSI
LOISEAU	Francois	MINEIE - DGE/MIDID
MEDUS	Paul-Edmond	MINEIE - DGEFP
PAPAIX	Yannick	ADEME
PARENT	Christian	MEEDDAT - CGPC
PARFAIT	Philippe	ADEME
PESSON	Alain	MINEIE - DGE/MIDID
PETITEAU	Jean-Pierre	Ministère de l'intérieur - DDSC
PIERROUX	Dominique	MEEDDAT - DRAST
ROGER	Christine	MEEDDAT - DGUHC
SANTINI	Gilbert	MINEIE - DGE/SIMPA/TES
SOMBRET	Emilie	MINEIE - DGE/SIMPA/TES
VEYRAT	Carole	Ministère de la Culture

Contributeurs de TECHNOFI

Nom	Prénom	Fonction
GALANT	Serge	P.D.G.
VAFEAS	Athanase	Consultant
COUJARD	Clémentine	Consultant
VAUGELADE	Sylvie	Assistante de Direction

12 Annexe 1 : le facteur 4

Définition

La dénomination « Facteur 4 » est un raccourci pour « la réduction d'un facteur 4 des émissions annuelles de gaz à effet de serre, en 2050 ». Les gaz à effet de serre sont nombreux¹⁷³ (gaz carbonique (CO₂), vapeur d'eau, méthane, protoxyde d'azote N₂O, l'ozone O₃, les gaz industriels comme les halocarbures). La cible principale de la réduction à venir reste surtout les gaz à effet de serre d'origine humaine : le plus important au plan de son impact et celui qui croît le plus est le CO₂ qui représente de l'ordre de 55% des sources anthropiques.

Historique

L'objectif national de février 2003 proposé par le Premier Ministre d'alors était cohérent avec l'objectif d'une réduction d'un facteur 2 des émissions de CO₂ au niveau mondial¹⁷⁴, à la même échéance, valeur nécessaire pour contenir l'évolution du changement climatique à des valeurs acceptables¹⁷⁵.

C'est pour laisser la possibilité aux pays en voie de développement de combler progressivement leur retard que la contrainte de réduction des émissions de CO₂ qui leur est imposée est plus légère. Les pays industrialisés doivent quant à eux faire un effort supplémentaire de réduction d'un facteur 3 à 5, la valeur 4 ayant été retenue pour la France.

A partir de septembre 2005, un Groupe de Travail, dirigé par Christian de Boissieu a proposé des pistes, publiées en novembre 2006 sous la forme de 28 recommandations non chiffrées quant à leur coût. De très nombreux ouvrages et rapports traitent de ce problème du Facteur 4 : les projections prises en compte à ce jour se limitent à un horizon de 20 ou 30 ans alors que l'objectif fixé initialement est 2050¹⁷⁶.

¹⁷³ Voir Thierry Alleau - Association Française de l'Hydrogène (AFH₂) Note Facteur 4 27 avril 2007, Version 2.5

¹⁷⁴ Ces émissions sont de l'ordre de 7 GT exprimées en carbone contenu

¹⁷⁵ Ce facteur 2 au niveau mondial a été repris dans les conclusions de la conférence de Nairobi sur le climat, en novembre 2006

¹⁷⁶ voir par exemple le site <http://www.2100.org/PrevotEnergie/>

13 Annexe 2 : stockage de l'électricité distribué et photovoltaïque

Contexte

La future loi allemande¹⁷⁷ sur l'Energie applicable au 1^o Janvier 2009¹⁷⁸ concerne, en particulier, la connexion au réseau de distribution des installations photovoltaïques. Cette loi introduit une rupture majeure par rapport aux régulations en vigueur en Allemagne, mais aussi dans d'autres pays européens dont la France :

