



energie atomique • énergies alternatives

DOSSIER DE PRESSE



Bâtiments intelligents et efficacité énergétique : Plates-formes technologiques et programmes de Recherches & Développement du CEA

Mercredi 14 décembre



CONTACTS PRESSE : CEA / Service Information-Média

Coline VERNEAU Tél. : 01 64 50 14 88 - coline.verneau@cea.fr

CEA Saclay / Siège
Direction de la Communication
Service Information-Média
91191 Gif-sur-Yvette Cedex
Tél. : (33) 01 64 50 20 11
Fax : (33) 01 64 50 28 92
www.cea.fr/presse

Sommaire :

Bâtiments intelligents et efficacité énergétique : deux éléments clés pour la transition vers une économie décarbonée

Les axes privilégiés du CEA	5
Le contexte énergétique européen et français	5
Une réglementation nationale en forte évolution	6
Une recherche intégrée au sein du programme Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE)..	6
Les principaux laboratoires du CEA-Liten impliqués dans la recherche sur les bâtiments basse consommation et l'efficacité énergétique	8
Le Laboratoire d'Energétique du Bâtiment	8
Le Laboratoire des Systèmes Thermiques	8
Le Laboratoire Stockage de l'énergie	9
Le Laboratoire Systèmes solaires	9
Des plateformes d'expérimentation.....	9
« Rénovation »	9
Plate-forme dédiée à « intégration solaire dans le bâtiment »	10
Plate-forme INCAS pour l'habitat individuel	10
Plate-forme « Bancs semi virtuels de tests de systèmes thermiques »	11
Monitoring des performances énergétiques.....	13
Vers un couplage habitat/transport grâce au vecteur électrique	14
ANNEXES	16

Bâtiments intelligents et efficacité énergétique : Deux éléments clés pour la transition vers une économie décarbonée

L'augmentation de la consommation mondiale d'électricité, dont la production devrait progresser d'ici 2030 de 2,4% par an dans le monde¹, l'introduction croissante dans les réseaux des énergies renouvelables, et les changements de mode de vie avec l'apparition, par exemple, de la voiture électrique et des panneaux solaires, bousculent désormais la chaîne énergétique dans son ensemble.

Ces modifications impliquent une évolution progressive du réseau électrique à tous les niveaux. L'intégration de technologies intelligentes telles que les « *smart grids* »² devient prioritaire, car nécessaires au maintien d'une efficacité énergétique et au bon fonctionnement du réseau, au même titre que la diminution des rejets de gaz à effet de serre (GES), et la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. L'Europe s'est engagée dans cette voie en lançant le programme « 3x20 »³. Il s'agit, premièrement, d'augmenter de 20% l'efficacité énergétique, deuxièmement de diminuer de 20% les émissions de CO₂, et, troisièmement, de couvrir 20% des besoins en énergie par des énergies renouvelables (ENR). Pour remplir ces objectifs, les Etats membres doivent effectuer des choix énergétiques spécifiques : en renforçant par exemple la production d'électricité d'origine solaire, en investissant dans des habitations à énergie positive, et en incitant les consommateurs à modifier leurs habitudes au quotidien (consommation intelligente, appareils moins énergivores, utilisation des ressources naturelles en énergie, etc.).

Actuellement, le secteur de l'habitat est responsable de près d'un quart des émissions de gaz à effet de serre (GES) en France⁴. Face à cet enjeu, différentes réglementations ont été mises en place, pour limiter ces rejets et inciter à construire de manière plus efficace. La France a ainsi lancé en 2007 le Grenelle Environnement composé de la Loi Grenelle 1 et de la Loi Grenelle 2. Promulguée le 12 juillet 2010, la Loi Grenelle 2 met en avant six chantiers majeurs dont celui de l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et de l'harmonisation des outils de planification.

Construire des bâtiments plus économes en énergie, sans réduire le confort des habitations et sans induire d'impact négatif sur la facture des particuliers, est devenu un enjeu clé de la politique énergétique française, comme le rappellent les objectifs du Grenelle Environnement.

Conformément à la demande des pouvoirs publics, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) est aujourd'hui fortement impliqué dans les domaines de l'énergie solaire et de son intégration dans les bâtiments et du stockage de l'énergie. C'est à ce titre qu'il mène des travaux sur l'implémentation d'une gestion efficace de l'énergie thermique et électrique des bâtiments. Ses recherches s'inscrivent dans le cadre de son programme pour les Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE) principalement menées dans un institut dédié, le LITEN, et plus particulièrement par ses équipes présentes sur le site de l'Institut National de l'Energie Solaire (INES).

Les chercheurs du CEA conçoivent au quotidien les innovations qui adressent ces domaines de la preuve de concept jusqu'au test sur des zones de démonstrations qui font le lien entre les résultats de R&D et les performances en conditions réelles. Les technologies étudiées constituent prioritairement des réponses aux demandes précises des industriels, en particulier ceux du domaine du bâtiment dans toutes ces composantes.

¹ *Mémento sur l'Energie - Energy Handbook*, Edition 2011, I-Tésé CEA

² Les réseaux électriques intelligents, aussi appelés "*smart grids*", sont « des réseaux électriques publics auxquels sont ajoutés des fonctionnalités issues des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). Le but est d'assurer l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité à tout instant et de fournir un approvisionnement sûr, durable et compétitif aux consommateurs » (www.cre.fr)

³ http://ec.europa.eu/news/energy/080123_1_fr.htm

⁴ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Batiment-et-Ecohabitat,1503.html>

Les axes privilégiés du CEA

Thématiques faisant appel à des compétences scientifiques et techniques totalement transverses, le bâtiment et l'efficacité énergétique impliquent des chercheurs du CEA/Liten (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux) localisés au sein de l'Institut National de l'Energie Solaire (INES) à Chambéry et plus globalement ceux de la direction de la Recherche Technologique (DRT).

L'objectif du CEA consiste à apporter des solutions opérationnelles aux industriels du secteur. Les techniciens & ingénieurs doivent pour ce faire relever des défis technologiques majeurs, tout en respectant un cadre législatif strict mis en place tant en Europe, que dans chaque pays membres.

Le contexte énergétique européen et français

Depuis 2008, de nombreuses mesures énergétiques et environnementales ont été prises au niveau européen avec notamment le lancement du « 3x20 »⁵. Ce programme consiste à :

- augmenter de 20% l'efficacité énergétique,
- diminuer de 20% les émissions de CO₂,
- et couvrir 20% des besoins en énergie par des énergies renouvelables.

L'orientation stratégique⁶ structurante dans le domaine des technologies pour les énergies faiblement émettrices de gaz à effet de serre est de permettre à la France de s'assurer une indépendance énergétique quasi-complète à l'horizon 2040-2050, grâce à des solutions énergétiques bas carbone. A plus brève échéance, il s'agit d'atteindre en France 23% de consommation finale d'énergie à partir de ressources renouvelables dès 2020. Dans notre pays, l'habitat étant responsable de près du quart de nos émissions de CO₂, la construction de bâtiment à énergie positive représente par conséquent un enjeu majeur.

En 2007, la France lance le Grenelle Environnement. Ce programme réunit pour la première fois, l'Etat et les représentants de la société civile afin de définir une feuille de route en faveur de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable. Parmi les grandes thématiques prioritaires de la Loi Grenelle 1 figurent les secteurs du bâtiment et de l'énergie. L'implication du gouvernement dans ses domaines est marquée par trois grands objectifs :

- ✓ le « facteur 4 » : division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050,
- ✓ 23 % d'énergies renouvelables dans le cadre du « 3x20 » européen,
- ✓ et intégralité du Plan Bâtiment, avec notamment la confirmation de la norme de 50 kWhEP/m²/an exprimée en énergie primaire.

⁵ http://ec.europa.eu/news/energy/080123_1_fr.htm

⁶ Contrat d'objectifs et de performance 10 Etat-CEA 2010-2013, 1.5.1. Technologies pour les énergies bas carbone, p.10

Une réglementation nationale en forte évolution

En France, les réglementations dans ce domaine, et qui régissent une partie de la politique énergétique du pays, sont caractérisées par les Réglementations Thermiques (RT). La dernière réglementation est entrée en vigueur en 2005. Elle concerne tous les bâtiments neufs et impose de nombreuses exigences thermiques (intégration d'énergies renouvelables, isolation, consommation intelligente, etc.).

