



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

ROADMAP TECHNOLOGIQUE 2015-2020

**Produits et systèmes
énergétiques
des marchés résidentiel,
individuel et collectif,
neuf et existant**

JUILLET 2015

Sommaire

Editorial	2
1. Synthèse des conclusions Roadmap résidentiel	4
Roadmap globale marché résidentiel tous segments, neuf et existant.	p 4
Vision produits 2020	p 6
Enseignements clés.	p 8
2. Les enseignements majeurs	11
3. Données d'entrée du marché résidentiel	13
Périmètre du marché résidentiel.	p 13
Le marché des générateurs à eau chaude	p 13
Quelle conjoncture énergétique sur la période 2015-2020	p 14
L'impact des textes communautaires sur les produits et systèmes énergétiques.	p 15
Règlement européen F-Gas.	p 16
Directive Efficacité énergétique 2012/27/UE	p 17
Règlements d'application en matière d'éco conception pour les appareils de chauffage et/ou de production d'eau chaude (lots 1 et 2).	p 18
Directive Performance énergétique des bâtiments, 2010/31/UE.	p 22
L'impact croissant des réglementations : une modification des besoins à couvrir dans le neuf et dans l'existant	p 23
4. Une Roadmap technologique : pourquoi ? comment ?	25
Problématique	p 25
Ambition	p 25
Bénéfices attendus	p 25
5. Analyse détaillée	26
La maison individuelle neuve	p 26
La maison individuelle dans l'existant	p 28
Le logement collectif neuf	p 29
Le logement collectif existant	p 31
Technologies transverses	p 31
6. Thèmes transverses	33
Bâtiment 2020	p 33
Qualité de l'air intérieur (QAI)	p 34
Cas des émetteurs	p 35
Cas de l'électricité spécifique	p 37
Quelles conséquences pour la filière d'ici 2020	p 38
Annexe 1/Lexique – Description sommaire des technologies évaluées dans la Roadmap	40
Annexe 2/Nouveaux concepts technologiques	46
La polyvalence du système de chauffage à eau chaude	51
Membres d'Energies et Avenir	52

Editorial



Dans le parc existant comme dans le neuf, la réduction des consommations énergétiques à l'horizon 2020 est un enjeu majeur pour le secteur du bâtiment résidentiel, individuel comme collectif. La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte fixe des objectifs ambitieux en matière de politique énergétique nationale à l'horizon 2050 : division par quatre des émissions des gaz à effet de serre, et réduction de 50% de la consommation énergétique. De fait, atteindre ces objectifs passe par la maîtrise des consommations d'énergie dans le bâtiment, secteur le plus énergivore.

Le marché des systèmes de chauffage dans le secteur résidentiel se caractérise par une grande diversité de solutions techniques adaptées à chaque typologie de bâtiment. En 2014, le secteur résidentiel compte 33,9 millions de logements répartis ainsi : 19 millions de maisons individuelles, (soit 56,1% du parc résidentiel, et 14,9 millions de logements collectifs (soit 43,9 % du parc).

Fort de ce constat et dans un contexte de profonde mutation du secteur énergétique, l'association Energies et Avenir a développé cette roadmap technologique pour le secteur résidentiel comme un outil stratégique pour les industriels et les pouvoirs publics afin de les accompagner dans leurs décisions dictées par de nouveaux objectifs ambitieux ou de nouvelles réglementations.

En dressant un état des lieux des objectifs et des technologies en 2015 et de leur évolution à horizon 2020, plusieurs conclusions s'imposent. Si la période à venir sera marquée par l'arrivée de nouveaux produits et l'amélioration de solutions performantes, celles-ci sont pour la plupart déjà existantes en 2015. Aussi, nous ne connaissons vraisemblablement pas d'ici à 2020 de rupture technologique majeure ou l'arrivée sur le marché d'une nouvelle solution radicalement innovante permettant de répondre à l'ensemble des besoins de ce secteur extrêmement hétérogène. Ainsi, les choix d'avenir s'orienteront plutôt vers l'hybridation des systèmes existants, une plus grande utilisation des énergies renouvelables, la mixité des énergies et l'adaptation aux nouveaux besoins en matière de confort.

La qualité de l'air intérieur et la gestion de l'énergie, à l'image de la problématique du lissage des pointes électriques saisonnières, s'affirmeront comme des questions de premier ordre.

Ainsi, nous assisterons notamment au développement de solutions mixtes avec l'émergence de solutions innovantes (couplage des énergies, froid, électricité spécifique...) et l'essor des systèmes thermodynamiques (développement de la PAC gaz et fioul).

Enfin, à l'image des directives européennes « F-gas » ou « Éco design », de la loi NOME, ou des nouveaux objectifs fixés par le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte, les contraintes normatives à venir auront un impact fort entraînant la nécessaire amélioration de certaines technologies existantes ou même leur disparition lorsque les performances ne seront plus suffisantes au regard des objectifs à atteindre.

Ces mutations technologiques s'accompagneront d'une mutation de la filière. Du maître d'ouvrage à l'occupant, en passant par les concepteurs et la maintenance, chacun devra se mobiliser autour d'un seul et unique objectif : réduire les consommations d'énergie. Cela implique également une prise de conscience des pouvoirs publics au niveau national et européen qui devront tout mettre en œuvre pour soutenir et valoriser ces solutions d'avenir afin d'encourager l'innovation et ainsi pérenniser l'ensemble de la filière.

Hervé THELINGE
Président d'Energies et Avenir

1] Synthèse des conclusions Roadmap résidentiel



ROADMAP GLOBALE MARCHÉ RÉSIDENTIEL TOUS SEGMENTS, NEUF ET EXISTANT

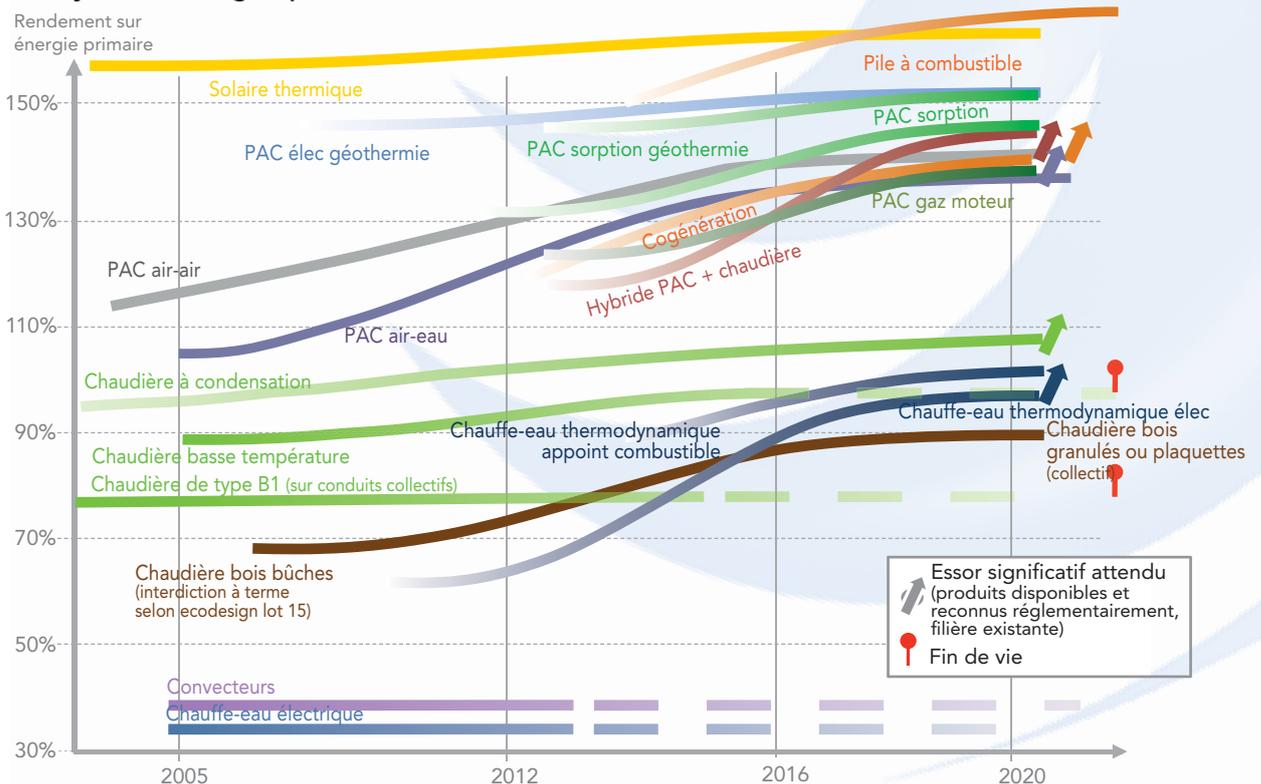
Les 4 graphiques ci-après illustrent le positionnement dans le temps des produits et systèmes évalués par le groupe d'experts.

Le premier constitue une synthèse des 3 suivants respectivement :

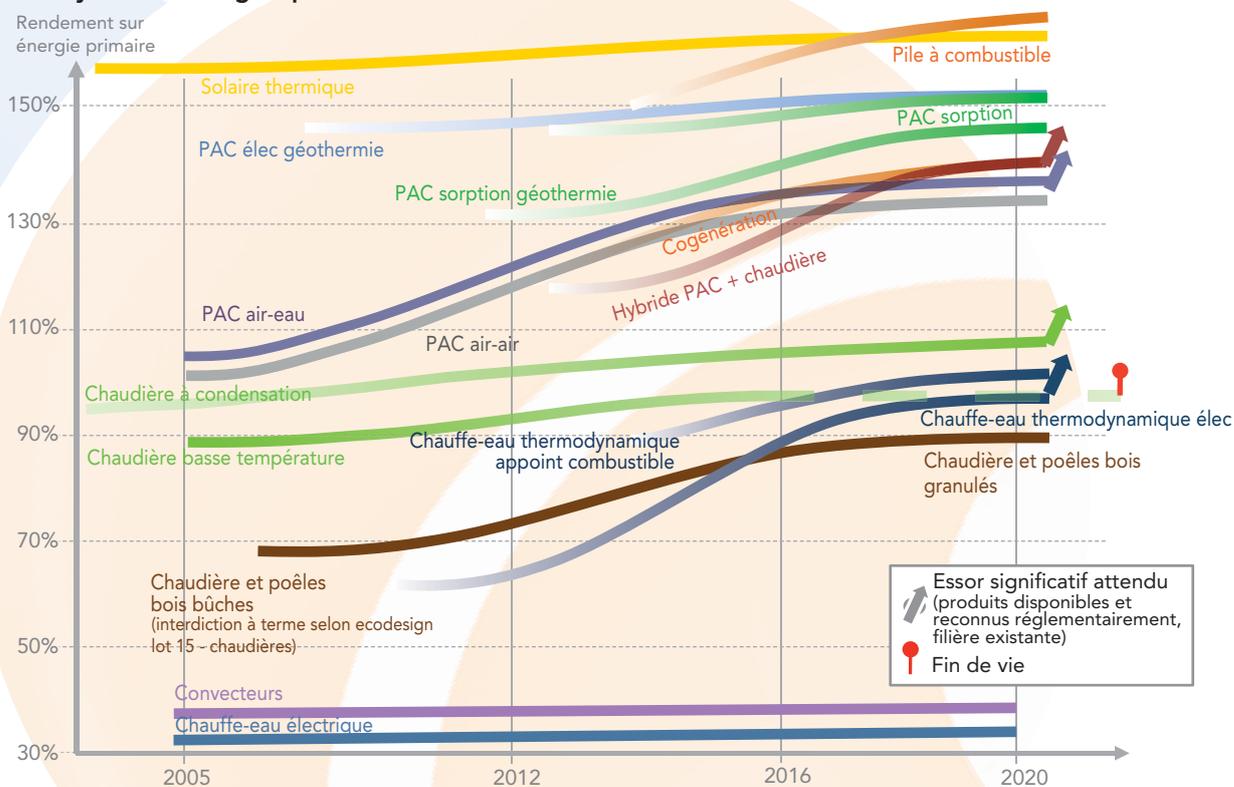
- › systèmes résidentiel individuel,
- › systèmes individuels en résidentiel collectif,
- › systèmes collectifs en résidentiel collectif.

