

2040

2050

2030

2060

2020

Prospective et stratégie régionale pour l'énergie

Une comparaison de scénarios pour les régions Pays de la Loire, Nord-Pas de Calais et Provence Alpes Côte d'Azur

Mt CO₂

% du PIB

1,15

1,05

0,95

0,75

Mt CO₂

CO₂ (PgC/an)

réseau
action
climat
france

Introduction	3
I • Paysage des travaux prospectifs en France	4
1 • Critères de distinction entre scénarios	4
2 • Vers un vocabulaire partagé de la prospective	7
3 • Une balade dans le temps : les travaux de prospective énergétique en France	9
4 • Calendrier des travaux prospectifs en France	18
5 • Comparaison qualitative de 10 travaux prospectifs régionaux en France	20
II • Analyse qualitative et chiffrée de scénarios pour les régions Pays de la Loire, Nord-Pas de Calais et Provence-Alpes-Côte d'Azur	31
1 • Introduction méthodologique	31
2 1 • Contexte de l'élaboration des travaux prospectifs Provence-Alpes-Côte d'Azur	33
2 2 • Comparaison de scénarios Provence-Alpes-Côte d'Azur	35
ANNÉES DE RÉFÉRENCE	35
LES VARIABLES DE CADRAGE	35
RESPECT DES ENGAGEMENTS NATIONAUX	36
INDUSTRIE	37
AGRICULTURE	37
BÂTIMENT	38
TRANSPORT	41
L'OFFRE ÉNERGÉTIQUE	43
CONCLUSION	44
3 1 • Contexte de l'élaboration des travaux prospectifs Nord-Pas de Calais	44
3 2 • Comparaison de scénarios - Nord-Pas de Calais	48
ANNÉES DE RÉFÉRENCE	48
LES VARIABLES DE CADRAGE	48
RESPECT DES ENGAGEMENTS NATIONAUX	50
INDUSTRIE	52
AGRICULTURE	54
BÂTIMENT	56
TRANSPORT	68
L'OFFRE ÉNERGÉTIQUE	78
CONCLUSION	81
4 1 • Contexte de l'élaboration des travaux prospectifs Pays de la Loire	82
4 1 • Comparaison de scénarios – Pays de la Loire	83
ANNÉES DE RÉFÉRENCE	83
LES VARIABLES DE CADRAGE	84
RESPECT DES ENGAGEMENTS NATIONAUX	86
INDUSTRIE	87
AGRICULTURE	90
BÂTIMENT	91
TRANSPORT	100
L'OFFRE ÉNERGÉTIQUE	106
CONCLUSION	108
Conclusion	109

DÉCEMBRE 2014

Rédaction :
Meike Fink – Chargée de mission climat & énergie
Réseau Action Climat France (RAC-F)

Publication réalisée avec le soutien :
• de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise
de l'Énergie (ADEME),
• du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable
et de l'Énergie (MEDDE).

Les auteurs sont seuls responsables du contenu de cette publication, qui ne reflète pas nécessairement l'opinion des commanditaires. Les commanditaires et porteurs de scénario cités ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y sont contenues.

Remerciements aux membres du comité de pilotage, porteurs de scénario et relecteurs :
Stéphane Baly, Emmanuel Bernard, Caroline Berthon, Julien Bertron, François Boisieux, Antoine Bonduelle, Marie Cheron, Simon Coquillaud, Sébastien Cosnier, Christine Cot, Charles Esmenjaud, Albane Gaspard, Hadrien Hainaut, Pierre-Emmanuel Julia, Guillaume Julien, Adrien Kantin, Bertrand Lafolie, Véronique Lamblin, Mathieu Le Du, Vincent Legrand, Thomas Letz, Mathias Louis-Honoré, Valentin Lyant, Claude Lenglet, Simon Mouline, Yohann Pamelle, Anne-Cécile Renouard, Nicolas Szczepan, Jacques Theys et Eric Vidalenc.

