

L'adaptation au changement climatique en région wallonne

Fiche thématique

Thème	Energie
Fiches en lien	Eau – Infrastructures et aménagement du territoire
Rédacteur	Philippe Cornélis – CEESE ULB

1 Messages clés

- Le système de production électrique est appelé à connaître de profondes mutations, en bonne partie dictées par la nécessité de lutter contre le changement climatique en développant une société à bas carbone. D'un parc centralisé, basé sur les énergies nucléaire et fossile, on se dirige vers un parc fortement décentralisé, dominé à terme par les énergies renouvelables, avec des énergies de flux, variables. Cette transition nécessitera des mesures d'adaptation de très grande ampleur, tant en termes de dimensionnement et de gestion des réseaux de transport et de distribution que de capacités de production et de stockage. Les modes de consommation et la perception d'une énergie – électrique en particulier – disponible en permanence sans restriction, devront vraisemblablement être revus.
- Un point essentiel de l'adaptation visera à éviter la pression à la hausse sur la demande énergétique (et électrique en particulier) à des fins de refroidissement et de climatisation, pendant les mois chauds. Le contrôle de la chaîne du froid, la recherche et le développement en matière d'efficacité énergétique, l'isolation à la chaleur des bâtiments, la sensibilisation, les mesures légales empêchant le recours à des techniques et comportements trop énergivores, ... seront autant d'axes d'une politique cohérente en la matière. Une analyse approfondie de cette question, assortie éventuellement d'une étude et susceptible de déboucher sur un plan politique spécifique à cette problématique, sont recommandés.
- Des pénuries d'eau de refroidissement pour les centrales thermiques à flamme et les réacteurs nucléaires, en Wallonie et sans doute en Flandre, mais aussi dans les pays voisins, pourraient survenir dans les prochaines décennies, menaçant l'approvisionnement électrique et/ou entraînant une pollution thermique des eaux de surface. Ce risque devrait évoluer à relativement court terme : la fermeture de Tihange prévue par le cadre légal en 2025, par exemple, le fera baisser sensiblement, mais la construction de nouvelles centrales thermiques (y compris axées sur la biomasse) pourrait le faire augmenter ailleurs. La solution est identique

dans les parcs interconnectés, où le problème se pose même parfois, vraisemblablement, avec plus d'acuité. L'éventuel recours, à l'avenir, à la technologie CCS¹, serait susceptible d'aggraver fortement la pression sur les eaux de surface.

- Les périodes de fortes chaleurs sont susceptibles d'avoir un impact négatif significatif sur la capacité des infrastructures de transport et de distribution, en Wallonie et dans les parcs interconnectés. De même, l'augmentation éventuelle, en nombre ou en intensité, des tempêtes, pourrait générer des dégâts importants sur les infrastructures de production, de transport et de distribution. Les inconnues relatives à cette dernière variable climatique sont cependant trop importantes pour que l'on puisse à ce stade se prononcer.
- Enfin, les sources d'énergie renouvelable étant appelées à se développer fortement, il peut être utile de prendre en compte l'impact de l'évolution du climat sur leur productivité. La vitesse moyenne des vents, déjà nettement inférieure en été, semble appelée à baisser encore pendant cette saison, alors qu'elle devrait augmenter très légèrement en hiver. Les impacts (vraisemblablement positifs, globalement) sur la production de biomasse-énergie ainsi sur les secteurs hydro-électrique et photovoltaïque ne sont pas encore estimés. Une étude approfondie sur l'impact des changements climatiques sur la productivité des énergies renouvelables en Wallonie durant les prochaines décennies est sans doute souhaitable.

¹ « Carbon Capture and Storage »

2 Bibliographie wallonne

Principaux travaux existants sur le thème et son lien au changement climatique pour la Wallonie et/ ou la Belgique ou des territoires proches et similaires :

- BUREAU DU PLAN et SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE, P.M.E., CLASSES MOYENNES ET ENERGIE, *Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017*, Bruxelles, octobre 2009
- CELLULE ETAT DE L'ENVIRONNEMENT WALLON, Tableau de bord de l'environnement wallon 2010, SPW-DGARNE-DEE, Namur, 2010
- COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, *Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen*, Livre Blanc, COM(2009) 147 final, Bruxelles, 2009
- COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, *Commission staff document accompanying the White Paper « Adapting to climate change: Towards a European framework for action », Impact assessment - {COM(2009) 147 final}*, Bruxelles, 2009
- COMMISSION NATIONALE CLIMAT, *Cinquième communication nationale sur les Changements Climatiques, en vertu de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*, Bruxelles, 2009
- COMMISSION WALLONNE POUR L'ENERGIE (CWAPE), *Rapport annuel 2009*, Namur, 2010
- DE WIT ET AL., *Impact of climate change on low-flows in the river Meuse*, Climatic Change, Vol 82, 2007
- DROGUE G., FOURNIER, M., BAUWENS, A., BUITEVELD, H., COMMEAUX, F., DEGRE, A., DE KEIZER, O., DETREMBLEUR, S., DEWALS, B., FRANCOIS, D., GUILMIN, E., HAUSMANN, B., HISSEL, F., HUDER, N., LEBAUT, S., LOSSON, B., KUFELD, M., NACKEN, H., PIROTON, M., PONTEGENIE, D., SOHIER, C. et VANNEUVILLE, W., *Analyse du changement climatique, des scénarios de crue et d'étiage sur le bassin de la Meuse*, Projet AMICE - Résumé du rapport WP1- action 1- 3, 2010
- ECONOTEC – IBAM – ICEDD, pour le compte du SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, *Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie (PMDE) en Wallonie à l'horizon 2020*, sine loco, 2009
- ICEDD, pour le compte du SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, *Bilan énergétique de la Région Wallone 2008 – Bilan de l'industrie et bilan global*, Namur, 2010
- ICEDD, pour le compte du SERVICE PUBLIC DE WALLONIE, *Bilan énergétique de la Région Wallone 2008 – Secteur domestique et équivalents*, Namur, 2010
- LÉTARD V, FLANDRE H ET LEPELTIER S, Sénateurs, *Rapport d'information au sénat n°195 fait au nom de la mission commune d'information, La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise*, Annexe au procès-verbal de la séance du sénat du 3 février 2004

3 Les principales caractéristiques régionales

Note préalable : sauf mention, les données reprises dans ce chapitre sont issues des documents publiés par la Région Wallonne, dont principalement les différents composantes du « Bilan énergétique de la Région wallonne ».

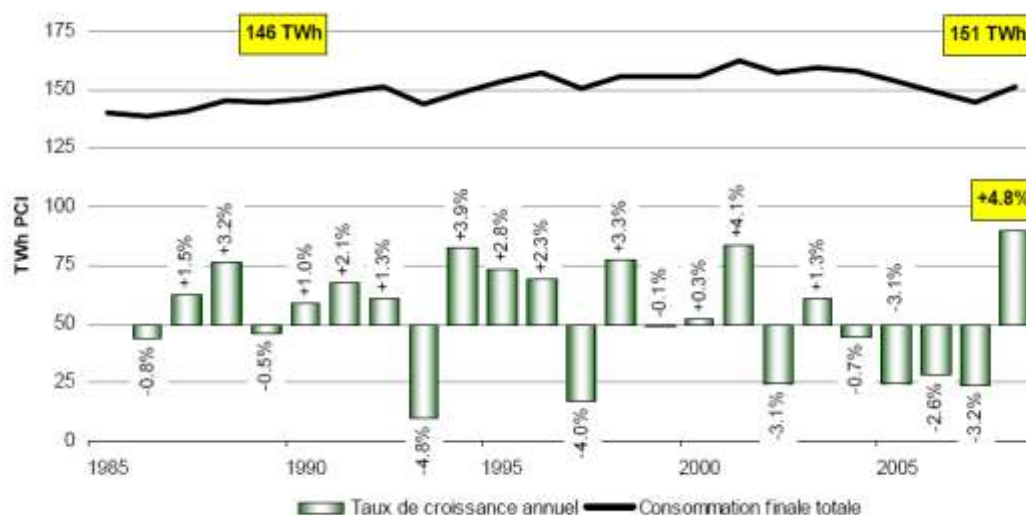
3.1 La demande finale d'énergie : globalement stable depuis 1990

Tendances 1990-2008 :

La consommation finale d'énergie en Région wallonne est relativement stable depuis 1990 (+1,4% en 2008), avec une tendance haussière jusqu'en 2001, puis une légère diminution.

- La consommation de **l'industrie subit une baisse assez marquée** : -13% entre 1990 et 2008, malgré une reprise de l'activité fonte en 2008
- La consommation du secteur **logement est légèrement à la baisse**, malgré une **hausse très marquée pour l'électricité** (+48% entre 1990 et 2008).
- **Le tertiaire**, entre autre en raison de la progression de l'emploi dans le secteur, est lui **en très forte augmentation** (+50%)²
- La consommation liée aux **transports est en forte augmentation** entre (+31,8%) entre 1990 et 2008. On constate cependant une stagnation, voire une très légère diminution entre 2005 et 2008, due principalement à la lente baisse des consommations spécifiques des véhicules mis en vente et à une diminution très légère, pour la première fois dans la période considérée, du trafic routier. Le trafic aérien voit lui sa consommation plus que quadrupler en 18 ans, et pèse aujourd'hui pour plus de 7% dans la consommation énergétique du secteur transports en Wallonie.

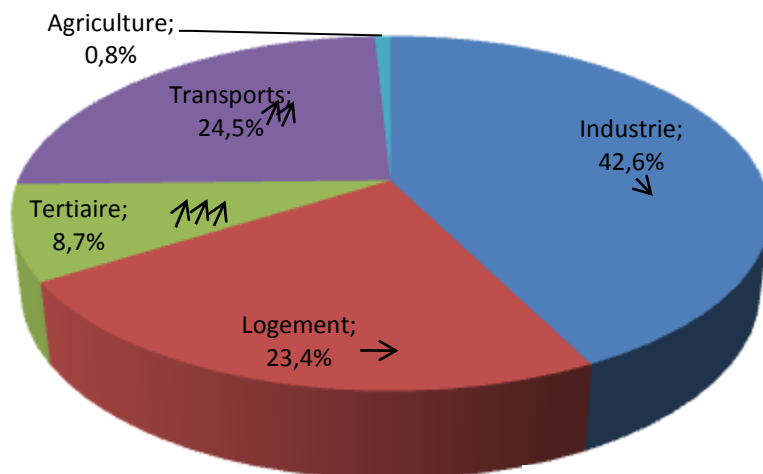
Figure 1 : Evolution de la consommation finale totale d'énergie en Région wallonne



(Source : Bilan énergétique provisoire 2008 de la Région Wallonne)

² Cette augmentation est également due aux conditions climatiques : 2008 a été relativement froide. La progression entre 1990 et 2007 était de 40%.

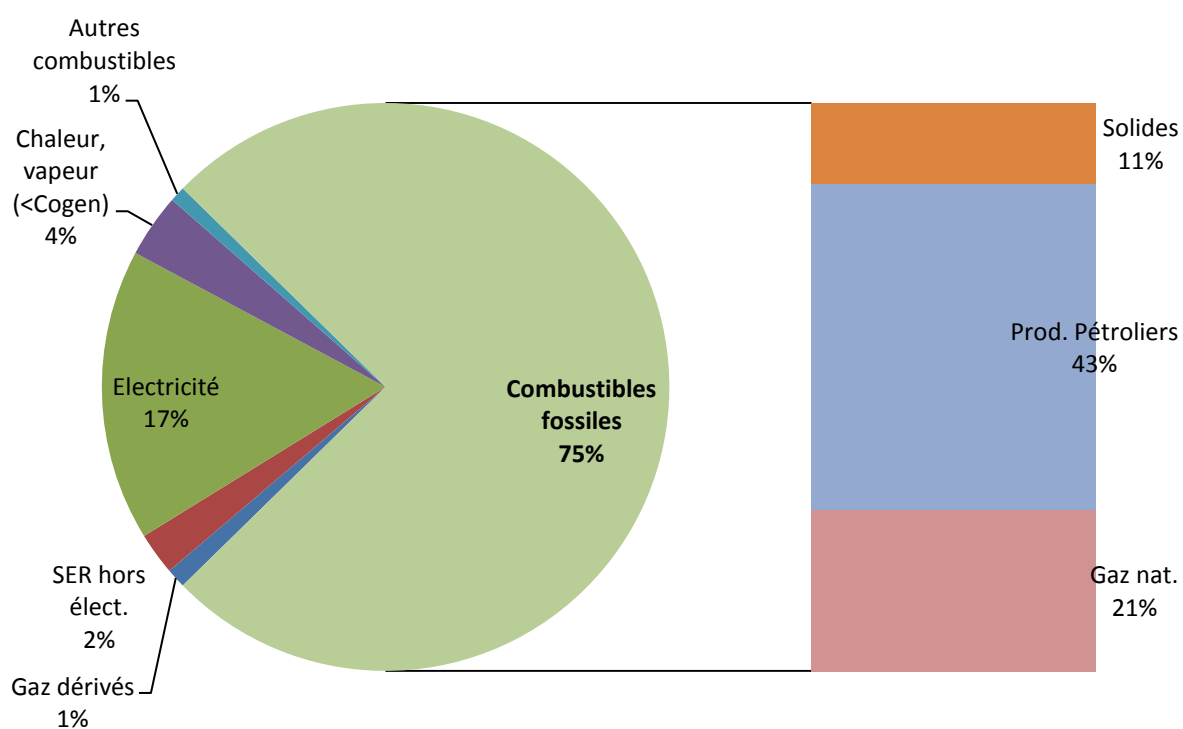
Figure 2: Répartition sectorielle de la consommation finale énergétique en Région wallonne en 2008



(D'après source : id.)

(Les flèches sont indicatives de la tendance entre 1998 et 2008)

Figure 3: Consommation énergétique finale de la Région wallonne par vecteur en 2008



(D'après source : id.)

Figure 4: Bilan énergétique de la Région wallonne en 2008 (en GWh PCI)

	Total solides	Total produits pétroliers	Total gaz naturel	Total gaz dérivés	Total énergies renouvelables	Electricité	Chaleur, vapeur	Chaleur nucléaire	Autres combustibles	Total
Consom.intér.brute	23 401	66 040	43 436	--	11 018	-3 661	86	68 337	2 804	211 462
...										
Pertes de distribution	--	--	105	289	4	1 223	63	--	--	1 684
Consommation finale	16 293	65 449	32 329	1 696	3 650	25 164	5 471	--	1 330	151 381
Cons.finale énergét.	16 283	63 681	30 533	1 696	3 650	25 164	5 471	--	1 330	147 806
Industrie	15 878	7 380	16 991	1 696	1 715	12 561	5 392	--	1 330	62 943
Sidérurgie	12 263	93	5 881	1 696	1	3 824	944	--	--	24 702
Chimie	9	210	3 729	--	11	3 295	877	--	104	8 235
Minéraux non métalliques	3 530	6 057	3 881	--	1 326	1 989	--	--	1 226	18 008
Autres	76	1 019	3 501	--	378	3 453	3 571	--	--	11 997
Transport	--	35 329	--	--	369	566	--	--	--	36 264
Ferroviaire	--	243	--	--	--	566	--	--	--	809
Routier	--	31 983	--	--	369	--	--	--	--	32 351
Aérien	--	2 892	--	--	--	--	--	--	--	2 892
Navigation intérieure	--	212	--	--	--	--	--	--	--	212
Domestique & équival.	405	20 972	13 542	--	1 566	12 037	78	--	--	48 599
Agriculture	--	1 117	--	--	--	69	--	--	--	1 186
Logement	405	16 346	9 529	--	1 528	6 790	22	--	--	34 620
Tertiaire	--	3 509	4 013	--	38	5 178	56	--	--	12 793
Cons.fin.non-énergét.	10	1 768	1 796	--	--	--	--	--	--	3 575
Chimie	10	109	1 796	--	--	--	--	--	--	1 915
Autres secteurs	--	1 659	--	--	--	--	--	--	--	1 659

(Source : id.)

3.2 Le chauffage : 20% de la consommation énergétique totale en Région wallonne

Dans un document traitant de l'adaptation au changement climatique en Région wallonne, il est utile d'épingler la place dévolue au chauffage des bâtiments tertiaire et résidentiel dans la consommation énergétique. Avec 6.700 GWh TPI dans le secteur tertiaire en 2007³ et 23.000 GWh TPI en 2008 dans le secteur résidentiel⁴, la consommation énergétique finale à des fins de chauffage tourne aujourd'hui autour de 20% de la consommation finale totale. Cette consommation est susceptible – comme on le verra - d'être impactée fortement, à la baisse, par l'évolution du climat.

3.3 L'importance du secteur électrique et la faiblesse des ressources locales

Comme on l'a vu plus haut, la très grande majorité de l'énergie consommée en Wallonie est d'origine fossile, et donc importée. **La production énergétique se limite presque exclusivement au secteur électrique** (en très grande partie également sur la base de combustibles fossiles et surtout nucléaires, importés, mais de manière de plus en plus significative également sur base de sources renouvelables, en partie locales : éolien, biomasse, hydro-électrique et, de manière encore tout à fait marginale, photovoltaïque).