Voir lexique des technologies en annexe 1 – p. 40-45

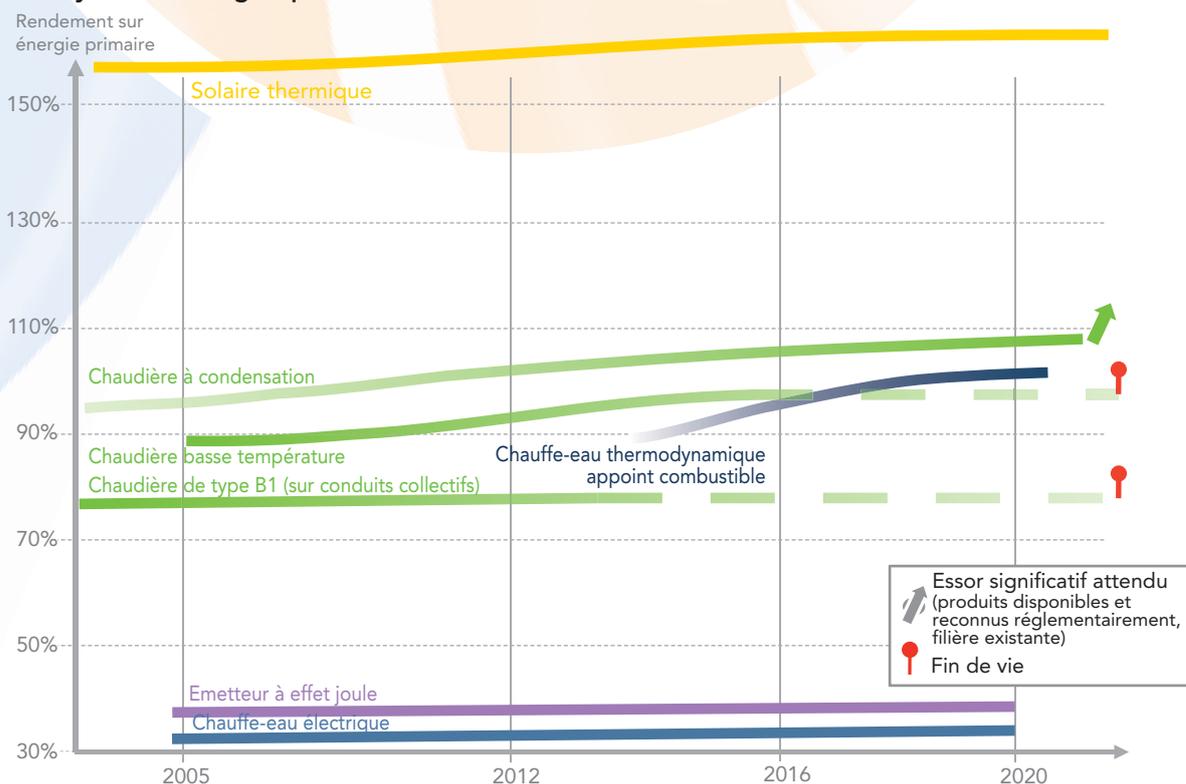
Les systèmes énergétiques dans le résidentiel individuel et collectif



Les systèmes énergétiques dans le résidentiel individuel

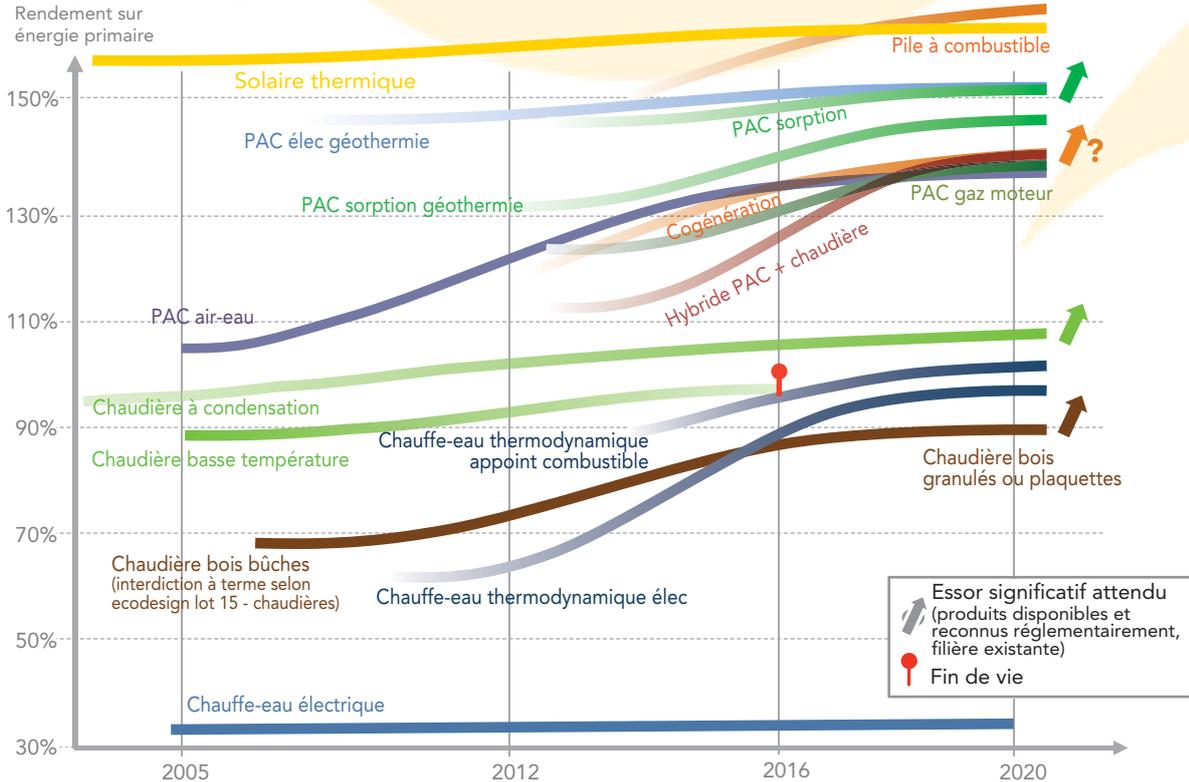


Les systèmes énergétiques individuels dans le résidentiel collectif



.../... Synthèse des conclusions Roadmap résidentiel

Les systèmes énergétiques collectifs dans le résidentiel collectif



LES HYPOTHÈSES RETENUES POUR LA CONSTRUCTION DE LA ROADMAP

La vision à 2020 correspond à la limite de lisibilité des évolutions réglementaires et par voie de conséquence à leur impact sur les produits et systèmes énergétiques.

CONSTRUCTION DES GRAPHIQUES

La Roadmap résidentiel s'inscrit dans la continuité des travaux de l'association autour de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs et existants.

Les graphiques Performance/Coûts ont été élaborés à partir des éléments suivants :

- › **performance** : évaluation sur la base de données CRIGEN des performances moyennes en énergie primaire croisées par les avis des experts présents lors des travaux,
- › **coût** : les coûts pris en compte sont ceux des produits installés et mis en service (hors aides financières) d'une part et, d'entretien/maintenance d'autre part.

Ces cotations ont été formalisées au cours du dépouillement d'une enquête reprenant chacun des critères retenus auprès des experts.

LES HYPOTHÈSES MACROÉCONOMIQUES RETENUES

Le travail de Roadmap a été réalisé en tenant compte du fait que les prix des énergies pouvaient varier. Cependant, les positionnements relatifs des prix de chaque énergie ont été volontairement conservés.

PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

Les produits et systèmes étudiés assurent a minima le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire ou bien la climatisation/rafraîchissement : ainsi, le photovoltaïque, bien que régulièrement utilisé, n'a pas été évalué au cours de ces travaux. Il est entendu pour le groupe d'experts que le photovoltaïque fait partie intégrante du paysage des systèmes installés sur la période, en complément de ceux faisant l'objet de l'étude.

Les réseaux de chaleur alimentés par une ou plusieurs productions de type industriel (valorisation des déchets par exemple) ont également été exclus du périmètre de l'étude.

SEGMENTATION DES PRODUITS SELON LEUR MATURITÉ

On a distingué 2 grandes familles de produits :

- › **les produits existants** : ils ont déjà atteint en 2015 ou vont atteindre à court terme leurs maturité marché (produits disponibles, reconnus réglementairement, filière en place...) et technique,
- › **les produits en devenir** : ce sont des produits qui existent pour la plupart mais qui ne bénéficient pas encore d'une maturité technique ou marché dès 2015.

Dans les graphiques, pour des raisons de cohérence et de lisibilité, le code couleur de chaque technologie entre 2012 et 2020 est conservé.

Certains produits sont mis évidence au moyen de la flèche suivante : ↗

Il s'agit de produits pour lesquels les experts croient en leur potentiel marché, à leurs performances énergétiques et environnementales et prévoient leur montée en puissance sur le marché.

Par opposition, le groupe d'experts a également émis des doutes sur l'intérêt, la capacité à atteindre la maturité technologique et/ou l'émergence sur le marché d'autres produits. Lorsque ces produits sont existants en 2012, la courbe de vie du produit s'estompe (pointillé) sur une période donnée (fin de vie du produit). Lorsqu'ils sont dans la catégorie des produits en devenir, ils ne figurent pas dans le graphe Roadmap du segment.

.../... Synthèse des conclusions Roadmap résidentiel



VISION PRODUITS 2020

La richesse de l'offre actuelle fait que la plupart des technologies de demain sont déjà proposées au marché par les industriels. Aucune rupture technologique n'est vraisemblablement envisagée dans les dix ans à venir, en revanche des améliorations incrémentales sont possibles.

Seule exception : l'apparition de nouveaux fluides frigorigènes. En effet, la directive européenne f-gas oblige à revisiter l'ensemble des technologies thermodynamiques, avec une incidence possible sur leur mise en œuvre et sur leur compétitivité (rapport performance/coût).

L'avenir technologique dans l'énergétique du bâtiment semble se baser sur des technologies d'ores et déjà existantes ou émergentes qui seront « hybridées » et utilisées pour des applications nouvelles. Par contre l'émission de chaleur devrait évoluer très sensiblement avec une part de moins en moins marginale pour le vecteur air et couvrir plusieurs fonctions (rafraîchissement...).

Une convergence des produits pertinents à la fois pour le marché du neuf et de l'existant est en cours et sera accélérée par les contraintes européennes en termes d'éco-conception des produits. A titre d'exemple, l'augmentation de la plage de modulation des chaudières rend un même produit pertinent à la fois dans le neuf et l'existant.

CONFORTEMENT DES LEADERSHIPS ACTUELS

› La position de leader de la condensation sera renforcée parmi les technologies de combustion, avec à terme uniquement des chaudières à condensation sur tous les marchés (y compris dans l'existant).

A horizon 2020, elles vont passer du statut d'appareil autonome au statut de brique technologie d'un système hybride exploitant des EnR (elles ne pourront pas répondre seules après 2020 aux exigences de performance énergétique-BEPOS). Dans certains créneaux, et à usage identique, **la PAC absorption s'affirmera aux côtés de la chaudière à condensation** dans un premier temps dans le collectif puis à partir de 2020 sur de plus faibles puissances sous condition d'un rapport coût/performance accessible pour le marché. En termes de performances, **les chaudières à condensation verront leur plage de modulation augmenter** afin de répondre à la fois aux faibles besoins de chauffage et au maintien des besoins en ECS source d'appel de puissance instantanée importante.

› Les systèmes thermodynamiques monteront en puissance dans l'existant et en collectif (sur le résidentiel individuel neuf, c'est déjà le cas). Cependant, le rythme d'évolution de la montée en puissance sera marqué par l'adaptation aux nouveaux fluides.

TROIS TENDANCES SE DÉGAGENT DES TRAVAUX

- ① L'hybridation des énergies conventionnelles (combustibles gaz naturel, gaz propane, fioul domestique, électricité, EnR) qui réunira le meilleur des technologies électriques et combustibles.
- ② La production décentralisée d'électricité (via cogénération). **L'évolution des appareils de cogénération répond à la modification du ratio production électricité/production chaleur** (15% dans le cas de la micro-cogénération à moteur Stirling, 30% pour les micro ou mini-cogénération à moteur à combustion interne et plus de 50% pour certaines piles à combustible et couplage avec la production photovoltaïque). Cet élément répond à la diminution des besoins de chaleur des bâtiments de demain couplée avec un maintien, voire une croissance, de la consommation d'électricité spécifique.
- ③ La diversification des systèmes thermodynamiques (développement des PAC à combustibles liquides et gazeux et nouvelles générations de fluides).

On trouvera en Annexe 1 – p. 40 - un lexique des technologies mentionnées dans ce rapport et en Annexe 2 – p. 46 - un focus sur les concepts qui recouvrent plusieurs technologies.



.../... Synthèse des conclusions Roadmap résidentiel



ENSEIGNEMENTS CLÉS SUR LE MARCHÉ RÉSIDENTIEL

2015-2020 sera une période d'évolution technologique obligatoire sans rupture technologique majeure, marquée par l'arrivée de nouveaux produits et l'amélioration de solutions performantes existant déjà pour la plupart en 2015 ; la seule exception étant la pile à combustibles, au stade du pilote en Europe.

De fortes innovations sont attendues, toutes technologies confondues :

- › adaptation aux nouveaux besoins d'énergie et de confort,
- › développement de solutions hybrides multi-énergies, plus que de simples technologies avec émergence de solutions innovantes (multi-énergies, couplage avec les EnR, production décentralisée d'électricité...).

Les systèmes de pilotage intelligents se développeront fortement sous l'impulsion des besoins d'optimisation du réseau, de la production d'électricité centralisée et décentralisée, des capacités de stockage et d'autoconsommation des EnR et des besoins des consommateurs (SMART GRID).

Une convergence des produits pertinents à la fois pour le marché du neuf et de l'existant est en cours et sera accélérée par les contraintes européennes en termes d'éco-conception des produits.

Vis-à-vis de la filière l'enjeu est de limiter voire réduire la complexité de mise en œuvre et d'entretien.

Les contraintes réglementaires seront déterminantes pour l'avenir des solutions (f-gas, éco-design des produits liés à l'énergie, RBR 2020...).

Le marché restera très sensible à l'environnement normatif, en particulier aux règles visant à développer la production et la consommation d'énergies renouvelables par des dispositifs incitatifs.

De nouvelles préoccupations s'affirment : qualité de l'air, accès à l'information, pilotage des équipements et gestion de l'énergie avec accès à la liberté d'utilisation des énergies en fonction de l'évolution de leur coût.

Les améliorations technologiques devront s'accompagner d'une montée en compétence de l'ensemble des acteurs de la filière, en allant des bureaux d'études jusqu'aux installateurs. La formation des professionnels aux nouvelles technologies et leur accompagnement sur le terrain lors des premières installations constituent un élément fondamental du perfectionnement de la filière.

2] Les enseignements majeurs

Sur le marché résidentiel...

- › Le marché des systèmes de chauffage dans le secteur résidentiel se caractérise par une grande diversité de solutions techniques qui s'adapte à chaque typologie de bâtiments.
- › Les solutions qui émergeront à horizon 2020 ont des chances d'arriver à maturité si elles résolvent l'équation effet /volume/coût : soit des appareils largement diffusés soit des appareils très onéreux répondant à des marchés de niche.

...aucune rupture technologique majeure n'est attendue...

- › 2015-2020 sera une période d'évolution technologique obligatoire marquée par l'arrivée de nouveaux produits et l'amélioration de solutions performantes existant déjà pour la plupart en 2013 ; la seule exception étant la pile à combustibles, au stade du pilote en Europe.
- › Il ne faut s'attendre en 2020 ni à un « produit magique » ni à une « solution miracle » dominant tout le marché.

... mais où de fortes innovations sont attendues, toutes technologies confondues...