- L'autoconsommation d'énergie électrique d'origine photovoltaïque (la consommation par le producteur ou par un tiers dans son environnement géographique immédiat) est désormais rémunérée à un tarif plus avantageux globalement que l'injection directe sur le réseau.
- Cet avantage ira grandissant au fil du temps, ce qui favorise le stockage d'énergie électrique à long terme, de façon à faciliter cette autoconsommation : en effet, la production durant la journée par des panneaux installés sur des maisons individuelles ou des immeubles peut ne pas coïncider avec les besoins des habitants, ce qui nécessite un stockage intermédiaire.
- Les conditions tarifaires les plus favorables s'appliqueront en Allemagne aux systèmes inférieurs à 30 KW crête, ce qui confirme le support de l'Allemagne aux systèmes photovoltaïques décentralisés pour l'habitat.
- La loi s'appliquera aux installations mises en place à partir du 1^o Janvier 2009, les contrats étant conclus pour une durée de 20 ans.
- Les installations qui acceptent de l'énergie stockée, provenant de sources renouvelables, et la transforment en électricité, sont considérées comme "installation pour la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables".

Cette loi s'inscrit en fait dans une logique multi acteurs nouvelle pour l'Allemagne :

- L'habitat et ses occupants deviendront progressivement beaucoup plus efficaces, dans la façon de définir les besoins énergétiques et de les satisfaire, donnant donc à l'énergie solaire un rôle clef pour que ces logements s'affranchissent de sources de combustibles fossiles, voire de l'électricité
- Le choix industriel de continuer à renforcer l'industrie allemande du solaire (thermique et photovoltaïque)
- La promotion d'acteurs industriels allemands du stockage d'électricité, avec d'abord une vocation automobile pour répondre aux développements de technologies hybrides, mais la possibilité de lier habitat et transport via l'énergie électrique (les véhicules plug-in hybrides)
- La volonté de réduire les coûts de transaction attachés à la logique actuelle d'achat des KWH électriques d'origine solaire à chaque propriétaire : ces

¹⁷⁷ Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, Verabschiedet vom Deutschen Bundestag am 6. Juni 2008

¹⁷⁸ votée en troisième lecture le 06 juin 2008 par le Parlement (Bundestag) et a été ratifiée début Juillet par la Chambre Haute (Bundesrat)

coûts et la complexité de la facturation s'avèrent très pénalisants pour les opérateurs de réseaux qui eux sont régulés, donc placés depuis Juillet 2007 dans une logique de réduction des coûts et ceci quel que soit le pays européen

- La volonté de responsabiliser le propriétaire de l'installation PV en évitant la complexité actuelle du système de facturation qui pourrait décourager les nouveaux entrants propriétaires de systèmes PV.

Plus spécifiquement :

- Les modes constructifs seront de plus en plus performants -ce qui conduira à des maisons ou des bâtiments neufs hyper isolés, ne nécessitant plus qu'une faible part d'énergie thermique. L'énergie électrique sera alors prépondérante et au cœur des besoins ultimes de ses occupants.
- Le contrôle de consommation en énergie (la Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie ou MAGE) voit alors toute son importance, quelles que soient les sources d'énergie utilisées. Les solutions MAGE seront de moins en moins coûteuses, simples d'intégration et d'utilisation, avec des champions mondiaux en Europe et en France tout particulièrement (SCHNEIDER, LEGRAND)
- Les systèmes photovoltaïques, de plus en plus attractifs financièrement, permettront avec des solutions de stockage d'électricité d'intégrer une volonté grandissante d'optimisation en continu de la consommation électrique des occupants.
- L'autoconsommation a alors toute sa place puisque, outre une optimisation de la production/consommation locale par une meilleure gestion des flux d'énergie, elle peut, à terme, déstresser le système électrique, soit en écrêtant les pointes de demande soit en fournissant aux meilleurs tarifs de l'énergie électrique à ce même système s'il est prêt à en acquérir pour passer ces pointes. Ce n'est bien évidemment pas le cas aujourd'hui avec la réinjection directe sur le réseau d'électricité qui accroîtra progressivement la volatilité de la puissance électrique disponible. Mais cette autoconsommation a un surcoût initial : celui du stockage électrique.
- L'Allemagne est en retard technologique dans le domaine du stockage d'énergie électrique distribué : lors du lancement du programme stratégique allemand (7 Novembre 2007), le gouvernement a annoncé la création d'une alliance public-privé pour la recherche sur les batteries lithium ion (60 Millions d'Euros du BMBF et 300 millions d'Euros venant en particulier de BASF, BOSCH, EVONIK), alliance qui adresse aussi le stockage temporaire derrière les sources d'énergies renouvelables.