A ceci, il convient de rajouter cependant la production locale de biomasse énergie, y compris biocarburants⁵, même si elles représentent à l'heure actuelle des quantités peu

³ Atlas énergétique de la Wallonie, <http://energie.wallonie.be>, consulté le 23/02/2011

⁴ Bilan énergétique de la Wallonie 2008 – secteur domestique et équivalent

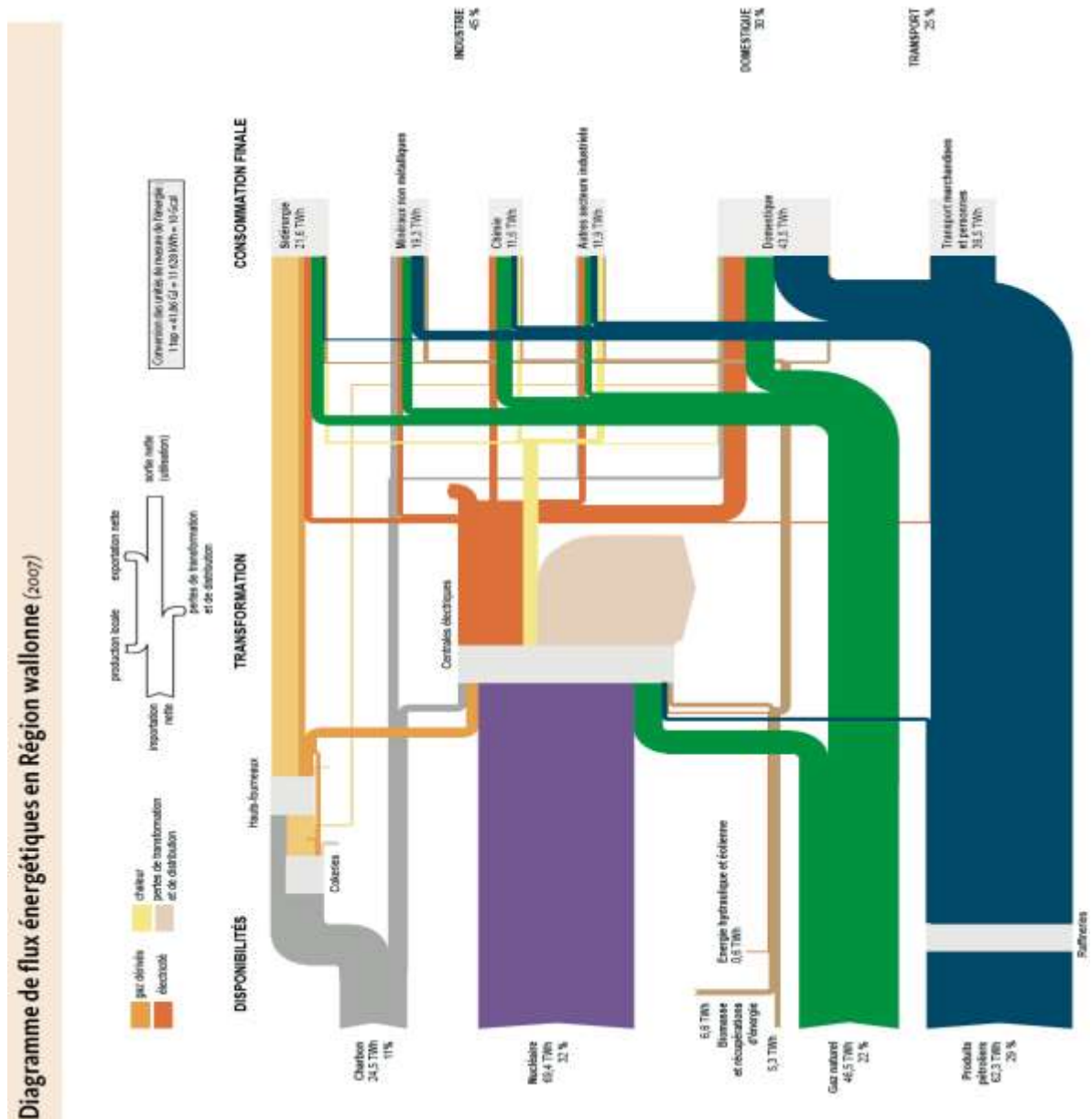
⁵ BioWanze, premier site Belge de production de bioéthanol, prévoit la production annuelle de 300.000 m³ de bioéthanol, pour laquelle elle mobiliserait 800.000 tonnes de blé et 400.000 tonnes de betteraves produites

significatives.

Enfin, et sans que ceci puisse être interprété comme un obstacle au nécessaire développement des énergies renouvelables sur le territoire wallon, on peut noter l'absence de richesses particulières en la matière (potentiels hydro-électrique et biomasse limités, territoire restreint et densité de population nettement supérieure à la moyenne européenne, ...).

3.4 Les flux énergétiques

Figure 5: Flux énergétiques en Région wallonne, 2007 ⁶



(Source : tableau de bord de l'environnement wallon, 2010)

localement. L'usine propriété de Neochim, à Feluy, a elle une capacité de 200.000 tonnes par an, et on compte plus d'une dizaine de micro-unités de production d'huiles végétales utilisées comme carburants.

⁶ Les données sont légèrement différentes de celles reprises au point 3.1 : 2008 ayant été nettement plus froid que 2007 (2216 degrés-jours contre 1963), la part de la consommation énergétique à des fins de chauffage est logiquement supérieure, ce qui mène à une augmentation absolue et relative du secteur « domestique (et assimilés) », regroupant ici le logement, le tertiaire et l'agriculture.

3.5 Une production électrique wallonne dominée par le nucléaire avec contribution croissante des énergies renouvelables

En 2008, la production d'électricité en Wallonie est ventilée comme suit :

Figure 6: Production électrique en Région Wallonne (2008)

Type de centrale	2007		2008		Evolution de la production 2008/2007
	GWh	% du total	GWh	% du total	en %
Nucléaire	23 147	69.7%	22 779	71.5%	-1.6%
Turbine Gaz Vapeur (TGV)	4 444	13.4%	3 499	11.0%	-21.3%
Thermique classique	1 459	4.4%	1 126	3.5%	-22.8%
Hydraulique au fil de l'eau	381	1.1%	402	1.3%	+5.5%
Eolienne	209	0.6%	297	0.9%	+42.1%
Hydraulique à accumulation par pompage	1 286	3.9%	1 338	4.2%	+4.0%
Autres	2 272	6.8%	2 437	7.6%	+7.3%
Total	33 197	100.0%	31 878	100.0%	-4.0%
Total hors accumulation par pompage	31 911	96.1%	30 539	95.8	-4.3%

Tableau 17 - Production nette d'électricité en Wallonie
Sources FPE, Electrabel, SPE, Régine

(Source : Bilan énergétique provisoire de la région Wallonne)

En 2008, le nucléaire (71,5%) et les turbines gaz vapeur (11%) représentent donc la grosse majorité de l'outil productif wallon (et ce d'autant si on considère le rôle de la centrale nucléaire de Tihange dans la production hydraulique à accumulation par pompage (4,2%).

Par ailleurs, la production d'électricité à partir de sources renouvelables représentait 2 TWh (équivalent à 8% de la consommation électrique régionale), soit une hausse de 27% par rapport à l'année précédente et de plus de 200% par rapport à 2000.⁷ Il faut noter que ces chiffres semblent eux-mêmes largement dépassés : la seule capacité éolienne en Wallonie a augmenté de plus de 60% rien qu'en 2010, pour atteindre 442 MW⁸, et la production en 2011 dépassera sans doute le TWh.

3.6 Une production électrique belge très majoritairement centralisée

Une analyse de l'outil de production électrique wallon en tant qu'ensemble fermé n'a pas beaucoup de sens, hors quelques aspects : **le réseau électrique est fortement interconnecté et appelé à l'être de plus en plus, aux échelles internationales et a fortiori nationale.**

⁷ Région Wallonne, <http://energie.wallonie.be/fr/les-energies-renouvelables-en-2008.html?IDC=6995>, 10 mars 2011

⁸ Renouvelle n°32, www.renouvelle.org, Mars 2011

Figure 7: Production d'électricité par type de centrale en Belgique en 2007

Type de centrale	GWh	Proportion
Centrales nucléaires	48227	54,3%
Centrales thermiques à flamme	38413	43,2%
Gaz naturel	27238	30,7%
Charbon	6473	7,3%
Fuel oil	813	0,9%
Combustibles renouvelables et de récupération	3889	4,3%
Centrales hydroélectriques	1683	1,9%
Centrales de pompage-turbinage	1294	1,5%
Centrales au fil de l'eau	389	0,4%
Eoliennes	491	0,6%
Solaire	6	0,0%
Production électrique brute totale	88820	

(Source : SPF Economie – Bureau du Plan)

Comme le précise le Bureau du Plan, le parc de production belge « se caractérise par une **proportion très importante d'unités de production centralisée**, qui sont exclusivement réservées à la production d'électricité et qui sont gérées par chaque gestionnaire de parc de production en fonction d'un optimum économique. A côté de ces unités de production centralisée, se développe petit à petit un parc d'unités de production décentralisée de plus petite taille. Ces unités ne sont, la plupart du temps, que faiblement réglables. »⁹

3.6.1 Les unités centralisées¹⁰

Les centrales nucléaires sont utilisées pour assurer la charge de base (« base load »), suivies par les centrales au charbon et les centrales à gaz à cycle combiné (TGV – turbine à cycle combiné gaz-vapeur), puis par les unités de production au gaz moins performantes, et enfin par les unités de pointe (y compris stations de pompage).

Plus de la moitié des centrales thermiques à flamme sont âgées de plus de 30 ans.

3.6.2 Les unités de production décentralisées

Le parc décentralisé est constitué des unités hydro-électriques au fil de l'eau, des unités de cogénération (gaz ou biomasse), de la production éolienne et de la production photovoltaïque. Il se caractérise par la variabilité de sa production et la faible marge de réglage : l'électricité produite en fonction des conditions de vent, de débit d'eau, d'ensoleillement, ou des besoins en chaleur, est directement injectée sur le réseau.

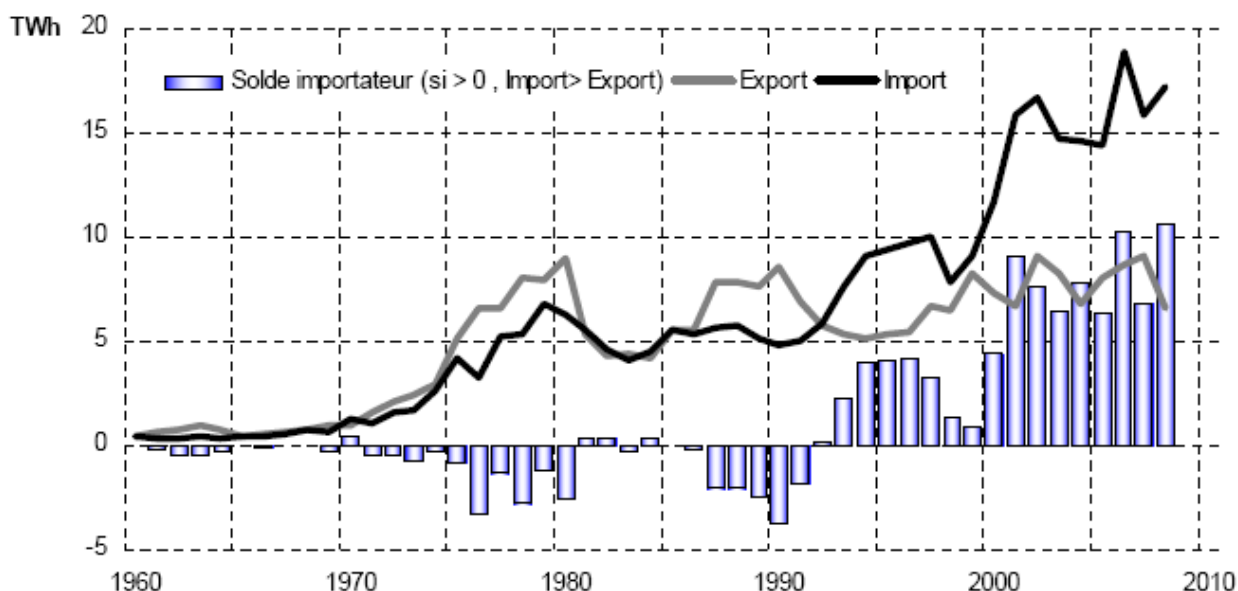
⁹ Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017, p. 80

¹⁰ « Par unité de production de type centralisé, on entend qu'elle est exclusivement réservée à la production d'électricité et qu'elle peut contribuer au maintien de l'équilibre du système électrique en augmentant ou diminuant rapidement sa production sur commande. On exclut donc ici les centrales de cogénération, dont l'output électrique est peu réglable (il dépend surtout du besoin en chaleur) et les petites unités des autoproducteurs fonctionnant de manière quasi indépendante » (id, p. 80)

3.7 Une augmentation de la dépendance électrique vis-à-vis de l'étranger

Globalement productrice nette jusque au début des années 90, la Belgique est aujourd'hui importatrice, avec une tendance à l'augmentation de cette dépendance. A l'échelle régionale, la Wallonie reste cependant exportatrice (excédent net de quelque 3.5 TWh en 2008).

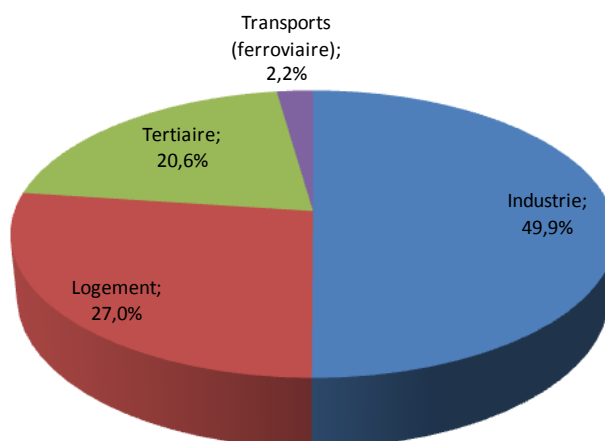
Figure 8: Importations nettes d'électricité en Belgique, 1990-2006



(Source : Bilan énergétique provisoire de la région Wallonne)

3.8 La consommation électrique en Wallonie : 50% à l'industrie, 27% au logement et 21% au tertiaire

Figure 9: consommation d'électricité en RW - 2008



(D'après source : Bilan énergétique provisoire 2008 de la Région Wallonne)

La consommation électrique totale de la Wallonie s'élevait à 25 TWh en 2008, contre 17,8 TWh en 1990, soit une augmentation de 40,5%¹¹.

Le logement est passé de 4,59 TWh en 1990 à 6,81 en 2008 (+ 48,5%)¹²

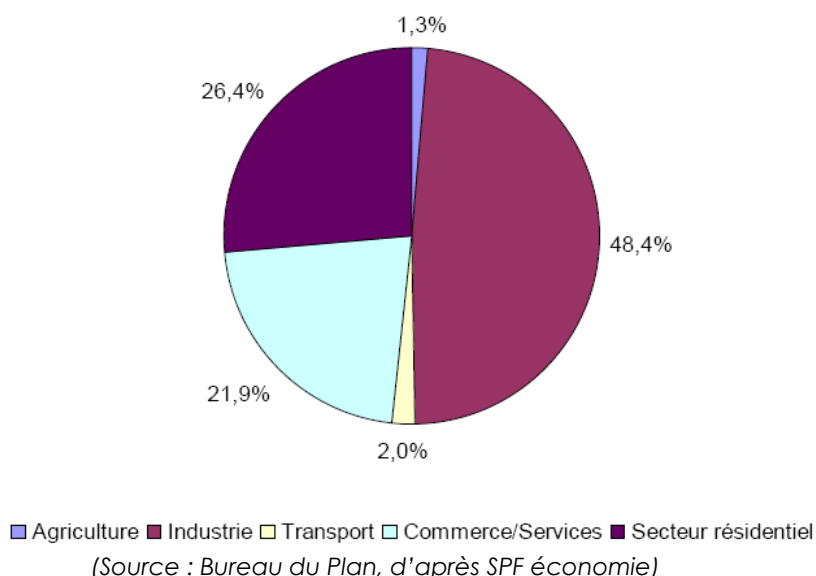
Le tertiaire est lui en augmentation de 82% sur la même période (3.16 TWh à 5.73 TWh)¹³.