- › L'avenir est à l'hybridation des systèmes existants et à l'adaptation aux nouveaux besoins d'énergie et de confort.
- › 2015-2020 verra le développement de solutions mixtes plus que de simples technologies avec l'émergence de solutions innovantes (couplage avec les EnR, multi-énergies, électricité spécifique...).
- › Les systèmes de pilotage intelligents se développeront fortement sous l'impulsion des besoins d'optimisation du réseau, de la production globale d'électricité (SMART GRID), des capacités de stockage et d'autoconsommation des EnR et des besoins des consommateurs.
- › Une convergence des produits pertinents à la fois pour le marché du neuf et de l'existant est en cours et sera accélérée par les contraintes européennes en termes d'éco-conception des produits.
- › Vis-à-vis de la filière l'enjeu est de limiter voire réduire la complexité de mise en œuvre et d'entretien.

.../... Les enseignements majeurs

... avec un impact réglementaire de plus en plus discriminant...

- › Les contraintes réglementaires seront déterminantes pour l'avenir des solutions (F-gas, Eco design des produits liés à l'énergie).
- › Respecter un budget/réglementation thermique tout particulièrement dans le neuf.
- › Fragilité face aux décisions politiques en particulier vis-à-vis du développement des EnR qui passera par une incitation réglementaire.
- › La capacité des équipements à répondre au concept de Bâtiment 2020 est fondamentale. Cela implique, outre l'augmentation des performances, de savoir communiquer avec les autres systèmes, les occupants, les autres bâtiments, et d'être flexible dans leur fonctionnement.

... répondant à un nouveau système d'attentes des utilisateurs...

- › L'acceptabilité du produit par le marché dépend d'un compromis coût/performance/environnement.
- › De nouvelles préoccupations s'affirment : qualité de l'air, accès à l'information, pilotage des équipements et gestion de l'énergie avec accès à la liberté d'utilisation des énergies en fonction de l'évolution de leur coût.

... exigeant une mutation de la filière qui la pérennise...

- › La mutation technologique doit être accompagnée d'une mutation de la filière : du bureau d'études à la maintenance en passant par l'installateur. Par l'information, la formation sur les nouvelles technologies et l'accompagnement sur le terrain pour les premières installations.

... et faisant ainsi de la Roadmap un outil stratégique...

qui donne aux industriels :

- › Un état des lieux objectif des marchés et des technologies en 2013 et de leur évolution à horizon 2020.
- › Des possibilités de définir des positionnements stratégiques produits par segments de marchés.
- › Des solutions pour aujourd'hui et pour demain, des idées pour après-demain qui doivent être soutenues et valorisées en France et en Europe.
- › Une base de travail à mûrir car sans bouleversement fondamental.

3] Données d'entrée du marché résidentiel

➔ PÉRIMÈTRE DU MARCHÉ RÉSIDENTIEL

L'étude porte sur le marché résidentiel neuf et existant, individuel et collectif.

➔ LE MARCHÉ DES GÉNÉRATEURS À EAU CHAUDE

CHAUDIÈRES

Le marché de la chaudière Gaz et Fioul s'est établi en 2014 à 579 000 pièces dont 341 000 chaudières à condensation. Ceci porte le taux de pénétration de la technologie à condensation à 58%. Il est, pour les chaudières collectives de 77%.

Les chaudières se répartissent comme suit :

Puissance	P ≤ 70 kW	P > 70 kW
Condensation	331 000	8 000
Total chaudières	579 000	10 000

CHAUDIÈRES BIOMASSE

Le marché des chaudières Biomasse est estimé à 14 500 pièces soit -37% par rapport à 2013.

POMPES À CHALEUR

Le marché de la pompe à chaleur sur vecteur eau s'établit à 73 000 pièces dont 69 500 PAC sur vecteur eau. Il est en hausse de 26% par rapport à 2013.

PRODUCTION DÉDIÉE D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Le marché des chauffe-eau thermodynamiques s'établit à 72 500 pièces en forte progression de +58% par rapport à 2011.

Le marché du chauffe-eau solaire individuel s'établit à 18 600 pièces en régression de 9% par rapport à 2013. La régression du marché en 2014 s'est accélérée à cause notamment de la concurrence d'autres solutions techniques.

En revanche, le marché du capteur solaire pour installations de production d'eau chaude solaire collectives baisse de 22% comptabilisant une surface de 75 500 m². Cette baisse s'explique notamment par :

- › la disparition du label BBC non contrebalancé par la RT2012 en collectif neuf,
- › les prix de la maintenance des installations collectives.

La surface totale de capteur commercialisée est de 150 000 m² soit -21% par rapport à 2013.

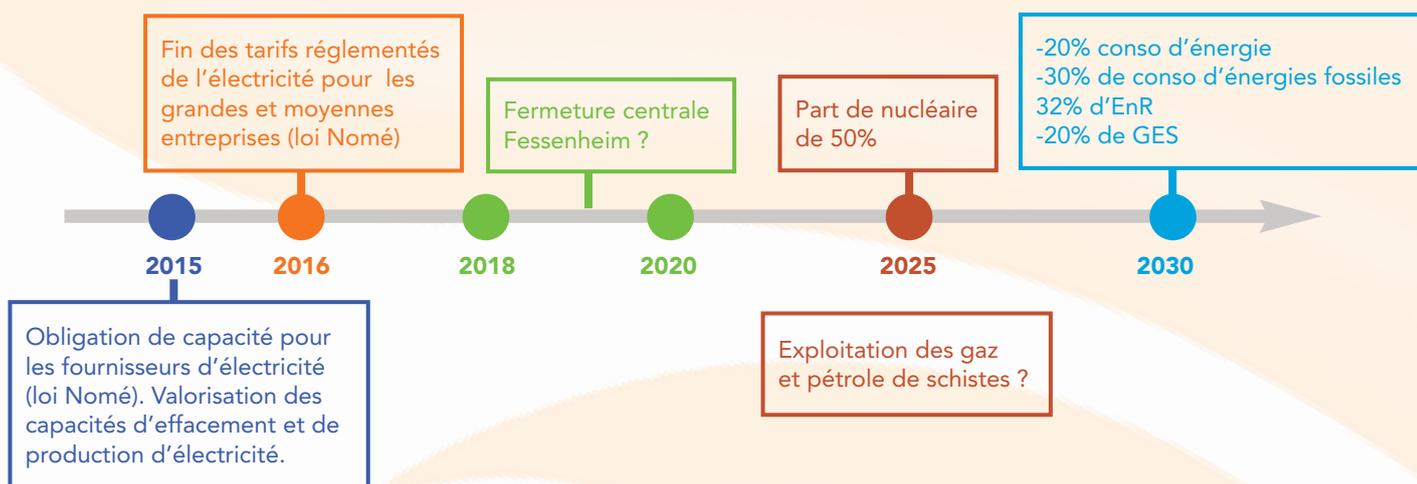
.../... Données d'entrée du marché résidentiel



QUELLE CONJONCTURE ÉNERGÉTIQUE SUR LA PÉRIODE 2015-2020 ?

Le paysage énergétique français est impacté par de nombreux facteurs. Son évolution sur la période 2015-2020 est difficile à prédire. Toutefois, il est possible de lister certains facteurs de changement :

- › **loi Nomé** : fin des tarifs réglementés de l'électricité pour les tarifs jaune et vert (moyennes et grandes entreprises) d'ici fin 2015. Ceci peut avoir comme conséquence une augmentation du prix de l'électricité à cet horizon et la mise en place d'un mécanisme de capacité pour les énergéticiens qui oblige ces derniers à disposer de capacité de production ou d'effacement en période de pointe d'électricité. Cela devrait conduire à inclure la valorisation des capacités de production locale d'électricité ou d'effacement dans les tarifs,
- › **la volonté politique** annoncée et notamment le projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte devrait conduire à une décroissance de la part de la production nucléaire de 75% aujourd'hui à 50% à horizon 2030. S'il est tenu, ce calendrier devrait conduire à favoriser la production d'électricité par d'autres sources que le nucléaire,
- › **l'exploitation des gaz et pétrole non conventionnels** aux Etats-Unis et potentiellement dans d'autres régions du monde devrait conduire à une augmentation des réserves de la ressource de combustibles qui conduira à une stabilisation du prix des énergies conventionnelles dans les années qui viennent.



L'impact sur la Roadmap technologique est de plusieurs ordres :

- › **l'évolution et la visibilité à moyen terme des tarifs** des énergies pourraient conduire à impacter les parts de marché des systèmes en fonction de l'énergie qu'ils utilisent,
- › **la valorisation de la production locale** d'électricité et de la capacité locale d'effacement électrique conduit à promouvoir les technologies de type cogénération et systèmes hybrides.



L'IMPACT DES TEXTES COMMUNAUTAIRES SUR LES PRODUITS ET SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

4 directives ou règlements européens impactent les métiers liés aux produits et systèmes énergétiques :

- ① règlement européen F-Gas : 842/2006 du 17 mai 2006 relatif à certains gaz à effet de serre fluorés,
- ② la Directive Efficacité énergétique : 2012/27/UE sur l'efficacité énergétique,
- ③ règlements d'application en matière d'éco conception pour les appareils de chauffage et/ou de production d'eau chaude (lots 1 et 2) : directive cadre 2009/125/CE :
 - N° 813/2013 DE LA COMMISSION du 2 août 2013 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux dispositifs de chauffage des locaux et aux dispositifs de chauffage mixtes,
 - N° 811/2013 DE LA COMMISSION du 18 février 2013 complétant la directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des dispositifs de chauffage des locaux, des dispositifs de chauffage mixtes, des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage des locaux, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire et des produits combinés constitués d'un dispositif de chauffage mixte, d'un régulateur de température et d'un dispositif solaire,
 - N° 814/2013 DE LA COMMISSION du 2 août 2013 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux chauffe-eau et aux ballons d'eau chaude,
 - N° 812/2013 DE LA COMMISSION du 18 février 2013 complétant la directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des chauffe-eau, des ballons d'eau chaude et des produits combinés constitués d'un chauffe-eau et d'un dispositif solaire.
- ④ directive Performance énergétique des bâtiments : 2010/31/UE du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments.

.../... Données d'entrée du marché résidentiel

➔ RÈGLEMENT EUROPÉEN F-GAS

Les fluides frigorigènes ont un impact direct sur les performances et le fonctionnement des produits et systèmes thermodynamiques.

Les pouvoirs publics européens ont démarré les travaux de révision du règlement F Gas dont l'objectif est de réglementer l'utilisation des fluides fluorés en Europe. La Commission a proposé un texte en novembre 2012.

Les HFC semblent condamnés à terme.

POURQUOI ?

- › Les émissions de HFC via la climatisation contribuent pour 8% à l'effet de serre (leur GWP va de 1300 à 4000),
- › Cette tendance est à la hausse, et, « incompatible avec les objectifs de réduction d'émission de GES » d'autant plus que le contrôle des émissions à l'atmosphère n'est pas concluant.
- › La dynamique de conversion est déjà en place dans les marchés de l'électroménager, l'automobile et l'industrie.

▣ Quelles sont les solutions à l'étude ?

- › Parmi tous les fluides de substitution, il n'y a pas de solution universelle pour toutes les applications, en particulier pour le secteur du bâtiment.
- › A ce jour, les experts ne disposent que de très peu d'information sur les fluides qui répondraient simultanément aux trois critères : performance, coût, impact environnemental.
- › Les caractéristiques des fluides de demain présenteront un compromis de ces trois critères.

Les prochaines décisions se feront au niveau de l'Europe.

Quel impact sur la Roadmap ?

- › L'évolution vers une transition programmée des fluides frigorigènes est bien réelle dès 2015.
- › Au niveau mondial, les marchés émergents, dynamiques mais moins réglementés bénéficieront certainement d'une distorsion du coût d'usage par rapport au marché européen. La conception des compresseurs se voit directement impactée par l'autorisation ou non d'utiliser un fluide frigorigène. Ces compresseurs représentent le cœur des systèmes thermodynamiques.
- › Une (ou plusieurs) génération de fluides apparaîtra d'ici 2020.
- › Les industriels renouvelleront progressivement leurs gammes dès qu'ils auront une meilleure visibilité ; le choix d'options techniques créera un risque économique sur leur activité.

Options à prendre

- › Trouver les choix technologiques les plus viables pour les fabricants.
- › Encadrer l'usage des « fluides naturels » et des « hydrocarbures ».
- › Organiser la transition d'apparition et de disparition des fluides ainsi que les applications prioritaires.



➔ DIRECTIVE EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE 2012/27/UE

La directive 2012/27/UE sur l'efficacité énergétique, parue au J.O le 14 novembre 2012, établit un cadre commun de mesures visant à promouvoir l'efficacité énergétique dans l'UE afin de réaliser l'objectif de réduction de 20% de la consommation d'énergie primaire de l'UE d'ici 2020.

Les points marquants de cette directive :

- › Des objectifs nationaux d'efficacité énergétique : chaque Etat membre se fixe un objectif indicatif national d'efficacité énergétique fondé sur la consommation - en EP ou EF - ou économies d'énergie - en EP ou EF ou intensité énergétique.
- › Exemplarité de l'Etat : des objectifs en matière de rénovation des bâtiments & acquisition de produits performants.
 - Les Etats membres doivent définir une stratégie à long terme de rénovation des bâtiments nationaux, notamment via la mise en place de mesures pour accroître les rénovations lourdes.
 - 3% des bâtiments de l'Etat doivent être rénovés par an dès le 1^{er} janvier 2014.
 - L'Etat doit acquérir des produits & services à haute performance énergétique (dans la mesure où cela est économiquement faisable).
- › Un cadre commun pour la mise en place de **systèmes nationaux d'obligations d'économie d'énergie** (de type CEE ou équivalent). Les distributeurs et/ou fournisseurs d'énergie doivent **générer annuellement 1,5% d'économies d'énergie** sur le volume des ventes d'énergie aux clients finaux, entre 2014 et 2020 (ou atteindre un volume d'économie d'énergie cumulée équivalent).
- › **Comptage & informations sur la facturation** basées sur les consommations réelles (articles 9 & 10). Les clients doivent être équipés de compteurs individuels indiquant la consommation réelle d'énergie ainsi que le moment où l'énergie est utilisée dans le neuf ou en rénovation globale.
- › D'autres mesures visant à **favoriser les audits énergétiques, promouvoir la cogénération haut rendement** et des réseaux de chaleur/froid ou encore les services énergétiques.