Enjeux et recommandations

Il est nécessaire d'examiner l'évolution des tarifs pour la France à la lueur des évolutions germaniques avec quatre défis :

- Favoriser une industrie nationale de haut niveau technologique dans le stockage distribué, tout en validant les deux options : stockage centralisé (solution japonaise en cours de validation par EDF à la Réunion) et stockage décentralisé (solution Lithium-Ion en cours de test en Guadeloupe)
- Promouvoir le management de la demande en électricité, tout en s'assurant d'une mise en œuvre pratique qui fasse que la prime à l'autoconsommation ne conduise pas à consommer plus d'énergie pour en fait gagner plus grâce à la prime !
- Eviter d'amplifier les problèmes de réseau par une volatilité trop grande de la production d'électricité en provenance de renouvelables
- Tester, au moins pour les systèmes insulaires, de nouvelles options de marché de l'électricité

Le pré requis pour la continuation des tarifs d'achats en France et leur évolution est la consolidation d'une filière PV complète sur notre territoire, comme le fait l'Allemagne, ceci pour continuer la construction de la courbe de connaissance sur cette technologie, tout en créant la valeur ajoutée en amont et en aval du site de production pour maximiser l'impact économique.

Cette consolidation a plusieurs dimensions. Il faut en effet trouver, en France-DOM comprises-, des avantages au sens du système électrique et industriel qui ne sont pas comptabilisés de manière identique dans le modèle économique allemand décrit ci-dessus.

Quels sont ces avantages pour le système électrique français?

- L'autoconsommation oblige chaque investisseur potentiel à jouer plus serré sur ses besoins, ce qui impacte la mise en place d'un management de la demande, lequel a le potentiel de réduire la hauteur des pics journaliers (donc le coût des réserves tournantes pour assurer l'équilibrage en pointe diminue).
- Injecter de l'énergie en phase de pic grâce à l'énergie PV stockée, et ce de manière garantie, aura un prix de marché qui rémunère l'électricité vendue à des valeurs plus élevées que le prix moyen de l'électricité pratiqué en France (le coût marginal est alors plus élevé que le coût de production en base, car les pics de production sont assurés par des installations utilisant des combustibles fossiles), et de toute façon plus élevée aussi que les tarifs de réinjection puisque l'électricité est produite aléatoirement.
- Restreindre l'utilisation de l'électricité au voisinage de son point de production réduit les coûts de distribution (moins de pertes ohmiques qui pèsent lourd dans le compte d'exploitation des distributeurs).
- Pour les DOM, une opération est en cours combinant TENESOL et SAFT afin de valider des bilans économiques intrinsèquement encore plus prometteurs qu'en Europe continentale (climat plus favorable, coût marginal de l'électricité en heures de pointes très élevé, autres externalités comme le CO2 évité ou le moindre impact économique en cas de pannes réseaux).

Ces pistes de valorisation montrent donc la nécessité d'explorer plusieurs directions d'évolution pour les tarifs d'achat de l'électricité d'origine photovoltaïque en France. Citons en quatre par ordre de priorité décroissante :