Les axes de R&D du CEA ont été conçus en anticipant les contraintes réglementaires qui apparaîtront en 2020. Ces normes ont notamment pour objectif d'améliorer la performance énergétique de tous les bâtiments de 40%, grâce à l'intégration de systèmes de production d'énergies nouvelles, à l'installation de nouveaux matériaux isolants et à l'introduction de technologies intelligentes dont celles liées à la gestion intelligente de l'énergie (compteurs communicants, capteurs de présence, etc.).

Une recherche intégrée au sein du programme Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE)

La recherche sur les NTE au CEA, associée à la logique d'économie d'énergie au travers de l'innovation technologique dans les usages, concerne en priorité deux grands secteurs consommateurs d'énergies fossiles en France, le transport et le bâtiment. Ce dernier affiche actuellement :

- une dépendance à plus de 50% des combustibles fossiles ;
- une émission de gaz à effet de serre (GES) qui s'élèvent à 23% des émissions totales en France.

Comme dit précédemment des objectifs ont été fixés par le gouvernement pour 2020, donc à très court terme, ce qui constitue un gros défi technologique notamment concernant le secteur du bâtiment. Ainsi, la France s'est engagée à réduire de 20% la consommation énergétique des bâtiments et à diminuer de 12% les émissions de GES pour l'habitat dans les 5 années à venir, avec l'objectif d'une réduction supérieure à un tiers pour 2020.

L'intégration de l'énergie solaire dans le bâtiment est un des axes forts du programme NTE, au même titre que l'optimisation énergétique du bâtiment lui-même, de sa conception à sa gestion, en neuf comme en rénovation. Majoritairement portées par les équipes du CEA localisées à l'INES, les études réalisées sur ces thèmes ont notamment pour objectif d'aboutir à des bâtiments basse consommation ou dit « à énergie positive » (produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment). Les ingénieurs développent ainsi des outils pour mieux les concevoir, les exploiter, et prédire leurs performances réelles grâce à des systèmes de gestion intelligente de la consommation et production d'énergie électrique intégrés dans le bâtiment.

Au-delà des recherches et opérations de démonstrations déjà menées sur les matériaux, la thermique de l'habitat ou l'intégration des ENR, le CEA propose une approche systémique globale intégrant l'intelligence à tous les niveaux de la vie du bâtiment, de sa conception à sa déconstruction en passant par son usage quotidien, afin de diminuer son impact sur l'environnement. Globalement, les programmes en cours et passés portant sur l'efficacité énergétique dans le bâtiment permettent de mettre en œuvre des bâtiments à basse consommation d'énergie thermique dans lesquels la consommation d'énergie électrique devient très largement prépondérante, l'énergie thermique nécessaire devenant très faible.

Il s'agit donc d'approfondir les travaux sur les composants électriques basses consommations (éclairage, nouveaux outils de communication), d'employer les NTIC au service d'une gestion intelligente de la consommation d'énergie électrique dans les bâtiments, de favoriser la production et l'utilisation locale de l'énergie électrique et d'optimiser le couplage du bâtiment à l'environnement extérieur tant du point de vue de la mobilité que de l'insertion au réseau électrique pensé à l'échelle du quartier.

Le CEA s'est doté de plusieurs plates-formes expérimentales localisées à l'Institut Nationale de l'Energie Solaire (INES) comprenant notamment :

- des équipements de tests pour les composants de façade et les systèmes de production et de stockage d'énergie photovoltaïque,
- des prototypes d'habitats instrumentés en fonctionnement réel : systèmes domotiques,
- une plate-forme dédiée au couplage entre véhicules électriques et hybrides et énergie solaire.

L'ensemble des capteurs et des outils de mesure présents sur ces plates-formes permettent, *via* l'utilisation de logiciels d'analyses performants, de comparer et de gérer différents systèmes énergétiques et de valider des modèles de simulation numériques.

La **domotique** est un champ de recherche défini par un ensemble de technologies de l'électronique, de l'information et des télécommunications utilisées dans les bâtiments du domaine tertiaire et résidentiel. Ces technologies ont pour but d'améliorer la vie des occupants de la maison en augmentant le confort et en facilitant la gestion de la consommation d'énergie au sein du bâtiment.

Du chauffage, à la ventilation, en passant par l'éclairage, et l'ouverture/fermeture des volets, la domotique permet, grâce à l'utilisation de technologies intelligentes de gérer les apports naturels d'énergie en fonction de l'enveloppe thermique du bâtiment.

Les principaux laboratoires du CEA-Liten impliqués dans la recherche sur les bâtiments basse consommation et l'efficacité énergétique

Le Laboratoire d'Energétique du Bâtiment

Le Laboratoire d'Energétique du Bâtiment est un laboratoire du CEA-Liten qui est situé à l'INES. Il est fortement impliqué dans toutes les études visant une plus grande efficacité énergétique des bâtiments. Actuellement, la consommation moyenne d'un édifice, quelque soit sa fonction, est de 250 kW/m² par an. Ce chiffre inclut le chauffage, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire, la ventilation et l'éclairage. Dès 2012, et selon les réglementations thermiques en vigueur, la consommation moyenne par an de tous les nouveaux bâtiments construits ne devra pas dépasser les 50 kWh/m², modulés selon la localisation géographique et l'altitude. En 2020, un nouveau seuil sera imposé, avec la généralisation de la notion de Bâtiment à Energie Positive (BEPOS) pour toutes les nouvelles constructions.

Ce laboratoire fort d'une vingtaine de chercheurs, s'emploie à accompagner ces nouvelles mesures, en stimulant la Recherche et le Développement de solutions pour améliorer l'enveloppe des bâtiments (parois opaques et parois vitrées), la récupération et la gestion des apports solaires passifs, et la ventilation. L'objectif est de couvrir la plus grande partie des besoins par la ressource solaire, tout en garantissant des conditions de confort thermique acceptables.

Le Laboratoire des Systèmes Thermiques

Le Laboratoire des Systèmes Thermiques du CEA-Liten est chargé du développement de technologies thermiques pour l'industrie et le bâtiment. Il possède des compétences historiques dans le domaine du thermique mais également une forte expertise :

- en conception, montage et exploitation de grands dispositifs expérimentaux,
- en caractérisation et modélisation d'écoulement,
- en mécanique et optique, associées au développement de centrales solaires thermodynamiques,
- et en durabilité des systèmes solaires thermiques.

Dans le cadre de la thématique « Bâtiment et efficacité énergétique », le laboratoire développe des composants et systèmes thermiques optimisés permettant de réduire les consommations énergétiques en recourant massivement aux énergies renouvelables (solaire, biomasse, pompe à chaleur). On peut citer notamment le développement de capteurs solaires thermiques bas coût, de dispositifs de chauffage (radiateurs caloducs, pompes à chaleur) et climatisation (PAC réversibles, machines à sorption) ; ainsi que l'optimisation de systèmes hybrides (plusieurs sources d'énergie) par des logiques de contrôle et régulation optimisées. Enfin, le Laboratoire des Systèmes Thermiques développe des systèmes de stockage de l'énergie thermique courte durée (ballon stockeur) ou inter saisonnier (systèmes thermochimiques).

En outre, les chercheurs tentent d'apporter des solutions aux industriels, et à termes aux particuliers, en matière d'efficacité énergétique et de bâtiment basse consommation. Ils développent alors des applications solaires thermiques, pour l'eau chaude sanitaire, le chauffage et le rafraîchissement des locaux, ainsi que des cellules et des systèmes photovoltaïques pour la production d'électricité solaire et l'intégration de tous ces dispositifs dans les bâtiments. Dans ce cadre, les équipes de ce laboratoire travaillent en étroite collaboration avec les chercheurs du Laboratoire d'Energétique du Bâtiment sur l'intégration des composants et des systèmes thermiques au sein des bâtiments (PAC, capteurs solaires, systèmes de réfrigération, rafraîchissement, ...) à énergie positive tels que les maisons prototypes installées sur la plateforme expérimentale INCAS à l'INES.