Mise en page : Christian Mattiucci

Introduction

Les échanges et les travaux portant sur les perspectives énergétiques lors du Débat National sur la Transition Energétique (DNTE) en 2013 ont montré la grande richesse de scénarios en France à l'échelle nationale¹. Ce foisonnement en nombre de travaux prospectifs et en approches méthodologiques se retrouve également à l'échelle régionale.

Le présent rapport vise à montrer et analyser cette variété considérable à l'aide d'une comparaison de 9 scénarios de 3 régions afin de formuler des recommandations pour enrichir la prospective institutionnelle à l'échelle nationale.

Le **premier chapitre** contient un glossaire de quelques notions clés liées à la prospective susceptibles de prêter à confusion. Le débat national de la transition énergétique en 2013 a montré l'importance de la création d'un vocabulaire partagé de la prospective.

¹. Groupe de travail 2 du DNTE (2013) « Quelle trajectoire pour atteindre le mix énergétique en 2025 ? Quels types de scénarios possibles à horizons 2030 et 2050, dans le respect des engagements climatiques de la France ? »

Ensuite le rapport présente un aperçu de l'évolution et de la richesse des travaux prospectifs à l'échelon national et régional en France. D'abord sont décrites les grandes étapes de la prospective en commençant par les années 1970, marquées par les chocs pétroliers, le lancement du projet de l'électronucléaire civil et le début de son opposition. Ces événements se retrouvent dans les scénarios de cette époque. L'intégration de la question des changements climatiques dans les années 1990 marque une nouvelle étape pour enfin arriver à une accélération des publications de scénarios alternatifs depuis les années 2000. A l'échelle régionale, des Schémas Régionaux Climat-Air-Energie (SRCAE) sont réalisés dans chaque Région à partir de 2010, précédés ou suivis par les scénarios citoyens des associations Virage Energie. Plus récemment encore, des travaux de prospective sur les modes de vie émergent, décrivant comment leur évolution impacte la consommation d'énergie et le climat. Un calendrier présente de façon historique l'apparition des travaux prospectifs, année par année.

Cette description du passé est complétée par une comparaison de 10 scénarios régionaux – analysés davantage dans le **chapitre 2** –, selon une grille composée de plusieurs paramètres (méthodologie, approche participative etc.).

Le **deuxième chapitre** du rapport compare les 10 scénarios décrits précédemment, issus des régions Pays de la Loire, Nord-Pas de Calais et Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Chaque comparaison régionale est introduite par un calendrier et une description du contexte politique de l'élaboration des travaux prospectifs tout en indiquant des éventuels liens entre les scénarios.

Le **troisième chapitre** formule sous forme d'une conclusion des recommandations à l'attention des travaux prospectifs nationaux au regard de la richesse des scénarios régionaux analysés. ■

I • Paysage des travaux prospectifs en France

1 • Critères de distinction entre scénarios

Ce rapport présente 4 indicateurs (commande et motivation, respect des objectifs « climat énergie » du pays, définition des variables exogènes et choix des méthodologies) qui permettent de distinguer différents types de scénarios.

COMMANDE ET MOTIVATION

Historiquement – à part ceux du Commissariat au Plan (1979, 1981, 1998) – les scénarios de la direction ministérielle en charge de l'énergie étaient élaborés en réponse aux commandes d'institutions internationales (AIE) ou de la Commission européenne. Depuis 2013 et le Règlement européen dit MMR (Mechanism for Monitoring and Reporting), la DGEC (Direction générale de l'énergie et du climat) doit transmettre tous les deux ans un scénario prospectif à l'horizon 2030 à la Commission européenne qui sert notamment à vérifier le respect des 3 objectifs pour 2020 (3*20% : efficacité énergétique, énergies renouvelables et -20% d'émissions de gaz à effet de serre). Ces scénarios sont élaborés avec l'appui d'une tierce partie ayant gagné le marché public en question. Jusqu'ici, le groupement de prestataires a toujours compris, entre autres prestataires, le bureau d'étude Enerdata. Le bureau d'étude ERASME était retenu pour la partie macroéconomique dans le dernier exercice (2012-13) et celui en cours. D'autres bureaux d'études ont fait, ou font actuellement, partie de ce groupement (Energies Demain, Citepa, Armines).