Quant à l'industrie, si sa consommation énergétique totale est en baisse, le poste « électricité » est lui en hausse sensible avec 11,9 TWh en 2008 contre 9,5 TWh en 1990, elle est en augmentation de 25% environ.¹⁴

3.9 Une demande d'électricité volatile principalement influencée par la température et l'activité économique

La ventilation wallonne de la consommation électrique par secteur en 2008 est très semblable à celle qui prévalait en 2007 au niveau national : 48.4% pour l'industrie, 26.4% pour le logement, 21,9% pour le tertiaire¹⁵ :

Figure 10 : répartition de la consommation annuelle d'électricité en Belgique par catégorie de consommateur final, 2007



On peut donc extrapoler les constats posés par le Bureau du Plan quant à la demande en électricité¹⁶ :

- **grande volatilité de la demande en électricité**, exprimée par « d'importantes fluctuations infra-annuelles et interannuelles, liées aux conditions météorologiques, à l'activité économique, au rythme de vie de la population » ;
- « **Les conditions météorologiques et, en particulier, la température influencent surtout les consommations de type résidentiel et de type tertiaire.** Néanmoins, certaines consommations de type « industriel » présentent une sensibilité à la température, comme, par exemple, la consommation électrique due à la production de boisson ou des secteurs utilisant la réfrigération, dont les besoins sont plus élevés quand il fait chaud » ;

¹¹ Bilan énergétique de la Région wallonne 2008 - Bilan de l'industrie et bilan global, p. 65

¹² Bilan Énergétique De La Wallonie 2008, consommation du secteur domestique et équivalents, p. 24

¹³ Id, p. 39

¹⁴ Ibid, p. 50

¹⁵ Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017

¹⁶ Id, pp 75 et suiv.

- « **L'activité économique et le rythme de vie de la population entraînent des fluctuations cycliques** », qui diffèrent suivant le type de consommation :
 - « Pour une consommation de type « résidentiel », la variation de la consommation au cours d'une journée est relativement répétitive d'un jour à l'autre, avec des niveaux plus élevés en hiver qu'en été et avec une pointe annuelle en hiver, vers 18 heures, due aux besoins d'éclairage et de chauffage. »
 - « Pour une consommation de type « tertiaire », la variation de la consommation est plus ou moins répétitive durant les jours ouvrables, mais atypique pendant le week-end. La pointe de la mi-journée se produit plus tard le dimanche que le samedi. Le profil de consommation du samedi se situe souvent entre celui d'un jour de semaine et celui d'un dimanche. »
 - « Une consommation de type « industriel » est généralement plus constante au cours de l'année. Toutefois, des chutes de consommation peuvent généralement être observées durant les périodes de vacances. Parfois, les changements de « pause » des ouvriers peuvent également être observés. S'il s'agit d'une activité industrielle à consommation d'électricité intensive, la pointe de consommation peut éventuellement se manifester durant la nuit. »

Caractéristiques principales de la consommation électrique belge

- Consommation sensiblement supérieure à la moyenne en hiver (avec un pic en janvier-février), sensiblement inférieure en été (creux en juillet-août). **La consommation du mois de janvier a été, en moyenne sur les années 2007 à 2009, supérieure de 17% à celle du mois d'août¹⁷.**
- Deux pics les jours de semaine, à la mi-journée et en fin de journée, pour une très forte baisse entre 2 heures et 6h30 du matin.
- Une **consommation inférieure de l'ordre d'une quinzaine de % et un profil de consommation différent** (variabilité moindre sur 24 heures) **le week-end.**

¹⁷ Aperçu du système et du marché, Elia, 2009

Figure 11: Périodicité mensuelle de la charge électrique belge, 2007 (MW)

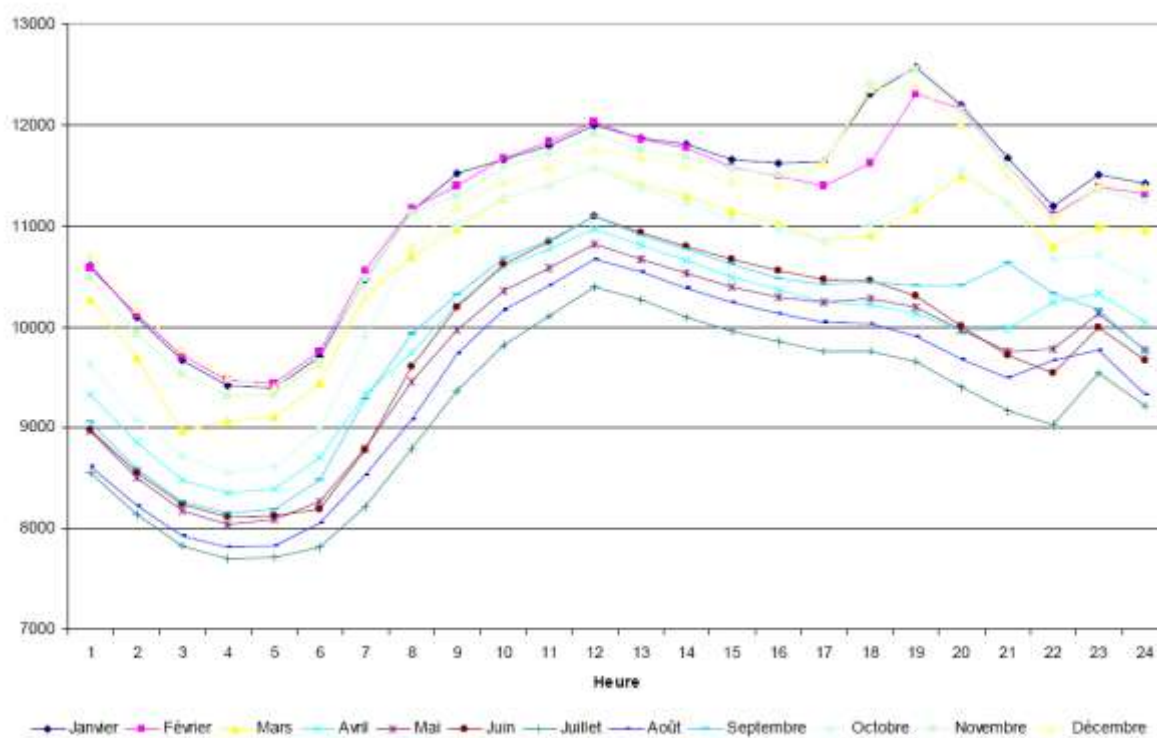
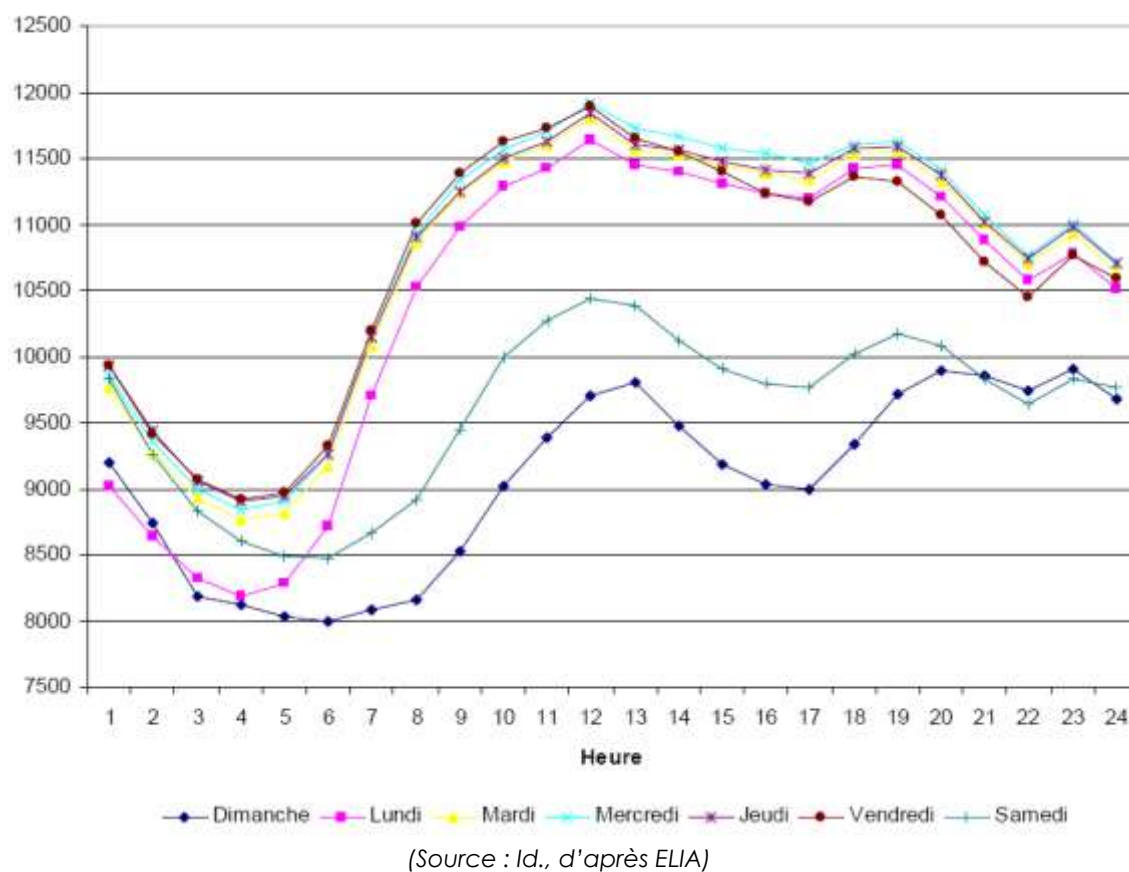


Figure 12: Périodicité hebdomadaire de la charge électrique belge, 2007 (MW)

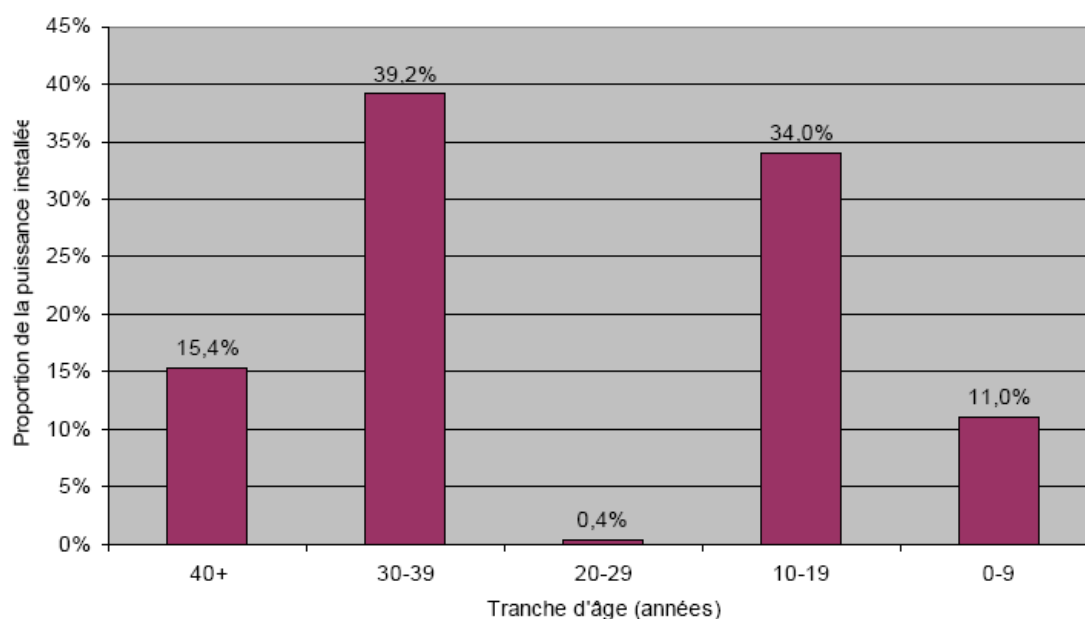


3.10 Perspectives dans le secteur électrique

3.10.1 Une modification cruciale de l'outil productif à moyen et long termes

D'ici deux décennies, le parc wallon aura vraisemblablement été modifié à (nettement) plus de 80% (en production effective) : la loi prévoit que le dernier réacteur nucléaire sera fermé en 2025 et le parc thermique belge est par ailleurs fort vieillissant, 55% des centrales ayant plus de 30 ans¹⁸.

Figure 13 : Répartition par âge des unités de production thermiques en Belgique



(Source : Bureau du Plan)

En 2050 et 2080, il est acquis que la totalité du parc de production aura été remplacé.

Il n'existe pas de scénarios officiels relatifs au parc de production au-delà de 2020. Quelques constantes, dans les scénarios existants, permettent cependant de définir des tendances (très) probables pour la première moitié du 21^{ème} siècle :

Tendances probables de la production électrique en Wallonie dans les prochaines décennies

- **Fin de la production nucléaire**
- **Augmentation, dans un premier temps, de la capacité de production thermique** (Biomasse, gaz, charbon ?)
- **Très forte augmentation de la part des renouvelables**, avec les implications que cela comporte en termes de variabilité de la production
- **Très forte augmentation de la part de la production décentralisée**
- Augmentation sensible de l'inter connectivité (marché pentalatéral, ouverture vers les pays de la mer du Nord pour l'exploitation de l'éolien off-shore, ...) et de la dépendance aux marchés interconnectés

¹⁸ Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017, p.84

Le « Projet d'actualisation du Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie (PMDE) en Wallonie à l'horizon 2020 », daté de mars 2009, faisait les projections suivantes pour la production renouvelable, en isolant, pour la biomasse, la fraction indigène :

Figure 14: Perspectives de production énergétique wallonne indigène en 2020

	Production 2006 (GWh)			Production 2007 (GWh)			Production locale (GWh) Objectifs 2020		
	Electricité	Chaleur	Biocarb.	Electricité	Chaleur	Biocarb.	Electricité	Chaleur	Biocarb.
Eolien on shore	126	-	-	209	-	-	2 250	-	-
Eolien off-shore	0	-	-	0	-	-	0	-	-
Hydroélectricité	351	-	-	381	-	-	440	-	-
Photovoltaïque	0.2	-	-	0.4	-	-	150	-	-
Biomasse bois locale	56	2 106	-	211	2 188	-	800	2 500	-
Biomasse bois importée	551	1 829	-	641	1 841	-	0	0	-
Biomasse biométhanisation	118	28	-	125	35	-	375	500	-
Biomasse incinération	34	0	-	35	0	-	90	0	-
Biomasse substitution locale (*)	0	729	-	0	637	-	0	750	-
Biomasse substitution importée	0	729	-	-	637	-	-	0	-
Chaleur géothermique	-	21	-	-	18	-	-	200	-
Solaire thermique	-	20	-	-	27	-	-	480	-
Pompes à chaleur	-	13	-	-	23	-	-	410	-
Biocarburants locaux	0	0	0	8	4	30	0	0	860
Biocarburants importés	0	0	0	0	0	347	0	0	0
Total local	685	2 917	0	968	2 933	30	4 105	4 840	860
Total importé (y compris off shore)	551	2 558	0	641	2 478	347	0	0	0
Total (local + importé)	1 236	5 475	0	1 609	5 411	377	4 105	4 840	860

(*) la part de biomasse de substitution locale et importée est estimée

(Source : projet d'actualisation du PMDE)

A noter que ces projections sont loin de permettre d'assurer le niveau de production d'électricité verte nécessaire à la Wallonie si elle voulait atteindre 13% de consommation finale brute d'énergie produite à partir de sources renouvelables en 2020 (objectif assigné à la Belgique au niveau Européen) sur base endogène.

Elles sont d'ailleurs très inférieures à celles du scénario d'EDORA¹⁹ (Scénario national mais à partir duquel il est possible de tirer des ordres de grandeur régionaux), plus en phase avec l'évolution politique récente : même si aucun objectif chiffré spécifique n'a encore été approuvé, le Gouvernement wallon semble aujourd'hui tabler sur quelque 20% de production d'électricité renouvelable à l'horizon 2016.²⁰

Le « Plan d'action national en matière d'énergies renouvelables » daté de novembre 2010 traduit quant à lui l'engagement belge de 13% d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale brute en 2020 par un chiffre de 20,9% de la production si on se limite au seul secteur électrique (p. 10).

¹⁹ « Fédération de l'Energie D'Origine Renouvelable et Alternative »

²⁰ Le gouvernement wallon a adopté le 11 février 2011, en première lecture, un projet d'arrêté modifiant l'arrêté du Gouvernement wallon du 30 novembre 2006 relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération. Déduction faite des exonérations et de l'incinération, on peut estimer que ce texte se traduit par un objectif de 20% de production à base de sources d'énergie renouvelable en 2016 (entre 25 et 30% en 2020).

