

Introduction

Dans le précédent numéro de « Places to be », nous nous sommes intéressés au bilan énergétique belge ¹. Nous vous proposons cette fois de regarder comment les réseaux électriques « intelligents » ² pourront nous aider à faire face aux défis énergétiques des années à venir.

Demande et production électrique : un exercice d'équilibre constant et délicat

En examinant la Fig. 1 qui nous donne la fluctuation de la demande d'électricité en Belgique en fonction de la saison et de l'heure, on se rend compte que les variations sont importantes entre les pics de consommation et les périodes creuses. Comme l'électricité ne se stocke pratiquement pas, il faut assurer en permanence l'adéquation entre la demande et l'offre. Ce rôle est assuré par le gestionnaire du réseau de transport d'électricité Elia, créé en 2001 dans la foulée de la libéralisation du marché interne de l'énergie ³.

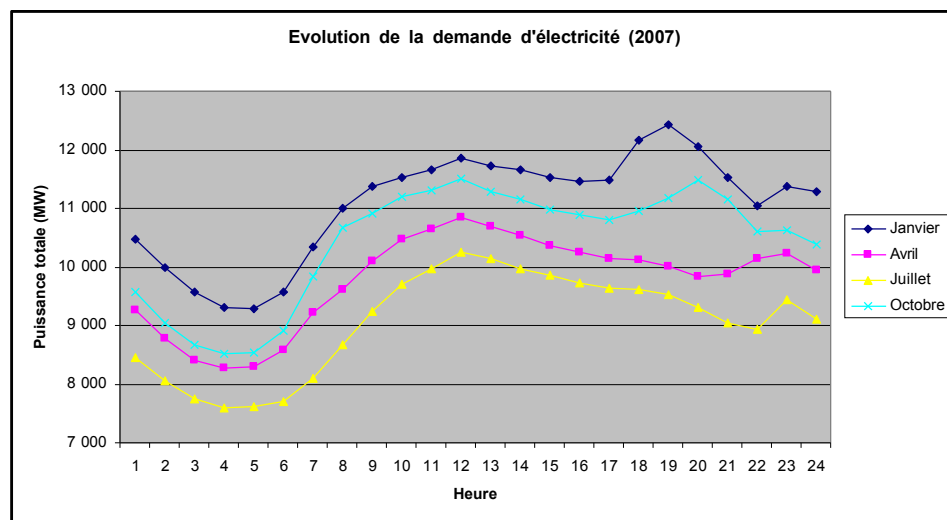


Fig. 1 Evolution de la demande d'électricité en Belgique (2007)
(Source : Elia)

Les moyens de production dont nous disposons pour répondre à la demande d'électricité sont repris à la Table 1. La majeure partie de notre production brute d'électricité est d'origine nucléaire (54,3% en 2007). Extrêmement stables – elles travaillent jour et nuit de façon continue pratiquement 90% du temps disponible – les centrales nucléaires doivent garder un régime à peu près constant, et ne peuvent pas modifier leur production. Il nous faut donc d'autres outils plus souples pour satisfaire la demande variable lorsqu'elle dépasse la production nucléaire. C'est ainsi que la centrale de pompage de Coe, par exemple, qui dispose de 2 grands réservoirs, utilise la production (nucléaire) excédentaire le cas échéant pour pomper de l'eau dans le réservoir supérieur, que l'on peut vider ensuite dans le réservoir inférieur en faisant passer l'eau par des turbines pour récupérer de l'électricité lorsqu'on en a besoin à la pointe de la demande. Les centrales thermiques (charbon, pétrole, gaz naturel, biomasse), les unités de cogénération (production combinée d'électricité et de chaleur) ainsi que les centrales hydrauliques peuvent également moduler leur production dans certaines limites. En utilisant ces différents moyens de production, c.à.d. en agissant en permanence sur la charge des centrales classiques et sur le pompage de Coe, on parvient à satisfaire la demande tout en compensant sa fluctuation.

Capacité installée et production en Belgique (fin 2007)	Capacité (MW)	Production (GWh)	Production (% tot.)
Centrales nucléaires	5 825	48 227	54,30%
Centrales thermiques (dont biomasse)	8 842	38 413	43,25%
Eoliennes	276	491	0,55%
Solaire	20	6	0,01%
Hydro (dont pompage)	1 417	1 683	1,89%
Total	16 380	88 820	100,00%

Table 1 Capacités et différents modes de production d'électricité en Belgique
(Source : Service Public Fédéral Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie)

D'autre part, nous ne sommes pas isolés, et échangeons de l'électricité avec nos voisins français (principalement) et hollandais. Le solde net d'importation par rapport à la demande totale était de 11% en 2006, de 8% en 2007 et les prévisions de la SPF Economie prévoient qu'il évoluera dans une fourchette de 8% à 12% d'ici 2020. On notera cependant que, en 2009, la Belgique a affiché un profil d'exportateur net avec 1,8 TWh, alors que 2008 enregistrait encore un solde net d'importation de 10,57 TWh (source : Elia). C'est la première fois depuis de nombreuses années que nous exportons plus d'électricité que nous en importons, notamment vis-à-vis de la France. Les raisons principales sont la diminution de la consommation chez nous suite à la crise économique, ainsi qu'une moins grande disponibilité des centrales nucléaires dans l'Hexagone où le chauffage électrique est largement utilisé. Ces échanges avec nos voisins constituent donc une ressource supplémentaire et nous pouvons en disposer dans un sens ou dans l'autre si et quand les conditions s'avèrent intéressantes.