L'origine des SRCAE se trouve dans les lois Grenelle I et II, notamment l'article 68 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 modifiée portant sur l'engagement national pour l'environnement. Un des objectifs des SRCAE était d'identifier le potentiel régional mobilisable et l'apport des régions aux 3 engagements pour 2020. A cause d'un manque de méthodologie harmonisée et partagée, ce travail de compilation paraît aujourd'hui difficile. Une grande partie des SRCAE a été élaboré avec une implication plus ou moins importante d'un ou plusieurs bureaux d'études choisis par le moyen des marchés publics.

Ces scénarios institutionnels répondent donc avant tout à une commande politique et doivent respecter certains objectifs prédéfinis. Le périmètre des SRCAE était par ailleurs délibérément limité par exemple concernant l'enjeu du mix électrique dont la pertinence à l'échelle territoriale était mise en question.

La motivation des structures à l'origine des scénarios citoyens ou associatifs est de démontrer la faisabilité d'une trajectoire alternative, souvent en opposition à la politique énergétique actuelle ou en vue d'en accentuer les résultats. Par définition ce type de scénario peut difficilement provenir d'une commande d'une instance politique, même si cela n'empêche pas dans certains cas un soutien public.

Par ailleurs l'implication d'un bureau d'études – si elle a lieu – est concentrée sur des aspects spécifiques de quantification ou de mise en forme, sous le contrôle du donneur d'ordre. Il existe des formes intermédiaires : certaines commandes institutionnelles donnent une possibilité d'expression large au créateur d'un scénario. De même, les bureaux d'études ont pu également participer largement, comme pour les scénarios de Futur facteur 4 pour la région Nord-Pas de Calais et Pays de la Loire.

RESPECT DES OBJECTIFS NATIONAUX « CLIMAT-ÉNERGIE »

Le travail de consolidation des objectifs régionaux dans le cadre des SRCAE montre en moyenne un dépassement de l'objectif de gaz à effet de serre, soit -24% en 2020 par rapport à 2005 contre -16% pour l'objectif national. L'objectif d'efficacité énergétique est presque respecté : 133,7 Mtep contre 131,4 Mtep (valeur qui a été notifiée à la Commission européenne). L'objectif en termes de développement des énergies renouvelables reste également de peu derrière l'objectif national : 18% de la consommation d'énergie finale en 2020 contre 20%².

Les SRCAE devant refléter le potentiel régional, on constate des différences entre les régions. Ainsi les énergies renouvelables devraient couvrir de 10 à 42% de la consommation finale en région. Le niveau de consommation énergétique absolu, et sa composition, a aussi un rôle dans cette part des énergies renouvelables à court terme.

La consommation d'énergie finale en Languedoc-Roussillon par exemple reste stable tandis qu'en Rhône-Alpes elle diminue de 30% par rapport à au niveau de 2005 (et -20% par rapport au scénario tendanciel). En 2020 la Région Centre pourrait baisser de 36% ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à 2008, la Picardie de 21% par rapport à 2007 et le Languedoc-Roussillon de 34% ses émissions par habitants par rapport à 1990.

Cependant il faut préciser que l'atteinte des 3 objectifs au niveau régional n'était pas prescrite puisque les régions ont des potentiels différents qu'il s'agit de valoriser. Les SRCAE devaient explorer les potentiels existants dans chaque région. Des différences parfois importantes entre les régions paraissent donc tout à fait inévitables, d'autant que les études qui caractérisent le potentiel sont loin d'être homogènes dans leur qualité. Dans ce contexte il est plutôt surprenant que certains Régions comme Poitou-Charentes arrivent pour les 3 objectifs aux valeurs nationales.

A l'échelle nationale, il est intéressant d'observer que les scénarios Ademe et négaWatt ne respectent ni l'objectif -38 % de consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel en 2020, ni l'objectif d'une part modale du fret ferroviaire de 25 % en 2022 (l'Ademe ne l'atteint qu'en 2050). Seul le scénario Grenelle AMS Objectif (avec mesures supplémentaires pour atteindre les objectifs) de la DGEC intègre ces points de passage dans ses trajectoires d'une manière artificielle ou forcée, car les signaux actuels indiquent plutôt une trajectoire divergente par rapport à ces engagements³.