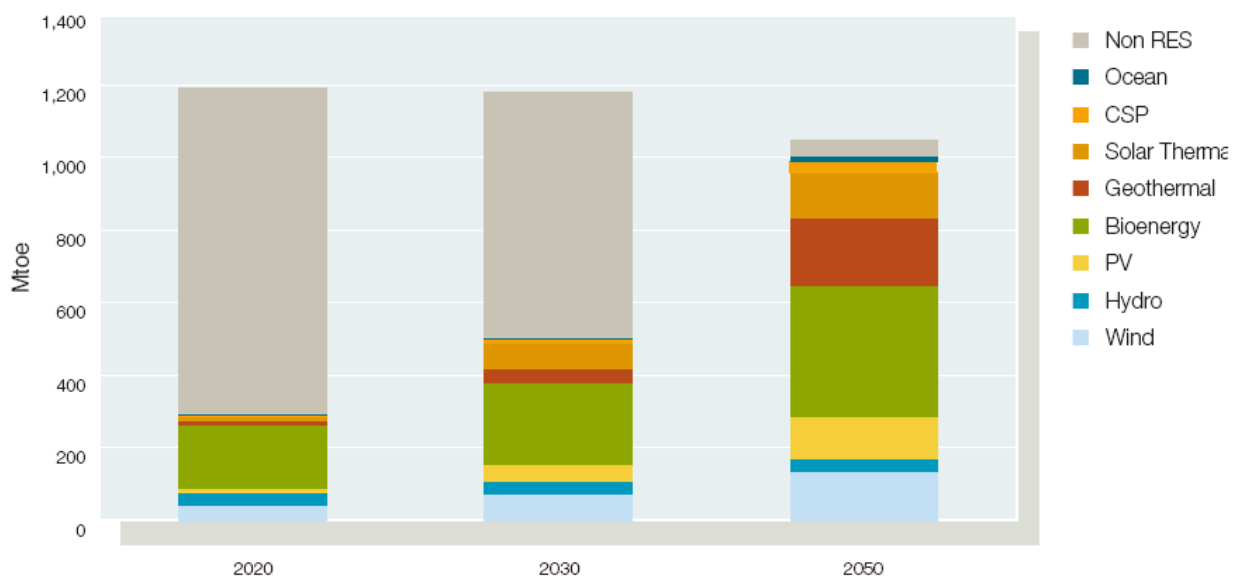
Figure 15: Contribution des renouvelables à la consommation électrique, d'après le scénario EDORA

Type of energy	2005		Average 2011-2012		Average 2013-2014		Average 2015-2016		Average 2017-2018		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Biogas	56,0	304,0	142,9	803,8	215,0	1.214,5	295,7	1.686,3	405,3	2.295,3	590,1	3.189,5
Solid biomass	293,0	960,0	670,0	3.198,5	774,8	3.770,9	837,1	4.088,0	866,3	4.229,9	999,7	4.906,7
Biowaste	52,8	326,0	84,4	592,2	90,3	630,6	96,5	670,8	103,5	716,2	112,8	776,6
Hydro <10MW	62,0	192,7	70,0	217,4	77,9	242,1	85,9	266,8	93,8	291,5	101,8	316,2
Hydro >10MW	55,0	163,8	55,0	163,8	55,0	163,8	55,0	163,8	55,0	163,8	55,0	163,8
Geothermal ¹	0,0	0,0	3,5	29,1	10,5	87,2	24,5	203,4	38,5	319,6	59,5	493,9
Photovoltaic ²	2,0	1,7	632,0	537,2	1.060,0	901,0	1.631,0	1.386,4	2.352,0	1.999,2	3.439,9	2.923,9
Tide & Wave ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4
Wind onshore ⁴	167,0	367,4	1.895,3	4.169,7	2.819,6	6.203,1	3.335,2	7.337,4	3.464,1	7.621,0	3.500,0	7.700,0
Wind offshore	0,0	0,0	72,8	236,3	216,7	700,1	579,9	1877,6	1380,8	4455,2	2824,6	9060,6
Gross final consumption of electricity from RES		2.315,6		9.947,8		13.913,0		17.680,5		22.091,5		29.531,6

(Source : EDORA)

Aux échéances qui nous concernent, il n'est pas inutile de mentionner que le *European Renewable Energy Council* (EREC) estime possible une énergie européenne à près de 100% renouvelable à l'horizon 2050. L'étude parue en 2010²¹ défend qu'une politique volontariste le permettrait et s'avèrerait rentable économiquement (plus de 1.000 milliards d'économie de facture fossile et 4.000 milliards d'économie en prix du CO2 à l'horizon 2050, pour un investissement cumulé de l'ordre de 2.750 milliards de dollars), socialement et écologiquement. Cette politique exigerait entre autres une très nette augmentation de la part de l'électricité dans la consommation finale d'énergie et une baisse de la demande énergétique globale de l'ordre de 15% entre 2020 et 2050. Dans le scénario développé, le mix énergétique est ventilé comme suit :

Figure 16: Contribution des sources d'énergie renouvelable à la demande finale d'énergie dans l'Union Européenne à l'horizon 2050



(Source : EREC)

²¹ Re-thinking 2050 - A 100% Renewable Energy Vision for the European Union, EREC, Avril 2010.

Tendances lourdes de la production électrique

Même si on s'en tient au scénario PMDE actualisé, la production d'électricité à partir de « biomasse bois locale » en 2020 serait multipliée par 15 (Cogen) par rapport à 2007, la production éolienne par 10, la production photovoltaïque par 375, et la production hydroélectrique de 25%. L'usage des biocarburants locaux deviendrait très considérable (860 GWh) et celui de la biomasse à des fins de production de chaleur et de gaz augmenterait également considérablement.

Les Sources d'Energie Renouvelable (SER) mobilisées sur le territoire régional (éolien et PV mais aussi hydro-électrique et biomasse agricole et forestière) étant destinées à prendre une importance considérable, l'évolution des facteurs climatiques (ensoleillement, vents, pluviométrie, températures) aura un rôle direct sur la production d'électricité en Wallonie.

3.10.2 Une diminution indispensable de la demande finale en énergie

Le contexte du « package 20/20/20 » de l'Union Européenne, les diminutions d'émissions de GES encore bien supérieures qui devront suivre et les inévitables mesures fortes qui seront prises en matière d'efficacité énergétique, ne permettent pas d'envisager des scénarios de consommation énergétique dans lesquels celle-ci ne serait pas, en 2030, très inférieure à aujourd'hui. L'actualisation du PMDE citée plus haut avance pour 2020 un potentiel de diminution de la consommation finale d'énergie de 16,6% en 2020, par rapport à un scénario de référence tablant lui-même sur une augmentation de cette consommation de 5.7% entre 2010 et 2020.

Isoler le secteur électrique s'avère cependant peu aisé. Le scénario « LoGro » de l'« Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017 », tablant sur une demande électrique plus modérée que le scénario de référence, un prix du carbone élevé, la sortie du nucléaire, une croissance économique faible et une politique volontariste en matière d'efficacité énergétique, prévoit en 2030 (sur base d'une extrapolation de la tendance jusqu'en 2020) un retour au niveau de 2010 (pic vers 2015 puis lente diminution). Il est cependant impossible de prévoir certaines évolutions susceptibles d'avoir une influence significative (dans le secteur des transports entre autres).

Comme on l'a mentionné plus haut, la consommation électrique est actuellement plus forte en hiver, du fait entre autres du chauffage électrique et des besoins d'éclairage accrus dans les secteurs résidentiels et tertiaires²². L'importance du poste éclairage est vouée à une nette diminution, de par l'importante amélioration des rendements (rôle de la directive Ecodesign). On peut supposer que l'évolution de la demande en chauffage électrique et en eau chaude sanitaire, qui représentent plus de 25% de la consommation électrique totale du secteur résidentiel²³, suivront la même tendance, vu leur faible rendement, mais aucun élément en notre possession ne permet de mettre en lumière une tendance concrète.

Par ailleurs, le développement de certains systèmes et technologies, pompes à chaleurs, régulations thermiques sophistiquées ou voitures électriques par exemple, dans le cadre de politiques d'atténuation du changement climatique et de réduction de la dépendance énergétique, pourrait au contraire concourir à une augmentation globale de la demande en électricité.

Evolutions attendues de la consommation électrique

La diminution des besoins de chauffage en hiver devrait jouer **un rôle significatif**. On se référera aux chapitres 5 et 6 pour plus de détails sur les scénarios probables, mais on peut

²² D'après le « Bilan énergétique de la Wallonie 2008 – secteurs domestiques et équivalents », et en première approximation, l'éclairage serait le premier poste électrique dans le secteur tertiaire, comptant pour 2/5 de sa consommation électrique totale.

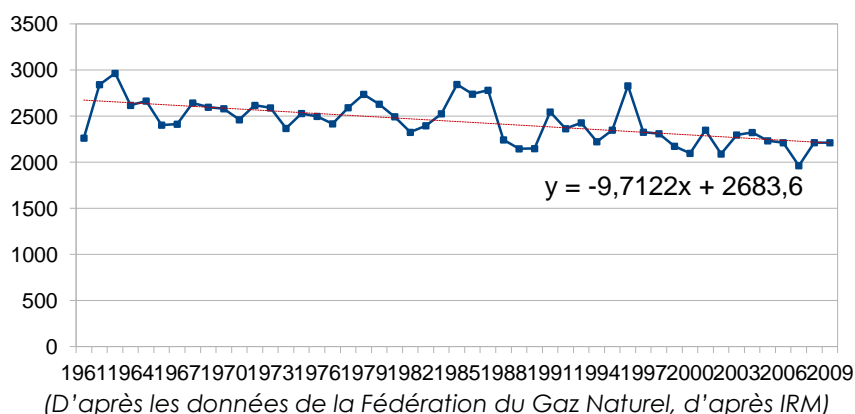
²³ Bilan énergétique de la Wallonie 2008 – secteur domestique et équivalent, p. 16

déjà ici noter dans la figure 17 ci-dessous la baisse de 18% de ces besoins, exprimés en *degrés-jours de base 16.5*, sur les 50 dernières années.

En l'absence de mesures fortes, la tendance pourrait par contre être à une **augmentation sensible des consommations électriques à des fins de réfrigération et climatisation en été**, du fait de l'augmentation des températures moyennes et des périodes de fortes chaleurs.

On verra aux chapitres 5 et 6 l'absolue nécessité de ne pas prendre pour acquise cette augmentation, en privilégiant des mesures volontaristes de maîtrise de la demande.

Figure 17: historique des degrés-jours en base 16.5 à Uccle (1961-2010)



En scindant les 6 mois les plus chauds et les 6 mois les plus froids de l'année, on s'aperçoit que la tendance est nettement moins marquée pendant la saison de chauffe principale (-13%) que pendant la période mai-septembre (-32%) :

Figure 18: historique des degrés-jours en base 16.5 à Uccle, entre le 1er mai et le 30 sept. (1961/2009)

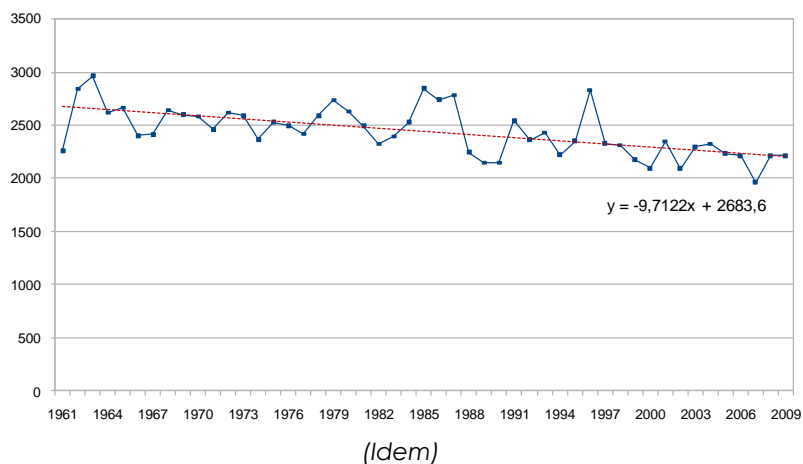
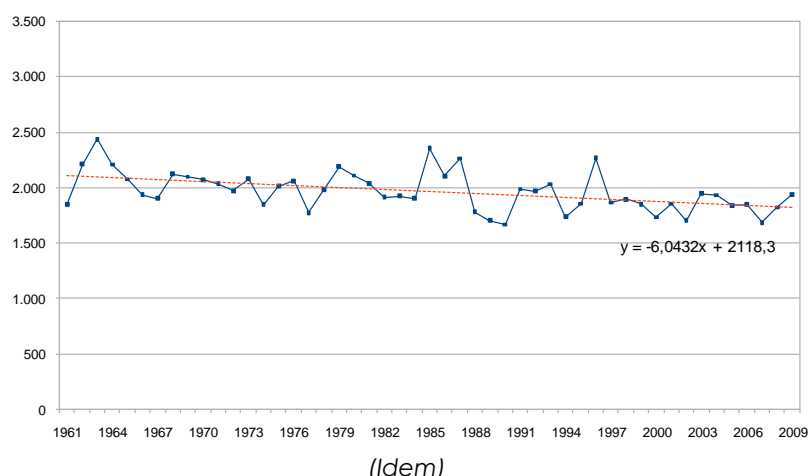


Figure 19: historique des ° jours en base 16.5 à Uccle, entre le 1 oct. et le 1 avril – (1961/2009)



3.10.3 Un contexte international impactant offre et demande

Le contexte international, en particulier le prix des combustibles et des matériaux, aura évidemment une influence directe sur le développement du secteur – offre et demande. **La hausse des prix du pétrole et du gaz**, en particulier, devrait être **très importante** (doublement du prix du baril en dollars constants prévu par l'AIE entre 2009 et 2035, beaucoup d'autres sources misant sur une augmentation encore bien plus rapide et importante).

Les considérations relatives à la sécurité d'approvisionnement seront également essentielles dans le développement à venir du mix énergétique ; elles ne seront cependant pas abordées ici.

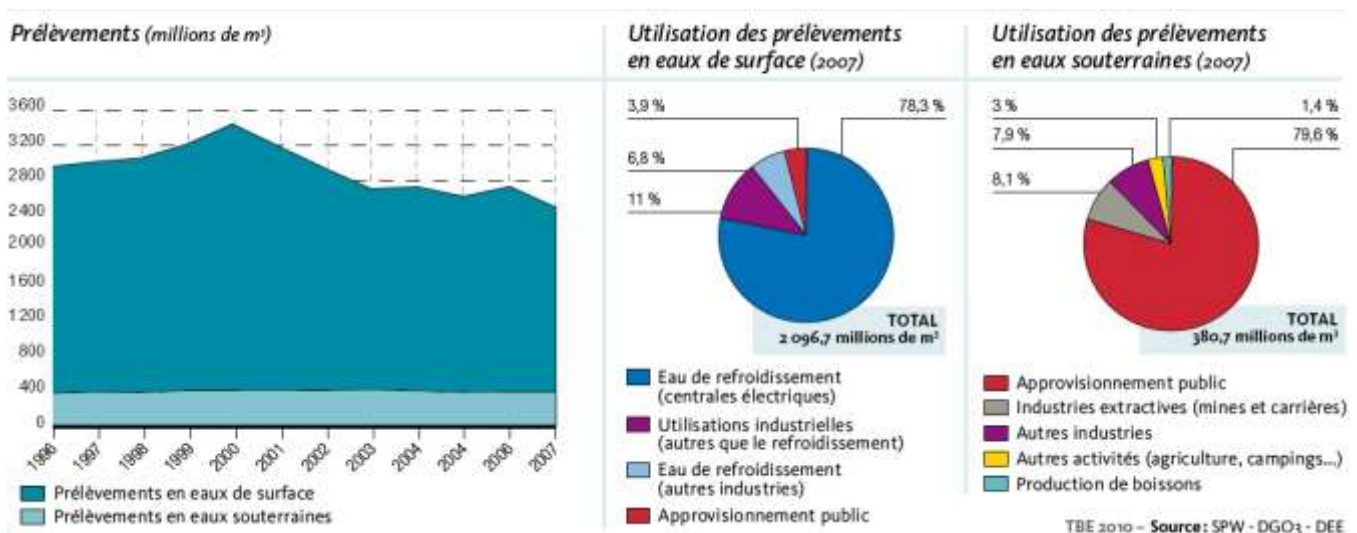
4 Les vulnérabilités actuelles et les paramètres climatiques

A la lecture de la littérature internationale, belge et wallonne, on a identifié 5 vulnérabilités actuelles potentielles du secteur énergétique wallon aux variables climatiques. Elles sont complétées par une série de vulnérabilités non strictement climatiques, mais incontournables.

4.1 Eaux de refroidissement des centrales et diminution du niveau des basses eaux et/ou du débit d'étiage

Le secteur électrique est de loin le plus grand consommateur d'eau en Wallonie. Le « Portail environnement » de la Région wallonne précise²⁴ que ses prélèvements (presque exclusivement en eaux de surface) se sont élevés en 2006 à plus de 1800 millions de m³ d'eau²⁵. La seule centrale de Tihange a pompé en 2007 plus de 1600 millions de m³²⁶. Il faut toutefois préciser que plus de 90% de ces eaux de refroidissement sont rétrocédées après usage.²⁷

Figure 20 : Prélèvements des eaux de surface et des eaux souterraines en Région Wallonne



(Source : Tableau de bord de l'environnement wallon, 2010)

La pression environnementale exercée par les centrales électriques sur les cours d'eau est principalement d'ordre thermique (différence de température entre les eaux en amont et en aval), « l'élévation de température [agissant] comme un catalyseur sur les effets de la pollution et peut avoir un impact important sur les écosystèmes fluviaux »²⁸. Des normes de températures des rejets ont donc été établies, qui dépendent du cours d'eau, de la situation géographique et de la période de l'année (impact par exemple sur les périodes de frai)²⁹. La Meuse, en particulier, a fait l'objet d'un protocole d'accord entre les électriciens et les

²⁴ <http://environnement.wallonie.be/enviroentreprises/pages/etatenviindustrie.asp?doc=syn-ele-cea#TOC-IDADNA3E>

²⁵ À notre connaissance, il n'existe pas de chiffres récents permettant d'estimer avec précision la part des prélèvements totaux que ceci représente. Sur base des chiffres de 1996, on peut penser que les prélèvements d'eau de refroidissement représentent quelque 70 à 75% des prélèvements totaux, dont environ 4/5èmes pour le secteur électrique et 1/5ème pour le secteur industriel.