A NOTER La France n'a pas achevé la transposition de la Directive 2012/27/UE en droit national. Néanmoins, de nombreux articles sont transposés lors dans le cadre du projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte.

Cette directive a un impact indirect sur les technologies et systèmes énergétiques évoqués dans cette Roadmap en incitant à développer des systèmes de plus en plus performants et en accélérant leur diffusion par une augmentation du rythme de rénovation.

.../... Données d'entrée du marché résidentiel



RÈGLEMENTS D'APPLICATION EN MATIÈRE D'ÉCO CONCEPTION POUR LES APPAREILS DE CHAUFFAGE ET/OU DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE (LOTS 1 ET 2)

La directive cadre 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établit un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'éco-conception applicables aux produits liés à l'énergie. Comme la directive précédente (directive 2005/32/CE), elle appelle des règles d'application par produit.

Les générateurs de chaleur ont été parmi les premiers équipements à être inclus dans le programme de travail de la Commission. Le lot 1 ainsi créé inclut tous les générateurs de chauffage transférant des calories à l'eau à l'exception des appareils à combustibles solides (lot 15) :

- › chaudières gaz et fioul de puissance utile inférieure ou égale à 400kW simple et double service,
- › les pompes à chaleur (PAC),
- › les appareils à cogénération (puissance électrique inférieure ou égale à 50kW).

Les exigences d'éco-conception reposent sur 3 critères :

- › efficacité énergétique (mode Chauffage & mode ECS),
- › puissance acoustique (pour les PAC uniquement),
- › émissions (appareils gaz et fioul uniquement).

Les exigences minimales et un calendrier d'application sont définis, pour chacun des produits. Elles interdisent la mise sur le marché européen des équipements ne répondant pas aux critères précités.

Pour les chaudières domestiques $P < 70\text{kW}$

Le critère d'efficacité énergétique est un rendement saisonnier calculé à partir des rendements définis dans les normes d'essais homologuées en application des directives appareils à combustible et rendement.

Ces équipements sont également soumis à une exigence d'étiquetage permettant, sur une échelle allant de G à A +++, de positionner l'équipement et de faciliter la comparaison pour le consommateur.

Pour les chaudières de forte puissance ($70\text{kW} < P \leq 400\text{kW}$)

Le critère d'efficacité repose sur les deux rendements déterminés dans les normes d'essais respectivement à pleine charge et à charge partielle. Il n'y a pas d'étiquetage pour ces équipements.

Impacts de ces exigences sur les chaudières Gaz et Fioul

Sur la base des projets proposés par la Commission européenne en mars et avril 2013 :

- › Le palier prévu 2 ans après publication ne permet de maintenir sur le marché domestique que les meilleures chaudières à basse température et chaudières à condensation et, sur le marché de la moyenne et forte puissance, les meilleures chaudières à condensation ;
- › Une exception a été introduite pour une durée de 5 ans visant à maintenir les appareils de type B1 dans le cas où leur remplacement sur les installations individuelles équipées de conduits collectifs par un appareil à condensation n'est techniquement pas possible. C'est notamment le cas au niveau national des installations de VMC-Gaz. Plus d'1,2 millions d'appareils sont concernés en France.
- › S'agissant des émissions d'oxydes d'azote, les exigences nécessiteront des adaptations importantes des chaudières d'ici l'entrée en application de la mesure (5ans).

Ceci conduit, dans un délai très court et non compatible avec le développement de nouveaux produits dans de bonnes conditions, à une rupture avec l'évolution naturelle des produits.

Se pose tout particulièrement la question de l'acceptation par le marché de telles mesures d'application.

Sans accompagnement adapté, cette évolution pèsera économiquement sur le consommateur final et en matière de disponibilité de produits sur le marché (possible réduction de l'offre sur le temps de la transition).



.../... Données d'entrée du marché résidentiel

APPAREILS DE CONDITIONNEMENT D'AIR ET UNITÉS DE VENTILATION (LOT 6)

Les règlements n°1253/2014 relatif aux exigences d'Eco conception et n°1254/2014 relatif à l'étiquetage énergétique des unités de ventilation ont été publiés au JOUE en novembre 2014.

L'application des exigences est prévue le 1^{er} janvier 2016. L'étiquetage est applicable aux unités de ventilation résidentielle ($Q < 250 \text{ m}^3/\text{h}$).

◀ **En résidentiel**, les tendances sont confirmées à savoir une généralisation des solutions de ventilation à débit modulé et/ou avec récupération de chaleur. En France, cela devrait se traduire par une généralisation de la VMC simple flux hygro-réglable et/ou du double flux.

En non résidentiel, la réglementation va généraliser les ventilateurs équipés de moteur basse consommation et valorise les solutions de ventilation avec récupération de chaleur équipées d'une filtration efficace. ▶

APPAREILS À COMBUSTION UTILISANT LES COMBUSTIBLES SOLIDES (LOT 15)

De nouveaux projets de textes concernant l'éco-conception des chaudières à combustible solides :

- › la référence aux normes existantes (EN303-5) pour les émissions,
- › une exigence minimum de la classe 5 pour les émissions,
- › ajout d'exigences sur les émissions de NO_x,
- › entrée en vigueur des exigences d'éco conception à partir de 2020.

En parallèle, un projet d'étiquetage des produits est en cours de préparation pour une mise en œuvre à horizon 2017.

A NOTER En parallèle, le lot relatif aux appareils indépendants utilisant des combustibles solides est en cours de préparation : il s'agit du lot 20.

APPAREILS DE CHAUFFAGE INDÉPENDANTS (LOT 20)

Ce lot couvre les appareils domestiques de chauffage indépendants de puissance utile inférieure ou égale à 50 kW ainsi que les appareils de chauffage indépendants destinés au secteur tertiaire dont la puissance utile est inférieure ou égale à 120 kW. Dans ce dernier cas, la puissance est celle de l'appareil ou d'un segment de celui-ci. Il s'agit d'appareils de production – émission.

Les convecteurs électriques sont inclus dans ce lot.

Le projet de règlement prévoit à partir du 1^{er} janvier 2018 les exigences suivantes pour les appareils électriques :

- › un rendement minimum de 38% pour les appareils fixés sans stockage dont la puissance utile est supérieure à 250W (38,5% avec stockage),
- › un rendement minimum de 34% pour les appareils fixés sans stockage dont la puissance utile est égale ou inférieure à 250W.

À partir du 1^{er} janvier 2018, une fiche produit doit être fournie et les exigences d'informations suivantes s'appliquent également pour les radiateurs électriques : le manuel d'utilisation de l'appareil, les sites internet et l'emballage des produits doivent comporter la phrase suivante tout en garantissant sa bonne visibilité et sa lisibilité par l'utilisateur dans une langue facilement compréhensible par les utilisateurs finaux : « *Ce produit est uniquement adapté aux espaces bien isolés ou aux utilisations occasionnelles* ».

APPAREILS DE CHAUFFAGE CENTRAL PAR AIR AUTRES QU'À COGÉNÉRATION (LOT 21)

Ce nouveau lot regroupe des produits qui ont été visés par d'autres études préparatoires. Il concerne notamment :

- › les PAC air/air 12 kW → 1 MW,
- › les générateurs d'air chaud à combustibles liquides ou gazeux,
- › les climatiseurs air/air 12 kW → 1 MW,
- › les chillers eau/eau et air/eau $P_u < 2$ MW,
- › les chillers de process ($T_{eau} > 6^{\circ}\text{C}$),
- › les ventilo convecteurs.

Les PAC et climatiseurs eau/air sont exclus du domaine d'application. Ceux-ci sont inclus dans le lot 1 au même titre que les chaudières.

A NOTER Ce lot ne concerne pas directement le marché du résidentiel. Cependant, la prudence est de mise car il pourrait sortir du marché certains équipements nécessaires en rénovation.

.../... Données d'entrée du marché résidentiel

➔ DIRECTIVE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS, 2010/31/UE

La directive du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 (2010/31/UE) a pour objectif d'établir un cadre commun destiné à promouvoir l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments dans l'Union européenne. Elle s'inscrit dans le cadre du paquet énergie-climat aussi connu sous le nom de « paquet 20-20-20 ».

Les 4 points fondamentaux sont résumés ci-dessous.

- › La promotion des bâtiments dont la consommation d'énergie est « quasi nulle » d'ici à 2020 et la préparation d'un plan national visant à multiplier le nombre de ce type de bâtiment.
- › La prise en compte, lorsqu'un bâtiment fait l'objet de travaux de rénovation importants, de la performance énergétique du bâtiment ou de sa partie rénovée afin de satisfaire à un certain nombre d'exigences minimales de performance.
- › L'élaboration de Diagnostics de Performance Energétique (appelés Certificats dans la Directive) pour tous les bâtiments ou unités de bâtiment construits, vendus ou loués à un nouveau locataire ou occupés par une autorité publique et fréquemment visités par le public.
- › L'introduction de systèmes intelligents de mesure à chaque fois qu'un bâtiment est construit ou fait l'objet de travaux de rénovation importants, et de systèmes de contrôle actif qui visent à économiser l'énergie.

◀ **En France**, la transposition s'est matérialisée par **la mise en œuvre de la RT 2012** (cf. paragraphe suivant) pour tous les bâtiments neufs depuis le 1^{er} janvier 2013.

Les réflexions sont en cours pour la future réglementation qui imposera à horizon 2020 des bâtiments à consommation d'énergie quasi-nulle. C'est le concept de **Réglementation Bâtiment Responsable 2020** (RBR 2020) dont le Plan Bâtiment Durable a dressé les grandes lignes en juin 2013 (cf. paragraphe RBR 2020 plus loin).

Ces réglementations ont évidemment de forts impacts sur la conception des nouveaux systèmes énergétiques (cf. paragraphe suivant). ➔



L'IMPACT CROISSANT DES RÈGLEMENTATIONS : UNE MODIFICATION DES BESOINS À COUVRIR DANS LE NEUF ET DANS L'EXISTANT

Les renforcements réglementaires à prévoir à l'horizon 2020, conduisent à une profonde modification des besoins énergétiques des logements. Ils conduisent également à la nécessité de partager des domaines où devront prioritairement porter les efforts.

Dans le neuf, la réglementation thermique (RT 2012) applicable depuis le 1^{er} janvier 2013 pour le résidentiel, a généralisé une consommation maximale moyenne (pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et les auxiliaires de chauffage, d'ECS et de ventilation) de 50 kWhep/m².an en énergie primaire. Cette réglementation évoluera de façon progressive pour instaurer d'ici 2020 le concept de bâtiments responsables dans le neuf.

A NOTER Aucune définition officielle n'existe actuellement, mais on peut considérer qu'*a minima* ces bâtiments produiront sur l'année au moins autant d'énergie qu'ils en consommeront (les postes énergivores sont à déterminer).

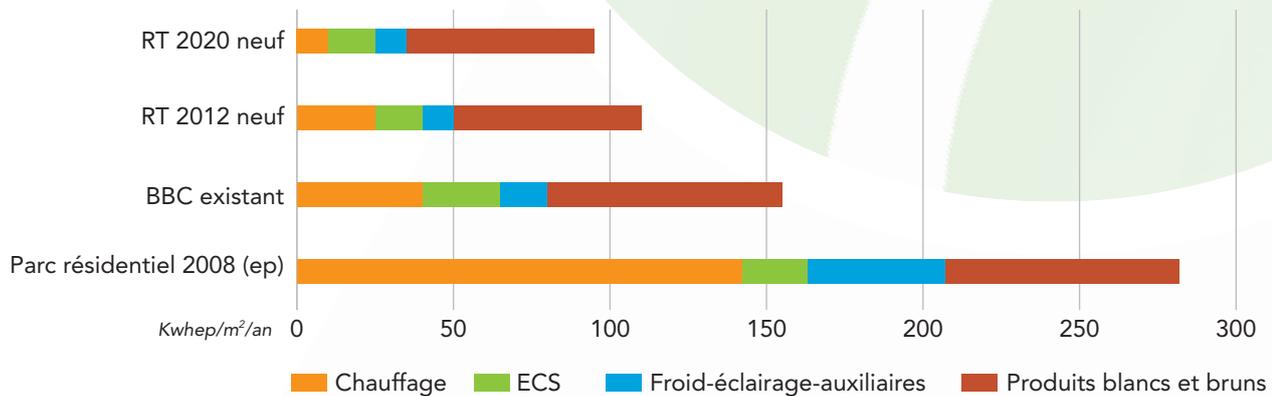
Dans l'existant, les bâtiments d'une surface supérieure à 1000m² (cette valeur sera abaissée à s=500m² voire moins) et ayant un montant de travaux supérieur à 25% du coût de la construction du bâtiment (fixé par arrêté) sont soumis à une RT globale qui fixe un objectif de consommation à atteindre suite à une rénovation énergétique. Pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Un label BBC rénovation (80 kWhep/m².an) est en place pour la rénovation performante des logements quelles que soient les surfaces concernées. A titre de comparaison, la consommation moyenne du parc immobilier français est de 240 kWhep/m².an (pour les 5 usages – source ADEME).

A NOTER Le recours *quasi systématique* aux EnR dans le bâtiment devrait tendre à une généralisation des systèmes de stockage pour l'ECS et de fait, diminuer fortement le besoin de puissance.