Le Laboratoire Stockage de l'énergie

Une maison standard consomme « naturellement » (sans système de stockage) environ 30% de l'énergie produite. L'ajout d'un petit système de stockage (6-7kWh utile) augmente cette proportion à 65% en France métropolitaine. Cela est d'autant plus intéressant que le prix de l'électricité augmente alors que le coût du photovoltaïque (PV) diminue. Dans ce cadre, cette équipe développe au sein du projet Sol-ion, en partenariat avec les industriels SAFT, Voltwerk et Tenesol, une armoire contenant un onduleur PV ainsi qu'un système de stockage pour maximiser la consommation locale de l'énergie produite par le solaire. Le groupement Sol-ion développe un kit intégré de conversion, stockage et gestion d'énergie photovoltaïque, adapté à la production à l'échelle industrielle de systèmes photovoltaïques résidentiels décentralisés raccordés au réseau. Ce projet introduit des batteries Li-ion dans des systèmes photovoltaïques à une échelle jamais testée en Europe. La technologie Li-ion est nécessaire pour répondre au besoin d'une batterie d'une durée de vie de 20 ans dans des conditions de cycle plus exigeantes.

Le Laboratoire Systèmes solaires

Dans le secteur du bâtiment, le CEA propose également une offre pour l'électronique de gestion de l'éclairage, de la production du chaud/froid, et de la qualité de l'air ambiant (EMS – Energy Management System). L'objectif est d'étendre ces actions à la gestion intelligente de l'ensemble des sources de production, de stockage, et de consommation électrique du bâtiment.

Les nouveaux dispositifs à haute efficacité énergétique seront communicants : à commencer par le dispositif de supervision du bâtiment qui pilote la performance énergétique de l'ensemble du bâtiment. Cette communication concerne en premier lieu l'utilisateur pour l'informer et améliorer sa prise de conscience de sa consommation énergétique, mais également les fabricants.

Autour de la thématique bâtiment basse consommation, le laboratoire consacre également une part de ses activités au couplage habitat/transport avec le concept de mobilité solaire. L'ambition de la convergence entre l'habitat et le transport suppose de travailler conjointement sur deux questions étroitement liées. La question de l'énergie, par la connexion électrique dans les deux sens entre les véhicules et le logement, mais également les échanges d'informations, qu'ils soient liés à la gestion énergétique optimale ou au confort recherché par les usagers qui passent, avec leurs équipements électroniques, du bâtiment au véhicule et du véhicule au bâtiment.

Des plateformes d'expérimentation

Les différentes plates-formes couvrent les principaux aspects liés à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments : rénovation d'habitats anciens, intégration de l'énergie solaire, nouveaux usages, tests thermiques, etc.

« Rénovation »

Le parc immobilier ne se renouvelle en France qu'au rythme d'1% par an. Il est donc important de trouver des moyens de rénover le parc existant, qui représente le plus fort gisement d'économies d'énergies. Pour respecter les objectifs ambitieux de réduction de gaz à effet de serre (GES) dont la France s'est dotée à travers le Grenelle Environnement (division d'un « facteur 4 » des émissions d'ici à 2050), la quantité de surfaces à traiter dans un délai relativement court est colossale. Aussi les solutions industrielles, robustes et de mise en œuvre aisée, doivent être généralisées. Ces solutions auront pour objectif de cumuler les « services » rendus au bâti, en réduisant les besoins énergétiques et en améliorant le confort des occupants. Ainsi, on cumule les fonctions d'isolation (des murs, des fenêtres), le ravalement des façades, la gestion des apports solaires (par le biais de volets roulants), l'amélioration de l'acoustique, voire de la ventilation.

La problématique de la rénovation est par conséquent un axe de recherche couvert par l'INES, et des outils numériques et expérimentaux ont été mis en place pour anticiper et comprendre l'impact de solutions de rénovation sur les bâtiments.

L'objectif est de reproduire une situation réelle, par exemple en reproduisant une façade typique des bâtiments anciens, et de lui appliquer une des solutions de rénovations développées en collaboration avec les industries du domaine. Des moyens de mesure sont mis en place pour comparer les solutions de rénovation entre elles, ou les comparer aux prédictions numériques.

Plate-forme dédiée à « intégration solaire dans le bâtiment »

L'intégration de panneaux solaires sur les bâtiments revêt une importance particulière en France, le mode d'installation des panneaux sur les toitures a des conséquences sur la quantité d'électricité produite, et sur le comportement thermique du bâtiment concerné.

L'objectif de la plateforme « intégration solaire dans le bâtiment » ou banc « BIPV » du CEA à l'INES est de comprendre dans le détail les phénomènes électriques et thermiques engendrés par l'intégration de panneaux solaires au bâti, et de trouver des moyens d'optimiser les rendements électriques, voire de profiter de l'échauffement des panneaux pour valoriser de l'énergie aéraulique ou hydraulique de manière synchrone avec la production électrique.

Plate-forme INCAS pour l'habitat individuel

Toutes les solutions techniques pour tirer profit de la ressource solaire afin de subvenir aux besoins d'un bâtiment basse consommation sont mises en place au sein des maisons INCAS (construites selon les règles qui seront en vigueur en 2020 pour les bâtiments neufs).



Maison de démonstration, plateforme INCAS.
© L.Chamussy/Sipa-CEA

Localisée sur le site de l'INES, cette plateforme, dédiée au développement d'habitations à énergie positive, a pour objectif de développer et tester les solutions techniques qui seront nécessaires pour qu'un bâtiment produise plus d'énergie qu'il n'en consomme, sur une année. C'est un outil de recherche, en conditions maîtrisées, qui permet aux scientifiques d'appréhender le comportement de dispositions constructives nouvelles, liées à la sur-isolation, l'inertie, la perméabilité à l'air, au contrôle, voire au stockage des apports solaires actifs (photovoltaïque ou thermique), ou passifs (le rayonnement qui entre par les parois vitrées, ou se stocke dans les murs).

Des bâtiments basse consommation

La plateforme est composée de trois maisons d'expérimentation, totalement instrumentées, chacune de 100m² habitables. La première est construite en blocs de béton sur le modèle « *cavity wall* » avec une isolation interne, la deuxième est en béton banché, avec une isolation par l'extérieur, et la troisième est en ossature bois. Une quatrième maison devrait être construite à la fin de l'année 2012. Chacun de ces prototype est, d'une part, équipée d'instruments qui simulent les gestes d'habitants au quotidien : ouverture/fermeture des volets, prendre une douche, etc. Chaque maison possède, d'autre part, plusieurs systèmes de capteurs qui fournissent en temps réel des données sur la production et la consommation d'énergie au sein du bâtiment.

Les trois maisons sont naturellement équipées de panneaux solaires photovoltaïques et thermiques. En effet, 50% de la surface du toit de la maison est recouvert de panneaux solaires photovoltaïques. L'orientation « sud » de la maison permet d'exploiter au maximum ces panneaux dont le but est de produire de l'électricité. L'énergie ainsi produite permettra de rendre positif le bilan annuel énergétique de la maison. En moyenne, une maison individuelle équipée d'une installation photovoltaïque de 3 kW sur son toit produira 3 000 kWh par an, ce qui équivaut à la consommation d'électricité (hors chauffage et eau chaude sanitaire) d'une famille de quatre personnes⁷. Ces panneaux sont composés de cellules de silicium qui, en captant la lumière du soleil, créent un courant électrique continu. Ce dernier est transformé par un onduleur en courant alternatif de manière à être directement réinjectable sur le réseau, ou utilisable par les appareils électriques de la maison (lampe, télévision, etc.). Une expérience de stockage d'énergie électrique sera bientôt réalisée sur l'une des maisons.

Un **onduleur** est un est un dispositif permettant de transformer le courant continu produit par des panneaux photovoltaïques en courant alternatif tel qu'il puisse être réinjecté sur le réseau électrique.