Le Facteur 4 (division par 4 des émissions de gaz à effet de serre) paraît aujourd'hui comme un acquis partagé largement auprès des acteurs du paysage prospectif en France –concernant les scénarios institutionnels et associatifs– même si le respect de cet engagement pour 2050 ne s'applique pas toujours à tous les gaz à effet de serre (contrairement à ce que vise la loi POPE 2005)⁴.

On ne peut pas conclure que des scénarios alternatifs respectent par définition moins que les scénarios institutionnels les engagements climat-énergie du gouvernement mais ils sont moins contraints de répondre aux mêmes obligations. Par contre, ce qui manque aujourd'hui, c'est l'élaboration d'un scénario exploratoire institutionnel pour montrer le décalage entre les mesures déployées et certains objectifs à atteindre. Le ministère de l'écologie s'est prêté en 2011 à un tel exercice (différence entre le scénario « avec mesures existantes – AME » et « avec mesures supplémentaires – AMS Objectif »). Ce travail montre cependant des limites car le scénario AME ne prend en compte que les mesures mises en place avant 2008 et la capacité d'atteindre les objectifs avec les mesures supplémentaires du scénario AMS Objectif n'est que insuffisamment analysée. Pour le secteur du bâtiment, le scénario AMS Objectif indique : « en l'absence de retour d'expérience contraire, il a été considéré que l'ensemble des mesures introduisant une obligation de résultat pour les acteurs concernés atteindrait pleinement leur objectif ». Les scénarios associatifs ajoutent souvent de nouveaux objectifs (par exemple 100 % énergies renouvelables ou la sortie du nucléaire) dans le panier des objectifs à atteindre.

DÉFINITION DES VARIABLES EXOGÈNES ET CHOIX DES MÉTHODOLOGIES

La définition des variables exogènes et le choix des méthodologies de scénarisation ou de la modélisation peuvent être envisagés de plusieurs manières plus ou moins ouvertes et participatives.

Les questions à se poser sont avant tout « Est-ce qu'il y a une phase de consultation ou co-construction ? », « Qui contribue à ces échanges ? », « Comment se déroulent-ils ? » et « Quelle est la procédure de la validation des choix retenus ? ».

Dans les marchés publics qui précèdent en règle générale l'élaboration d'un scénario institutionnel, le cadre méthodologique et le choix de certaines variables sont souvent en partie déjà fixés (une partie de ces paramètres du travail prospectif du ministère de l'écologie pour 2015 provient par exemple d'une recommandation de la Commission européenne).

Ensuite des comités techniques (notamment pour les SRCAE) ayant un caractère consultatif peuvent donner leur avis et ajouter une éventuelle contre-expertise concernant certains paramètres. La décision finale reste cependant entièrement dans les mains du porteur du scénario qui in fine, doit décider de ce qu'il inscrit dans « son » scénario.

Dans le cadre de scénarios alternatifs (associations ou citoyens), le choix de la méthodologie et des variables exogènes est pris dans la majorité des cas par un petit groupe de « scénaristes » qui suit le projet de A à Z avec ou sans accompagnement d'un bureau d'étude. Des avis d'experts externes peuvent bien entendu enrichir les réflexions.

2 • Vers un vocabulaire partagé de la prospective

Une discussion ouverte et informée sur des travaux de prospective, voire une comparaison entre différents scénarios, doit se baser sur un vocabulaire dont les définitions et paramètres sont transparents et partagés. Si cela n'est pas le cas, l'échange risque souvent d'être limité par des différences idéologiques représentées dans les scénarios.

D'abord une remarque préliminaire : la prospective énergétique (et climatique) est le domaine où **prospectif** (qui marie quantitatif et qualitatif) et la **prévision** (les modèles mathématiques pour trouver des chiffres) sont les plus intégrés. Ce sont pourtant deux techniques assez différentes (assemblages d'hypothèses en cohérence dans un cas et modèle mathématique calé sur le passé dans l'autre).