Les courbes de la Fig. 1 indiquent une demande globale, résultat de la mutualisation des consommateurs. Si nous devons produire le courant dont nous avons besoin à l'échelle de quelques utilisateurs chaque fois que notre frigo se met en marche ou que nous allumons une lampe, les variations seraient importantes et la demande correspondante serait extrêmement instable (Fig. 2). Cette production « locale » ne serait pas très réaliste, d'autant que les rendements des installations de production à petite échelle sont en général bien plus faibles que ceux d'unités plus conséquentes.

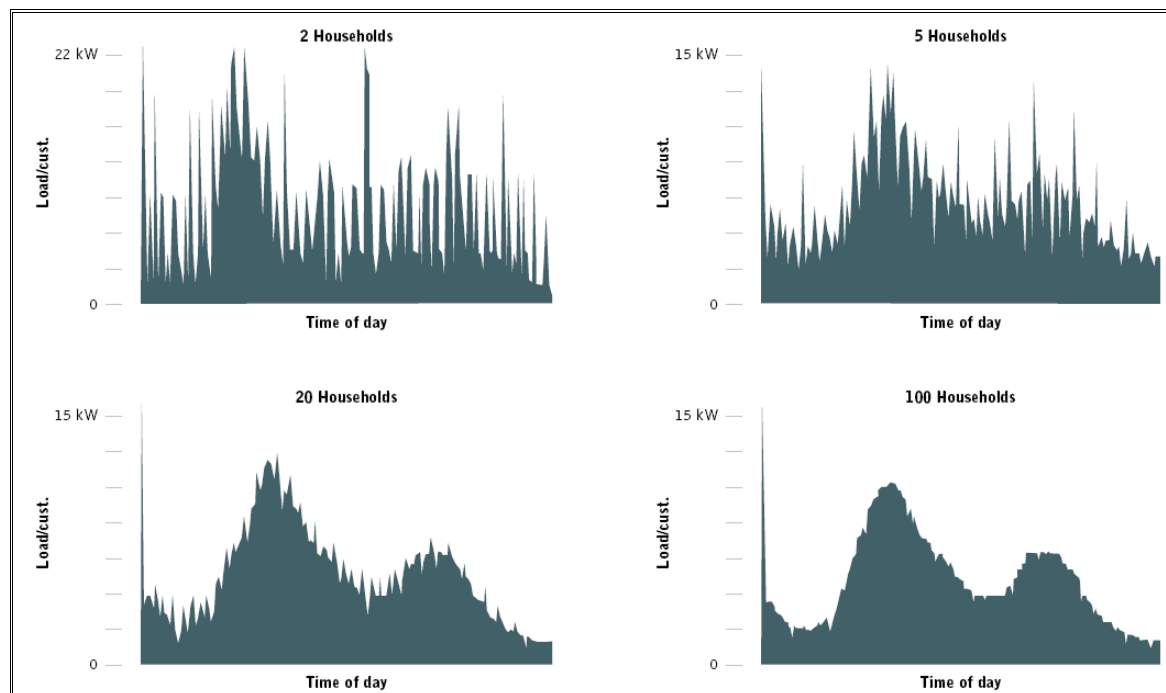


Fig. 2 Effet du regroupement de consommateurs
(Source : EREC, Greenpeace : Global Energy Grid Scenario, November 2009)

Le fait de regrouper les consommations permet ainsi non seulement d'aplanir le relief des courbes individuelles et d'obtenir un résultat beaucoup plus stable et prévisible, mais également de diminuer la puissance maximale qu'il faut fournir pour satisfaire la demande globale. Dans l'exemple ci-dessus (Fig. 2), on passe ainsi de 22 kW maximum par foyer pour 2 habitations à 11 kW max par foyer pour 100 habitations. Ce ne serait évidemment pas possible sans les réseaux actuels.

Au cours des prochaines années, les énergies renouvelables sont appelées à prendre une place de plus en plus importante dans notre mix énergétique et devraient représenter en 2020 entre 12% et 19% de la production électrique en fonction du scénario envisagé ^{4,5}. L'ambition affichée par l'Europe dans le cadre de sa politique des 3 x 20 est d'avoir une part de 20% d'énergie renouvelable dans notre consommation finale en 2020, ce qui se traduit pour l'électricité par 32% de puissance installée renouvelable ⁶. A l'heure actuelle, nous arrivons en Belgique à un peu moins de 7% d'électricité « verte », dont la plus grande partie vient des combustibles renouvelables et de récupération. Au niveau mondial, les scénarios les plus optimistes de l'Agence Internationale de l'Energie prévoient près de 40% de la production électrique d'origine renouvelable en 2030 (voir les indications au bas de la Fig. 3).