²⁶ Electrabel, 2008

²⁷ Tableau de bord de l'environnement wallon, p. 98

²⁸ Ibid.

²⁹ cfr Règlement général relatif aux conditions de rejets des eaux usées

pouvoirs publics, prévoyant entre autres un réseau de mesure en continu (5 points) des températures et du débit entre Huy et Liège. Des débits trop faibles de la Meuse - ils sont fonction de leur niveau naturel mais aussi de la gestion du fleuve et de sa navigabilité par le jeu de barrages et écluses - sont susceptibles d'imposer un ralentissement de l'activité des centrales.

En Wallonie, la canicule de juillet 2006 a entraîné deux légers et brefs dépassements des normes de rejets³⁰, et il arrive épisodiquement que la production à Tihange doive être réduite.

Si le risque d'une atteinte significative aux capacités de production existe en cas de conditions particulièrement défavorables (voir infra), il semble cependant que Tihange ne soit pas parmi les centrales les plus vulnérables dans ce domaine : les débits de la Meuse à sa hauteur offre une marge de manœuvre relativement importante (par rapport à ceux dont bénéficie la centrale de Chooz, en amont, par exemple) et les réacteurs sont équipés de réfrigérants atmosphériques, qui permettent un refroidissement même en situation de très faibles débits (l'efficacité du recours aux réfrigérants atmosphériques est cependant elle-même amoindrie en cas de taux élevés d'humidité atmosphérique).

A noter que les circonstances climatiques générant des périodes de tension sur le refroidissement à Tihange correspondent de manière générale avec des difficultés (éventuellement plus importantes) sur d'autres parties du parc européen, pour des raisons similaires.

Canicule de 2003 : le cas de la France

En France, la canicule de 2003 a entraîné de grosses tensions sur le secteur électrique : « Si le système de production et de distribution d'énergie a résisté à la vague de chaleur estivale et si aucune rupture d'approvisionnement n'a été déplorée, il n'en reste pas moins que la catastrophe a été évitée de peu et que le système a montré ses limites en pareille circonstance. »³¹. La canicule de 2003 a entraîné une augmentation de la consommation électrique de 5 à 10% par rapport à la norme saisonnière, générée par la production de froid (réfrigérateurs, congélateurs, climatiseurs, ventilateurs et instruments industriels de refroidissement...)³². Ses effets auraient par ailleurs pu être bien plus problématiques si elle s'était prolongée au-delà du 15 août, date à laquelle la reprise des activités industrielles et tertiaires entraîne une hausse très considérable de la demande. Il semble qu'en France, chaque augmentation d'un degré centigrade au-dessus de 25 entraîne une hausse de la puissance appelée de 250 à 300 MW³³.

D'autre part, les capacités de production ont été impactées, cette période d'augmentation de la demande correspondant avec d'importantes difficultés de refroidissement, qui se greffaient elles-mêmes à la baisse de capacité de production consécutive à la mise à l'arrêt programmée de plusieurs unités pour cause de maintenance (traditionnellement effectuée surtout en été, pour des raisons de moindre consommation).

Pour faire face à la baisse drastique des capacités de refroidissement, L'opérateur EDF, producteur très majoritaire en France, a pris différentes mesures, dont l'arrêt de 6 centrales thermiques classiques et la limitation de la production de plusieurs réacteurs nucléaires, la réduction de la fourniture d'électricité à certains clients industriels français et étrangers, l'augmentation des importations d'électricité (même si celle-ci était rendue difficile par les situations de stress également présentes dans les pays voisins) et le report de travaux de maintenance et d'entretiens programmés³⁴.

³⁰ Electrabel, Centrale de Tihange, déclaration environnementale 2006

³¹ Rapport d'information au sénat fait au nom de la mission commune d'information - La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise, p. 78

³² Id, p. 68

³³ P. Bornard, directeur de la division « systèmes électriques » à Réseau de transport d'électricité (RTE), op. cit.

³⁴ Id, p. 74

Malgré ces différentes mesures, de multiples dérogations ont du être accordées, qui ont permis aux centrales concernées un rejet d'eau à des températures dépassant les normes.

EDF estime par ailleurs que la canicule de 2003 lui a coûté quelques 300 millions d'€, en moyens matériels et humains mais aussi en raison de la nécessité d'acheter à l'étranger de l'électricité à des prix très élevés.³⁵

La dépendance actuelle du secteur électrique wallon à la disponibilité massive d'eaux de refroidissement, sur le territoire régional mais également dans les parcs interconnectés, génère naturellement une vulnérabilité. **La question de la vulnérabilité à la disponibilité en eaux de refroidissement, même dans la perspective de l'adaptation au changement climatique en Wallonie, ne peut être envisagée à une échelle strictement régionale.**

Une baisse de production déjà observées dans certains pays d'Europe

On peut lire à la page 6 du Livre vert de la Commission Européenne sur l'adaptation aux changements climatiques que « dans les régions victimes d'une baisse des précipitations ou d'une augmentation de la fréquence des étés secs, il y aura moins d'eau pour refroidir les centrales thermiques et nucléaires et pour produire de l'hydroélectricité. La capacité de refroidissement de l'eau sera réduite en raison de son réchauffement général; un dépassement des seuils de rejet n'est pas exclu ». La Commission confirme d'ailleurs que cette vulnérabilité est déjà bien réelle : "La production d'électricité a déjà diminuée à plusieurs endroits d'Europe lors d'étés très chauds. La hausse des températures affectera davantage les pays qui utilisent une grande proportion de l'eau prélevée pour refroidir les systèmes de production d'énergie (...) La combinaison de la hausse des températures et de la réduction du niveau des cours d'eau résultera dans une baisse d'efficacité des unités thermiques (...). Ces effets pourront coïncider avec des périodes de demandes intenses en climatisation"³⁶.

4.2 Impact des extrêmes climatiques sur la capacité et l'intégrité des infrastructures de transport et de distribution

La quasi-totalité des documents relatifs à l'adaptation aux changements climatiques consultés et traitant du secteur de l'énergie mettent en avant le risque d'augmentation de la vulnérabilité des infrastructures - transport et distribution via lignes aériennes en particulier - aux épisodes de tempêtes. L'expérience confirme, en Belgique et ailleurs, que de **tels épisodes sont susceptibles de causer des dégâts extrêmement importants. Rien ne permet cependant, dans les modèles climatiques utilisés, de se prononcer quant à une éventuelle augmentation de leur fréquence ou de leur intensité.**

Une autre vulnérabilité évoquée est relative aux épisodes de très fortes chaleurs. En France, le rapport au sénat cité dans le point précédent nous apprend que, lors de la canicule de 2003, « La production d'électricité a également été limitée par des problèmes de surcharge des réseaux de transport » (p. 70). Il pointe également les conclusions d'un document publié par le Réseau de transport de l'Electricité (RTE)³⁷, présentant le bilan de l'été et mentionnant que « (...) certaines liaisons aériennes et souterraines haute tension ont été exploitées aux limites de leur dimensionnement compte tenu de l'élévation importante des températures de l'air et des sols. ».

³⁵ Il semble que la France (principal exportateur d'électricité européen) ait été jusqu'à diminuer ses exportations de plus de 50% en raison de la canicule (UNEP, *Bulletin d'alerte environnementale - Impacts de la canicule 2003 en Europe*, Mars 2004)

³⁶ WHITE PAPER *Adapting to climate change: Towards a European framework for action, IMPACT ASSESSMENT*, p. 93

³⁷ *Épisode de canicule de l'été 2003 : retour d'expérience et plan d'action de RTE*

Enfin, il note : « A Paris, la chaleur des sols a entraîné une recrudescence d'incidents sur le réseau souterrain de distribution : au total, 237 000 clients en Ile-de-France ont été concernés par des coupures momentanées. Afin de réduire les désagréments au maximum, des groupes électrogènes ont été installés dans la capitale dans le cadre de la Force d'intervention rapide électricité (FIRE), créée par EDF en 2000 suite à la tempête de décembre 1999. (...) Pour sa part, RTE a veillé à ce que le réseau reste en état de faire face aux besoins de transport accrus, en assurant l'entretien et la veille permanente des lignes haute et très haute tension. Par ailleurs, jugeant la situation « *très critique vis-à-vis du risque de rupture de l'équilibre offre/demande* », l'opérateur a également procédé au « *pré-armement du plan ORTEC* » - plan de crise interne- et à la préparation des délestages. » (p. 70)

4.3 Impact de la décentralisation et de la part croissante du renouvelable sur la capacité et les caractéristiques des réseaux de transports et de distribution

Le rapport annuel 2009 de la Commission wallonne pour l'énergie (CWAPE) pointe l'apparition de problèmes liés à la capacité du réseau. Si ces problèmes ne sont pas la résultante directe de modifications climatiques, ils sont générés par le développement très rapide de la production d'électricité décentralisée et à base de sources d'énergies renouvelables, lui-même fortement conditionné par les politiques d'atténuation du changement climatique : « Depuis 2008, certains problèmes locaux sont apparus, mettant en lumière les limites de ce réseau en matière d'accueil de nouvelles unités, principalement dans des zones rurales et en raison d'un dimensionnement historiquement calculé pour le seul prélèvement. La concentration d'unités de production à fortiori de puissance importante raccordées directement sur le RTL³⁸ mais également de plus faible puissance mais en nombre plus important, raccordées en aval sur les réseaux de distribution a engendré des problèmes de saturation quant au maintien des degrés de sécurité et de fiabilité actuellement utilisés, même en situation dégradée » (p. 15).

D'importants débats ont lieu actuellement concernant les orientations à prendre quant à la capacité des réseaux, au développement des interconnexions ou aux « réseaux intelligents », à propos desquels la CWAPE note : « (...) si l'on installe sur les réseaux d'électricité des capteurs reliés à un réseau informatique et à un puissant système d'analyse capable de s'appuyer sur des données prospectives de court, moyen et long terme, des avancées significatives permettront de mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité, d'économiser l'énergie, de sécuriser le réseau et d'en réduire les coûts (...) » (p. 16) , le défi étant de permettre d' « accepter, si possible sans restriction, des productions décentralisées rendues nécessaires par les objectifs environnementaux et leur corollaire, les inversions de flux de courant qui peuvent en résulter sur des zones plus ou moins étendues. Cette tâche implique notamment, mais c'est essentiel, la maîtrise du niveau de tension, de manière très locale (maille de réseau, quartier, rue), et passe, quasi obligatoirement, par la connaissance en temps réel des paramètres flux et tension des transformateurs de distribution et par le réglage automatique de la tension au secondaire de ceux-ci. Des recherches et expérimentations sur ce sujet sont en cours et des pistes de solution prometteuses se dégagent. La création de réseaux de distribution intelligents nécessite donc un élan de créativité de la part de leurs gestionnaires dans la mise en œuvre de moyens précis (quoique limités) en un certain nombre d'endroits clefs de ces réseaux (...) » (p. 17)

Au début de l'année 2011, la CWAPE a par ailleurs lancé via son site web un « groupe de réflexion sur le développement de "Réseaux électriques durables et intelligents" » (REDI), qui montre sa volonté de prendre en main ce dossier.

³⁸ Réseau de Transport Local

4.4 Impacts des extrêmes de température sur la consommation énergétique

La sensibilité de la demande en chauffage est calculée couramment en Belgique par le recours au degrés-jours annuels (en base 15 ou en base 16,5, le plus couramment)³⁹. Comme on l'a vu plus haut, la demande exprimée en degrés-jours en base 16.5 a diminué de près de 20% sur les 50 dernières années, révélant **un potentiel important de baisse de la consommation énergétique**. Il est évident cependant que ce facteur n'est pas le seul déterminant de la demande en chauffage : l'évolution démographique, les prix et, surtout, les facteurs comportementaux, de structure de l'habitat et de ses caractéristiques de performance énergétiques jouent un rôle prépondérant.

A ce jour, par contre, **la vulnérabilité aux forts épisodes de chaleur (→ besoins de refroidissement) est encore peu marquée** : « La demande belge est sensible à la température principalement en hiver, par le biais du chauffage électrique. On constate grosso-modo qu'une diminution de la température d'un degré engendre une augmentation de la puissance appelée ou charge de l'ordre de 50 à 115 MW, en fonction de l'heure de la journée. La sensibilité aux températures d'été, liée, par exemple, à l'air conditionné, est encore faible en Belgique. Selon l'heure de la journée, l'augmentation de la puissance appelée suite à une hausse de la température de un degré varierait de 0 à 20 MW au grand maximum »⁴⁰. Ce dernier point est cependant assorti d'une note importante : « Cette estimation est à considérer avec prudence. En effet, nous ne disposons pas de suffisamment de recul pour tirer des informations précises sur le phénomène. En outre, ces chiffres sont agrégés et susceptibles de masquer des phénomènes locaux significatifs (entre autres, des zones à forte concentration d'activités tertiaires sont déjà caractérisées par une forte sensibilité à la température, du fait d'un usage intensif de l'air conditionné). Enfin, on ne peut pas exclure une intensification de la pénétration de l'air conditionné à la suite d'une succession d'étés caniculaires, ce qui rendrait ces estimations obsolètes ».

4.5 Vulnérabilité des parcs électriques interconnectés et sécurité d'approvisionnement en électricité

Comme on pu le voir plus haut avec le cas de la canicule de 2003, dans un réseau électrique de plus en plus interconnecté au niveau international, la vulnérabilité des infrastructures de production et de transport dans les pays voisins, de même que l'élasticité de la demande d'électricité par rapport aux écarts de températures à la norme dans ces pays, est susceptible de se répercuter directement en Région wallonne. C'est donc bien **dans un cadre international que la question doit être envisagée**.

L'*Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017* rappelle qu'un système électrique doit être dimensionné, aussi bien dans ses capacités de production que de transport et de distribution, « en fonction de la demande maximale, avec une capacité supplémentaire permettant de faire face à d'éventuels problèmes techniques »⁴¹. Or les auteurs notent par ailleurs la diminution observable des capacités de réserve en Belgique : « le maintien et, a fortiori, le développement de capacités de réserve ne sont pas encouragés par le marché libéralisé. Le passage d'une industrie électrique verticalement intégrée (production, transport, distribution, fourniture) vers des sociétés découplées, devant chacune constituer un centre de profit et n'ayant plus de vue globale sur le fonctionnement du système électrique, constitue un frein aux investissements à chaque niveau d'opération. Les investissements en

³⁹ Les degrés-jours « mesurent la différence entre la température moyenne d'un jour donné par rapport à une température de référence [la « base »] et expriment les besoins en chauffage » (Définition de l'association québécoise pour la maîtrise de l'énergie)

⁴⁰ *Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017*, p. 75

⁴¹ *Ibid.* 61

capacités de production sont sans doute les plus concernés, chaque producteur ayant intérêt à maximiser son revenu et à diminuer son coût, en fonction de critères très fluctuants (prix des sources d'énergie primaires, coûts financiers...) ou parfois de critères stables mais défavorables à l'investissement (difficulté d'obtention des permis). Les capacités de réserve, très peu utilisées, sont les plus difficiles à rentabiliser. La tendance observée depuis la libéralisation est, de fait, une diminution de ce type de capacités. Dans une économie de concurrence parfaite, le signal du prix devrait permettre de reconstruire ces capacités, mais en pratique, le délai entre l'apparition du problème et la mise en œuvre des investissements risque d'être trop long. Dans l'optique du marché européen, s'ajoute au risque d'un manque de capacités de production de réserve celui d'une insuffisance de capacités de transport et d'interconnexion. » (p. 61)

Différents mécanismes permettent à la Belgique d'agir sur les capacités de production sur le territoire national, et « la loi impose aux entreprises du secteur de l'électricité (producteurs, intermédiaires et gestionnaire du réseau de transport) un certain nombre d'obligations de service public, dont certaines sont directement liées à la garantie de la sécurité d'approvisionnement » (id, p 62). De même, la Belgique bénéficie de sa situation centrale, qui lui permet une forte interconnectivité. En situation de dépendance sur le plan électrique, elle est active dans la coordination du « Forum pentalatéral de l'énergie », regroupant également la France, les Pays-bas, Le Grand-Duché de Luxembourg et l'Allemagne et visant entre autres à la prévision de l'adéquation entre l'offre et la demande.