Il reste un problème de vocabulaire récurrent : une prévision haute, médiane et basse (de l'INSEE par exemple) sont appelées scénarios tout comme sont appelés scénarios des vision contrastées qualitatives (pourtant ces 2 « types » de scénarios et les méthodologies appliquées sont très différents).

2. Cet objectif ne tient compte que des énergies visées dans le décret SRCAE, qui exclut par exemple l'éolien off-shore. L'objectif complet est de 23 % en 2020.

3. Commissariat Général au Développement Durable (2014) « Bilan énergétique de la France pour 2013 », Juillet 2014

SCÉNARIO TENDANCIEL, « BUSINESS AS USUAL » OU DE RÉFÉRENCE

Le terme « tendanciel » est l'équivalent français de la formule anglaise : « business as usual ». Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) dans un tel scénario « la demande d'énergie évolue dans le futur conformément aux tendances du passé et aucune politique nouvelle n'est adoptée ».

Selon une autre définition « les scénarios tendanciels s'appuient uniquement sur la force d'inertie du système, qui se traduit par la permanence et la prédominance des tendances lourdes⁵. »

Dans l'application pratique de cette définition, il y a cependant des différences importantes car même la prolongation d'une tendance constatée aujourd'hui demande la mise en place d'hypothèses qui relèvent de l'interprétation du porteur du scénario (par exemple dans quelle mesure est-il réaliste que l'augmentation des m² par ménage observée se prolonge ou pas etc. ?).

Par ailleurs, il faut définir une date à partir de laquelle des mesures politiques additionnelles ne seront plus prises en compte dans le scénario. Ce raisonnement est appliqué par la DGEC (2011) : le scénario tendanciel « pré-Grenelle » ne prend pas en compte les décisions du processus Grenelle. La Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) les intègre uniquement dans la gamme de scénarios non-tendanciels.

Un scénario de référence est un scénario tendanciel ayant comme but particulier de permettre une comparaison avec un scénario prospectif, non-tendanciel. Certains objectifs, comme celui sur l'efficacité énergétique en 2020 à l'échelle européenne, sont définis par rapport à un scénario de référence. Ceci peut poser des problèmes pratiques et politiques car si un scénario tendanciel est basé sur des hypothèses critiquables lui-même. Il faut donc accéder à une compréhension détaillée du scénario tendanciel et du « scénario de réduction » pour pouvoir juger de la pertinence de l'objectif qui est défini par rapport à un scénario tendanciel ce qui ajoute une complexité non négligeable.

Par ailleurs le modèle PRIMES⁶ qui est utilisé pour les modélisations de la Commission Européenne est critiqué pour ces choix d'hypothèses (notamment les taux d'actualisation utilisés pour les investissements dans l'efficacité énergétique)⁷. Si des objectifs politiques sont pris sur une base qui elle-même est mise en doute ou peu transparente comme cela est le cas pour certains variables, alors la prise de décision politique perd de sa crédibilité.

SCÉNARIO NORMATIF & EXPLORATOIRE/BACKCASTING & FORECASTING

Des scénarios qui proposent des mix ou des consommations énergétiques très différents de ceux d'aujourd'hui sont souvent considérés comme « normatifs ».

A partir de quel moment un scénario est normatif? Par ailleurs, est-ce qu'il y a des scénarios qui ne le sont pas du tout...?

Pour schématiser, on peut dire qu'un scénario normatif déploie la méthodologie du : celui-ci commence avec la définition d'un futur souhaitable (100 % énergies renouvelables, facteur 4, etc.) à un horizon donné et définit à partir de ce point d'arrivée la trajectoire à suivre entre l'objectif à atteindre et aujourd'hui. Le respect de certains points de passage ou d'arrivée est aussi un élément central du scénario.

Les scénarios « purs » définissent, eux, un jeu de variables ou hypothèses autour duquel les trajectoires de consommation et de production énergétique sont développées sans viser un point d'arrivée ou intermédiaire précise. L'objectif est donc d'identifier certains points d'arrivée ou objectifs sans qu'ils aient été fixés antérieurement.