Hormis leur faible densité énergétique, pratiquement tous les renouvelables souffrent à des degrés divers d'intermittence : pas de soleil la nuit – par définition ! – et sans vent, l'éolienne s'arrête. En Belgique, une éolienne marine travaille de façon nominale pendant une période équivalente à 3 000 heures par an, une éolienne terrestre 2 400 heures par an et des panneaux solaires photovoltaïques 1 000 heures par an. Or, une année comporte 8 760 heures... Comment allons-nous gérer cette intermittence pour satisfaire une demande – qui nous l'avons vu plus haut – est déjà fortement changeante ? Le problème étant évidemment que cette production renouvelable ne correspondra pas forcément aux périodes de pointe : on ne pourra donc pas systématiquement espérer que le soleil et le vent seront efficaces au moment où on en aura besoin. De plus, une partie croissante de cette production renouvelable sera locale : éoliennes urbaines ou panneaux solaires sur des toits de maisons ou d'entrepôts industriels par exemple.

Les réseaux « intelligents »

Une façon efficace de gérer l'intermittence / volatilité des renouvelables pour pouvoir assimiler leur production tout en faisant des économies pouvant aller jusque 10% selon diverses études sera de rendre les réseaux électriques « intelligents » à tous les niveaux, du producteur jusqu'au consommateur (Fig. 3). Alors que les réseaux classiques prévoient principalement le transfert d'électricité de larges unités centralisées vers les consommateurs, la technologie des « réseaux intelligents » devra assurer la gestion d'une partie croissante de la production électrique qui sera décentralisée et / ou intermittente et qui variera localement en fonction de signaux de prix, notamment. C'est tout le réseau qui devra évoluer pour ajuster production et consommation en temps réel : par exemple décider au moment opportun de recharger la batterie d'un véhicule électrique en utilisant l'électricité produite par des panneaux solaires proches pour profiter d'une période ensoleillée. Les multiples interactions et échanges entre les différentes parties impliquées dans ces nouveaux réseaux conduisent à les comparer à Internet.

Quels seront les principaux acteurs en présence dans ce nouvel « Internet de l'électricité » (Fig. 3)

- ! Les producteurs, petits ou grands : centrales classiques, producteurs décentralisés individuels (collectivités, particuliers), opérateurs « tampons » comme à Coo mentionné plus haut, mais aussi le futur stockage d'hydrogène dans le sol ou sous forme « Vehicle to Grid » ⁷ par exemple. Les petits et moyens producteurs « non classiques » privés, collectifs et décentralisés seront de plus en plus nombreux à l'avenir : panneaux solaires, mini ou micro éoliennes... La cogénération, qui permet de produire en même temps chaleur et électricité (11 030 GWh en 2007), devrait également connaître un succès croissant au sein de petites communautés ; l'essentiel de cette production combinée se fait à base de gaz naturel et au moyen de grosses unités à l'heure actuelle, mais la contribution de la biomasse augmente rapidement : elle est passée de 567 GWh en 2007 à 751 GWh en 2008 selon la SPF Economie, soit un bond de 32%