1. **Promouvoir des tests grande échelle (10 000 équipements PV + Stockage) afin de valider le déploiement de tarifs dans les DOM favorisant l'autoconsommation** et, si nécessaire, la revente garantie au réseau d'électricité verte en heures de pointe, dans des territoires qui servent alors de laboratoires de démonstration Echelle 1 : ce déploiement ouvrirait à la technologie française (PV + stockage) de nouvelles pistes de débouchés industriels (et des emplois pour les usines françaises concernées). Cette expérience permettrait aussi de statuer sur les bénéfices respectifs du stockage électrique centralisé et décentralisé.
2. **Mettre en place, en France métropolitaine, une réglementation énergie cohérente¹⁷⁹ en 2012 pour les bâtiments (et non plus uniquement thermique et éclairage !)** de façon à promouvoir à la fois l'isolation de l'existant et la production locale d'électricité sur les bâtiments en rénovation comme sur le neuf, incluant d'abord des incitants à la Maîtrise Active de la Gestion de l'Energie, puis à l'autoconsommation.
3. **Evaluer le sens d'une offre photovoltaïque « intégrée réseau » globale à l'horizon 2012-2015, offre** qui combine, outre les panneaux, le stockage et la connexion au réseau¹⁸⁰ de distribution (avec les possibilités de micro réseaux locaux inclus dans des programmes immobiliers complets qui promeuvent l'autoconsommation électrique et la coopération entre maisons ou immeubles pour améliorer la sûreté d'approvisionnement). Une publication récente souligne le potentiel du réseau actuel pour accroître le maximum de photovoltaïque connecté à ce réseau¹⁸¹.
4. **Etudier des modèles économiques nouveaux** qui augmentent la part de puissance garantie des productions PV dans le mix de production : ceci nécessite de nouveaux systèmes tarifaires pour ce type d'énergie garantie, d'optimiser les coûts de production de ce type d'énergie et de regarder, pour les systèmes interconnectés, le marché d'ajustement¹⁸² en se rapprochant de l'opérateur de transport.
5. **Valider le bien fondé économique de tarifs régionaux d'achat en France** (donc adaptés aux besoins du système électrique local) qui favorisent l'auto-

¹⁷⁹ C'est-à-dire comptabiliser TOUTES les énergies, et en particulier toutes les sources de consommation d'électricité

¹⁸⁰ Voir par exemple « Estimating potential for the introduction of PV systems into the energy system in JAPAN, Takashi OZEKI, Takao YAMADA, Kenji OTANI, Takumi TAKASHIMA, Kazuhiko, KATO, and Akinobu Nurata. » Nice , 3-ème conférence sur l'intégration de la DER, NICE, Décembre 2008

¹⁸¹ "Shifting the maximum penetration rate of renewable energy resources on power systems using a new probabilistic approach" Laurent Capely, Herman Bayem, Frédéric Dufourd, EDF Research and Development, Clamart, France Nice , 3-ème conférence sur l'intégration de la DER, NICE, Décembre 2008

¹⁸² La conduite du réseau de transport d'électricité consiste à assurer en temps réel l'équilibre entre consommation et production d'électricité. Plusieurs types d'incidents peuvent perturber cet équilibre (unité de production défaillante, ligne de transport endommagée, écart de consommation, etc). RTE, l'opérateur français, doit alors faire appel aux producteurs et aux consommateurs directement connectés au réseau de transport d'électricité pour qu'ils modifient très rapidement leur programme de fonctionnement. RTE a donc mis en place le mécanisme d'ajustement afin de connaître en permanence les différentes solutions disponibles ainsi que les conditions techniques et économiques de leur mise en œuvre pour retrouver le niveau d'équilibre du réseau de transport afin de déterminer équitablement les meilleures solutions. Le mécanisme d'ajustement est un outil fonctionnant selon des règles de marché, destiné à contribuer à la sûreté du système électrique et à fournir une référence de prix au règlement des écarts.

consommation (combinaison d'un ensoleillement maximal et de solutions à des problèmes locaux du système électrique – par exemple les congestions locales du réseau de distribution actuel ou du réseau futur de distribution intégrant de plus en plus de renouvelables). Il faut alors des signaux tarifaires simples et équitables favorisant des modèles commerciaux où tous les participants sont tous gagnants¹⁸³.

Il apparaît opportun de débattre de ces pistes (et d'autres peut-être !), dès maintenant dans le cadre du groupe technologique PV, de façon à aborder la période 2012-2015 avec une plus grande cohérence énergétique ET industrielle pour la filière photovoltaïque en France.

¹⁸³ On notera par exemple que les opérateurs espagnols de transport et distribution examinent à ce jour la possibilité d'investir dans des systèmes de stockage électrique, ceci conduisant à une révision des régulations pour rendre cohérents entre eux renouvelables et stockage.