Enfin, les contrats d'interruptibilité (contrats spécifiques avec des clients industriels capables de diminuer leur demande pour des durées limitées, de manière à lisser les pointes de consommation) et le plan de délestage (destiné à prioriser les interruptions de fourniture en cas de situation d'urgence) sont prévus pour gérer les situations de stress.

4.6 Vulnérabilité aux facteurs non climatiques (pour mémoire)

Outre la faiblesse des ressources domestiques, une vulnérabilité essentielle du secteur électrique - qui ne sera pas abordée ici parce que non directement liée au climat - est évidemment liée à des facteurs internationaux sur lesquels la Région wallonne n'exerce pas ou très peu d'influence : évolution des prix des matières premières énergétiques ou de la tonne de carbone, des engagements internationaux en matière de réduction des émissions,...

5 Vulnérabilités futures

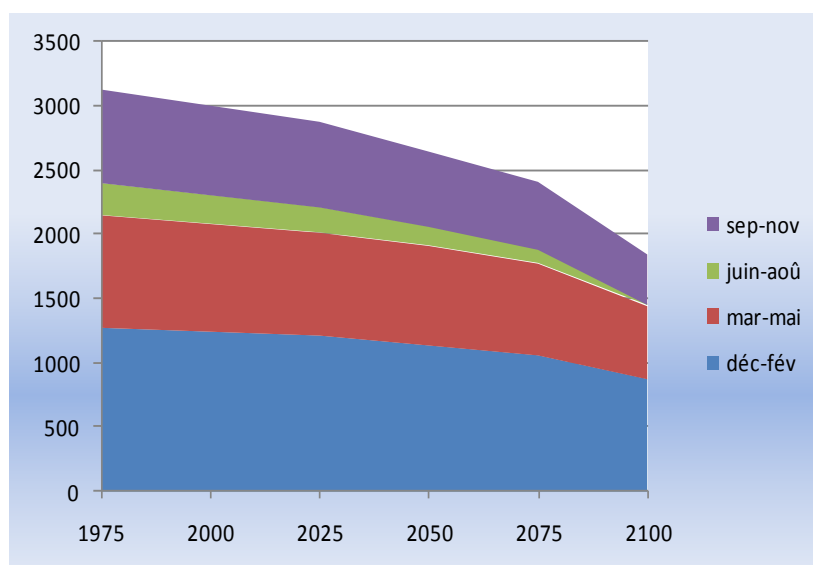
Les vulnérabilités futures du secteur électrique⁴² dépendront à la fois de l'évolution des variables climatiques clés, de celle de la structure du parc de production, et de la modification des schémas de consommation. L'optimisation de la gestion de la demande, de l'offre, du transport et de la distribution jouera un rôle clé.

Comme on l'a vu, le développement accéléré des sources d'énergie renouvelables et de la production décentralisée, le remplacement des unités vieillissantes actuellement majoritaires ou la fermeture prévue par la loi des centrales nucléaires auront des implications nombreuses et importantes. La position prise par la fédération des producteurs d'énergie renouvelables en Wallonie et à Bruxelles, EDORA, va dans le sens des propos de la CWAPE détaillés plus-haut quant à la nécessité de mesures urgentes permettant une meilleure intégration des SER au réseau (priorité d'accès, modifications structurelles du réseau (augmentation de capacité, entre autres) et de sa gestion (smart grids), renforcement de l'interconnectivité, et capacités de stockage.⁴³

5.1 Opportunité : baisse de la consommation énergétique en hiver

Comme on l'a vu plus haut, la consommation d'énergie finale en Wallonie est aujourd'hui pour 20% générée par les besoins de chauffage. **L'impact le plus évident des changements climatiques à venir réside sans doute dans la diminution de ces besoins, particulièrement marquée et allant en s'accroissant, dans nos projections moyennes, à partir de 2030.**

Figure 21: Besoins de chauffage : les degrés-jours en base 17 (proj. moy)



D'après le scénario de référence, **les besoins de chauffage**, estimés par les degrés-jours en base 17⁴⁴, **diminueraient de 25.9% entre la période de référence et la période « 2071-2100 ».**

⁴² Pour les raisons expliquées plus haut, on se concentrera sur ce secteur.

⁴³ « In order to integrate a higher share of renewable electricity with a granted priority access to the grid and dispatching, significant changes in the grid structure and management are necessary. Several grid reinforcements in some specific regions are needed to allow the necessary deployment of renewable productions plants without delay. (...) It is essential to switch to a grid management strategy based on an increased share of decentralized production units. (...) Decisions on the share of variable renewable energy production should be taken together with decisions on the share of controllable renewable energy capacities, on storage capacities, interconnection reinforcements and smart grid developments. This is essential to guarantee a systematic and secure priority in the dispatching of renewable electricity. » National Renewable Source Industry Roadmap, 2010, EDORA (with the collaboration of ODE-Vlaanderen)

⁴⁴ On peut sans risque extrapoler ces résultats aux degrés-jours en base 15 ou 16,5, plus couramment utilisés en Belgique.

5.2 Risque de hausse importante de la consommation électrique en cas de fortes températures estivales

On estime qu'en 2009, plus du quart des établissements du secteur tertiaire en Région Wallonne étaient équipés d'un système de climatisation, pour environ 45% de la superficie totale de ces établissements (le taux de pénétration étant supérieur dans les grandes entités)⁴⁵. A l'heure actuelle, le conditionnement d'air, la ventilation et le froid compteraient pour respectivement 9%, 7,1% et 6,6% de la consommation électrique du tertiaire⁴⁶.

Même si les informations manquent dans le secteur domestique, il ne fait aucun doute que le taux d'équipement du secteur résidentiel en appareils de climatisation est nettement moindre.

Le risque d'augmentation importante de la consommation énergétique (électrique très principalement) pour **des besoins de refroidissement pendant la saison chaude est sans doute central**, en termes d'adaptation pour la Wallonie. A une échelle plus large, il est largement souligné dans la littérature consultée, comme en attestent les quelques exemples ci-dessous :

- « (...) le risque de coupures d'électricité augmentera avec l'accroissement de la demande de climatisation en raison des chaleurs estivales, ce qui fera augmenter la demande d'électricité » (Livre vert sur l'adaptation au changement climatique, p. 6)
- « La question des bâtiments est particulièrement importante. Ils constituent des exemples par excellence de la nécessité d'une adaptation immédiate, destinée en l'occurrence à les rendre plus vivables dans le contexte d'un climat plus chaud et à réduire la demande d'énergie, ce qui contribuera également à l'atténuation du changement climatique. » (Id, p. 18)
- « Les variations de température de l'air influent sur la production, le transport et la consommation d'énergie. Les tendances de températures modélisées sur le siècle laissent prévoir une baisse de la demande hivernale (hiver moins rigoureux) mais des besoins potentiellement en hausse en période de forte chaleur (besoin de refroidissement croissant) » ; « Les événements de chaleur extrême plus fréquents entraîneront des pics de consommation nécessitant une gestion adaptée et souvent difficilement prévisible (exemple des difficultés connues par le secteur en 2003 lors de l'épisode caniculaire) » (Rapport des groupes de travail de la concertation nationale, chapitre énergie - ONERC, p. 129)
- « Il est attendu que l'augmentation des températures moyennes réduise les besoins en chauffage l'hiver et accroisse les besoins en refroidissement l'été. L'utilisation des réseaux de chaleur pour la production et la distribution du froid pourrait donc être envisagée. » (traduit de : Danish adaptation strategy, p. 25)
- « En l'absence de stratégie politique planifiée, la demande en chaleur et en refroidissement évoluera sur base d'adaptations autonomes et sera affectée par les tendances socio-économiques et techniques ainsi que par les mesures d'atténuation affectant la demande. » (traduit de : White paper on adaptation – Impact assessment, p. 94)
- « Les projections suggèrent une réduction du nombre de degrés-jours de chauffage, mais une augmentation du nombre de degrés-jours de refroidissement. Il est difficile de prévoir le bilan net de l'évolution de la demande en énergie mais des redistributions fortes sont attendues, dont une diminution significative de la demande en chauffage

⁴⁵ Bilan énergétique RW – secteur domestique et équivalent, pp 100-105

⁴⁶ Id. p 45

dans le nord de l'Europe et une augmentation de la demande en climatisation dans le sud (avec les coûts et bénéfices qui y sont associés). Un accroissement de la demande en énergie du fait de l'adaptation pourrait aussi voir le jour, par exemple pour l'approvisionnement en eau.» (traduit de : Impacts of Europe's changing climate — 2008 indicator-based assessment, Joint EEA-JRC-WHO report, p. 183)

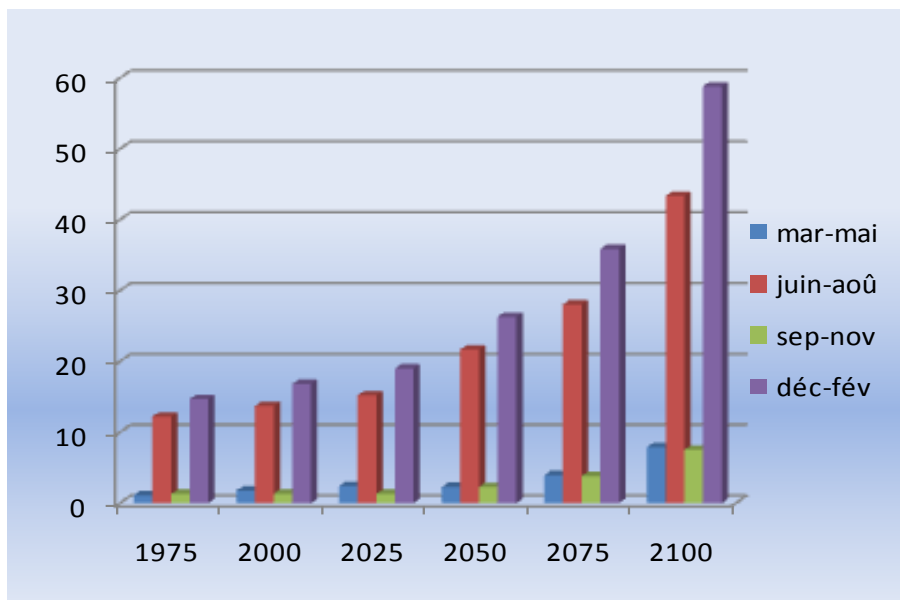
Nous n'avons pas utilisé ici un indicateur auquel il est souvent fait référence pour mesurer les besoins de refroidissement : les « degrés-jours refroidissement », mesurant (en simplifiant) l'écart positif par rapport à 18°C : vu l'ampleur des efforts à réaliser, il semblait incohérent de ne pas baser une partie de l'adaptation aux changements climatiques sur l'acceptation d'une certaine variabilité des conditions de température à l'intérieur des bâtiments en fonction des saisons⁴⁷. Ceci d'autant que rien n'indique, à notre connaissance, qu'une uniformisation complète des conditions de milieu ait un impact positif sur la qualité de vie.

A ce stade de la réflexion sur l'adaptation, nous avons donc choisi, comme indicateur des risques d'augmentation de la demande en énergie à des fins de climatisation et de refroidissement, l'évolution du nombre de *journées d'été*, définies comme les journées pendant lesquelles la température maximale excède les 25°C. Il faut cependant souligner que ce choix a été posé sur une base plus intuitive que scientifique ; le recours à un autre indicateur pourrait être décidé à l'avenir.

Par ailleurs, la climatisation n'est pas la seule à être susceptible d'impacter la consommation énergétique en cas de chaleur : la chaîne du froid, dans le secteur industriel et alimentaire en particulier, sera directement concernée.

Les projections moyennes nous donnent, pour cet indicateur (nombre annuel de journées d'été), les résultats suivants :

Figure 22: Nombre de journées d'été (T.max >25°C) – proj. moy.



Avec une **augmentation rapide et exponentielle du nombre de journées d'été** (290% d'augmentation pour la fin du siècle par rapport à la période de référence), les projections moyennes donnent à penser que la question de la maîtrise de la demande de climatisation

⁴⁷ On peut noter que, si les exigences légales en matière de température minimale dans les locaux pour un travail administratif - 20°C – sont en phase avec l'indicateur « degrés-jours en base 17 », les « degrés-jours de climatisation » tels que décrits plus haut ne sont en rien représentatifs de la limite supérieure des températures intérieures acceptées : 30°C.

et de refroidissement actif sera un point crucial de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur énergétique. Recherche et développement de solutions techniques dans le domaine du refroidissement et de l'isolation à la chaleur des bâtiments ainsi que de la production de froid, cadre législatif contraignant, incitations aux comportements économeurs d'énergie, etc. devront être combinés.

5.3 Risque accru relatif au refroidissement des centrales thermiques en cas de sécheresses et/ou fortes températures estivales, en Wallonie et dans les parcs interconnectés

Les points 4.1, 4.2 et 4.5 ci-dessus ont montré **l'existence de vulnérabilités considérables aux épisodes de sécheresse et canicule dans le parc électrique français, vulnérabilités vraisemblablement existantes dans d'autres parcs interconnectés**, de même que leur impact possible sur la sécurité d'approvisionnement en Région wallonne. Les projections climatiques tendent à faire penser que ces **vulnérabilités pourraient se trouver sensiblement accrues**, même si elles sont prises en compte par les politiques d'adaptation des pays concernés.

Concernant les vulnérabilités spécifiques au territoire wallon, trois éléments clés sont à prendre en compte:

- l'évolution des températures et débits de basses eaux des cours d'eau en Wallonie (Meuse très principalement)
- l'évolution du parc de production électrique
- l'évolution des schémas de consommation (évoquée au point 4.2 et sur laquelle on ne reviendra pas ici).

5.3.1 Evolution attendue des débits de basses-eaux et d'étiage

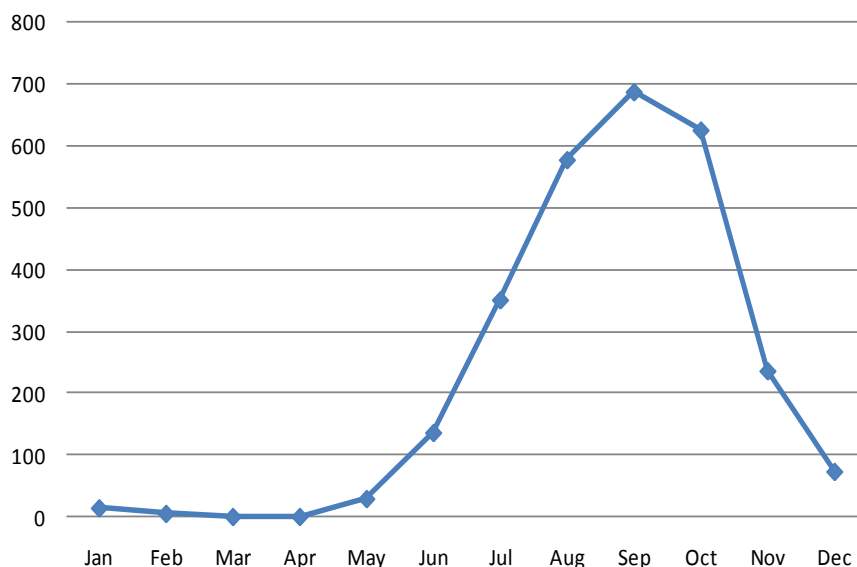
Une étude réalisée en 2007⁴⁸, axée sur les liens de causalité entre les anomalies saisonnières de précipitations et de température dans le bassin de la Meuse, d'une part, et les régimes de basses-eaux du fleuve, de l'autre, sur une période de près d'un siècle s'étalant entre 1911 et 2003, envisage l'évolution à venir de ces régimes en fonction de modélisations climatiques. Les modèles utilisés prévoient une augmentation globale des précipitations en hiver, une baisse des précipitations en été, et une hausse des températures comprise entre 3 et 6°C, plus marquée en été.

Comme le montre le graphique ci-dessous, les mois d'août, septembre et octobre ont été les plus soumis à des situations de « stress hydrique » (« water stress »)⁴⁹ au cours du siècle écoulé.