De même, le garde-corps du balcon est doté de panneaux solaires thermiques. L'énergie produite par les capteurs de ces panneaux alimente un chauffe-eau solaire individuel (CESI). En moyenne 5m² de surface de capteurs suffisent pour assurer 50% à 80% de la consommation en eau chaude d'une famille de quatre personnes⁸. Ils emmagasinent l'énergie solaire sous forme de chaleur. Dans les tubes de ces capteurs circule un liquide caloporteur qui va absorber la chaleur et l'envoyer vers un ballon de stockage. Grâce à un échangeur thermique, le ballon induit une transformation de l'eau froide qu'il contient en eau chaude à usage sanitaire.

Les baies vitrées de chaque pavillon sont orientées « plein sud » pour récupérer le maximum d'apports solaires en hiver, lorsque le soleil est bas, et pour les éviter en été, lorsque le soleil est haut et que le balcon génère de l'ombre.

Plate-forme « Bancs semi virtuels de tests de systèmes thermiques »

Partant du principe qu'un système thermique⁹ doit être testé dans sa globalité et qu'il est de plus en plus délicat d'extraire le système de son environnement (bâtiment, climat, usage ECS, ...), dans lequel il sera amené à fonctionner, de nouvelles approches doivent être imaginés et développés. Face à la difficulté technique de reproduire un environnement maîtrisé, le recours aux méthodes d'essais en environnement semi-virtuel constitue une approche pertinente, qui au fur et à mesure des années, prouve son efficacité et son apport indéniable à l'optimisation des systèmes.

Aussi, les équipes ont développé une méthode d'essais semi-virtuels visant à quantifier la performance énergétique globale du système comme s'il était installé dans l'environnement auquel il est destiné. Cet environnement ne pouvant être réel pour des raisons techniques et également financières, il s'agira donc d'un environnement virtuel permettant de reproduire des conditions de référence reproductibles quelque soit le laboratoire d'essais.

Méthode

De manière générale, chaque système thermique est installé sur un banc d'essais, et connecté aux composants qui sont extérieurs au domaine d'étude, dont le comportement sera émulé par la simulation informatique. L'environnement sera défini précisément pour obtenir des conditions reproductibles et permettant d'accéder à la performance énergétique globale.

⁷ Référence aux données du Syndicat des énergies renouvelables : <http://www.enr.fr/>

⁸ Idem

⁹ L'ensemble des équipements installés en local technique y compris le système de régulation.

Dans le cas d'un Système Solaire Combiné assurant le chauffage et la production d'ECS en utilisant l'énergie solaire et une énergie d'appoint, les parties virtuelles seront, outre le climat, le bâtiment et son circuit émetteur de chaleur, les capteurs solaires ainsi que les puisages d'eau chaude sanitaire, comme illustré sur la figure 1.

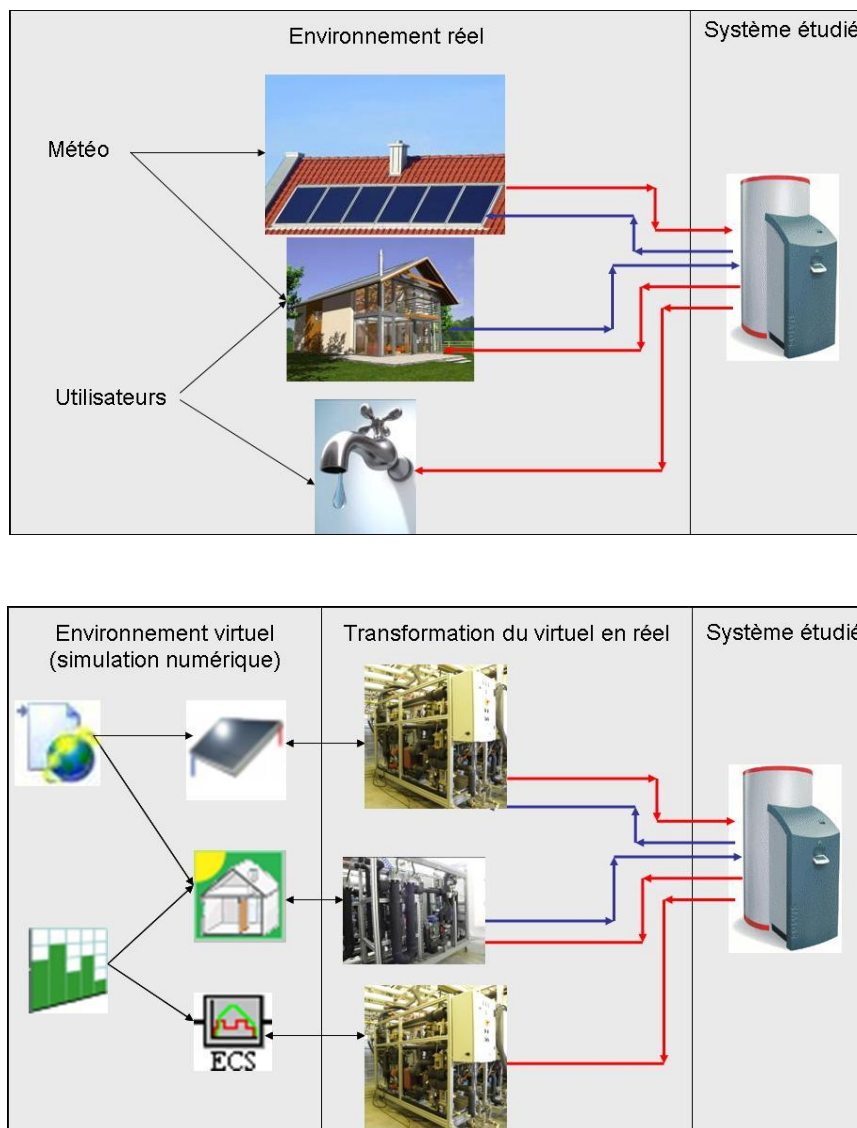


Figure 1 : Le système dans son environnement réel et semi-virtuel (© CEA INES)

Principe de fonctionnement

Lorsque le système est installé sur le banc d'essais, il est ensuite soumis à une séquence d'essais en régime dynamique, se déroulant en temps réel. Selon les applications retenues, cette séquence d'essais peut-être différente. Par exemple, pour les Systèmes Solaires Combinés, la séquence standard est une séquence de 12 jours sous le climat de Zurich, représentative du fonctionnement du système sur une année entière, et permettant d'accéder à la consommation annuelle d'énergie d'appoint. Cette séquence peut également être appliquée à d'autres systèmes (notamment chaudière et chauffe-eau solaire, pompes à chaleur, ...) permettant d'assurer l'intercomparaison entre systèmes utilisant des technologies différentes.

Dans le cadre d'études plus spécifiques visant au développement technologique de nouveaux systèmes ou composants, des séquences d'essais spécifiques peuvent être envisagées pour favoriser l'analyse de certains comportements (effet des cycles marche/arrêt, puisage d'ECS importants, analyse de dérive de fonctionnement ou de robustesse de systèmes, augmentation des charges, ...).

Monitoring des performances énergétiques

Les trois pavillons de la plateforme Incas possèdent un ensemble de capteurs dédiés au contrôle de la qualité de l'air et au suivi en temps réel de l'énergie produite et consommée dans la maison et le comportement des matériaux qui composent l'enveloppe des maisons.

Pour être exploitées, les données fournies par ces capteurs sont récupérées et intégrés dans des bases de données grâce à des logiciels spécifiques dits « intelligents ». L'objectif est d'obtenir différents diagrammes, de les analyser, et de vérifier que les prévisions établies au départ sont atteintes. Ce suivi en temps réel se fait à l'aide d'une salle dédiée, la salle de supervision.