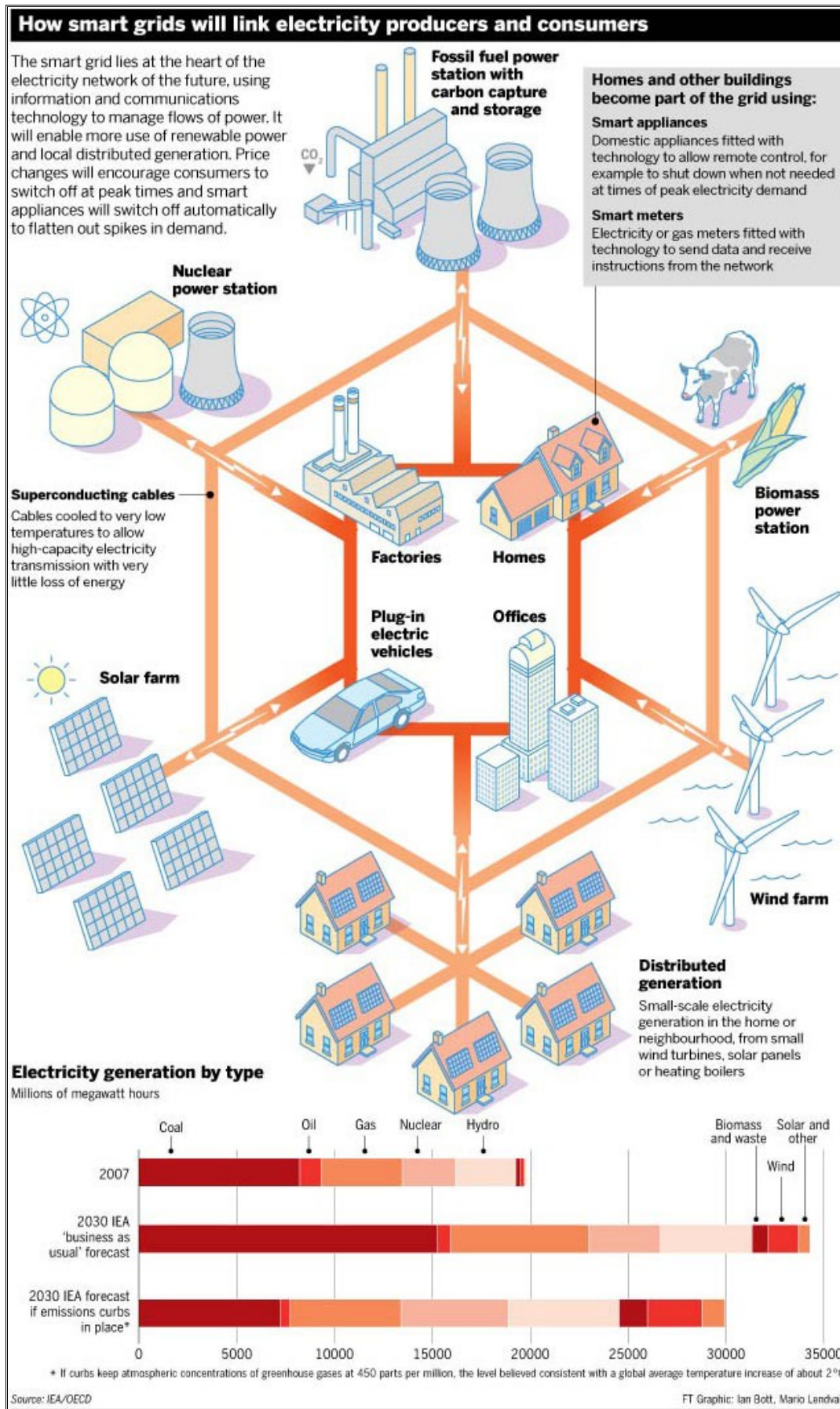


Fig. 3 Comment les « réseaux intelligents » feront le lien entre producteurs et consommateurs
(Source: *Financial Times*, 10 décembre 2009)

- ! Les consommateurs : les appareils consommant de l'électricité devront dans le futur également échanger de l'information avec les réseaux auxquels ils seront connectés. Ils seront eux aussi capables de se mettre en marche à un moment creux ou de se couper en période de pointe. Cela se fait déjà actuellement de manière manuelle pour profiter d'un tarif de nuit favorable, mais les machines du futur auront un degré d'autonomie beaucoup plus grand et surtout communiqueront leur (non)consommation au réseau. Par exemple, une machine à laver « sachant » qu'elle dispose d'un certain nombre d'heures pour compléter un cycle de lavage organisera les différentes tâches correspondantes en fonction de ses priorités et du temps qu'il lui reste. Elle travaillera au moment où les conditions (le prix) seront optimales ; au fur et à mesure que le temps avance, ses priorités changeront pour qu'elle puisse effectivement terminer à l'heure établie.
- ! Les opérateurs réseaux, gestionnaires des informations circulant sur le réseau (les prix entre autres).
- ! Les distributeurs / transporteurs : surveillent l'utilisation du réseau et prennent les actions nécessaires pour assurer la continuité du service de distribution

Le paramètre fondamental pour le succès des « réseaux intelligents » sera l'harmonisation de la communication entre les différents acteurs. C'est ce qui fait le succès d'Internet.

On ne peut améliorer que ce que l'on peut mesurer : l'arrivée prochaine des « compteurs intelligents »

On se rend compte que le suivi, la gestion et le contrôle de tels réseaux – tant à l'échelle locale que globale – vont nécessiter toute une série de compteurs pour suivre les flux impliqués, à l'instar de ce qui existe déjà au niveau des réseaux de transport. Une première étape sera donc l'arrivée des « compteurs intelligents » chez les consommateurs. La Suède et l'Italie en sont déjà équipées à plus de 90%, et la plupart des autres pays européens devraient suivre rapidement. Dans le monde, plus de 250 millions de foyers devraient être équipés de tels compteurs en 2015 selon la firme de consulting américaine Pike Research. www.pikeresearch.com

Il y aura évidemment des compteurs de différents niveaux en fonction de ce qu'ils permettront de faire : de la simple transmission d'information au contrôle et gestion à distance par exemple. A l'heure actuelle, la société de distribution *Eandis* utilise déjà un certain nombre de compteurs « budgets » dont la consommation doit être prépayée. Ces compteurs sont déjà plus sophistiqués que les compteurs mécaniques classiques. Il existe aussi le compteur à impulsions, qui permet déjà de relever les infos sans nécessiter une lecture « manuelle ». Les compteurs de nouvelle génération iront beaucoup plus loin : au-delà de la simple transmission d'information (c'est le cas de l'Italie) et dès le moment où ils seront couplés à des applications de domotique, ils rendront possible la gestion de toute une série d'appareils à distance, ce qui valorisera pleinement une telle installation. Au minimum, ils permettront au consommateur de mieux comprendre ce qui se passe et de réagir rapidement, sans attendre le décompte annuel, dans la mesure où les informations enregistrées systématiquement pourront à tout moment être récupérés dans des tableaux de bord analogues à ceux que nous connaissons dans nos voitures (sous forme de fenêtre sur notre PC par exemple). Grâce à eux, les opérateurs et gestionnaires de réseaux seront aussi informés en temps réel de la production domestique issue entre autres de panneaux solaires, ce qui n'est pas encore le cas à l'heure actuelle.