Le choix des variables dépend très fortement de la méthodologie et du modèle de scénarisation qui est utilisé. Si un modèle macro-économique est déployé, il faut par exemple formuler des hypothèses exogènes sur les prix d'énergie, les coûts des moyens de production électrique, le prix des rénovations par m², les critères de choix des agents etc.

Même si certains de ces modèles peuvent rendre endogène une partie de ces éléments. Il reste in fine toujours une partie de paramètres exogènes, différente selon les modèles donc, à fixer arbitrairement. Une approche plus se basera sur des tendances lourdes ou faibles constatées aujourd'hui pour soit les prolonger dans le futur soit imaginer des ruptures.

Cependant, des scénarios exploratoires sont très rares car la plupart des scénarios fixent certains objectifs de court ou long terme, globaux ou sectoriels même si par ailleurs une méthodologie de forecasting est appliquée.

Il est donc difficile d'identifier un point précis à partir duquel il est possible de parler d'un scénario normatif. Par contre dès qu'un scénario fixe un objectif long terme, on ne peut plus parler d'un scénario exploratoire « pur ».

4. Salomon, Thierry; membre du groupe d'experts du DNTE (2013) « Analyse comparative des émissions de GES entre scénarios », association négaWatt

5. Julien, Lamonde, Latouche (1975) « La méthode de scénarios », La Documentation Française

6. Le modèle PRIMES est un modèle économique à équilibre partiel du futur secteur énergétique européen. Il a été conçu par le E³M-Lab de l'Université polytechnique nationale d'Athènes en 1993

7. Friends of the earth – Europe (2014) « Briefing: Fiddling the numbers on the 2030 energy efficiency target »

8. Cired, RAC (2012) « Un scénario bas carbone "acceptable" pour la France »

9. GIEC (2001) « 7.6.3 Top-down and Bottom-up Models », Working group 3 : Mitigation www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=310

10. PIK (2010) « RECIPE – The Economics of Decarbonization »

11. négaWatt (2014) « Hypothèses et méthodes » www.negawatt.org/rapport-technique-p131.html

12. DGEC (2011) « Scénarios prospectifs Énergie – Climat – Air à horizon 2030 » www.developpement-durable.gouv.fr/scenarios-a-l-horizon-2020-2030.html

13. Chancer, Lucas / Demailly, Damien / Waisman, Henri / Guivarch, Céline (2013) « Une société post-croissance pour le XXI^e siècle »; Cired & Iddri - n°08/13

www.foeeurope.org/fiddling-the-numbers-150914

14. Commissariat Général au Développement Durable (2014) « Bilan énergétique de la France pour 2013 », Juillet 2014

Le scénario Ademe (2013) se compose par exemple en réalité de deux visions utilisant des méthodologies différentes : une approche plutôt exploratoire d'ici 2030 et normatif entre 2030 et 2050 afin d'atteindre le facteur 4 sur les émissions de gaz à effet de serre.

Il y a cependant une autre définition plus large de ce qu'est un scénario « exploratoire » qui interprète le mot dans le sens d'une « investigation des avenir possibles ». Dans une démarche de prospective territoriale par exemple plusieurs scénarios exploratoires peuvent être construits par rapport au devenir du territoire. Ensuite des critères qui font qu'un scénario est souhaitable sont identifiés afin de pouvoir choisir le scénario exploratoire qui répond le mieux à ces critères. Ce scénario devient alors le scénario normatif ou souhaitable. Le scénario normatif est, selon cette définition, un des scénarios exploratoires identifiés qui a été « choisi » comme particulièrement souhaitable par des acteurs ou des porteurs de scénario.

« FORCER UNE TRAJECTOIRE »

Appliquer une approche de dans le cadre d'un scénario normatif demande de « forcer une trajectoire » pour qu'elle soit cohérente avec les objectifs (par exemple l'objectif d'efficacité énergétique de 131 Mtep pour 2020 ou l'objectif d'une réduction de la consommation d'énergie finale en 2050 par 50 % par rapport à 2012 etc.).