Salle de supervision du CEA/INES. © P.Avavian/CEA

Cette salle comporte par ailleurs un suivi en temps réel des centrales solaires expérimentales dont le *monitoring* est assuré par les chercheurs du CEA à l'INES, et notamment de la station de recharge des véhicules électriques ou hybrides utilisés par les chercheurs. On peut ainsi comprendre l'importance de la prédiction de la ressource solaire, et de sa gestion, pour adapter les séquences de recharge des véhicules à la production électrique, et ainsi minimiser l'effet de pointe sur le réseau électrique.

Vers un couplage habitat/transport grâce au vecteur électrique

L'énergie est consommée en France par trois secteurs principaux : le bâtiment, le transport et l'industrie pour respectivement 43%, 31% et 26%. Il est donc essentiel de focaliser les ressources sur deux principaux consommateurs : le bâtiment et le transport. Afin de tenir les objectifs fixés par le gouvernement, l'habitat ne devra pas être pensé seul. Le raccord au réseau des systèmes de production d'énergie renouvelable (industriels et résidentiels), ainsi que le changement des modes de vie, avec notamment l'arrivée du véhicule électrique, sont des aspects énergétiques à prendre en compte dès à présent. L'objectif est d'évoluer vers une fusion de l'habitat, des modes de transports et des modes de vie tout en conservant une adaptation de l'offre et de la demande énergétique.

Les études statistiques montrent qu'en France la moitié de la population effectue moins de 16 km par jour pour les déplacements domicile-travail. Par ailleurs, un panneau photovoltaïque de 1 m² peut fournir en France sur une année l'énergie nécessaire à un véhicule hybride rechargeable pour parcourir jusqu'à 1 000 km en mode électrique. Il est donc tout à fait envisageable de concevoir des bâtiments dont la toiture équipée de panneaux solaires assure pour partie les besoins internes en électricité, et pour partie les besoins en mobilité des occupants.

Collaboration entre le CEA, l'INES et Toyota, et bénéficiant du soutien de l'Ademe, une plate-forme expérimentale préfigure une nouvelle forme de mobilité. Dix Toyota Prius hybrides rechargeables sont expérimentées afin de maximiser l'apport de l'énergie solaire et de minimiser le besoin en combustible fossile.

La station solaire est constituée d'une ombrière photovoltaïque de 150 m² et de douze bornes de recharge implantées sur le site de l'INES où les Toyota Prius hybrides rechargeables mises à disposition des chercheurs peuvent être rechargées. La station solaire a une capacité potentielle de charge équivalente à 135 000 kilomètres annuels (150 Wh/km). Pour maximiser la recharge à partir d'énergie solaire en intégrant les besoins de l'utilisateur, les demandes simultanées, l'état de charge et de santé de la batterie, la disponibilité de la ressource solaire, les contraintes du réseau de distribution de l'électricité, les variations tarifaires de l'électricité, l'ensemble est piloté par un système de gestion intelligent de l'énergie (Energy Management System). Son objectif est d'effectuer une planification optimale de la recharge sur une journée (sans gestion intelligente seuls 20 à 30% de l'énergie photovoltaïque seraient valorisés sous forme de kilomètres).

Le projet mis en œuvre par le CEA, l'INES et Toyota doit permettre d'explorer ces convergences solaire photovoltaïque-bâtiment-transport qui conduiront à une optimisation du système énergétique global. Il s'agit d'identifier les possibilités en termes de lieu de captation des énergies, de stockage d'énergie et d'optimisation de l'utilisation du réseau électrique.

En France le bâtiment fait partie des trois domaines les plus énergivores. 43% de l'énergie produite sur le territoire est destiné au secteur du bâtiment lequel est actuellement responsable de quasiment un quart des émissions de gaz à effet de serre (GES) du pays. Des réglementations ont été mises en place en Europe, et en France, avec notamment le lancement du Grenelle Environnement en 2007 et la création des Réglementations thermiques (RT). Ainsi, avec le programme du Grenelle, le gouvernement s'est engagé à diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050 (« facteur 4 ») en améliorant l'efficacité énergétique dans le bâtiment, en développant les transports peu émetteurs de GES, par un urbanisme plus efficace, et en développant une politique énergétique incitant à la réduction des consommations et du contenu carbone de la production. A très court terme, c'est-à-dire d'ici 2020, la France devra s'appliquer, pour le seul secteur du bâtiment, à, d'une part réduire de 20% la consommation énergétique des bâtiments, et, d'autre part, à diminuer de 12% les émissions de GES pour l'habitat dans les 5 années à venir.

Grâce à son implication dans les Nouvelles Technologies de l'Energie (NTE), le CEA développe une nouvelle approche du bâtiment intelligent à faible consommation énergétique. Globale, intégrant la diminution massive de la consommation électrique dans l'habitat, sa gestion intelligente par le progrès des NTIC et son couplage à l'environnement extérieur lui permet d'ores et déjà d'explorer le couplage habitat/transport ainsi que l'insertion au « smart grid » pensée à l'échelle du quartier. Le CEA aborde ainsi la problématique des bâtiments basse consommation en envisageant les bâtiments sur un mode autonome en énergie pour leurs propres besoins mais également capables de s'interconnecter aux autres s'ils le demandent. L'électricité devient le vecteur énergétique du bâtiment du futur et sa gestion optimisée le prochain enjeu à l'échelle européenne pour les prochaines décennies. Et pour agir dans les secteurs du bâtiment et de l'efficacité énergétique, les chercheurs du CEA s'appuient sur de véritables plateformes technologiques installées sur le site de l'INES, à Chambéry. Ces plateformes, construites en collaboration avec les partenaires de l'INES, disposent de tous les matériaux et équipements de référence pour les industriels et constituent donc un outil de co-développement unique en France pour les entreprises et partenaires du CEA. Les différentes plateformes de l'INES couvrent alors les principaux aspects liés à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments : rénovation d'habitats anciens, intégration de l'énergie solaire, nouveaux usages, tests thermiques, etc. Le programme de recherche sur le bâtiment fait ainsi appel à un ensemble de compétences complémentaires que le CEA au travers de sa DRT est aujourd'hui capable de mobiliser conjointement, de façon structurée afin de proposer des ruptures technos et de les porter jusqu'au déploiement industriel.

ANNEXES

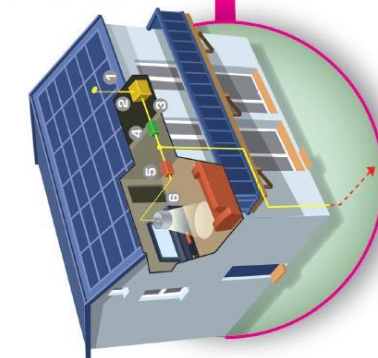
Présentation d'un bâtiment à énergie positive (infographie)	p 17
Organisateurs et partenaires	p 18
Energies renouvelables : la stratégie du CEA	p 20

Énergie positive à l'essai

La maison de demain sera à énergie positive. Elle produira plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Elle sera intelligente, permettant une gestion et un suivi en temps réel de la consommation d'énergie de ses habitants. A l'Institut national de l'énergie solaire (Ines), des chercheurs du CEA développent de nouvelles technologies au service du bâtiment basse consommation sur une plateforme expérimentale baptisée Incas. Cette plateforme est constituée de trois maisons de 100 m² habitables construites à partir de différents matériaux. Zoom sur l'une d'entre elles.



energie atomique • energies alternatives

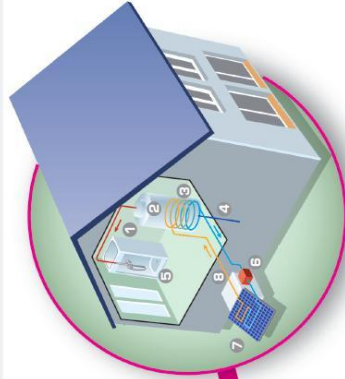


Vers réseau électrique national

- 1 Courant continu
- 2 Onduleur
- 3 Courant alternatif
- 4 Compteur de l'énergie produite par l'utilisateur
- 5 Compteur de l'énergie consommée par l'utilisateur
- 6 Appareil électrique

Panneaux solaires photovoltaïques

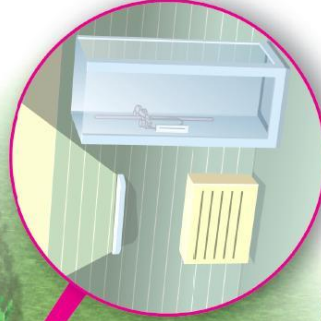
Le toit de la maison possède des panneaux solaires photovoltaïques. L'électricité produite à partir de ces panneaux est directement réinjectable sur le réseau ou utilisable par les appareils électriques de la maison.