14 Annexe 3 : observatoire sur la performance énergétique des bâtiments

Contexte

L'article 4 de la directive 220/91 CE en date du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments fixe un calendrier : « Ces exigences (en fonction du progrès technique de nouvelles technologies telle la ventilation) sont revues à intervalles réguliers n'excédant pas une durée de cinq ans, mises à jour pour tenir compte des progrès techniques réalisés dans le secteur du bâtiment ».

Proposition de l'AVEMS¹⁸⁴

Il s'agit de mettre en place un Observatoire pour être plus réactif face à la Directive Européenne : les nouvelles technologies ne doivent pas être exclues des textes réglementaires français, entraînant des recours à des procédures (tel le titre V de l'arrêté du 24 mai 2006) parfois trop lentes, contraignantes et mal adaptées à la demande du marché.

En fait, les textes réglementaires (arrêtés, méthode de calcul en particulier) sont de la **seule responsabilité de la DHUP¹⁸⁵ (ex DGUHC¹⁸⁶)**, le CSTB jouant un rôle de support technique auprès de cette dernière.

Le rôle clef du CSTB et du CETIAT, avec les instructions des ATE_x (Appréciation Technique Expérimentale), des ATEC (Avis Technique) pousse à prôner que le CSTB ou le CETIAT dirige cet Observatoire et signale à la DHUP l'apparition de nouvelles technologies qui ne sont pas prises en compte dans les textes, puis propose des actions pour respecter la directive européenne.

Le titre V devient alors « une roue de secours » pour les cas extrêmes, et en aucun cas un autre moyen qui ne peut que freiner l'innovation autour de cette Directive.

¹⁸⁴ Proposition de Mr Amphoux, Président de l'AVEMS (AVEMS : Association pour la Valorisation en Ventilation de l'Extraction Mécanique Statique ou Stato-mécanique)

¹⁸⁵ Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages

¹⁸⁶ Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction

15 Annexe 4 : avenir de la garantie décennale

Contexte

La Loi 78-12 du 4 janvier 1978, unique en Europe, a modifié en profondeur les régimes de responsabilité, d'assurance et la notion de réception des travaux en matière de construction sur le territoire national. Cette loi modifie les conditions de mise en œuvre des garanties pesant sur les **constructeurs, décennale** et biennale (qui devient **garantie de bon fonctionnement**), et met à leur charge une nouvelle **garantie dite de parfait achèvement**¹⁸⁷.

Alors qu'auparavant il n'existait d'obligation légale de s'assurer qu'à la charge des architectes, la Loi crée une **obligation légale d'assurance** à la charge du maître de l'ouvrage (**assurance dommages ouvrage**) et des constructeurs (**assurance en responsabilité décennale** en matière de travaux de bâtiment). Enfin, elle précise et consacre la notion de **réception des travaux** pour en faire le point de départ unique des garanties et responsabilités mises à la charge des constructeurs.

En vertu de cette responsabilité, les **constructeurs** garantissent le **maître de l'ouvrage**, ses ayants-cause et les propriétaires successifs de l'immeuble, pendant dix ans à compter de la **réception des travaux**, contre les vices et malfaçons :

- qui compromettent la solidité de l'ouvrage,
- qui affectent l'un de ses éléments constitutifs (ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos et de couvert) ou d'équipement (quel qu'il soit) rendant l'immeuble impropre à sa destination normale,
- qui compromettent la solidité d'un élément d'équipement lorsqu'il fait indissociablement corps avec un élément constitutif.

En revanche, les **vices apparents** à la réception et pour lesquels le maître de l'ouvrage n'a fait aucune réserve ne sont pas couverts par la garantie (sauf aggravation ou conséquences imprévisibles).

¹⁸⁷ Voir par exemple <http://www.lawperationnel.com/EncyclopedieJur/AssurRespdecennale.html>

Enjeux

L'ouverture du Marché unique européen et l'avènement de modes constructifs nouveaux pour conduire à un habitat plus économe en énergie mettent cette loi dans des perspectives nouvelles, en particulier quand il s'agit, pour des entreprises allemandes, de fournir des clients français¹⁸⁸.