⁴⁸ DE WIT ET AL., « Impact of climate change on low-flows in the river Meuse », dans *Climatic Change*, n°82, pp 351-372, 2007

⁴⁹ Ceux-ci sont définis comme les jours pendant lesquels le débit du Fleuve à Borgharen, près de Maastricht, est inférieur à 60m³/s (on se référera à l'article pour plus de détails quant à la méthodologie). Le débit est corrigé en fonction de l'estimation de l'évolution des prélèvements du Fleuve à destination des canaux (Canal Albert en particulier)

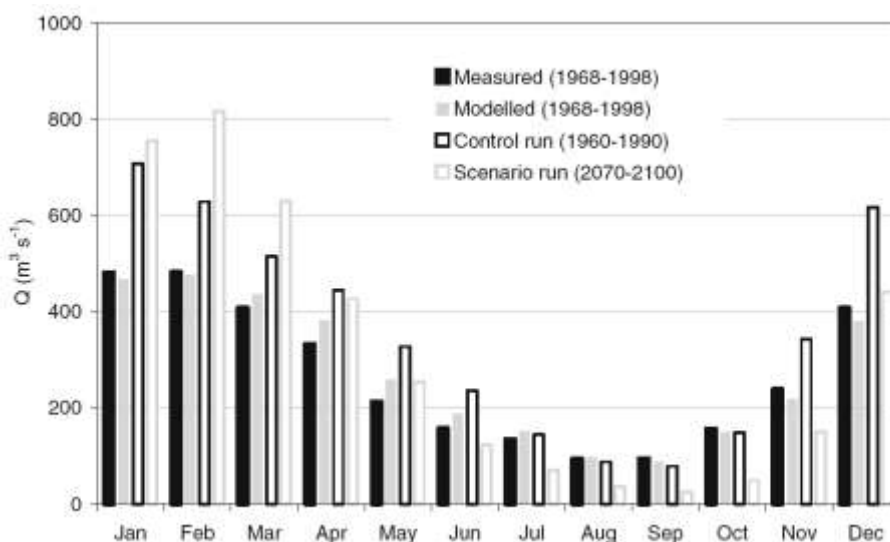
Figure 23: Répartition mensuelle du nombre de jours de stress hydrique à Borgharen, près de Maastricht, (cor) entre 1911 et 2003



D'après De Wit et al., 2007

Les projections amplifient largement cette tendance, avec une **diminution très significative des débits de la Meuse entre juillet et octobre** (moins de 50m³/s de moyenne en août, septembre et octobre, contre plus de 100 m³/s actuellement) pour la fin du siècle.

Figure 24: modélisation des débits mensuels moyens de la Meuse à l'échéance 2070-2100, en comparaison des débits modélisés et mesurés pour la période 1968-1998 (Borgharen)



Source : De Wit et al., 2007

Les auteurs insistent cependant sur la nécessité d'études complémentaires, plusieurs problèmes nécessitant d'être résolus avant qu'une simulation réellement efficace puisse être effectuée (« Cependant, les résultats des modèles pour la période 1968–1998 (...) montrent un certain nombre de problèmes qui doivent être résolus avant de mettre en place des simulations fiables de l'impact du changement climatique sur la réduction des débits de basses eaux critiques de la Meuse »⁵⁰.)

⁵⁰ However, the model results for the period 1968–1998 (...) point to a number of problems that must be solved before reliable simulations of the impact of climatic change on critical low-flows in the Meuse can be performed

Les résultats du projet AMICE, actuellement en cours, permettront une approche plus fine de la question. Le « Résumé du rapport du Work Package 1 – actions 1 et 3 » fournit déjà certaines indications très utiles, qui confirment la tendance évoquée ci-dessus. La baisse projetée du débit minimum est de l'ordre de 10% pour la période 2021-2050, par rapport à la période de référence, et de 40% pour la période 2071-2100.

5.3.2 Evolution de la structure du parc de production.

Comme on l'a vu plus haut, la structure du parc de production électrique wallon est appelée à être radicalement modifiée dans les 30 années à venir. La loi prévoit que la production nucléaire prendra fin en 2025. Après une possible augmentation de la production des centrales thermiques dans un premier temps, leur place dans le mix énergétique décroîtra également.

Il faut noter que, si des solutions de type « CCS » (capture et séquestration du carbone) pour les centrales thermiques devaient être envisagées, la demande en eaux de refroidissement, extrêmement importante dans les systèmes actuellement à l'étude, pourrait s'avérer problématique⁵¹.

Conclusion :

La demande en eaux de refroidissement générée par les centrales électriques devrait être réduite à partir de 2025 en Wallonie, mais se trouver par contre davantage éclatée géographiquement. Il est impossible, dans le cadre de cette étude, de se prononcer quant à la balance nette entre la demande de la demande totale, issue de la modification de la structure du parc de production, et la baisse des disponibilités en eaux de refroidissement engendrée par les modifications à venir du climat.

La question de la disponibilité en eaux de refroidissement des centrales se pose, en tout état de cause, au moins surtout pour la période allant du présent jusqu'à 2025, date de la fermeture programmée du dernier réacteur de Tihange. Les impacts possibles, en cas de nouveaux épisodes critiques de canicules et/ou de sécheresses, concerneraient à la fois la pollution thermique des cours d'eau et l'approvisionnement électrique régional.

Dans l'hypothèse du recours, dans les décennies à venir, à des centrales thermiques dotées de la technologie « CCS », la question de la disponibilité en eau, pendant les mois d'été et d'automne en particulier, se poserait toutefois avec acuité.

Elle se posera par ailleurs également, sans doute même davantage, dans certains parcs interconnectés, avec des conséquences potentielles importantes pour la Wallonie.

5.4 Risques liés à la gestion du réseau dans un contexte de fort développement de la production d'origine renouvelable et décentralisée

Comme mentionné au point 3.3, la question de l'absorption de la production issue de sources renouvelables variables est aujourd'hui absolument centrale dans le dossier énergétique. Elle doit être citée dans le cadre d'une politique d'adaptation car c'est bien, indirectement et via des mesures d'atténuation, d'adaptation au changement climatique qu'il s'agit. Il en va de même pour la question de l'augmentation des capacités d'interconnexion avec l'étranger.

⁵¹ Voir entre autres à ce sujet : H. ZHAI et E.S. RUBIN, « Carbon capture effects on water use at pulverized coal power plants », Energy Procedia, 10th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Amsterdam, Pays-Bas, Elsevier, 09/2010

Même si ce dossier et toutes le composantes qu'il comporte (augmentation des capacités, affinement de la gestion, réseaux et compteurs intelligents, capacités de stockage,...) dépasse largement le cadre de cette étude, on doit insister sur son importance capitale.

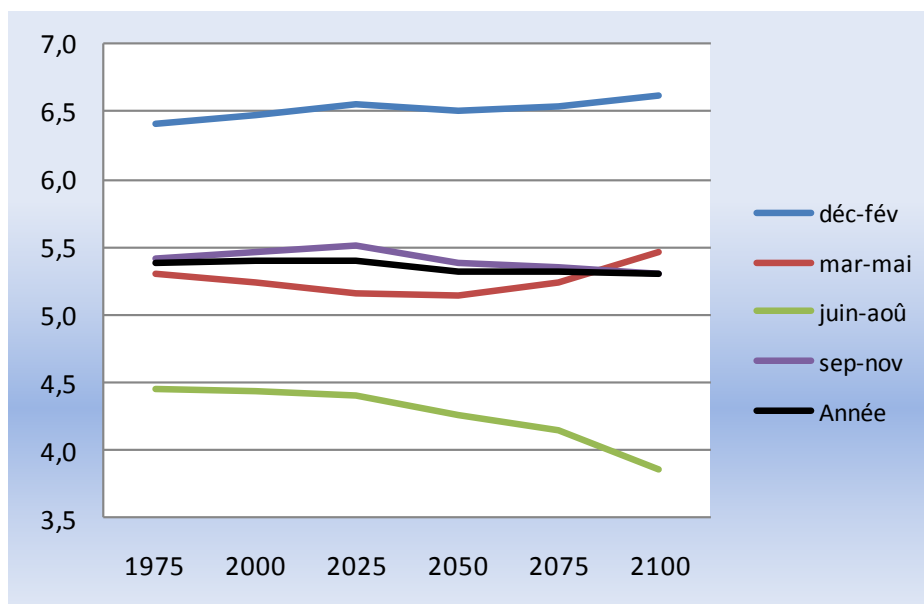
5.5 Influence de la modification du climat sur la productivité des sources d'énergie renouvelables

5.5.1 Modification du régime des vents et production éolienne

La modification du régime des vents est susceptible d'avoir un impact sur la production éolienne et sa répartition dans l'année. La Commission Européenne souligne également⁵² qu'une éventuelle augmentation de l'occurrence de tempêtes pourrait avoir un impact négatif (en entraînant dégâts ou périodes de non production) ; les projections ne permettent cependant pas à ce stade de se prononcer sur la probabilité d'une telle augmentation.⁵³

L'évolution des régimes de vents pour la Wallonie sera, selon les projections moyennes, la suivante :

Figure 25: évolution des vitesses moy. de vent (m/s à 10m) – proj moy.



On doit noter que, si on se réfère à la moyenne des vitesses de vents mesurées dans 5 stations wallonnes (Bierset, Florennes, Spa, Saint-Hubert et Luxembourg) au début de la période de référence⁵⁴, les projections moyennes semblent surestimer quelque peu la vitesse moyenne des vents pour celle-ci (4,7 m/mesurés dans ces stations contre 5,4 m/s modélisés, soit un Δ positif de 15%).

La vitesse moyenne des vents pour la période de référence décembre-février est, dans les projections moyennes, déjà supérieure de 44% à celle obtenue entre juin et août. Cette différence serait appelée à s'accroître sensiblement : augmentation relativement continue mais faible en hiver, diminution continue et s'accroissant à partir de 2030 pendant les mois les plus chauds.

⁵² WHITE PAPER « Adapting to climate change: Towards a European framework for action », IMPACT ASSESSMENT, p. 93

⁵³ Pour plus de détails sur la vulnérabilité aux épisodes de vents extrêmes du territoire wallon, voir le chapitre « Aménagement du territoire et infrastructures ».

⁵⁴ Godart, O. & Poppe, H., *Quelques aspects de la distribution du vent en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg*, Ciel et Terre, Vol. 78, p. 297, 1962

Le rapport « Vigilance climatique » de l'IRM (2009) montre par ailleurs, concernant les changements déjà observés, une « diminution de la vitesse [moyenne observée] du vent (...) de l'ordre de 10 % entre le début des années 1980 et les années les plus récentes », mais précise que « Par contre, aucune tendance significative n'est observée en hiver, c'est-à-dire durant la saison où les vents sont les plus élevés » (p. 20).

A la fin du siècle, d'après les projections moyennes et même si des incertitudes considérables demeurent, les **vitesse moyennes de vent en décembre-février seraient de plus de 70% supérieures à celles mesurées entre juin et août**, suite à la baisse de ces dernières.

5.5.2 Modification des températures et de l'ensoleillement et production photovoltaïque

Deux variables climatiques sont susceptibles, par leur évolution, de modifier la productivité des unités photovoltaïques.

En été, l'augmentation, en intensité et en fréquence, des vagues de chaleur auront une influence négative mais vraisemblablement peu significative.⁵⁵

La baisse probable de la nébulosité en été et la hausse de cette nébulosité en hiver pourraient avoir des impacts respectivement positifs et négatifs, mais l'information est à ce stade beaucoup trop lacunaire pour se prononcer.

On peut penser que les impacts des modifications climatiques sur la production photovoltaïque seront peu significatifs au regard des effets de ces mêmes modifications sur la demande énergétique ou des évolutions techniques et comportementales, même si aucune étude spécifique ne permet de le confirmer. Les installations photovoltaïques ont de plus une durée de vie estimée à 20 à 30 ans, horizons relativement courts permettant une adaptation dynamique.

5.5.3 Influence de la modification de la pluviométrie saisonnière sur la productivité des installations hydro-électriques

Même si l'on considère que la production hydro-électrique offre un potentiel de croissance moindre, en Belgique et en Wallonie, que les autres sources d'énergies renouvelables courantes, son rôle est important. Aucune étude spécifique à la Région wallonne n'est à ce jour disponible, mais on peut penser que l'augmentation prévue de l'intensité des fortes pluies, en hiver comme en été, aura une influence plutôt négative. La baisse des débits d'étiage et de basses eaux en été affaiblira très probablement la productivité en été.

⁵⁵ cfr entre autres: "l'efficacité des installations photovoltaïques pourrait être légèrement réduite du fait des plus hautes températures, en particulier durant les vagues de chaleur; le climat pourrait néanmoins avoir d'autres effets (e.g. augmentation ou réduction de la couverture nuageuse à certains moments)" (traduit de : WHITE PAPER « Adapting to climate change: Towards a European framework for action », (traduction), p. 93)

5.5.4 Influence de la modification de différents paramètres climatiques et atmosphériques (concentration en CO₂, température, pluviométrie) sur la croissance de la biomasse cultivées à des fins de production énergétique

On se référera, pour ce point et dans une perspective wallonne, aux conclusions des chapitres relatifs à l'agriculture et à la foresterie. Il faut d'ailleurs insister sur la pression que la demande en « biomasse énergie » est susceptible de faire peser sur ces secteurs, vu la place qui lui est réservée dans tous les scénarios existants (voir entre autre figures 14 et 15).

On peut cependant noter un consensus (illustré ci-dessous par deux exemples), dans la littérature consultée, sur l'impact positif que devraient avoir les changements climatiques, dans nos régions, sur la production de biomasse énergie⁵⁶

5.6 Risque accru pour l'intégrité et la capacité des installations de production et de transport en cas d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes ou d'épisodes de très fortes températures

Les points 4.2 et 4.4 ont permis de montrer en quoi les épisodes de fortes températures étaient susceptibles d'affecter les infrastructures de production (via la question des eaux de refroidissement principalement), de transformation, de transport et de distribution d'électricité, en Région wallonne comme dans les parcs interconnectés.

Tous les indicateurs pertinents sont largement à la hausse dans nos projections et incitent à considérer cette vulnérabilité des infrastructures à la hausse des températures pendant les mois chauds comme appelée à prendre une importance peut-être critique:

- le nombre de jours de canicule⁵⁷ par an passe de 1.24 en période de référence à plus de 12 jours/an en 2071-2100, dans les projections moyennes (on atteint 45 jours dans les « projections sèches)
- le nombre de « journées d'été » (°t max > 25°C), comme on l'a vu plus haut, augmente de 290 % dans les projections moyennes, pour approcher les 60 à la fin du siècle, contre 15 en période de référence.

Les documents consultés mettent également souvent l'accent sur une vulnérabilité future accrue aux épisodes de tempêtes :

- « Le risque accru de tempête et d'inondation pourrait mettre en péril les infrastructures énergétiques » (Livre vert sur l'adaptation, p. 7)

⁵⁶ • "De plus hautes températures associées à des concentrations de CO₂ plus importantes dans les pourraient être bénéfiques pour la croissance de la biomasse dans les zones de climat tempéré (Nord des Alpes). Ceci pourrait favoriser la production d'électricité/combustible à partir de la foresterie ou de l'agriculture. (traduit de : WHITE PAPER « Adapting to climate change: Towards a European framework for action », IMPACT ASSESSMENT, p. 93)

• "Pour certaines cultures énergétiques, favorisées par une période de croissance longue et par une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau, induite par une concentration en CO₂ atmosphérique plus élevée, les évolutions de ces paramètres seraient de manière générale favorables. Une étude sur les saules en Grande-Bretagne montre que le réchauffement serait généralement bénéfique à la production avec des accroissement de rendements allant jusqu'à 40% pour une augmentation de température de 3 °K (Evans et al., 1995)." (traduit de : Marrachi et al.)

⁵⁷ Synonyme en Belgique de « vagues de chaleur » et définie comme « période d'au-moins cinq jours consécutifs avec une température de 25°C ou plus (à Uccle) et comprenant au-moins trois jours avec 30°C ou plus »

- "Danish as well as foreign electricity distribution grids may be damaged by storm impacts. The Danish distribution grid is currently being cabled underground is expected to be fully cabled within the next 10 years. When the distribution network is fully cabled underground, the consequences of climate change will be less significant". (Danish adaptation strategy, p. 24)
- "Extreme weather events, including storms, damage electricity transmission lines. These may be vulnerable to incidences of increased storm frequency or magnitude from climate change. Climate change is also likely to result in (albeit limited) electricity transmission losses due to higher average temperatures. Increased temperature and heat waves may increase the resistance of power lines. The vulnerability of electricity transmission may vary across different member states and regions depending on the age of this infrastructure, the nature (e.g. overhead or underground cabling) and the remoteness of regions. (White paper on adaptation, Impact assessment, p. 93)

Nos projections ne mettent cependant aucune tendance claire en évidence quant à une éventuelle évolution, en fréquence ou en intensité, de ces épisodes de tempêtes.

5.7 Vulnérabilités futures – synthèse

Le tableau ci-dessous résume, à ce stade, les vulnérabilités et opportunités futures identifiées dans le secteur énergétique wallon. Il est extrêmement difficile de mesurer l'importance relatives que ces éléments sont susceptibles de prendre, les couleurs utilisées le sont donc en première estimation et à titre purement indicatif.