.../... Données d'entrée du marché résidentiel

Rappel des répartitions ¹ des consommations d'énergie primaire	Evaluation des répartitions des consommations moyennes toutes zones climatiques			
	2008 Parc résidentiel ² (ep)	BBC Rénovation	Logement neuf RT 2012 Neuf en moyenne (ep)	Bâtiment neuf 2020 - Hypothèse En moyenne
1. Chauffage	142 kWhep/m ² .an	±50 kWhep/m ² .an	±25 kWhep/m ² .an	< 10 kWhep/m ² .an
2. ECS	21 kWhep/m ² .an	±15 kWhep/m ² .an	±15 kWhep/m ² .an	±15 kWhep/m ² .an
3. Froid	2 kWhep/m ² .an			
4. Eclairage	12 kWhep/m ² .an	±15 kWhep/m ² .an	±10 kWhep/m ² .an	<10 kWhep/m ² .an
5. Auxiliaires électriques	30 kWhep/m ² .an			
6. Multimedia (brun)				
7. Produits blancs	75 kWhep/m ² .an	75 kWhep/m ² .an	60 kWhep/m ² .an ³	60 kWhep/m ² .an ↘
Consommations (1+2+3+4+5)	±205 kWhep/m ² .an	80 kWhep/m ² .an	50 kWhep/m ² .an	Ensemble des besoins compensés par une production d'énergie sur le site

1. répartition estimée et non figée 2. moyenne CEREN : MI de 110 m² et appartements de 65 m² 3. valeur CSTB doc



Sur tous les marchés, les consommations unitaires d'énergie diminuent et leur répartition entre chauffage, ECS, éclairage, ventilation et autres usages électriques se trouve profondément modifiée. A titre d'exemple, une maison individuelle neuve en 2020 de 90 m² aurait besoin de 4kW thermique pour le chauffage aux conditions de base ($\theta -7^{\circ}\text{C}$), elle conservera le même besoin d'ECS et quasiment le même besoin électrique spécifique.

En part proportionnelle, le chauffage devient (progressivement pour l'existant) le plus petit poste de consommation énergétique du logement, conduisant à une évolution nécessaire des fonctionnalités des produits et des systèmes. Prioritairement pensés pour satisfaire des besoins de chauffage et dimensionnés pour le Chauffage et l'ECS, ils devront demain couvrir de façon centralisé ou en individuel, les besoins d'énergie électrique, de froid, d'ECS et de chauffage sans impacter le confort.

4] Une Roadmap technologique : pourquoi ? comment ?

PROBLÉMATIQUE

Une vision prospective est particulièrement précieuse :

- › dans le contexte énergétique en mutation profonde et qui impacte fortement les bâtiments et les équipements du génie climatique,
- › dans le contexte de crise économique et financière que traverse l'Europe (et la France) et qui complique encore la vision à moyen terme.

AMBITION

Après les chantiers Roadmaps logements neufs (2010) et existants (2011), les professionnels regroupés au sein d'Energies et Avenir ont souhaité donner de la visibilité à moyen et long terme sur les évolutions prévisibles des produits et systèmes énergétiques, en résidentiel individuel et collectif, neuf et existant et suivant plusieurs critères :

- › performance énergétique et environnementale des équipements,
- › conditions d'accessibilité de la technologie,
- › évolution des rendements,
- › coûts et effet volume.

Cette version constitue la mise à jour des travaux réalisés en 2010 et 2011.

BÉNÉFICES ATTENDUS

La Roadmap technologique est un outil de référence permettant de bâtir des relations privilégiées au sein de la filière et de mener des actions d'information et de sensibilisation auprès des décideurs nationaux et européens, dans le cadre incitatif et réglementaire.

La concertation entre industriels, professionnels et énergéticiens autour d'une Roadmap a un triple objectif :

- ① Apporter un regard expert sur les évolutions technologiques en tenant compte de la capacité des industriels à les mettre sur le marché.
- ② Sensibiliser les intervenants de la filière notamment aux questions de formation.
- ③ Apporter un éclairage aux pouvoirs publics dans l'élaboration des textes réglementaires.

Elle a pour vocation d'apporter aux industriels :

- › une aide à l'anticipation des décisions d'investissement,
- › un éclairage sur l'adéquation des choix industriels avec les exigences de performance et les objectifs environnementaux,
- › une aide à la gestion des transitions nécessaires (outil industriel, emplois, capacité de la filière, etc.) par une meilleure maîtrise du rythme et du contenu des renforcements réglementaires,
- › une définition des besoins de formation des intervenants de la filière,
- › un éclairage pour les évaluations prospectives de chaque entreprise.

5] Analyse détaillée

L'évolution des produits



LA MAISON INDIVIDUELLE NEUVE

LE CHAUFFAGE

Les meilleures basses températures et la condensation seront les seules technologies de chaudières à passer le cap des mesures d'application du lot 1 (directive ErP) et à répondre aux exigences de la RT 2012. A horizon 2020, le recours de la technologie des chaudières à condensation en tant que brique technologique d'un appareil hybride exploitant des EnR va augmenter. Le transfert va être opéré progressivement pendant ces prochaines années. La question d'une solution constituée d'une chaudière à condensation et d'un autre appareil « EnR » non packagé se posera au-delà de 2020.

En termes de performance, les chaudières à condensation, **voient déjà leur plage de modulation augmenter** afin de répondre à la fois aux faibles besoins de chauffage et au maintien des besoins en ECS, source d'appel de puissance instantanée importante (confort en mi saison).

Les systèmes à effet joule seront réservés aux petits logements dans le neuf pendant la transition 2010-2020. Le marché du remplacement devrait également rapidement faire disparaître les convecteurs au profit de systèmes rayonnants (fluide thermique et émission BT).

Les systèmes thermodynamiques verront leurs performances augmenter. Le rythme de cette évolution sera conditionné par l'impact qu'aura la révision du règlement F-Gas sur les fluides frigorigènes et les produits correspondants.

Les « hybridations packagées » chaudière + PAC à compression électrique émergent pour satisfaire des exigences de performances (utiliser l'équipement le plus performant selon les conditions extérieures) en mode chauffage et en mode ECS (préchauffage de l'eau par la pompe à chaleur).

Les PAC à absorption, déjà présentes sur le collectif, vont se développer sur l'individuel par réduction de la puissance des produits et en améliorant leurs performances.

Les appareils à cogénération : solutions bien connues et dynamiques en Europe mais peu présentes en France du fait du faible écart entre les tarifs des combustibles et de l'électricité. En 2020 ils bénéficieront de 2 leviers nouveaux :

- › le marché du bâtiment responsable, seule solution permettant de produire de l'électricité en alternative à une solution photovoltaïque,
- › des prix de l'électricité plus élevés en particulier grâce à des prix de capacité destinés à éviter les pointes.

L'évolution de ces appareils répond à la modification du ratio production électricité/production chaleur (de 0,15 dans le cas de la micro-cogénération à moteur Stirling, à plus de 1,5 pour certaines piles à combustible - ce qui correspond à des rendements électriques allant de 15% sur PCI à plus de 60% - et couplage avec la production photovoltaïque). Cet élément répond à la diminution des besoins de chaleur des bâtiments de demain couplée avec un maintien, voire une croissance, de la consommation d'électricité spécifique.

Les systèmes solaires combinés restent des solutions performantes mais sont pénalisées, en l'état actuel de la technologie par le coût de la solution installée et son encombrement. Le groupe de travail ne voit pas une évolution à la hausse de cette technologie en 2020.

La biomasse présente la particularité d'être bien valorisée dans la réglementation thermique 2012 au moyen du coefficient de conversion en énergie primaire de 0,6.

On distingue les technologies de chauffage central (chaudière biomasse) et de chauffage d'appoint (appareils indépendants tels que les poêles et les inserts).

Pour ces dernières, malgré un bon positionnement dans le calcul réglementaire, les conditions de confort thermique ne peuvent être atteintes sans recourir à un autre moyen de chauffage.

REMARQUE Les experts estiment, par ailleurs, que la chaudière à bûches sera pénalisée par ses performances énergétiques, les pertes liées au stockage d'énergie et l'encombrement de la solution de chauffage (emprise au sol) dus au ballon de stockage et à la chaudière au sol.

L'utilisation d'appareil à granulés de bois permet d'augmenter la modulation de puissance mais nécessite une alimentation en combustible automatique et un stockage de combustible adapté.

.../... Analyse détaillée

LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE DÉDIÉE

Les solutions « solaires thermiques » constituent les solutions de référence pour les logements neufs individuels et collectifs. La tendance est à la diminution de la surface de captage et de la capacité du stockage thermique. Deux solutions émergent :

- › le « CESI OPTIMISE » : un ballon monovalent et un appoint hydraulique séparé par la chaudière,
- › la colonne solaire : un ensemble ballon solaire chaudière conçu en unité compacte. La croissance de ce type de produits est en partie tirée par le besoin de réduire l'emprise au sol dans l'individuel.

Le chauffe eau thermodynamique à accumulation émerge fortement en raison de son faible coût d'installation compte-tenu du peu de contraintes d'installations notamment par rapport à un chauffe eau solaire individuel. Les chauffe eau thermodynamiques dans l'individuel élargiront leurs gammes par recours à un appoint combustible pour augmenter les performances en énergie primaire et pour diminuer l'encombrement.

APPAREILS MULTIFONCTIONS (CHAUFFAGE/ECS/VENTILATION)

Emergence de ces solutions principalement par vecteur air. En effet, la diminution des besoins, l'augmentation de l'étanchéité à l'air des bâtiments et la non évolution de règlement ventilation conduit à privilégier pour le confort des occupants des émetteurs à faible inertie : radiateurs à eau chaude moins inertiels, radiateurs assistés par ventilateurs et solutions tout air.



LA MAISON INDIVIDUELLE DANS L'EXISTANT

LE CHAUFFAGE ET PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Les évolutions technologiques qui accompagneront les systèmes énergétiques pour la maison individuelle neuve se retrouveront dans la maison individuelle existante avec un décalage dans le temps lié à la diffusion des nouvelles technologies et à l'impact des règlements d'application pris en matière d'écoconception.

Pour ce qui concerne les chaudières, la condensation sera la seule technologie à passer le cap des mesures d'application du lot 1 (directive ErP). A compter du 26 septembre 2015, l'offre produit pour le remplacement d'une chaudière se tournera massivement sur la chaudière à condensation.

APPAREILS MULTIFONCTIONS (CHAUFFAGE/ECS/VENTILATION)

Les contraintes d'installation rendent l'accès à cette technologie plus difficile. Par ailleurs, ces systèmes sont plus adaptés pour répondre à de faibles besoins énergétiques.



LE LOGEMENT COLLECTIF NEUF

Pour le chauffage à eau chaude et la production d'eau chaude sanitaire, trois grandes familles d'installation émergent :

- › le chauffage individuel,
- › le chauffage collectif par une chaufferie collective,
- › le chauffage collectif alimenté par un réseau de chaleur et une sous-station qui se positionne comme un concurrent direct aux chaufferies collectives gaz et fioul.

A horizon 2020, les experts estiment que les évolutions des produits du collectif suivront les mêmes tendances que ceux du marché individuel.

CAS DU CHAUFFAGE INDIVIDUEL EN IMMEUBLE COLLECTIF

La condensation sera la seule technologie à passer le cap des mesures d'application du lot 1 (directive ErP). Dans l'existant, les chaudières de type B1 standard et basse température (équipées d'un coupe-tirage) seront réservées au remplacement d'appareils dans la situation d'impossibilité technico-économique de recourir à la condensation.

Le groupe d'experts ne voit pas de nouvelles solutions pour remplacer les solutions actuelles de chauffage individuel dans le collectif (gaz et électricité) dûes aux contraintes fortes d'installation (exemple de la cogénération individuelle et des pompes à chaleurs pour des raisons de puissance acoustique).

Le groupe d'experts prévoit l'émergence de solutions de chauffe-eau thermodynamique sur air extrait avec appoint électricité ou gaz en remplacement des chauffe-eau électriques.

CAS DES INSTALLATIONS COLLECTIVES DE CHAUFFAGE ET DE PRODUCTION D'ECS

Dans le neuf, les solutions actuelles permettent d'atteindre les exigences réglementaires de consommation (57,5 kWhEP/m².an en moyenne). A partir du 1er janvier 2018, la fin de la période d'adaptation à la réglementation thermique 2012 changera peu le positionnement des solutions pour atteindre les performances minimales de consommation (50 kWhEP/m².an en moyenne). Les EnR seront progressivement valorisées au sein d'installations performantes telles que :

- › chauffe-eau solaire collectif avec appoints individuels,
- › chauffe-eau thermodynamique collectif avec appoint hydraulique ou électrique,
- › solutions hybrides collectives (chaudières + PAC),
- › PAC double services électriques et combustibles,
- › chaudière biomasse collective,
- › mini-cogénération.

Ces solutions pourraient être mieux valorisées au moyen des labels énergétiques afin de préparer leur développement en vue de la prochaine réglementation énergétique.

.../... Analyse détaillée

La condensation sera également la seule technologie de chaudière à passer le cap des mesures d'application du lot 1 (directive ErP) et à répondre aux exigences de la RT 2012. A horizon 2020, le recours de la technologie des chaudières à condensation en tant que brique technologique d'une « chaufferie » hybride exploitant des EnR va augmenter. Le transfert va être opéré progressivement pendant ces prochaines années.

En termes de performance, les chaudières à condensation voient déjà leur plage de modulation augmenter afin de répondre à la fois aux faibles besoins de chauffage et au maintien des besoins en ECS, source d'appel de puissance instantanée importante (confort en mi saison).

Les systèmes thermodynamiques verront leurs performances augmenter. Le rythme de cette évolution sera conditionné par l'impact qu'aura la révision du règlement F'Gas sur les fluides frigorigènes et les produits correspondants.

Les « hybridations packagées » chaudière + PAC à compression électrique émergent pour satisfaire des exigences de performances (utiliser l'équipement le plus performant selon les conditions extérieures) en mode chauffage et en mode ECS (préchauffage de l'eau par la pompe à chaleur).

Les PAC à absorption et à moteur, déjà présentes sur le collectif, vont se développer sur ce secteur grâce à leurs performances. Elles se positionnent comme le successeur de la chaudière à condensation collective après 2020.