Et la sécurité ?

Le degré de sophistication des « réseaux intelligents » sera aussi d'une certaine manière le cheval de Troie qui permettrait à des pirates de s'en donner à cœur joie pour lancer des « cyber attaques » et interférer de façon parfois pas très sympathique avec certains systèmes. Cela se passe tous les jours dans le domaine informatique, et les risques potentiels sont pris très au sérieux quant aux développements des réseaux de nouvelle génération : dès le moment où il deviendra possible pour de nombreux utilisateurs de démarrer ou de stopper des installations à distance, les enjeux deviendront importants. Pike Research, estime que les investissements cumulés liés à la cyber sécurité des smart grids s'élèveront à 23 milliards de USD pour la période 2009-2025 rien qu'aux USA ⁸.

Il en va de même pour la protection des données concernant notre vie privée : cela mettra un certain temps, mais il arrivera un moment où l'intelligence du réseau devrait être capable de déceler en fonction de la fluctuation de la consommation de notre maison la marque de notre frigo ou l'utilisation d'une couette chauffante. Les compteurs intelligents pourraient de cette façon révéler des informations sur les activités qui ont lieu au sein des foyers, qui restent en principe du domaine personnel. A priori, ce n'est pas trop grave si les données restent confinées au sein des banques de données des opérateurs ayant accès à ces informations. Par contre, il faut évidemment veiller à ce que le manque de contrôle ne mène à des menaces graves quant à la sécurité ou la vie privée des consommateurs.

Des initiatives mondiales

Dans le monde entier, des initiatives toujours plus nombreuses voient le jour pour préparer ces réseaux du futur. La liste suivante n'est certainement pas exhaustive, mais il s'agit de quelques exemples pour donner une idée de l'importance que les gouvernements et organismes concernés attachent à leur développement :

Chez nous

Eandis : la société de distribution devrait installer cette année 4 000 compteurs intelligents dans la commune pilote de Malines, et plus de 40 000 en 2012 dans d'autres communes du Nord du pays. Ces compteurs devraient relever la consommation toutes les 15' et transmettre ces informations au gestionnaire du réseau. Si tous les tests sont concluants, un réseau complet devrait voir le jour vers 2014. Eandis a également annoncé fin février 2010 l'investissement dans le développement d'un « réseau intelligent ». www.eandis.be

Elia : acteur important dans la gestion et le développement du réseau de transport, Elia est également active dans la recherche liée aux réseaux intelligents. Elia coopère avec les distributeurs / producteurs, notamment dans le cadre des programmes de recherche européens. www.elia.be

Energyville : implanté sur l'ancien site minier de Waterschei, un centre de connaissances sur les énergies vertes sous la forme d'un parc industriel de 25 ha est prévu pour 2012. Il abritera 200 personnes, entre autres des chercheurs spécialisés dans la conception et l'élaboration des réseaux intelligents. Principales entités concernées : VITO (www.vito.be) en « KULeuven Energie Instituut » (www.kuleuven.be/ei)

PowerMatching City : expérience test à Hoogkerk (Groningen, Pays-Bas). 25 maisons sont connectées à un réseau intelligent. Quelques voitures électriques sont utilisées ; plusieurs microcentrales de cogénération (fonctionnant au gaz naturel, nous sommes aux Pays-Bas..) fournissent à la fois chaleur et électricité au réseau. Des pompes à chaleur permettent d'équilibrer cette double production. www.kema.com/nl/news/articles/2010/powermatchingcityvanstart.aspx

Amsterdam Smart City : expérience test à Amsterdam (Pays-Bas). Un des axes de ce projet consiste à équiper plusieurs centaines de maisons datant des années 1950 de compteurs intelligents connectés à des appareils permettant de réduire la consommation électrique. Les écrans de ces compteurs sont également destinés à faire prendre conscience aux occupants des habitations concernées des économies d'énergie potentiellement réalisables. <http://amsterdamsmartcity.com/#/en/home/geuzenveld>

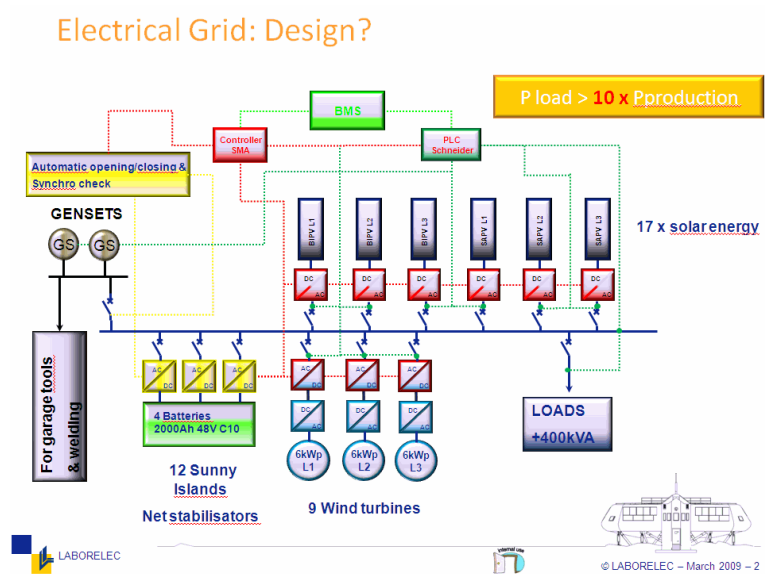
La Commission européenne : toute une série d'initiatives, de documents préparatoires et d'études pour limiter les gaspillages et rendre les appareils existants plus efficaces. Création des « ETP (European Technology Platforms) SmartGrids » en 2005 pour définir la vision concernant le développement des réseaux électriques européens à l'échéance 2020. Cette plateforme regroupe des représentants de l'industrie, des opérateurs de transmission et distribution, des organismes de recherche et des régulateurs. www.smartgrids.eu