- Est-ce que cette loi sera un frein ou un accélérateur d'innovations dans les bâtiments à haute performances énergétiques¹⁸⁹?
- Est-ce que le droit de la compétition communautaire peut se satisfaire d'une mesure jugée discriminatoire par les installateurs non français de matériels énergétiques pour l'habitat¹⁹⁰ ?
- Est-ce que les démarches de garantie doivent être adaptées aux nouveaux enjeux technologiques propres au secteur du bâtiment ?

Un groupe de travail interprofessionnel se doit d'aborder ces sujets pour disposer de réponses crédibles afin d'aborder la décennie 2010-2020 avec des réponses efficaces sur le plan économique.

¹⁸⁸ l'association franco-allemande de défense des consommateurs Euro-Info-Consommateurs a entamé des démarches auprès des autorités politiques des deux pays et des assureurs pour trouver des solutions à cette "discrimination inacceptable des consommateurs", contraire au droit européen, (Martine Mériageau, directrice)

¹⁸⁹ voir l'article récent dans Vecteur Gaz, N°78, mai-juin 2008, page 4 « Les BET seraient-ils malades de leur assurance construction ? »

¹⁹⁰ "Toutes les semaines, nous recevons plusieurs appels d'entreprises allemandes qui se plaignent de n'avoir pas obtenu de garantie décennale en France. Ou alors, à des conditions exorbitantes" Brigitte Porschty, juriste à la Chambre des Métiers de Fribourg-en-Brisgau (sud de l'Allemagne)

16 Annexe 5 : manager le changement dans le secteur du bâtiment

Contexte

Comment concevoir, créer et respecter les coûts dans un contexte de plus en plus complexe ?

Quels processus de conception, quelles stratégies de recherches, quels leviers de représentation peut-on utiliser, enseigner, faire partager ?

Comment choisir entre les possibles, hiérarchiser ?

Au cours de l'histoire de l'architecture, les grandes évolutions de style ont été précédées et même induites par les contraintes géographiques et climatiques, par les changements économiques, sociologiques et technologiques. L'industrialisation a simultanément généré la nécessité de constructions plus grandes, moins coûteuses et les a permises grâce notamment au développement des structures en métal et béton. L'enrichissement collectif et la démocratisation ont aussi induit le développement d'une architecture plus fonctionnelle, bon marché... Ce sont ces contraintes majeures qui ont fait le lit de l'architecture contemporaine. On citera plusieurs tentatives en France qui ont abordé ces enjeux :

- le travail de l'IME et son application à l'innovation et à la création architecturale¹⁹¹
- l'atelier thématique quartier durable réalisé pour le PUCA¹⁹² (plan urbanisme construction architecture)
- une opération de renouvellement urbain, le GPRU (Grand projet de renouvellement urbain) de la Ville de Paris de la Cité Michelet dans le 18^{ème} donnant des pistes pour accompagner les acteurs d'un projet complexe

Proposition

Il est nécessaire de développer :

- des projets de recherche « amont » dans lesquels est prise en compte une approche multicritères, transversale et systémique de la conception architecturale durable, développée par un partenariat architectes/ingénieurs/laboratoire de recherche/industriels, en concertation avec les services d'urbanisme de villes pour mettre en adéquation règlements d'urbanisme, intégration des énergies renouvelables et performance énergétique des bâtiments, en concertation avec les architectes des bâtiments de France.
- des projets démonstrateurs pour mettre en application sur des exemples concrets (typologie à définir) et pilotes les résultats issus de la recherche précédente.

¹⁹¹ « **Architecture environnementale, contrainte ou source de rupture créatrice ?** » Dr. Jacques Fradin, *Comportementaliste et Cognitiviste (AFTCC), Directeur de l'Institut de Médecine Environnementale, Sonia Cortesse, Architecte DPLG, enseignante à l'Ecole d'architecture de Paris Val de Seine, Directrice d'Architecture & Développement*

¹⁹² **PLAN URBANISME CONSTRUCTION ARCHITECTURE (PUCA) Atelier thématique quartier durable, Approche technique, Appel à proposition du programme 2007**

17 Annexe 6: valorisation des actifs intangibles de sociétés contribuant à la lutte contre le réchauffement climatique

Contexte

De nombreux travaux académiques se soucient aujourd'hui de la valorisation des actifs intangibles de sociétés innovantes¹⁹³. C'est en particulier le cas des sociétés européennes qui innovent autour de la lutte contre le changement climatique, voient leur valorisation basée sur les ventes associées à leurs services ou technologies, qui utilisent des brevets ou la matière grise de leur personnel.