Les appareils à cogénération : dans le collectif, le groupe de travail estime que les cogénérations (micro et mini) à moteur à combustion interne devrait se développer en priorité d'ici 2020 de part la maturité technologique de ces produits. Le groupe d'experts se pose la question de la maturité produit des piles à combustibles de puissance importante.

L'évolution de ces appareils répond à la modification du ratio production électricité/production chaleur (de 0,50 dans le cas de la mini-cogénération à moteur à combustion interne, à plus de 1,5 pour certaines piles à combustible - ce qui correspond à des rendements électriques allant de 30% sur PCI à plus de 60% - et couplage avec la production photovoltaïque). Cet élément répond à la diminution des besoins de chaleur des bâtiments de demain couplée avec un maintien, voire une croissance, de la consommation d'électricité spécifique. Cette consommation d'électricité spécifique peut être utilisée en tout ou partie pour alimenter les installations électriques des parties communes des bâtiments collectifs d'habitation.

La biomasse présente la particularité d'être bien valorisée dans la réglementation thermique 2012 au moyen du coefficient de conversion en énergie primaire de 0,6.

LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE DÉDIÉE

Les solutions « solaires thermiques » constituent les solutions de référence pour les logements neufs collectifs. Deux solutions de chauffe-eau solaire collectif émergent :

- › l'une avec appoint centralisé dans la chaufferie,
- › l'autre avec appoint individuel dans les logements (CESCI ou CESCO).

Le chauffe eau thermodynamique à accumulation pourrait avoir une place dans le collectif :

- › pour les petits logements, des solutions individuelles sur air extrait,
- › pour les moyen et gros collectifs, des CET collectifs en chaufferie.

Le groupe d'experts voit s'élargir la gamme d'appoint combustible pour augmenter les performances en énergie primaire.

LE LOGEMENT COLLECTIF EXISTANT

Les solutions collectives envisagées dans le neuf sont pertinentes en rénovation de bâtiment et s'adaptent lors de remplacement d'appareils devenus obsolètes.

TECHNOLOGIES TRANSVERSES

AFFICHAGE ET PILOTAGE INTELLIGENT DE L'INSTALLATION (SMART)

La performance énergétique ne peut être atteinte sans recourir à des systèmes énergétiques performants. Ces équipements doivent être soutenus par un pilotage intelligent permettant ainsi de maximiser la performance et de maintenir le confort des occupants à un niveau très élevé. Le développement des interfaces avec l'utilisateur nécessite que les équipements soient capables de communiquer avec l'interface et que le pilotage des appareils puisse être géré par l'utilisateur ou le fournisseur d'énergies (effacement de pointe par exemple).

A titre d'exemple, le pilotage des solutions hybrides pourra se baser sur l'un des modèles suivants :

- › arbitrage selon la performance en énergie primaire de chaque équipement (climat et puissance),
- › arbitrage selon le prix des énergies et le tarif souscrit par le client,
- › arbitrage sur l'énergie utilisée en fonction de la pointe électrique.

Des solutions d'apprentissage et de prise en compte des événements antérieurs (météo en particulier) permettront de mieux piloter les besoins de réchauffage par l'appoint des appareils utilisant une base et un appoint ; c'est notamment le cas de certaines solutions solaires.

.../... Analyse détaillée

LE STOCKAGE D'ÉNERGIE : UNE NÉCESSITÉ POUR MIEUX INTÉGRER LES ENR DANS LE BÂTIMENT

Le déphasage entre la production d'énergie solaire et les besoins dans le bâtiment associé au développement des solutions intelligentes de pilotage des installations rend nécessaire de recourir à des solutions de stockage.

Le groupe d'experts envisage un développement de nouvelles solutions de stockage à moyen et long terme :

- › stockage d'électricité,
- › utilisation de matériaux à changement de phase,

Le stockage d'eau, solution la plus mature, est limité dans son usage car nécessite des volumes importants pour une capacité calorifique réduite.

Le stockage des énergies traditionnelles reste donc la voie la plus mature en complément de la production intermittente des énergies renouvelables.

VERS UNE AUTOCONSOMMATION DES ÉNERGIES PRODUITES ?

L'objectif est de favoriser l'autoconsommation de l'énergie produite. Se pose alors la question du périmètre (bâtiment, groupe de bâtiments, quartier...) à retenir pour optimiser et maximiser production locale et autoconsommation.

CONFORT D'ÉTÉ : CAS PARTICULIER DE LA ZONE H3

Cette zone climatique nécessite, dans certains cas, le recours à des techniques actives permettant d'atteindre un confort d'été satisfaisant.

Les technologies réversibles permettent de satisfaire à cette exigence. On pourra noter en particulier :

- › les PAC réversibles ; Les appareils hybrides chaudière + Pac réversible,
- › les appareils multifonctions (chauffage – ECS – Ventilation – Rafraîchissement).

La distribution de chaleur et/ou de froid peut être réalisée par un réseau hydraulique (vecteur eau) ou aéraulique (vecteur air).

A NOTER Le groupe d'experts estime que les technologies de climatisation solaire, telles que connues à ce jour, n'émergeront pas sur le marché du résidentiel tant en neuf qu'en existant à horizon 2020.

6] Thèmes transverses

Faits et problématique/Impacts Roadmap



BÂTIMENT 2020

La réglementation 2020 pour la construction des bâtiments neufs ira bien au-delà de la seule vision énergétique. Elle inclura l'impact environnemental et le confort, et aura une approche élargie, pour franchir une nouvelle étape et répondre aux enjeux ci-dessous :

- › **Construire un bâtiment performant vers l'énergie positive** : un équilibre entre d'une part la performance énergétique et climatique, et, d'autre part la qualité de vie dans le logement (confort toutes saisons, éclairage, acoustique),
- › **Prendre en compte la performance globale du bâtiment sur tout son cycle de vie** : de sa construction à sa fin de vie, avec l'ensemble des impacts sur l'environnement,
- › **Valoriser la production décentralisée d'électricité** à déduire de la consommation du logement (micro-cogénération, etc.) et l'autoconsommation,
- › **Valoriser les capacités d'effacement** des consommations énergétiques pour contribuer à la réduction des pointes électriques,
- › Intégrer la consommation d'électricité spécifique : une approche globale de la consommation en incluant les cinq usages classiques (chauffage, climatisation, ECS, éclairage, auxiliaires) mais aussi les consommations d'électricité spécifiques,
- › Appréhender le bâtiment dans son environnement : du bâtiment au quartier, à la ville,
- › Appréhender le ménage dans sa relation à la performance énergétique et l'impact de son comportement.



Ces premières pistes montrent une évolution notable par rapport à la RT 2012. En particulier, **la production locale d'énergie et le stockage**, au niveau du bâtiment ou du quartier, seront notamment nécessaires (micro-cogénération, PV, batterie, smart). D'autre part, les impacts environnementaux des matériaux et des systèmes seront évalués en **Analyse du Cycle de Vie (ACV)** multicritères. **La réduction globale des consommations** reste un objectif majeur, justifiant les tendances à la forte modulation des équipements et à une augmentation de leur performance. D'autre part, les équipements devront contribuer à équilibrer les réseaux et proposer des solutions d'effacement ou de production locale (hybridation, micro-cogénération, etc.).



.../... Thèmes transverses



QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

Sujet en forte émergence et très sensible à la réglementation, la QAI a un impact important sur les systèmes.

L'air à l'intérieur des bâtiments est plus pollué qu'à l'extérieur des bâtiments : ceci est principalement lié aux émissions des COV par les matériaux et l'ameublement ainsi qu'à l'activité des occupants.

(Source : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur)

Ce confinement est accentué par l'isolation grandissante et la non-perméabilité à l'air.

L'objectif de la QAI est d'avoir un air sain dans les locaux équipés et pour cela il est nécessaire de :

- ① Traiter les émissions à la source : travail sur les matériaux
- ② Traiter les émissions liées à l'exploitation : travail sur la ventilation

CONTRAINTES RÉGLEMENTAIRES MAJEURES

- ① Le projet de mesures d'application pour les systèmes de ventilation (Eco-design) exige un renforcement des performances des systèmes de ventilation.
- ② Réglementation acoustique
- ③ Réglementation hygiène (arrêté du 24 mars 1982) : la réglementation est inadaptée aux bâtiments neufs parce que ces derniers présentent une perméabilité à l'air bien inférieure à celle des bâtiments construits au début des années 80. Il y a donc incompatibilité entre la nécessité de limiter les pertes thermiques liées à la ventilation des logements et les débits minimum pour assurer une hygiène suffisante dans le logement.

La filière « installation » de systèmes de ventilation est à ce jour morcelée. Des initiatives existent pour mettre en place une filière reconnue sur la ventilation des logements associant formations et qualification des entreprises.

LES SOLUTIONS ACTUELLES

- ① **Dans le neuf**
 - › Simple flux hygro-réglable (A et B).
 - › Double flux dont la généralisation n'est pas à ce jour effective.
- ② **Dans l'existant**
 - › Ne pas traiter la ventilation car la réglementation n'impose pas de revoir le système de ventilation en cas de rénovation du bâtiment.
 - › Ventilation naturelle.
 - › Simple flux auto-réglable.
 - › Simple flux hygro-réglable (A et B).
 - › Double flux.

QUESTIONS SUR LES TECHNOLOGIES DE DEMAIN

- ① **Les solutions de ventilation de demain s'orientent**, compte tenu des exigences énergétiques et d'éco-conception des produits, vers :
 - › la récupération d'énergie,
 - › le recours à des moteurs à faible consommation d'électricité. A titre d'exemple, la disparition à terme des ventilateurs tangentiels impacte directement la conception des ventilo-convecteurs,
 - › la généralisation de la modulation des débits y compris selon la pollution (COV, CO₂...).
- ② **Information aux occupants** : Indication du niveau de QAI et alertes éventuelles.

En conclusion

Il fait consensus que le sujet de la QAI peut avoir un impact fort sur les choix technologiques à prendre par les industriels et que cela dépendra très fortement de l'évolution de la réglementation.

La tendance actuelle d'approche multicritères va dans le sens d'une intégration de la QAI dans la réglementation qui succèdera à la RT 2012. 

CAS DES EMETTEURS

Indispensables pour assurer le confort thermique dans les locaux où ils sont installés, les émetteurs contribuent à optimiser les performances de l'installation de chauffage.

Plus généralement, on distingue 3 familles d'installations :

- › les installations sur vecteur air,
- › les installations de chauffage à eau chaude aussi appelées « boucle à eau chaude »,
- › les radiateurs électriques à effet joule.

LE CAS DU VECTEUR AIR À HORIZON 2020

Ces solutions sont particulièrement adaptées aux logement fortement isolés et nécessitant des émetteurs à faible inertie. Elles sont donc plus adaptées aux logement neufs.

Le coût de ces solutions est sensiblement le même que celui d'une installation de chauffage central à eau chaude. Les installations utilisant le vecteur air peuvent être alimentées avec tout générateur de chaleur.

Les freins au déploiement de ces solutions sont :

- › d'ordre psychologique : bruits des installations et confort mal perçus par les occupants en France,
- › une mise en œuvre délicate pour laquelle la filière est peu ou pas formée,
- › les contraintes architecturales rendant leur installation plus délicates sur des logements à étages.

A NOTER Le groupe d'experts prévoit un déploiement progressif de ces solutions, à un rythme peu soutenu, avec une priorité sur les logements collectifs neufs.

.../... Thèmes transverses

Boucle à eau chaude : on compte dans les émetteurs d'installations de chauffage à eau chaude les planchers chauffants, les radiateurs statiques ou assistés par ventilateurs et les ventilo-convecteurs.

Ces émetteurs peuvent fonctionner à haute et/ou basse température.

Ils se différencient également par leur inertie : le plancher étant plus inertielle que les radiateurs assistés par ventilateurs.

Le plancher chauffant permet de fonctionner à très basse température, optimisant ainsi la performance énergétique de l'installation. En contrepartie, son inertie le pénalise en mi-saison et lors des variations des charges internes et externes. La chaleur est principalement émise par rayonnement. Le plafond rayonnant à eau chaude constitue une alternative moins inertielle au plancher chauffant. Il permet en outre de faciliter le recours à des solutions actives de rafraîchissement avec un générateur de chaleur réversible.

Les radiateurs fonctionnent par rayonnement à des températures d'eau supérieures mais présentent une moindre inertie donc une meilleure capacité à adapter la température à l'intérieur du local en fonction du besoin. Contrairement à un plancher chauffant, le radiateur se voit dans le local où il est installé. Afin de permettre un bon fonctionnement à très basse température, des **radiateurs assistés par ventilateurs** ont été mis sur le marché permettant ainsi de fonctionner aux régimes de température des planchers chauffants et en diminuant leur inertie par rapport à des radiateurs statiques.

Les ventilo-convecteurs, plus souvent rencontrés dans le tertiaire fonctionnent par convection et ont pour principale qualité d'être réversibles si le générateur le permet. Ils présentent une faible inertie thermique.

QUESTIONS SUR LES TECHNOLOGIES DE DEMAIN

L'enjeu pour ces émetteurs est de répondre :

- › à des besoins thermiques de plus en plus faibles,
- › à une forte augmentation de la sensibilité de la température à l'intérieur du local due aux charges thermiques internes et externes (conséquence du renforcement important de l'isolation des bâtiments),
- › diminuer l'emprise dans le local (à l'exception des planchers chauffants),
- › maintenir un niveau de confort (sensation de point chaud),
- › maintenir un entretien réduit et réalisable par l'occupant lui-même.

Pour y répondre, le groupe d'experts voit :

- › une adaptation à la basse et très basse température (encombrement, inertie),
- › le développement de solutions mixtes statique/ventilé ou statique + appoint (inertie-réversibilité).

Les systèmes à effet joule pourraient être réservés aux petits logements dans le neuf pendant la transition 2010-2020. Le marché du remplacement devrait également rapidement faire disparaître les convecteurs au profit de systèmes rayonnants (fluide thermique et émission BT).