Le Gouvernement chinois : selon la firme texane ZPryme, les investissements consentis pour la modernisation du réseau électrique en Chine ont depuis 2009 dépassé ceux qui concernent les moyens de production. Toujours

selon la même source, les investissements chinois relatifs aux réseaux intelligents devraient atteindre 7,3 milliards de USD en 2010. A titre de comparaison, on attend pour les mêmes investissements en 2010 un montant de 7,1 milliards de USD aux USA et 1,8 milliards de USD pour l'ensemble France, Royaume-Uni, Espagne et Allemagne. www.zpryme.com

Google : Acteur incontournable de la recherche sur Internet, Google a récemment décidé de prendre également le défi énergétique très au sérieux et de devenir un opérateur global. En décembre 2009, Google a demandé aux autorités fédérales américaines le statut de producteur et de négociant en énergie pour sa nouvelle filiale « Google Energy ». Introduction également d'un nouveau service Internet gratuit, le « power meter » qui est un système de suivi de consommation. www.google.org/powermeter/

Un exemple concret et belge de « réseau intelligent » : la Station Princesse Elisabeth en Antarctique



Cette station « zéro-émission » que nous avons déjà décrite à plusieurs reprises dans « Places to be » dépend exclusivement du vent et du soleil pour « fabriquer » l'énergie dont elle a besoin. Le stockage pour faire le pont lorsque les sources naturelles sont absentes ou insuffisantes est assuré par des batteries.

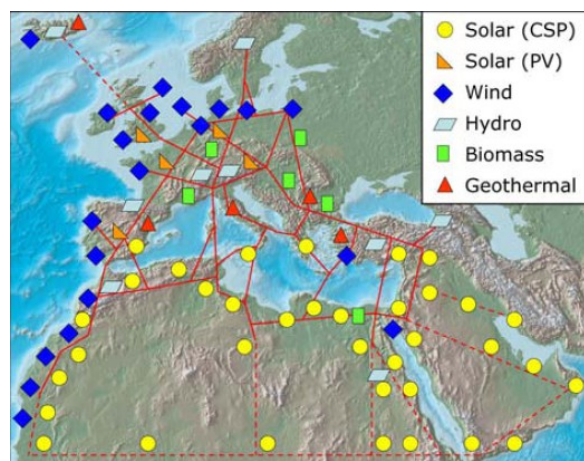
Un « chef d'orchestre » doit gérer le fonctionnement de ce réseau et la consommation des utilisateurs afin que chacun puisse subvenir à ses besoins en respectant un certain nombre de priorités. Ce « chef d'orchestre » n'est autre que le « réseau intelligent » local, dont on trouvera à la Fig. 4 un schéma de principe (contacter la Fondation Polaire Internationale et / ou Laborélec pour plus de détails).

Fig. 4 Exemple de réseau intelligent : la station Princesse Elisabeth
(Source : Laborélec)

Un des aspects les plus intéressants de cette approche est l'adaptation des scientifiques et chercheurs – les principaux habitants / consommateurs de la station – à la situation du réseau. Tel ou tel utilisateur choisira de faire fonctionner une machine, de recharger son PC ou de lancer telle ou telle expérience en fonction de l'état de charge des batteries de la station, de sa priorité et des prévisions attendues de fourniture de courant électrique. Les priorités correspondantes sont gérées de façon dynamique par le système de contrôle en fonction de paramètres préétablis. Ce système appelé « DPMS » (Demand Power Management System) créé par Laborélec permet d'avoir une puissance installée côté consommation de l'ordre de 10 fois la capacité de production sans risque de perte de stabilité, alors que l'on admet en général un facteur 3 pour les réseaux classiques. Le comportement très « citoyen » du microcosme de la Station Princesse Elisabeth devrait devenir un exemple de ce que nous pouvons faire à beaucoup plus grande échelle au niveau d'une zone géographique, d'une région, d'un pays.

Ce changement d'attitude peut parfois se faire de façon spontanée relativement facilement : on l'observe chez nous dans certains foyers où l'on a installé des panneaux solaires. Les occupants sont en général assez satisfaits de voir leur compteur tourner à l'envers lorsque leur production locale est suffisante, et par la suite font doublement attention à leur consommation afin de gagner encore quelques kWh. Même si les enjeux financiers ne sont pas énormes et que ce n'était pas le but initial, il s'agit d'une prise de conscience suivie d'une rétroaction positive, ce qui va globalement dans le bon sens.