Panneaux solaires thermiques

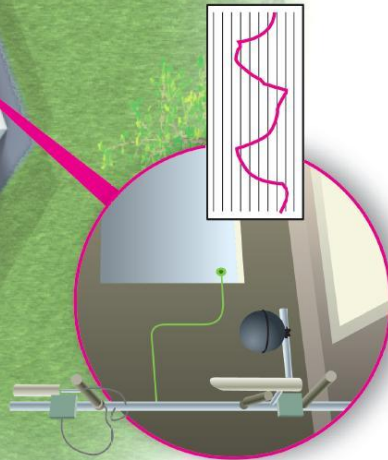
Le balcon est doté de panneaux solaires thermiques. L'énergie produite par les capteurs de ces panneaux alimente un chauffe-eau solaire individuel (CESI).

- 1 Eau chaude
- 2 Ballon
- 3 Echangeur
- 4 Eau froide
- 5 Douche
- 6 Pompe de circulation
- 7 Panneau solaire
- 8 Liquide caloporteur



Simulateur de présence

La maison est équipée de dispositifs de simulation de présence qui permettent de mimer certains gestes d'habitants au quotidien comme la prise d'une douche, l'éclairage d'une pièce, les dégagements de chaleur ou d'humidité.



Capteurs à l'intérieur de la maison

Des capteurs installés dans toute la maison permettent de contrôler la qualité de l'air et de suivre en temps réel l'énergie produite et consommée dans la maison.

Organisateurs et partenaires

A propos du CEA

Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)** intervient dans quatre grands domaines : les énergies "bas carbone", les technologies pour l'information et les technologies pour la santé, les Très Grandes Infrastructures de Recherche (TGIR), la Défense et la sécurité globale.

Les énergies bas carbone

Afin d'optimiser le parc nucléaire français actuel, le CEA a été mandaté par le Gouvernement pour construire, à l'horizon 2020, un démonstrateur préindustriel de 4^{ème} génération ; défi très ambitieux pour évoluer vers un nucléaire durable et encore plus sûr.

Les recherches du CEA soutiennent en parallèle, avec une volonté de synergies, l'essor des nouvelles technologies pour l'énergie (NTE) : énergie solaire photovoltaïque et bâtiment à faible consommation d'énergie, technologies pour le stockage de l'électricité (batteries) et nanomatériaux, hydrogène, biocarburants de deuxième et troisième génération... A plus long terme, la fusion thermonucléaire, dont la maîtrise pourrait permettre dans l'avenir de disposer d'une source quasi infinie d'énergie, fait aussi partie des recherches du CEA, via notamment son implication dans le projet international du réacteur expérimental ITER.



Chargement des plaques de silicium dans l'équipement destiné au dépôt de cellules photovoltaïques à haut rendement sur le site de l'INES. © P.Dumas/CEA

Les technologies pour l'information, les technologies pour la santé

Le CEA dispose d'une recherche technologique de haut niveau dans les domaines des micro et nanotechnologies, de la robotique, de la réalité virtuelle et des technologies logicielles : systèmes embarqués et interactifs, capteurs et traitement du signal.

Grand acteur de la recherche médicale, le CEA s'appuie sur des grandes plates-formes comme NeuroSpin pour l'imagerie cérébrale à très haut champ et MirCen pour l'imagerie clinique, et sur les centres nationaux de séquençage (Génoscope) et de génotypage (CNG) rassemblés au sein de l'Institut de génomique d'Evry.

Les Très Grandes Infrastructures de Recherche (TGIR)

L'astrophysique et la physique des particules sont deux domaines où le CEA est particulièrement présent, avec respectivement les grands instruments d'observation, au sol ou dans l'espace, et le LHC (*Large Hadrons Collider*) ou le GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, à Caen). La simulation numérique (supercalculateur Curie, en projet), l'étude de la matière (synchrotrons), la physique des lasers (Laser Mégajoule), la physique des plasmas, font également l'objet de grands projets collaboratifs autour de TGIR, auxquels le CEA apporte son expertise.

Au service de la Défense et de la sécurité globale

Le CEA a la responsabilité du maintien sur le long terme de la capacité de dissuasion nucléaire française. A la suite de l'arrêt des essais nucléaires, il a mis en œuvre le programme Simulation, qui s'appuie sur d'importants moyens expérimentaux et de calcul (Airix, Laser Mégajoule, Supercalculateur Tera). Depuis le 11 septembre 2001, le CEA a renforcé ses moyens d'évaluation et de prévention face aux menaces NRBC-E. Enfin, il intervient dans les instances nationales et internationales, où il contribue à la surveillance du respect des traités internationaux tels que le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE).

A propos de l'Institut National de l'Energie Solaire (INES)

Créé par une convention de partenariat signée le 3 juillet 2006 et initié par le CEA, le CNRS, le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et l'Université de Savoie, et soutenu par le Conseil Général de la Savoie, la Région Rhône-Alpes et le ministère de la recherche, l'INES est le premier centre français et l'un des premiers européens dédié aux recherches sur l'énergie solaire.

Le financement de ses activités de recherche est assuré par les établissements de recherche (CEA, CNRS et Université de Savoie) à travers des fonds dédiés à la recherche publique et des contrats industriels. Les programmes sont souvent développés dans le cadre du pôle de compétitivité TENERDIS, qui est le premier pôle français dans le domaine des énergies renouvelables.

L'INES regroupe plus de 350 personnes (chercheurs, formateurs et industriels) sur un site de 20 000 m², à Chambéry. Ils seront 500 d'ici 2013. D'ores et déjà l'INES représente un centre de référence au niveau européen. Une structure juridique ad hoc regroupant l'ensemble des équipes est en préparation, conformément à la convention, signée en juillet 2006, par les différents partenaires de l'INES avec le ministre de la Recherche.



Le site de l'INES, à Chambéry. © INES

L'INES est aujourd'hui articulé autour de deux axes :

- Premièrement, la « Recherche et Innovation » qui a pour objectif la recherche et le développement de technologies et de produits innovants dans le solaire photovoltaïque, thermique et l'énergétique du bâtiment. Les équipes sont issues principalement du CEA et de l'Université de Savoie et le CSTB.
- Deuxièmement, la « Formation et Evaluation » :
 - ✓ La formation initiale et continue ainsi que la formation de formateurs ;
 - ✓ La définition de référentiels pour les intervenants du secteur ;
 - ✓ Un centre de diffusion de l'information.

Les énergies renouvelables : la stratégie du CEA

La France tire aujourd'hui près de 50% de ses besoins énergétiques des ressources fossiles alors qu'en moyenne, à l'échelle du monde, les pays tirent en moyenne plus de 80% de leur énergie de ce type de combustible¹⁰. Cette situation particulière tient au soutien historique apporté à l'énergie électronucléaire, une majeure partie de l'électricité (78%) étant fournie par le parc de centrales nucléaires.

La dépendance aux combustibles fossiles n'en demeure pas moins importante pour certains secteurs, comme le transport. Le recours aux énergies fossiles, en France et ailleurs, devrait selon toute vraisemblance faire l'objet de contraintes de plus en plus marquées dans les années à venir, contraintes d'ordre géopolitique et contraintes techniques :

- Demande mondiale en hydrocarbures en forte augmentation d'ici à 2030 (selon les projections de l'Agence internationale de l'énergie - AIE) ;
- Incertitude croissante sur les prix des hydrocarbures, due à un contexte géopolitique parfois sensible ;
- Exigences de passage à des énergies « propres », sous l'impulsion des politiques nationales et internationales (UE) de lutte contre le réchauffement climatique ;
- Scénarii d'épuisement de certaines ressources fossiles à plus ou moins long terme, avec contraintes sur les techniques d'extraction des ressources et les prix afférant.