Par contre, dans ce secteur, ce sont les utilisateurs de ces services ou technologies qui peuvent intégrer le nouveau marché des crédits carbone, tel qu'initié en Europe. Et ces utilisateurs peuvent être en France mais aussi au Japon ou aux USA, utilisateurs qui verront leur propre valorisation augmenter du fait de leur participation au marché des crédits carbone, des certificats verts ou blancs, grâce à des technologies européennes.

Comment dans ces conditions valoriser mieux les actifs intangibles des sociétés européennes qui inventent pour lutter contre le réchauffement climatique, mais se voient exclues d'une partie des fruits de l'utilisation *in fine* de leur invention ? Ce mode de valorisation supplémentaire permettrait d'augmenter la capacité de financement de la recherche en amont, et de l'industrialisation en aval de technologies et services participant à la lutte contre le réchauffement climatique, renforçant à terme leurs avantages compétitifs.

Proposition

La crise financière va probablement amener une révision des normes de valorisation des sociétés et des normes comptables à l'échelle mondiale. Une réflexion interministérielle, puis européenne avec la DG Entreprise de la Commission Européenne, devrait permettre de valider le bien fondé de cette idée, puis de l'inscrire dans le cadre des négociations post-Kyoto qui prépareront les règles internationales d'échange des quotas CO2 (entre autres). Il faut noter qu'une communauté d'experts existe déjà autour de ce thème avec des travaux aidés par la CE¹⁹⁴.

¹⁹³ Voir par exemple Francesco Baldi* Visiting Scholar Columbia University Graduate School of Business and University of Rome "La Sapienza" Lenos Trigeorgis** Visiting Professor of Finance Haas School of Business, University of California "The "Real" Economics of Intangibles: Valuing and Managing Corporate Intangible Assets as Real Options" Octobre 2007

¹⁹⁴ 3rd EUROPEAN INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES IN MANAGEMENT (EIASM) WORKSHOP on "Visualising, Measuring, and Managing Intangibles and Intellectual Capital" Ferrara, 29-31 October 2007

RESUME

En France, ce sont les bâtiments résidentiels et tertiaires qui consomment le plus d'énergie (43,5%), contre environ 32% pour les transports et 23% pour l'industrie. Il s'agit par ailleurs, de la deuxième source d'émissions de CO₂ après les transports (25% du total) et du secteur qui, avec les transports, a connu la plus forte croissance de ses émissions depuis 1990, année de référence pour le Protocole de Kyoto (+ 22%).

Néanmoins, les bâtiments résidentiels et tertiaires possèdent le gisement d'économies d'énergie le plus important et le plus rapidement exploitable, constituant à ce titre une cible prioritaire pour les politiques de maîtrise des consommations et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. De plus, réduire la consommation des bâtiments demande d'investir dans des solutions de long terme, porteuses d'emplois qualifiés, pérennes et difficilement «délocalisables».

Ce document résume les travaux d'un groupe interministériel piloté par le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi (DGE), le Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Economiques (PIPAME) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Ce groupe a analysé, entre janvier et juin 2008, l'ensemble des mutations économiques et technologiques que devront engager les acteurs de l'industrie et des services concernés par la diffusion massive des nouvelles technologies de l'énergie intégrées aux bâtiments neufs et existants. Cette intégration permettra en effet d'amplifier l'amélioration de leurs performances énergétiques, d'être en phase avec les ambitions du Grenelle de l'Environnement à 2012 puis 2020, puis de réduire les émissions de CO₂ d'un « facteur 4 » vers 2050.

Cette analyse, menée avec l'ensemble des acteurs publics et privés, débouche sur sept mesures d'accompagnement pour réussir les mutations analysées, mesures qui impliquent l'Etat, les régions et les industriels du secteur du bâtiment.