Les réseaux intelligents à très grande échelle



Euro-Supergrid ayant une Connection EU-MENA: Schéma d'une infrastructure possible pour un approvisionnement électrique durable dans EU et MENA.

Fig. 5 Super réseau EU-MENA

(Source : http://www.desertec.org/downloads/summary_fr.pdf)

Remarquons que l'approche des réseaux intelligents devrait pouvoir être considérée dans le futur à très grande échelle (le projet « Desertec » par exemple⁹ : on parle alors de « Super Grid », Fig. 5). A l'heure actuelle, les réseaux permettent déjà à des pays comme l'Allemagne ou l'Espagne d'exporter des productions éoliennes excédentaires ; à l'avenir ce concept pourra s'étendre et se généraliser. Autre exemple en Mer du Nord : « The Friends of the Supergrid »¹⁰

Les réseaux du futur devront nécessairement contenir une intelligence « globale » et une intelligence « locale » pour gérer les différentes situations auxquelles ils devront faire face en permanence. Pensons à une analogie avec le corps humain : il n'y a pas besoin d'intervention « centrale » pour gérer la cicatrisation d'une blessure : les cellules locales sont parfaitement équipées pour le faire.

La chasse aux vampires

En fait il s'agit de toutes les applications, transformateurs et systèmes en veille qui « pompent » de l'énergie inutilement. Sans aucune valeur ajoutée, ils sont à pourchasser sans répit. La Commission européenne estime les pertes électriques totales correspondant aux appareils en mode « veille » ou « arrêt » à plus de 50 TWh sur base annuelle, soit plus de la moitié de la production électrique belge en 2007¹¹. Une première étape simple pour se débarrasser facilement d'un grand nombre de ces consommations parasites : lorsque les appareils correspondant sont connectés sur une fiche multiprise avec interrupteur, il suffit d'éteindre ce dernier pour stopper la consommation électrique « silencieuse » des appareils alimentés. Dès le moment où cette fiche multiprise devient « intelligente », cela peut se faire tout seul¹².

Et l'ardoise ?

Ces nouveaux développements auront bien évidemment un prix. Si les investissements à consentir sont non négligeables, le jeu en vaut la chandelle : rappelons que le projet éolien C-Power en Mer du Nord devrait fournir à terme un peu plus de 1 % de la production nationale, et que le potentiel éolien dans nos eaux territoriales ne devrait pas dépasser 7 %. Avec les réseaux intelligents, on estime pouvoir faire une économie de 10 % de notre consommation électrique. Il ne s'agit évidemment pas d'opposer l'un à l'autre, mais de réaliser combien l'enjeu des réseaux intelligents est important.

Pour payer l'ardoise, nous insistons encore sur la nécessité de faire payer le juste prix de l'énergie au consommateur en fournissant dans un premier temps les aides indispensables dans certains secteurs évidemment. Nous l'avons déjà mentionné : si on laisse le prix de l'énergie évoluer suivant le marché, on ne fait que subir les hausses imposées de l'extérieur et ce sont les pays détenteurs de ressources qui en profitent (c.à.d. pas nous). Avec une taxe, on contrôle ce qui se passe et on se donne les moyens de préparer un avenir avec moins de fossiles. En attendant, gardons à l'esprit comme d'habitude que l'énergie la plus verte est celle que l'on ne consomme pas : le changement de nos comportements face aux « vampires » et autres gaspillages aura lui aussi un effet non négligeable sur notre consommation.

Conclusion

Les « réseaux intelligents » constituent une véritable révolution dans le domaine de l'électricité, et auront certainement un impact majeur sur le comportement des consommateurs. En attendant, il reste évidemment de nombreux points à résoudre avant d'arriver à un réseau intelligent généralisé. Par exemple, comment arrêter la production décentralisée en cas d'opération de maintenance, comment éviter les atteintes à la vie privée, les pannes, les instabilités.. ? Il faudra attendre un peu pour les grands travaux d'infrastructure de réseaux dont les constantes de temps sont longues, mais nous pourrions être surpris de voir à quel point l'avènement de certains appareils comme les compteurs intelligents pourra se faire de façon rapide : qui aurait dit au début de l'an 2000 que nous aurions des « very smart phones », des films en 3D, des réseaux sociaux d'une telle ampleur... avant la fin de la décennie suivante ?

Terminons en mentionnant l'urgence pour l'Europe de ne pas rater le train des standards et protocoles qu'il faudra définir. Si d'autres puissances mondiales décident sans nous des normes et systèmes que nous serons alors obligés de suivre, nous risquons de ne plus contrôler grand-chose dans ce domaine. Le Minitel existait de ce côté de l'Atlantique bien avant Internet et l'a en quelque sorte préfiguré, mais ce n'est pas nous qui avons tiré le meilleur parti de ce fantastique bond en avant. Plus que jamais, il nous faudra donc parler d'une seule voix pour avancer de manière efficace et décisive dans la « toile de l'électricité ».