En 2009, le gouvernement a donné une forte impulsion au développement des énergies alternatives, en substitution, lorsque cela est envisageable, aux énergies fossiles. Les politiques mises en œuvre visent à renforcer l'indépendance énergétique et à accroître la part des énergies « propres » dans le bilan énergétique.

Pour répondre à cette demande de l'Etat, le CEA développe depuis une dizaine d'années un programme de recherche en faveur des Nouvelles technologies de l'énergie. Les objectifs du programme NTE se situent à trois niveaux différents :

- 1- en s'appuyant sur le bilan énergétique de la France, il vise à proposer des solutions complémentaires, de production électrique à partir d'énergies renouvelables, de stockage et de gestion des réseaux, articulées autour de la production électronucléaire ;
- 2- il cible les usages qui font l'objet des contraintes les plus fortes : bâtiment et transports ;
- 3- il vise des solutions technologiques viables à échelle industrielle.

¹⁰ 81% de l'énergie primaire dans le monde en 2006 constitué par pétrole + gaz + charbon (Mémento CEA sur l'énergie 2009).

CONTEXTE EN FRANCE : CHIFFRES ENERGIE ET CLIMAT

(sources : « Repères » énergie MEEDDM / Mémento Energie CEA)

- Enjeu énergétique :

- **Consommation annuelle de carburants fossiles** de la France : 130 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), dont :

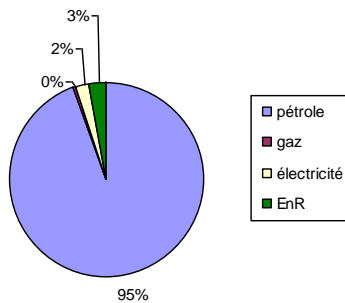
- 89 Mtep pétrole ;
- 41 Mtep gaz.

- **Dépendance énergétique / ressources fossiles** : 140 Mtep importées chaque année (charbon, gaz, pétrole).

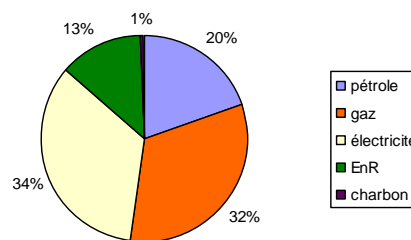
- **Consommation d'énergie finale par secteur** (hors « branche énergie ») en 2008 :

- Résidentiel-tertiaire : 69 Mtep
- Transports : 50 Mtep (presque exclusivement pétrole, soit près de 60% de la consommation totale de pétrole)
- Industrie-sidérurgie : 36 Mtep
- Agriculture : 5 Mtep
- (total énergétique : 160 Mtep)

Transports : répartition de la consommation d'énergie



Résidentiel-tertiaire : répartition de la consommation d'énergie



(source : Mémento Energie CEA, 2009)

En matière de dépendance énergétique aux combustibles fossiles, **les secteurs des transports et du bâtiment apparaissent stratégiques pour la France.**

- Enjeu climatique :

- **Emissions de CO₂ dans l'air, par secteur**, en 2008 :

- Transports routiers : 118 MtCO₂
- Industrie manufacturière : 95 MtCO₂
- Résidentiel-tertiaire : 89 MtCO₂

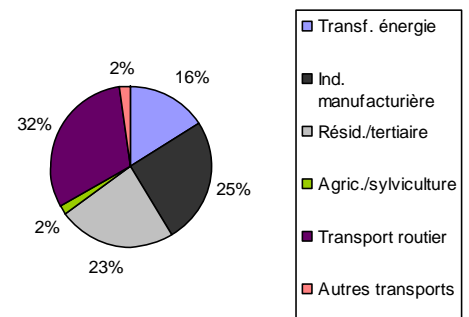
(total avec Transform.énergie, agric., autres transp. : 380 MtCO₂)

Le **Grenelle de l'environnement** a rappelé l'**objectif de diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050 (« facteur 4 »)** en améliorant l'efficacité énergétique dans le bâtiment, en développant les transports peu émetteurs de GES, par un urbanisme plus efficace, et en développant une politique énergétique incitant à la réduction des consommations et du contenu carbone de la production.

Le **Conseil européen de mars 2007** a annoncé les objectifs climatiques dits « **3 x 20** » à l'**horizon 2020**, visant à :

- porter à 20% la part des renouvelables dans les énergies consommées ;
- améliorer de 20% l'efficacité énergétique ;
- réduire de 20% les émissions de GES par rapport à 1990.

Emissions de CO₂ dans l'air, par secteur
(source : MEEDDM 2009)



1- Des technologies articulées autour du vecteur électricité

L'objectif gouvernemental est, dans le contexte du Grenelle de l'environnement, d'accroître globalement dans la production primaire la part des énergies renouvelables, tout en tirant le meilleur parti du potentiel nucléaire.

La France présente la particularité de produire son énergie électrique presque sans gaz à effet de serre (GES) grâce à l'apport largement majoritaire du nucléaire (~ 78 %) et l'apport complémentaire de l'hydraulique et autres renouvelables (~ 12 %), les énergies fossiles (~ 10 %) n'intervenant essentiellement que pendant les périodes de pointe. En lien avec les progrès technologiques attendus sur les Nouvelles technologies de l'énergie, une gestion optimisée de l'énergie, autour du vecteur électricité, constitue une opportunité unique pour la France de proposer un modèle énergétique durable.

L'enjeu est le couplage réussi de ces deux types d'énergies, dans une perspective d'accroissement de la part de l'énergie électrique dans la production primaire d'énergie.

Adaptation de l'offre et de la demande énergétique

Développer les technologies nucléaires du futur reste donc une des missions prioritaire du CEA. En complément, le programme NTE vise à développer des technologies pour réduire encore la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles et les émissions de gaz à effet de serre associées.

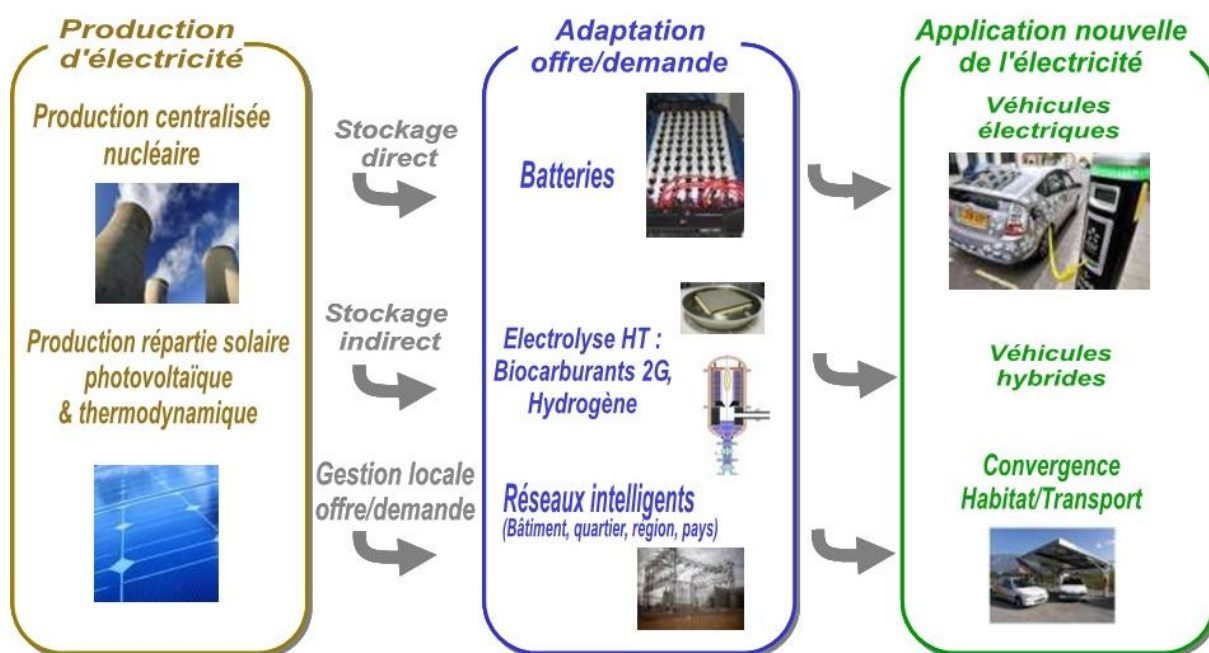
Ce modèle équilibré, nucléaire et renouvelables, repose sur :