CAS DE L'ÉLECTRICITÉ SPÉCIFIQUE

L'électricité spécifique du secteur résidentiel est répartie principalement entre **les équipements multimédia et informatique et les équipements électroménagers**. Elle croît à un rythme supérieur à 2%/an. Au vu de la baisse progressive des consommations de chauffage, climatisation et production d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments neufs, **les consommations spécifiques d'électricité vont constituer le principal poste de consommation des bâtiments performants à l'avenir**.

L'évolution de la réglementation thermique s'oriente vers des Bâtiments à Energie Positive, qui sera sans doute imposée à horizon de la prochaine RT vers 2020 pour le neuf. Si la définition d'un bâtiment BEPOS n'est pas encore définitive, les réflexions en cours décrivent des bâtiments pour lesquels la consommation d'énergie primaire du bâtiment (tous postes, y compris ceux non pris en compte dans la RT actuelle) est inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite localement (cf. projet Effnergie positive). Cette définition impose **le recours à la production locale d'énergie électrique** pour compenser la consommation d'énergie non renouvelable.

Outre la Réglementation Thermique, les bâtiments devront également contribuer d'une manière ou d'une autre à la gestion de la pointe électrique en hiver et en été. En effet, l'Europe de l'ouest est extrêmement contrainte sur ses réseaux de transport d'électricité : à titre d'exemple, 15 Milliards € sont nécessaires d'ici 2020 pour améliorer le réseau de transport d'électricité et éviter tout blackout électrique généralisé en France (source RTE). D'autre part, **la nouvelle organisation du marché de l'électricité (Nomé)** prévoit que chaque fournisseur devra contribuer à la sécurité d'approvisionnement en électricité en France continentale, notamment en période de pointe de consommation.

Chaque fournisseur devra apporter la garantie qu'il détient, directement ou indirectement, la capacité d'effacement de consommation ou de production nécessaire pour satisfaire la demande de ses clients lors des pointes de consommation. En conséquence, leurs consommateurs seront également incités à **disposer de capacités de production ou d'effacement** (en contrepartie d'offres dédiées de la part de leur fournisseur). Cette obligation de capacité sera mise en œuvre progressivement et aura une portée effective à partir de 2015.

La pointe d'électricité française est particulièrement sensible au climat (2.100 MW par degré en 2009). La gestion de ces pointes peut se faire soit par effacement local, soit par production locale d'électricité. S'il existe des gisements d'économie d'énergie importants pour réduire les postes de consommation d'électricité tels que l'éclairage, la ventilation, les ascenseurs, etc. en remédiant à des dysfonctionnements fréquemment rencontrés (choix des technologies, gestion des éclairages, entretien, etc.), la production locale d'électricité va se généraliser progressivement.

Les solutions de production d'énergie qui permettent de répondre à ces problématiques sont à ce jour la cogénération et, dans une moindre mesure, le photovoltaïque. Pour ce qui concerne le périmètre de l'étude, les industriels devront donc prendre en compte cette évolution des besoins et intégrer cela dans leurs développements.

D'autre part, **les générateurs hybrides** font partie des solutions permettant le délestage massif sur des périodes ciblées.

.../... Thèmes transverses



QUELLES CONSÉQUENCES POUR LA FILIÈRE D'ICI 2020 ?

Introduction

- L'enjeu pour les fabricants est d'accompagner la filière dans sa montée en compétence sur ces produits
- « Comment la filière doit-elle s'adapter aux nouvelles technologies qui émergent? »

IMPACTS D'ENSEMBLE SUR L'ÉVOLUTION DES TECHNIQUES DE CONSTRUCTION DU BÂTIMENT

Dans un environnement où le bâtiment devient très performant du point de vue énergétique et où la perméabilité à l'air est un point important, la qualité d'installation des systèmes énergétiques impacte plus fortement sur la performance finale du bâti (réservations, canalisations, pose des équipements...).

La coordination des travaux constitue donc un point essentiel dans l'atteinte de la performance tant dans le neuf que dans la rénovation/remplacement.

IMPACTS LIÉS AUX NOUVELLES TECHNOLOGIES

Ces impacts portent sur :

- › la prescription des nouveaux produits et systèmes (BE dans le neuf et installateurs dans l'existant),
- › la qualité des installations de ces nouveaux équipements,
- › la maintenance.

La prescription nécessite une bonne connaissance des produits afin d'assurer une bonne acceptation de la technologie par le maître d'ouvrage/l'occupant et d'éviter les éventuelles contre références.

La formation dispensée par le fabricant pour tout nouveau produit devrait comprendre la formation au produit, à son installation et à sa maintenance le cas échéant, mais également un accompagnement sur les premières réalisations.

La prise en compte du travail d'installation et de maintenance (diagnostic des pannes, remplacement de composants...) constitue un facteur clé du développement du produit et de son acceptation par la filière.

- Préconisations du groupe d'experts :**
- › réaffirmer le rôle essentiel du fabricant dans la formation et l'appui de la filière sur les nouvelles technologies,
 - › conseiller à chaque fabricant de soigner la mise en marché de nouveaux concepts.

Certaines technologies portent des freins psychologiques

La méconnaissance de ce produit soulève quelques craintes infondées chez les mainteneurs.

Préconisations du groupe d'experts :

- › la communication sur ces technologies doit répondre aux inquiétudes issues de l'historique défavorable : bien insister sur la fiabilisation de la technologie et du SAV,
- › les marques fabricants ont un rôle essentiel, car elles sont en position de garant par rapport à ces questions.

CONCLUSIONS

- La filière joue un rôle majeur pour accélérer ou ralentir une nouvelle technologie sur le marché. Tous les acteurs sont impactés y compris la filière maintenance.
- Le rôle des industriels est fondamental pour la réussite de la Roadmap technologique : ils investissent déjà et investiront encore pour faire monter en compétence la filière, et lui offrir un soutien sans faille.
- Le mode de formation doit être adapté à une population d'installateurs, donc orienté terrain.

Annexe 1

Lexique – Description sommaire des technologies évaluées dans la Roadmap

NOM DE LA TECHNO	DESCRIPTION
Chaudière à condensation	<p>Équipement destiné à assurer le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire par combustion d'un combustible gazeux ou liquide. Elle tire profit de la chaleur latente de la vapeur présente dans les produits de la combustion en la condensant sous forme liquide et en récupérant la chaleur.</p> <p>Rendement maximum en énergie primaire : 109% PCI.</p>
Chaudière Biomasse	<p>Chaudière utilisant les combustibles solides issus de la biomasse (bois bûches, granulés de bois et plaquettes).</p>
Pompe à chaleur à compression électrique (PAC) ou Chiller	<p>Équipement qui permet de transférer la chaleur d'un milieu fournisseur de calories vers un autre milieu récepteur de calories au moyen d'un cycle thermodynamique.</p> <p>Les PAC « compression électrique » mettent en œuvre un cycle thermodynamique à compression électrique et un fluide frigorigène de type HFC pour assurer le transfert de chaleur. Lorsqu'un bâtiment a des besoins de rafraîchissement, on utilise des systèmes réversibles.</p> <p>On distingue les PAC aérothermiques qui utilisent comme source de chaleur l'air extérieur, des géothermiques qui utilisent les ressources du sol (sol ou eau).</p> <p>On parle de « chiller » (ou refroidisseur de liquide ou groupe de production d'eau glacée) pour décrire des équipements de plus forte puissance.</p>

USAGES COUVERTS	MATURITÉ ET PERSPECTIVE
Chauffage Production d'ECS	<p>Elle constitue la solution la plus mature et répandue. Des progrès considérables ont permis, ces dernières décennies, d'atteindre un rendement optimum des équipements quelle que soit la plage de puissance. Une amélioration des rendements saisonniers des équipements peut encore être attendue grâce au développement de la modulation de puissance.</p>
Chauffage Production d'ECS	<p>Les experts estiment, par ailleurs, que la chaudière à bûches sera pénalisée par ses performances énergétiques, les pertes liées au stockage d'énergie et l'encombrement de la solution de chauffage (emprise au sol) dus au ballon de stockage et à la chaudière au sol.</p> <p>L'utilisation d'appareil à granulés de bois permet d'augmenter la modulation de puissance mais nécessite une alimentation en combustible automatique et un stockage de combustible adapté</p>
Chauffage Production d'ECS Climatisation	<p>Disponibles sur le marché depuis plusieurs années, ces solutions ont atteint leur maturité technologique. Elles bénéficient d'un potentiel d'évolution de leurs performances par amélioration du cycle de transfert de chaleur (cycle thermodynamique). Ces produits sont impactés par la réglementation européenne F-gas qui régit l'utilisation des fluides frigorigènes fluorés au niveau européen.</p>

.../... Annexe 1

Lexique – Description sommaire des technologies évaluées dans la Roadmap

NOM DE LA TECHNO	DESCRIPTION
Pompe à chaleur Sorption combustible	<p>Équipement qui permet de transférer la chaleur d'un milieu fournisseur de calories vers un autre milieu récepteur de calories au moyen d'un cycle thermodynamique.</p> <p>Les PAC « combustible » mettent en œuvre un cycle thermochimique en lieu et place du cycle à compression électrique.</p> <p>On distingue les systèmes à absorption qui utilisent des fluides et les systèmes à adsorption qui utilisent des solides.</p> <p>On distingue également les PAC aérothermiques qui utilisent comme source de chaleur l'air extérieur des géothermiques qui utilisent les calories du sol (sol ou eau).</p>
Pompe à Chaleur Moteur	<p>Équipement qui permet de transférer la chaleur d'un milieu fournisseur de calories vers un autre milieu récepteur de calories au moyen d'un cycle thermodynamique.</p> <p>Les PAC « moteur » mettent en œuvre un cycle à compression entraîné par un moteur fonctionnant avec un combustible gazeux ou liquide.</p> <p>On distingue les PAC aérothermiques qui utilisent comme source de chaleur l'air extérieur des géothermiques qui utilisent les calories du sol (sol ou eau).</p>
Convecteur électrique	Équipement de chauffage fonctionnant par effet joule direct.
Ballon d'eau chaude	Équipement autonome de production d'eau chaude par effet joule
Chauffe-eau thermodynamique	<p>Équipement autonome de production d'eau chaude mettant en œuvre un cycle thermodynamique.</p> <p>La source de chaleur peut être l'air (ambiant, extrait, extérieur), l'eau, le sol ou le retour du plancher chauffant d'un circuit de chauffage.</p>
Préparateur ECS à combustible	<p>Équipement autonome de production d'eau chaude fonctionnant par combustion.</p> <p>Il peut produire de l'eau soit de façon instantanée (chauffe-eau/chauffe-bains) soit accumulée dans un ballon de stockage (accumulateur à gaz).</p>

USAGES COUVERTS	MATURITÉ ET PERSPECTIVE
Chauffage Production d'ECS Rafraîchissement	Disponible depuis plusieurs années, l'installation de ce type de technologie reste marginale. Grâce à un meilleur rendement sur énergie primaire que les PAC électrique, des fluides frigorigènes moins impactant, un élargissement des gammes de puissances et une diminution du coût d'installation et d'exploitation, cette technologie devrait connaître une augmentation significative du nombre de ses installations dans les prochaines années.
Chauffage Production d'ECS Climatisation	Elle présente des rendements énergétiques potentiellement performants. Elle nécessite une maintenance particulière et notamment des compétences de motoriste. Aussi, l'installation de ce type de système passera probablement par la prise en charge de l'entretien du système par le fabricant.
Chauffage	Le rendement intrinsèque du produit a atteint ses limites. L'évolution et l'amélioration du système porte essentiellement sur le pilotage et la régulation.
Production d'ECS	Le rendement intrinsèque du produit a atteint ses limites. L'évolution et l'amélioration du système porte essentiellement sur le pilotage et la régulation.
Production d'ECS	Il constitue une alternative au ballon d'eau chaude à effet joule et le remplacera dans les prochaines années. Il est généralement muni d'une résistance électrique d'appoint. Toutefois, le raccordement au réseau primaire de chauffage lorsque une boucle hydraulique existe permet d'améliorer le rendement global du système.
Production d'ECS	La variété des produits permet de répondre à tout type de besoins (appels de puissance sur des courtes périodes par exemple).

.../... Annexe 1

Lexique – Description sommaire des technologies évaluées dans la Roadmap

NOM DE LA TECHNO	DESCRIPTION
Solaire thermique	Systèmes mettant en œuvre des capteurs afin de récupérer la chaleur fournie par le rayonnement solaire direct et diffus. Il est souvent utilisé pour assurer la préparation d'eau chaude et parfois le chauffage des locaux.
Équipement hybride (chaudière + PAC)	Système couplant une chaudière à condensation et une pompe à chaleur, l'ensemble étant piloté par une régulation « intelligente » et permettant d'assigner en temps réel une priorité au générateur le plus performant selon les critères de la régulation.
Cogénération	Équipement permettant la production simultanée de chaleur et d'électricité. Il existe plusieurs technologies : <ul style="list-style-type: none"> › le couplage d'une chaudière à condensation et d'un moteur à combustion externe (moteur Stirling) plutôt utilisé pour des faibles puissances électriques, › la mise en œuvre d'un moteur à combustion interne couplé, le cas échéant, avec une chaudière pour l'appoint de chaleur, › la mise en œuvre d'une pile à combustible assurant la production d'électricité couplée, le cas échéant, avec une chaudière pour l'appoint de chaleur.
Aérotherme	Équipement de production-émission destiné au chauffage des locaux de grande hauteur, installé souvent à l'intérieur du local et équipé d'un ventilateur. Il peut être : <ul style="list-style-type: none"> › à gaz (équipé d'un brûleur), › hydraulique (équipé d'un échangeur eau/air, l'eau est chauffée par le circuit de chauffage), › électrique (équipé d'une résistance électrique ou d'une PAC), › mixte ou hybride.