Quelques unités et définitions

- ! 1 Joule (J) : énergie nécessaire pour soulever 1 kg de 10 cm, 100 g de 1 m... (à la surface de la terre !)
- ! 1 kg de charbon : de 30 à 32 MJ (millions de Joules)
- ! 1 kg de pétrole : 42 MJ
- ! 1 Watt (W) : 1 J/s
- ! 1 kWh : 1 kW pendant 1 h : 3 600 kJ ou 3,6 MJ (millions de Joules)
- ! 1 MWh : 1 000 kWh
- ! 1 GWh : 10^6 kWh (1 million de kWh)
- ! 1 TWh : 10^9 kWh (1 milliard de kWh)
- ! 1 TEP (Tonne Equivalent Pétrole) : $41,87 \cdot 10^9$ (milliards de) Joules ou 11,63 MWh
- ! 1 kTEP : 1 millier de TEP ou 11,63 GWh

Références

1. Bertrand Waucquez, *Le Bilan Energétique Belge : quelle évolution ?* in « Places to be », décembre 2009
2. Ou « Smart Grids ». C'est en général la version anglaise que l'on trouve le plus souvent dans la littérature à ce sujet.
3. [Auparavant](#), ce rôle était assuré par la Coordination de la Production et du Transport de l'Energie électrique
4. Studie over de perspectieven van electriciteitsbevoorrading 2008-2017, FOD Economie, Oktober 2009
5. Rapport_gemix_2009_nl_tcm325-76356.pdf
6. http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climat_action/analysis_appendix.pdf, p. 61/914
7. « Vehicle to Grid » : la tentation est grande de considérer les batteries des véhicules électriques du futur comme une sorte d'éponge qui pourrait restituer de l'électricité au réseau si et quand le véhicule n'en a pas besoin. Il est fort probable que beaucoup de constructeurs soient réticents à donner dans ces conditions une quelconque garantie sur les batteries dans la mesure où ce processus augmentera le nombre de cycles de charge et décharge, facteur de vieillissement plus ou moins important en fonction de la technologie utilisée. Il faut également tenir compte du rendement global d'un tel cycle : guère plus de 75% à l'heure actuelle. On assistera donc bien à un transfert de courant vers les véhicules électriques qui pourra en partie « éponger » des surplus de production, mais nous pensons que dans un premier temps, cela sera à sens unique pour l'essentiel. Les propriétaires de véhicules électriques ne pourront donc pas compter sur les revenus correspondants à la revente de leur courant excédentaire avant quelques années. Il faut noter cependant que les développements dans ce domaine sont extrêmement rapides (voir par exemple www.gridpoint.com)
8. Pike Research, Smart Grid Cyber Security, 1Q 2010
9. http://www.desertec.org/downloads/summary_fr.pdf. Plus récemment, confirmation dans « Le Monde » que la France travaille à la constitution d'un consortium d'entreprises chargé de développer un vaste réseau de lignes électriques haute tension sous-marines en courant continu sous la mer Méditerranée, afin d'acheminer l'électricité solaire produite en Afrique vers l'Europe. Le lancement de ce projet, baptisé « Transgreen », devrait être annoncé lors du prochain sommet de l'Union pour la Méditerranée (UPM) qui se tient le 25 mai 2010 au Caire (Le Monde, 2010-03-28)
10. 10 sociétés européennes s'engagent à installer ce « super réseau » en Mer du Nord afin de relier les parcs éoliens « off shore » aux réseaux des pays voisins. Les « Friends of the Supergrid » estiment que 50 % des besoins électriques européens pourraient être couverts par l'éolien en 2050, principalement marin. Les sociétés impliquées sont entre autres 3E, Elia et DEME Blue Energy pour la Belgique ; Areva T&D, Siemens et des bureaux de conseil pour les partenaires étrangers (source : Tijd, 2010-03-24)
11. Entre autres : ordinateurs, copieurs, fax et imprimantes, téléviseurs, appareils munis de veille, chargeurs de batterie, réfrigérateurs et congélateurs, lave-vaisselle et lave-linge, etc. Pris individuellement, un appareil mis en veille ou en mode « horloge » ne consommera que quelques W, mais vu le nombre d'appareils qui restent branchés sur les réseaux domestiques ou professionnels, nous arrivons rapidement à un ordre de grandeur d'une douzaine de W par habitant en Europe, soit 50 TWh (milliards de kWh) sur base annuelle.
12. Dans la pratique, ce n'est pas toujours possible. Prenons l'exemple des ordinateurs : on a rendu le démarrage de ceux-ci tellement lent que beaucoup d'utilisateurs hésitent à les arrêter lors d'une période d'inactivité de quelques heures, voire beaucoup plus. Il semble aussi que les démarrages répétés raccourcissent la vie des disques durs ; il faut enfin considérer la gestion actuelle des grands parcs informatiques dans les sociétés ou universités : il arrive fréquemment que pour assurer la maintenance à distance des ordinateurs, les responsables informatiques concernés recommandent de laisser les ordinateurs allumés pendant la période nécessaire afin que les mises à jour puissent se faire.