- le développement du nucléaire de 4^{ème} génération : la technologie des réacteurs dits « à neutrons rapides », privilégiée aujourd'hui pour le prototype de 2020, permettrait d'utiliser près de 60% du contenu énergétique de l'uranium (contre 0,6% actuellement) tout en consommant le plutonium et en réduisant les déchets ultimes. Le stock de combustible usagé (uranium appauvri) issu des réacteurs de 2^{ème} et 3^{ème} générations constituerait une réserve équivalente à un usage industriel de plusieurs milliers d'années.
- des technologies intermédiaires pour le stockage de l'électricité : la production électronucléaire dégage un surplus d'électricité lors des périodes de faible demande, et les énergies renouvelables de flux comme le solaire ou l'éolien produisent par intermittence. Un enjeu majeur de gestion intelligente réside dans le développement de solutions de stockage de l'électricité. Aujourd'hui, les progrès réalisés dans les batteries, en particulier pour l'automobile, peuvent permettre une utilisation pleine de cette électricité : par exemple recharge d'un parc de véhicules électriques la nuit, en période creuse. Le couplage énergétique entre un habitat producteur d'électricité (photovoltaïque par exemple) et un véhicule électrique est également un enjeu majeur de gestion intelligente d'une énergie intermittente. C'est la convergence habitat/transport.

En parallèle, les progrès réalisés sur les technologies de l'hydrogène laissent envisager la possibilité d'une production massive d'hydrogène par électrolyse, à partir de l'électricité fournie par un réacteur nucléaire ou de celle issue de fermes solaires photovoltaïques, éoliennes, ... L'hydrogène constitue ainsi en lui-même une solution de stockage de

l'énergie. Des résultats probants sur l'EHT (Electrolyse Haute Température) ont été récemment réalisés au CEA, à partir de ses installations du Ripault et de Grenoble.

- les recherches sur les « réseaux intelligents » (ou « smart grids »), utilisant la combinaison des différentes énergies et la connaissance des disponibilités et des besoins, pour permettre une production énergétique optimisée. Le CEA participe par exemple aux projets HOMES, Multisol, menés par Schneider Electric, sur les systèmes de distribution électrique et de contrôle des bâtiments pour optimiser la gestion des énergies.



Adaptation de l'offre et de la demande énergétique

2- Deux secteurs prioritaires : le bâtiment et les transports

La recherche sur les NTE au CEA, associée à la logique d'économie d'énergie au travers de l'innovation technologique dans les usages, concerne en priorité les deux grands secteurs consommateurs d'énergies fossiles en France que sont le bâtiment et le transport :

- dépendant à plus de 50% des combustibles fossiles pour le bâtiment ;
- dépendant à 95% du pétrole pour les transports ;
- les deux secteurs étant à l'origine de plus de 50% des émissions de CO₂ (voir aussi page 7).

Les objectifs fixés par le gouvernement pour 2020, donc à très court terme, constituent un gros défi technologique :

Bâtiment :

- réduction de 20% de la consommation énergétique des bâtiments ;
- réduction de 12% des émissions de GES pour l'habitat dans les 5 années à venir, avec l'objectif d'une réduction supérieure à 1/3 pour 2020.

Transports :

- réduction de 20% des émissions de GES d'ici à 2020.

Le CEA a mis en place des programmes de recherche adaptés à ces enjeux, à chaque fois sur les technologies dans lesquelles son expérience passée le rend légitime :

Bâtiments :

- solaire photovoltaïque : développement de son expertise sur les technologies du silicium. Recherches allant du matériau au système complet, en passant par des innovations sur les modules et leur intégration dans le bâti → poursuite du développement de l'INES avec le projet INES 2.
- Optimisation énergétique du bâtiment, de sa conception à sa gestion, en neuf comme en rénovation, avec l'intégration de l'énergie solaire thermique.

Transports :

- les véhicules électriques, avec le développement de batteries avancées, piles à combustible, hybridation, production d'hydrogène, dépollution, récupération d'énergie, efficacité énergétique..., grâce à l'expérience en électronique et nanotechnologies → partenariat avec Renault-Nissan, plateforme STEEVE.
- les biocarburants de 2^{ème} génération par voie thermochimique, grâce à la connaissance acquise sur les problématiques haute température / haute pression → projets BioTfuel et Syndiese.

3- Des recherches menées en partenariat avec l'industrie :

Les recherches sur les énergies alternatives se développent quasi systématiquement via des partenariats industriels : d'une part avec l'objectif d'accompagner ces industriels dans leur démarche d'innovation et de création d'emplois, d'autre part afin d'identifier les meilleures technologies, dans un domaine où il existe de fortes contraintes :

- contraintes de coût ;
- contraintes d'utilisation : il s'agit de proposer des solutions fiables, que l'utilisateur sera prêt à accepter en termes de prix et d'usage ;
- contraintes de capacités industrielles : dans le transport et le bâtiment, les technologies doivent être susceptibles d'être largement diffusées.

Seul le développement de technologies à une échelle pré-industrielle permet de confronter les solutions proposées à ces contraintes, et également de développer des marchés où elles peuvent être évaluées précisément sans risque financier trop important.

Le CEA développe donc une stratégie de partenariats à tous les niveaux :

- création de société lorsque cela permet d'abaisser le coût de développement d'une technologie → société Prollion pour les batteries lithium ;
- création d'une filière technologique : signature d'un partenariat pour les batteries automobile avec Renault-Nissan ;
- collaboration avec des industriels pour tester la maturité de certaines technologies sur des marchés de niche : partenariats multiples pour les technologies pile à combustible (PSA Peugeot-Citroën, constructeur naval RM, Héliion) ;

- partenariat avec un industriel pour adapter au plus près une technologie et son usage : projet HOMES avec Schneider Electric ;
- revenus de cession de licences sur la production de matériaux d'électrodes de batteries Li-ion avec la société Prayon.

Budget et effectifs du programme NTE :

Le budget du CEA dans le domaine des Energies alternatives connaît une croissance annuelle de 30 à 40% depuis plusieurs années, pour atteindre en 2011 un montant de 190 millions €. Cette croissance est focalisée sur quelques thématiques parmi lesquelles :

- l'énergie solaire dont les ressources ont été multipliées par 4 en trois ans dans le cadre du développement de l'Institut de l'Energie Solaire (INES) à Chambéry, et qui représente, en 2010, 40% de l'activité Energies alternatives,
- plus récemment le véhicule électrique avec le développement de batteries dans le cadre du partenariat avec Renault.

Cette croissance est liée en particulier à une augmentation très importante des recettes externes qui ont été multipliées par 3 au cours de ces 3 dernières années et qui représentent plus de 75% du budget Energies alternatives.

En augmentant significativement son implication sur les NTE, le CEA contribue à équilibrer, au niveau national, l'effort de recherche sur le nucléaire civil et celui sur les NTE, pour arriver à la parité souhaitée par le Président de la République. Ainsi depuis 2008, le CEA consacre un budget proche (en dépenses) pour les recherches sur le nucléaire du futur dit de 4^{ème} génération et celui sur les NTE.

S'agissant des effectifs, le programme NTE représente plus de 1000 chercheurs, techniciens et ingénieurs, avec un effectif qui croît de 100 à 150 salariés par an.

Une grande partie des effectifs est regroupée au sein de l'institut Liten (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux), au CEA de Grenoble. Néanmoins, les recherches utilisent toutes les compétences des différents pôles du CEA ; l'objectif du programme NTE est précisément de coordonner ces compétences.