Ce forçage peut s'effectuer sous plusieurs formes : Il est possible d'ajuster graduellement certains indicateurs si la trajectoire passe « à côté » d'un objectif (par exemple via une augmentation du nombre de rénovations annuelles ou une baisse des km parcourus pour les déplacements domicile-travail). Faute de mesures politiques additionnelles à partir de 2030 la DGEC a par exemple ajouté une valeur carbone à son scénario « AMS objectif F4 » (2011) afin de forcer le respect du facteur 4 en 2050 (dans une logique d'élasticité prix faisant diminuer la consommation d'énergie fossile dès lors que son prix final augmente).

Si un tel ajustement des trajectoires est essentiel, il est aussi important que les indicateurs clés nécessaires pour atteindre les objectifs soient présentés d'une manière transparente et compréhensible.

MODÉLISATION « TOP DOWN » OU « BOTTOM-UP »

D'une manière schématique, on peut dire que les modèles de scénarisation « top-down » ou économiques s'appuient sur une représentation détaillée de la dynamique économique mais ne représentent qu'imparfaitement le système énergétique et ses contraintes techniques. Les modèles « bottom-up » dits aussi « d'ingénieur » donnent pour leur part la priorité à une représentation plus détaillée des technologies et du système énergétique mais avec une représentation frustrée des contraintes et dynamiques économiques (en particulier l'interaction entre les prix et la demande d'énergie et de matières premières.)⁸ Des modèles hybrides essaient de leur côté de lier ces deux éléments dans un seul modèle souvent au prix d'une complexité importante ce qui peut transformer ces modèles en véritable « boîtes noires » difficiles à interpréter.⁹

Par ailleurs le fonctionnement structurel des modèles de chaque typologie de modélisation est très spécifique. Le projet RECIPE¹⁰ a comparé les résultats de trois modèles hybrides : Imaclim-R, Remind et Witch, tous soumis à la contrainte de respect d'un objectif climatique mondial cohérent avec la limite des + 2° C. Leurs stratégies de transition et leurs trajectoires varient considérablement, notamment du fait de méthodologies et d'idéologie très différentes.

Le seul remède pour mettre les modèles au service d'une compréhension partagée et critique est alors d'appliquer la plus grande transparence possible sur le fonctionnement structurel des modèles, les variables et hypothèses utilisés ; ceci nécessite donc une implication importante des développeurs des modèles et un temps important d'appropriation par des parties prenantes.

Il est clair que le « *modus operandi* » des différents porteurs de scénarios concernant la transparence de l'approche de modélisation varie énormément.

L'association négaWatt vient par exemple de publier – tardivement – un rapport technique qui détaille sur plus de 200 pages la méthodologie et les hypothèses¹¹. La DGEC (2011) au contraire n'a mis à disposition qu'une synthèse de 11 pages de son scénario, qui ne permet évidemment pas d'appréhender les mécanismes de modélisation utilisés¹².

LE RÔLE DU PIB DANS LA MODÉLISATION

Les discussions sur le rôle du PIB dans la modélisation se focalisent souvent sur le débat autour de la compatibilité d'une croissance économique illimitée avec des objectifs environnementaux dans un monde de ressources limitées (société post croissance, décroissance, stabilité ou des questionnements autour de la qualité de la croissance)¹³. Pour les travaux de prospective, cette discussion porte notamment sur le phénomène du découplage entre croissance économique et consommation énergétique. La décision d'un porteur de scénarios de représenter une croissance économique ou pas est guidée par le choix de la méthodologie (le PIB est une variable d'entrée (et de sortie...) cruciale pour un modèle macro-économique) et des objectifs prioritaires (est-ce que l'objectif est de montrer le coût/le gain d'une politique de mitigation sur le PIB ou encore le nombre de rénovations annuelles ou les investissements nécessaires pour respecter l'objectif climat?). L'approche idéologique (modèle néo-classique, néo-kéynésien...) sous-jacente joue très certainement aussi un rôle crucial.