USAGES COUVERTS	MATURITÉ ET PERSPECTIVE
Chauffage Production d'ECS	Solution plutôt à privilégier lorsque la production d'eau chaude sanitaire est importante toute l'année (restaurant collectif...).
Chauffage Production d'ECS Rafraîchissement	Solution en fort développement qui utilise le meilleur des technologies (chaudière à condensation et système thermodynamique), elle affiche un rendement global de l'ordre de 130 %. Elle contribue à l'effacement de la pointe électrique.
Chauffage Production d'ECS Production décentralisée d'électricité	Ce sont des solutions bien connues et dynamiques en Europe mais peu présentes en France du fait du faible écart entre les tarifs des combustibles et de l'électricité. En 2020 ils bénéficieront de 2 leviers nouveaux: le marché du bâtiment responsable, seule solution permettant de produire de l'électricité en alternative à une solution photovoltaïque, et des prix de l'électricité plus élevés en particulier grâce à des prix de capacité destinés à éviter les pointes.
Chauffage Rafraîchissement si hydraulique	Technologie mature répandue, elle se positionne comme une solution d'entrée de gamme pour les commerces.

Annexe 2

Nouveaux concepts technologiques Eclairage sur des concepts qui recouvrent plusieurs technologies ?

Introduction

- Cette Roadmap met en évidence l'émergence de nouveaux concepts technologiques
- Ces concepts n'étant pas à maturité commerciales, un certain nombre de technologies sont possibles
- Pour chacun de ces concepts, vous trouverez ci-après un descriptif de ces possibilités ainsi que celles auxquelles le groupe d'experts a donné son soutien d'ici 2020 :
 - ① la cogénération,
 - ② la « sorption ».

→ LA COGÉNÉRATION

← Définition sommaire

Il s'agit de la production simultanée d'énergie thermique et électrique à partir d'une seule source d'énergie. Plusieurs technologies de cogénération sont disponibles ou en cours de développement. Deux d'entre-elles, adaptées au marché du collectif, sont décrites dans ce chapitre. →

LES MOTEURS À COMBUSTIBLES

Les moteurs de cogénération sont disponibles dans une gamme de puissance allant de quelques dizaines de kW à environ 3 MW. Leurs rendements électriques se situent généralement entre 30 et 40%.

Un moteur produit en parts à peu près égales 2 types d'énergie thermique :

- › une énergie « basse température » (environ 95°C), récupérée sur les huiles et les eaux de refroidissement,
- › une énergie « haute température » (environ 450°C), sur les gaz d'échappement.

La chaleur est généralement récupérée sous forme d'eau chaude pour alimenter les réseaux de chauffage.

Les moteurs de petite puissance sont jusqu'à présent peu rentables (notamment pour un usage domestique ou dans les PME), leur coût d'achat et d'entretien ne permettant pas souvent de rentabiliser de tels investissements. La hausse continue du coût des énergies primaires pourrait changer les choses à moyen terme.

Maturité technologique en 2012

La technologie est mature techniquement et bénéficie d'une filière formée à son installation (représente 23% du parc de cogénération installé).

Perspectives de cette technologie d'ici 2020, et au-delà

Le développement marché de cette technologie est dépendant de plusieurs facteurs :

- › tarif de rachat de l'électricité produite,
- › évolution du tarif des énergies combustibles et de l'électricité,
- › valorisation de la capacité de production locale d'électricité pour soulager les pointes électriques (loi Nomé),
- › apparition des bâtiments Bepos.

LES PILES À COMBUSTIBLES

Technologies en présence

Une pile à combustible permet, de produire chaleur et électricité avec une très haute efficacité en production électrique (jusqu'à plus de 60%). Les combustibles et l'oxygène de l'air réagissent sur les électrodes pour former de l'eau et produire un courant continu et de la chaleur. Le courant continu peut ensuite être transformé en courant alternatif compatible avec le réseau de distribution électrique via un onduleur.

Selon la puissance électrique, quatre technologies se distinguent aujourd'hui :

- › Puissance < 100 kWe :
 - PEMFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell), qui se caractérise par l'utilisation d'une membrane polymère comme électrolyte. La température de fonctionnement varie entre 80 et 150°C. Le rendement électrique est compris entre 30 et 40%,
 - SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), dont l'électrolyte est en céramique (zircone). La température de fonctionnement varie entre 550 et 900°C. Le rendement électrique peut atteindre 60%.

.../... Annexe 2

Nouveaux concepts technologiques

Eclairage sur des concepts qui recouvrent plusieurs technologies ?

› Puissance > 100 kWe :

- PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell), dont l'électrolyte est un « bain » d'acide phosphorique. La température de fonctionnement est d'environ 200°C. Le rendement électrique est de 40%,
- MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell), dont l'électrolyte est une solution de sels fondus à 650°C. le rendement électrique atteint 50%.

Ces technologies sont très silencieuses et demandent peu de maintenance car il n'y a pas de pièces en mouvement. Les émissions de CO et NOx sont quasi-nulles.

Maturité technologique en 2012

Pour les systèmes de petite puissance électrique, la technologie PEMFC est mature et commercialisée au Japon (40.000 unités de petites puissances installées) sur le marché du résidentiel. Une durée de vie de 10 ans est garantie. La technologie SOFC vient d'être lancée sur le marché japonais. Le lancement commercial des premiers produits en France (PEMFC et SOFC) est à envisager à l'horizon 2015 pour les petites puissances. Des opérations de démonstration débutent.

Concernant les moyennes et grandes puissances (entre 100 kWe et 1 MWe), des produits sont commercialisés aux Etats-Unis avec des débuts de commercialisation en Europe.

Perspectives de cette technologie d'ici 2020, et au-delà

Pour les systèmes de moyenne puissance (> 100 kWe), cette technologie s'inscrit comme la relève de la technologie à moteur du fait des performances importantes. Cependant, à court terme, le coût des piles à combustible élevé (environ 8000€/kWe), et la durée de vie encore limitée (10 ans environ) sont des freins à une croissance rapide. C'est l'effet volume qui permettra de réduire les coûts, avec notamment l'ouverture du marché européen aux technologies américaines et japonaises.

Facteurs d'accélération ou freins au succès de cette technologie

La technologie de pile à combustible s'inscrit clairement dans la perspective des bâtiments à énergie positive grâce au ratio de production électricité/chaaleur de l'ordre de 0,7 à 2,5 qui est compatible avec la diminution des besoins de chaleur et le maintien des besoins d'électricité spécifique.

Les évolutions des tarifs des énergies seront également un facteur influençant la rentabilité des investissements dans cette technologie.

→ LA « SORPTION »

ABSORPTION

Technologies en présence

La pompe à chaleur à absorption est une machine thermodynamique sur vecteur eau, qui permet d'assurer le rafraîchissement et/ou le chauffage et la production d'ECS.

Le principe d'une pompe à chaleur à absorption est comparable à celui d'une PAC à compression électrique, la compression n'étant pas mécanique mais thermochimique. Le cycle thermodynamique de condensation-détente-évaporation et les échanges avec des sources de chaleur (géothermie, air extérieur, air extrait) sont similaires.

La compression mécanique est remplacée par un cycle d'absorption/désorption du fluide frigorigène par un produit qui a la capacité de l'absorber. Cette phase de « compression » thermochimique est assurée par un brûleur, qui permet la désorption de la solution fluide frigorigène/eau.

Il existe aujourd'hui des refroidisseurs de liquide froid seul et des pompes à chaleur à absorption dont certaines permettent de produire du froid par inversion de cycle.

La pompe à chaleur à absorption existe en versions aérothermique et géothermique. Les COP sont de 1.65 sur PCI pour version Air/Eau mesuré à (7°C/35°C) et COP=1.70 sur PCI pour version Eau/Eau mesuré à (10°C/35°C) // EER = 0,7 sur PCI pour les deux versions. Production d'eau chaude jusqu'à 70°C. Le fluide frigorigène (ammoniac) est sans impact sur l'effet de serre. Les coûts de maintenance sont réduits (peu de pièces en mouvement).

Maturité technologique en 2015

La technologie pompe à chaleur à absorption moyenne puissance (35-42kW) est mature technologiquement et les installations émergent en résidentiel collectif. Encore peu de fabricants l'ont au catalogue. En France, plusieurs centaines de PAC à absorption sont en exploitation.

← Perspectives de cette technologie d'ici 2020, et au-delà

Facteurs d'accélération ou freins au succès de cette technologie

Les principaux axes de développement sont une meilleure intégration réglementaire du produit en résidentiel collectif ainsi qu'un élargissement de la gamme vers des plus petites puissances (maison individuelles).

.../... Annexe 2

Nouveaux concepts technologiques

Eclairage sur des concepts qui recouvrent plusieurs technologies ?

ADSORPTION

Technologies en présence

La technologie de l'adsorption est à peu près identique à celle de l'absorption, hormis le fait que la réaction de sorption ne se fait pas entre deux liquides mais entre un solide et un liquide. Ce solide est en général de la zéolithe ou du silicagel. Ces solides, très stables et non polluants, possèdent la propriété de dégager de la chaleur lorsqu'ils adsorbent de l'eau (réaction exothermique lors du passage de la forme déshydratée à la forme hydratée). Lorsque l'absorbant est saturé, on utilise un brûleur pour évacuer l'eau (désorption).

L'emploi de la zéolithe permet de mettre à profit l'énergie solaire même à basse température pour le chauffage, puisque la réaction exothermique d'adsorption, qui peut atteindre 85°C, débute avec de l'eau à partir de 4°C.

Maturité technologique en 2015

A l'heure actuelle, certains constructeurs ont un programme de développement des pompes à chaleur à adsorption pour le résidentiel (maximum 10 kW). Le système est encore cher car il est nécessaire d'installer des panneaux solaires ou des sondes géothermiques.

Perspectives de cette technologie d'ici 2020, et au-delà

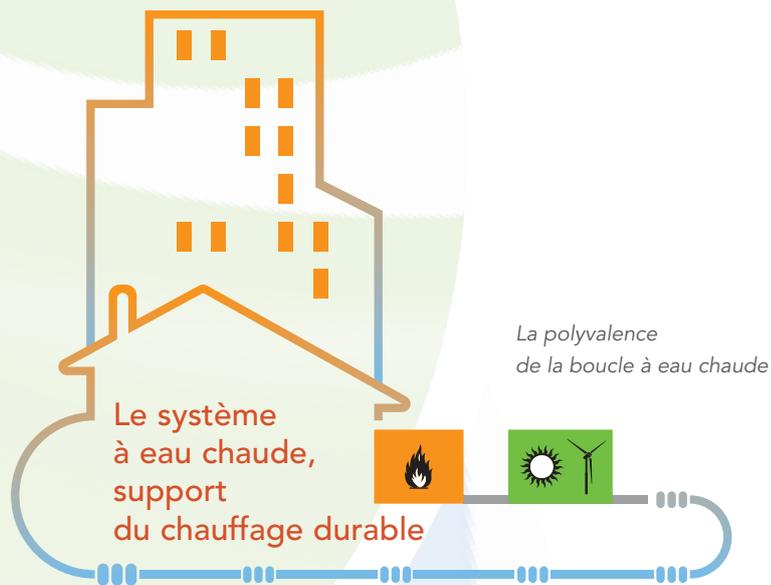
Des programmes de R&D sont actuellement réalisés par des industriels mais la visibilité sur le développement de cette technologie, à court terme, est faible.

La polyvalence du système de chauffage à eau chaude

Le système de chauffage à eau chaude est porteur d'utilisation d'énergies renouvelables : bois, biogaz, géothermie, solaire thermique, biocombustibles. En tant que système évolutif, il permet d'intégrer des solutions performantes au fur et à mesure et d'améliorer la performance énergétique.

La boucle à eau chaude est un système performant avec des réductions d'émissions de CO₂ directement proportionnelles aux économies d'énergie. L'intégration d'un capteur solaire dans le système de la boucle à eau chaude permet d'obtenir 30% d'économie de CO₂, alors que l'utilisation d'une pompe à chaleur réduit de 50% les émissions de CO₂.

Les réseaux de chauffage urbain à eau chaude constituent un excellent vecteur pour les énergies renouvelables. Ils utilisent déjà plus de 20% d'énergies renouvelables pour chauffer 3 millions d'équivalents habitants et génèrent plus de 32% de la chaleur distribuée à partir de la cogénération.



Les matériels innovants économes

	Gain CO ₂ /énergie
Basse température	25 à 30%
Condensation	30 à 40%
Pompe à chaleur	> à 50%
Cogénération	35 à 40%

Les énergies renouvelables

Géothermie	
Aérothermie	
Solaire	
Bois - Biomasse	
Agrocombustibles	
Biocombustibles	

et demain...

Micro-cogénération
Pile à combustible
Hydrogène



Membres d'Énergies et Avenir

ACR

Syndicat des Automatismes du génie Climatique et de la Régulation

AFG

Association Française du Gaz

Alliance Solutions Fioul

Association pour l'utilisation performante du fioul domestique

CAPEB

Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment

CFBP

Comité Français du Butane et du Propane

CICLA

Centre d'Informations du Cuivre, Laitons et Alliages

Fedene

Fédération des services Énergie Environnement

FNAS

Fédération nationale des Négociants en Appareils Sanitaires, chauffage, climatisation et canalisation

Profluid

Association Française des pompes, des compresseurs et de la robinetterie

Syndicat de la mesure**UECF-FFB**

Union des entreprises de génie Climatique et Énergétique de France

UNCP-FFB

Union Nationale des Chambres Syndicales de Couverture et de Plomberie de France

UNICLIMA

Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques

Énergies et Avenir représente l'ensemble des professionnels des systèmes à eau chaude pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. L'association rassemble les fournisseurs d'énergies, les organisations professionnelles du bâtiment, de l'exploitation maintenance et entretien, ainsi que les fabricants et distributeurs d'équipements. La filière dispose aujourd'hui d'un chiffre d'affaires de 90 milliards d'Euros et emploie 300 000 personnes en France. Il s'agit d'un gisement d'emplois de proximité et non délocalisables : ce système de chauffage requiert l'intervention de professionnels qualifiés pour en assurer l'installation et la maintenance (en moyenne, un emploi toutes les 200 installations).



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

Energies et Avenir
8 terrasse Bellini
92807 Puteaux cedex
E-mail : contact@energies-avenir.org
www.energies-avenir.fr