Figure 26: tableau récapitulatif des vulnérabilités futures identifiées

Projections moyennes	2030		2050		2085			
Projections sèches	2030				2050		2085	
Hausse Températures (°C)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Energie	↗ de la consommation énergétique (chaîne du froid/ climatisation en été)							
	Intégrité et capacité des installations de production et de transport							
	Problème de refroidissement des centrales électriques						1	
	Gestion réseau et consommation électrique						2	
	↘ de la consommation énergétique liée au chauffage							
	Modifications saisonnières des productions photovoltaïques, éoliennes et hydrauliques et de la productivité de la biomasse énergie							
Légende								
	très grave				impact difficile à apprécier			
	graves				1. Modification du parc (fermeture complète programmée de Tihange en 2025) devrait fortement diminuer la pression sur les eaux de surface. Attention: le risque existe aussi dans les parcs interconnectés concerne directement la Wallonie.			
	peu grave							
	opportunités				2. Modification du parc engendrera une modification des modes de gestion de l'électricité (coûts très importants)			

6 Pistes pour l'adaptation

Comme l'illustre la figure 27 ci-dessous, l'adaptation aux changements climatiques peut être abordée via une batterie d'outils complémentaires. Ces outils peuvent se différencier par leur objectif (prévention, minimisation des impacts, financement des risques, etc.) et par leur forme (législation, sensibilisation, financement de ces risques, délocalisation, recherche et développement, etc.).

Figure 27: Exemple de typologie des mesures d'adaptation

Share loss (schade delen)	Insurance type strategies. Other new financial products that off-lay the risk Diversification
Bear loss (schade dragen)	Where losses cannot be avoided: Certain species of montane fauna and flora (e.g. arctic alpine flora). Loss of coastal areas to sea-level rise and/or increased rates of coastal erosion
Prevent the effects Structural and technological	Hard engineering solutions and implementation of improved design standards: Increase reservoir capacity Increase transfers of water Implement water efficiency schemes Scale-up programmes of coastal protection Upgrade waste water and storm-water systems Build resilient structures (housing) Modify transport infrastructure Plant different or new crops Create wildlife corridors
Prevent the effects: Legislative, regulatory, institutional	New ways of planning that cut across individual sectors and areas of responsibility (integration) Traditional land use planning to give greater weight to new factors such as flood risk and maintaining water supply-demand balance and security of supply New methods of dealing with uncertainty More resources for estuarine and coastal flooding Revise technical advice notes (planning) Make clear responsibilities for flood defence Improve management of vulnerable areas to increase resilience Factor climate change into criteria for site designation Amend design standards (e.g. building regulations) and enforced compliance.
Avoid or exploit changes in risk (kansen) Change location or other avoidance strategy	Migration Crops grown Species at risk Location of new housing, water intensive industry, tourism
Research	Better knowledge of relationship between past and present variations in climate and the performance and climate sensitivity of environmental, social and economic systems E.g. fluvial and coastal hydrology, drought tolerance and distribution of flora and fauna, economic impacts on key industrial sectors and regional economies, etc. Improved short-term climate forecasting and hazard characterisation. Higher resolution spatial and temporal data on future climate variability from model-based climate scenarios More information on frequency and magnitude of extreme events under climate change Better regional indicators and monitoring of observed climate change More risk-based integrated climate change impact assessments
Education, Behavioural	Lengthen planning timeframes (need to consider not just next 2-5 years but 2020's, 2050's) Reduce time taken to reach decisions and implement decisions. (Rapid decision taking, not hasty decision taking). Reduce uneven stakeholder awareness on climate change Increase public awareness to take individual action (health, home protection, flood awareness) and accept change to public policies (coastal protection, landscape protection, biodiversity conservation)

Source : « Bouwstenen om te komen tot een coherent en efficiënt adaptatieplan voor Vlaanderen »⁵⁸. d'après EEA, 2007, d'après Willows, 2003, d'après adaptation de Burton, 1996

Il n'est pas possible, à ce stade de la réflexion relative à l'adaptation aux changements climatiques en Wallonie, de détailler des stratégies aussi abouties. On peut cependant tenter

⁵⁸ International Marine & Dredging Consultants, Anvers, août 2008

d'établir des priorités quant aux actions à entreprendre, qui elles-mêmes mèneront, le cas échéant, à une typologie plus précise.

Proposition de recommandation 1 :

Les stratégies d'adaptation privilégieront dans la mesure du possible les mesures dites « sans regrets ». En aucun cas celles-ci ne suffiront cependant ; l'adaptation aux changements climatiques, dans le domaine énergétique entre autres, aura un coût et pourra se marquer par l'acceptation, en certaines circonstances, d'inconforts ou de contrôle significatif de la consommation énergétique. Cette acceptation, liée à une prise en compte du coût réel de l'énergie et de la non viabilité d'une politique qui viserait sa disponibilité sans limite, est un objectif transversal essentiel.

La sensibilisation de tous les acteurs du secteur aux impacts projetés du réchauffement en Wallonie, aux niveaux de la production, du transport, de la distribution, de la consommation et de la régulation du marché, est essentielle.

6.1 Empêcher, par des mesures de contrôle de la demande, l'augmentation des besoins en refroidissement et conditionnement d'air pendant les mois chauds

Comme vu au point 4.2, l'augmentation projetée du nombre de jours d'été (de même que celui des jours de canicule ou l'élévation, en termes plus généraux, des températures moyennes), est susceptible de mener, en l'absence de politiques adéquates, à des hausses considérables de la consommation énergétique à des fins de climatisation et de refroidissement.

Au vu de l'exigence élémentaire de cohérence entre les mesures d'atténuation et les politiques d'adaptation, il n'est pas envisageable de tolérer une telle évolution.

Un éventail de mesures est à la disposition des pouvoirs publics pour assurer qu'elle n'ait pas lieu, qui ont trait :

- à la ventilation et au refroidissement passif du bâti. La directive PEB, le Plan pour la Maîtrise Durable de l'Energie (PMDE), le programme de recherche ERable, ... sont autant d'outils déjà existants qui permettent d'œuvrer dans ce sens ;
- à un cadre contraignant et/ou fiscalement incitatif relatif aux techniques de refroidissement ;
- à la gestion de la chaîne du froid dans l'alimentation ;
- à la R&D dans le domaine de la production de froid ou de l'isolation à la chaleur ;
-

Le point 4.2 pointe également que, si la sensibilité de la demande énergétique aux hautes températures estivales est encore assez faible en Belgique, une augmentation brutale, consécutive par exemple à une forte hausse de la vente de systèmes de conditionnement d'air en quelques étés particulièrement chauds, n'est pas à exclure.

Il est primordial d'éviter une telle tendance à la banalisation du conditionnement d'air, qu'il serait ensuite très difficile de renverser. Une stratégie en la matière est par conséquent urgente.

Proposition de recommandation 2 : analyse (par secteurs) de l'élasticité de la demande électrique aux températures estivales élevées, qui débouchera éventuellement sur une étude complémentaire, visant au minimum :

- à quantifier les risques de hausse de la demande énergétique et électrique durant les mois chauds ;
- à évaluer l'efficacité et les manquements des solutions, programmes et du cadre légal actuellement existants (cfr directive PEB, etc.) dans les domaines de la climatisation et du refroidissement (y compris chaîne du froid) ;
- à fixer des objectifs spécifiques en matière de consommation énergétique générée par la demande de climatisation ;
- à proposer des pistes d'actions fortes, précises et définies dans le temps concernant :
 - les domaines de R&D à privilégier ;
 - les pistes législatives et incitatives visant à diminuer la consommation ;
 - la mise en place de systèmes d'alertes ;
 - ...

Cette étude pourrait ensuite donner lieu à la rédaction d'un **plan d'action spécifique**

6.2 Etudier les risques liés à la disponibilité en eau de refroidissement pour la production électrique en Wallonie.

Les permis d'environnement des centrales utilisant l'eau de la Meuse pour le refroidissement prévoient la mesure en continu de la température des eaux rejetées, avec accès permanent aux données pour les autorités. Il ne semble pas que la vulnérabilité se situe au niveau du contrôle et de l'accès aux données.

L'implication et l'information des producteurs électriques dépendant des eaux de la Meuse, quant à la gestion de ses débits – gouvernée entre autres par les impératifs dictés par la navigation – semblent satisfaisantes.

Il serait opportun de s'assurer que les mécanismes en place permettent d'optimiser la prévisibilité des risques (données historiques, prévisions météorologiques, etc.).

Proposition de recommandation 3 : Mise en place d'un groupe de travail (le « Comité Meuse », qui rassemble les producteurs électriques concernés et les départements du Service Public de Wallonie concernés par la gestion des eaux de surface, pourrait servir de base) destiné à faire le point sur les risques pour l'environnement – il faut insister sur l'importance du non-dépassement des normes fixées – ou pour la sécurité d'approvisionnement électrique en Région wallonne, d'un déficit en eaux de refroidissement généré par de longues périodes sèches et chaudes en été, rendues probables par l'évolution attendue du climat.

Ce groupe de travail aurait également pour mission de formuler des recommandations qui permettraient de minimiser le risque existant et d'optimiser sa gestion (e.g gestion du débit de la Meuse, prévisibilité, mécanismes d'alerte, ...)

6.3 S'assurer de la prise en compte de l'impact des modifications climatiques projetées dans tous les plans à long terme relatifs à l'approvisionnement électrique, en particulier dans le cadre de la collaboration internationale

La hausse projetée considérable des températures moyennes, des journées d'été et de l'occurrence de canicules semble susceptible de poser aux gestionnaires de réseaux de transports et de distribution des problèmes sérieux à l'avenir. La hausse de ces paramètres liés à la température étant projetée de manière relativement progressive au cours du siècle, on peut penser que l'adaptation pourra se faire sans heurts majeurs. Il est cependant opportun de s'assurer de la bonne prise en compte de ce paramètre par les opérateurs de transport et de distribution.

Comme on l'a vu au point 3.5, on constate par ailleurs à la fois une baisse des capacités de production de réserve en Belgique (baisse imputée au moins en partie aux effets de la libéralisation du secteur) et une dépendance électrique croissante de la Belgique depuis le début des années 90.

La Commission Européenne résume bien les différentes évolutions du secteur électrique nécessaires dans ce contexte, dont en particulier⁵⁹ :

- L'optimisation de la coordination transfrontalière et l'augmentation des capacités d'interconnexion entre régions et pays
- La nécessaire innovation dans le domaine du stockage de l'énergie, ainsi que des réseaux et de la consommation « intelligents »
- L'amélioration de la résilience des systèmes énergétique face aux modifications projetées du climat
- L'urgence de la prise en compte du facteur « adaptation », vue la longue durée de vie des infrastructures

Le renforcement des outils de modélisation de l'offre et la demande en fonction du climat ou l'affinage des processus de gestion de crise (délestage, etc.) sont d'autres éléments centraux des politiques d'adaptation du secteur énergétiques, repris fréquemment dans la littérature.

La vulnérabilité à une éventuelle augmentation, en fréquence ou en intensité, des épisodes de tempêtes, est par contre difficile à prendre en compte, vue l'absence de résultats significatifs des modèles. Le coût du câblage sous-terrain et les contraintes qui y sont liées sont tels qu'une politique allant dans ce sens ne semble pas indiquée⁶⁰.

Proposition de recommandation 4 :

- Mettre en place un groupe de travail (composition à déterminer) qui s'assurera que les projections relatives à la sécurité d'approvisionnement électrique de la Belgique, entre autre dans le cadre du Forum pentalatéral, prennent en compte l'impact de l'évolution du climat sur les capacités de transport et la production, également dans les parcs interconnectés. Le même groupe sera chargé d'identifier les faiblesses actuelles et de proposer des pistes d'action pour y remédier.
- Information : il ne fait aucun doute que ni l'importance des changements climatiques projetés, ni le degré élevé de probabilité de leur occurrence, ne sont assimilés par l'ensemble des acteurs concernés. La parfaite diffusion de ces informations est donc essentielle (cfr. par exemple prise en compte de l'impact des hausses de températures estivales sur les capacités des lignes, câbles et transformateurs ?).

⁵⁹ WHITE PAPER Adapting to climate change: Towards a European framework for action, IMPACT ASSESSMENT, p. 96

⁶⁰ La moindre densité de population en Wallonie renforce encore ces coûts, par rapport au reste du pays.

6.4 Etudier l'évolution des schémas de production des différentes sources renouvelables.

Comme on l'a vu, la modification du contexte climatique est susceptible de modifier sensiblement les schémas de production de différentes sources d'énergies renouvelables (augmentation de l'écart de la production éolienne entre mois d'hiver et mois d'été, possible évolution inverse de la production solaire, augmentation probable du rythme de croissance de la biomasse, ...)

Proposition de recommandation 5 : Financer une étude sur le mix énergétique, abordé sous l'angle de l'optimisation de l'approvisionnement à partir des sources renouvelables et décentralisées, en fonction des variables climatiques et de leur évolution attendue.

6.5 Repenser la production, le transport, la distribution et la gestion de la demande électrique en fonction du contexte climatique

La révolution nécessaire des modes de production, de consommation et de gestion au sens large de l'électricité, constitue un défi formidable en termes technologiques, financiers et comportementaux (adaptation à la variabilité, décentralisation, réseaux intelligents, augmentation de la capacité, nouvelles procédures d'optimisation et de délestage, compteurs intelligents, stockage, etc). Elle est largement traitée dans le cadre des politiques d'atténuation, et son étude dépasse les moyens techniques disponibles ici ; elle ne sera donc pas abordée spécifiquement par de nouvelles recommandations. Il faut souligner cependant que le poids, en temps et en moyens, des procédures d'obtentions d'autorisation pour les travaux d'infrastructures de transports et de distribution d'électricité, a été avancé comme un obstacle susceptible de s'avérer très problématique, dans le cadre des nécessaires investissements qui devront sous peu être effectués.

7 Glossaire

Le calcul des degré-jours permettent de mettre en relation des consommations avec la rigueur climatique. La somme des degrés-jour est également utilisée en agriculture pour déterminer les conditions de germination de plantes. Ils sont calculés en faisant la différence entre la température observée et la température de référence (ici, 16,5°C mais parfois 18°C ou 0°C)

Frai : ponte des œufs des poissons

8 Les sources bibliographiques

- Arrêté royal du 3 août 1976 portant le règlement général relatif aux déversements des eaux usées dans les surfaces ordinaires, dans les égouts publics et dans les voies artificielles d'écoulement des eaux pluviales
- COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, *Livre vert présenté par la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions - Adaptation au changement climatique en Europe: les possibilités d'action de l'Union européenne*, {SEC(2007) 849}, Bruxelles, 2007
- D. LINDLEY, *The energy storage problem*, Nature, Vol 46, 7 Jan 2010
- DANISH ENERGY AGENCY, *Danish strategy for adaptation to a changing climate*, Copenhagen, 2008
- EDORA, *National renewable energy source industry roadmap Belgium*, Bruxelles, 2010
- ELECTRABEL GDF SUEZ, *Rapport d'Activités et Développement Durable 2009*, Bruxelles, 2010
- ELECTRABEL, *Centrale Nucléaire de Tihange, Déclaration environnementale 2006*, Bruxelles, 2007
- ELECTRABEL, *Centrale Nucléaire de Tihange, Déclaration environnementale 2008*, Bruxelles, 2008
- ELIA, *Aperçu du système et du marché 2009*, Bruxelles, 2010
- EUROPEAN RENEWABLE ENERGY COUNCIL (EREC), *Re-thinking 2050 - A 100% Renewable Energy Vision for the European Union*, Bruxelles, 2010
- GROUPE DE CONCERTATION ETAT-REGION EN MATIERE D'ENERGIE CONCERE-ENOVER, *Plan d'action national en matière d'énergies renouvelables conformément à la Directive 2009/28/CE*, Novembre 2010
- H. ZHAIA, E.S. RUBINA ET P.L. VERSTEEG, *Carbon capture effects on water use at pulverized coal power plants*, Environ. Sci. Technol., Vol 45 (6), Fév 2011
- ICEDD, pour le compte du MINISTRE DE LA REGION WALLONE, *Situation environnementale des industries – La production d'électricité*, Namur, 2007
- INSTITUT ROYAL METEOROLOGIQUE DE BELGIQUE, *Vigilance Climatique*, Bruxelles, 2008
- INTERNATIONAL MARINE & DREDGING CONSULTANTS, pour le compte du DEPARTEMENT LEEFMILIEU, *NATUUR EN ENERGIE - AFDELING MILIEU-, NATUUR- EN ENERGIEBELEID, Bouwstenen om te komen tot een coherent en efficiënt adaptatieplan voor Vlaanderen*, Antwerpen, 2010
- MARRACHI ET AL, *Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe*, Climatic change 70, 117-135, 2005
- O. GODART ET H. POPPE, *Quelques aspects de la distribution du vent en Belgique et en Wallonie*, Ciel et Terre, Vol. 78, 1962
- OBSERVATOIRE NATIONAL SUR LES EFFETS DU CHANGEMENTS CLIMATIQUES, MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DE L'ÉNERGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER EN CHARGE DES TECHNOLOGIES VERTES ET DES NEGOCIATIONS SUR LE CLIMAT, *Plan Adaptation Climat, Rapport des groupes de travail de la concertation nationale, chapitre énergie*, Paris, 2010
- *Renouvelle* n°32, mars 2011, www.renouvelle.org
- SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE, P.M.E., CLASSES MOYENNES ET ENERGIE – BUREAU DU PLAN, *Etude sur les perspectives d'approvisionnement en électricité 2008-2017*, Bruxelles, 2009