Le PIB peut donc être une variable exogène (pour les modélisations type d'ingénieur) ou endogène (pour la majorité des modèles macro-économique) selon les approches de modélisation appliquées.

L'intégration d'un taux de croissance économique important rend – atténué ou renforcé selon le degré de découplage projeté – automatiquement plus difficile le respect d'objectifs d'efficacité énergétique (en valeur globale). Les secteurs de consommation énergétique les plus réactifs par rapport à une croissance économique sont l'industrie, le transport de marchandise et les consommations « de loisirs » (selon les modes de vie) des ménages¹⁴. Concernant le secteur de l'industrie, les discussions entre porteurs de scénario portent souvent sur le choix entre des objectifs en termes de consommation énergétique ou d'intensité énergétique, le dernier permettant

d'intégrer l'amélioration de l'efficacité énergétique relative aux évolutions du PIB. Cette approche rend théoriquement possible une hausse de la consommation énergétique tout en augmentant l'intensité énergétique via une amélioration des procédés (ce qui reste néanmoins problématique au vu des objectifs environnementaux). Mais la première approche représente également des dangers : la consommation énergétique de l'industrie en France (-33 % depuis 1973) n'a, en majorité, pas baissé à cause d'une augmentation de l'efficacité énergétique de la production mais du fait de fermetures d'usines, une conjoncture économique défavorable ces dernières années et une tertiarisation de l'économie. Si la consommation énergétique sur le territoire français est réduite en raison d'une délocalisation de la production, l'objectif climatique global (à l'échelle mondiale) est également mis en question¹⁵.

Le scénario négaWatt a été largement critiqué lors du Débat National sur la Transition Énergétique (DNTE) pour l'absence d'un indicateur de PIB. Cependant l'absence d'un tel indicateur ne dit encore rien sur la (dé)-croissance dans le scénario. négaWatt a choisi une approche intéressante concernant la production industrielle : Il vise une adaptation de la production industrielle nationale à la consommation française. Il simule en conséquence la possibilité théorique de relocaliser progressivement d'ici 2050 la production de la totalité des biens qu'on importe aujourd'hui (ce qui relocalise donc aussi des émissions de gaz à effet de serre et la consommation énergétique liés à la production des biens). Cependant, cet exercice ne vise pas à promouvoir une France autarcique en 2050, mais à démontrer la faisabilité de l'autonomie de l'économie française et surtout la possibilité d'assumer pleinement les impacts environnementaux de la consommation. L'étude n'exclut pas l'existence d'échanges en 2050, mais s'ils ont lieu, ce sera à impact énergétique équivalent entre les biens produits sur place ou importés. L'impact d'une telle relocalisation sur la croissance économique reste cependant difficile à évaluer (coûts de production plus élevés, investissements nécessaires etc.).

Au-delà de la question de l'impact du PIB sur la consommation d'énergie et la création d'emploi, le changement des modes de consommation représente un enjeu aussi crucial comme une meilleure prise en compte des impacts climatiques et énergétiques de nos choix de consommation au-delà de nos frontières.

15. • RAC, Ademe, Citepa (2012) « Les émissions importées – Le passager clandestin du commerce mondial » ; 52 pages www.rac-f.org/Les-emissions-importees-Le

• RAC (2014) « Réduire les émissions liées à la consommation – quelles mesures politiques ? » ; 52 pages www.rac-f.org/Reduire-les-emissions-liees-a-la

16. Carbone 4 (2014) « Les 4 trajectoires du DNTE », page 20, chapitre 7.

Les périmètres d'analyse des scénarios

Certaines corrections apportées par Carbone 4 sont discutables et contestées par les porteurs de scénarios : par exemple, pour le scénario négaWatt, le mix électrique a été corrigé pour prendre en compte celui simulé par un autre outil (ELECTSim). Cette correction ne prend pas en compte l'équilibre en puissance de la production/consommation d'électricité – pourtant modélisé en détail par les porteurs de scénario en tenant compte des évolutions tant au niveau de la demande d'électricité des différents secteurs consommateurs que de la production d'électricité des différentes filières renouvelables et non renouvelables. La correction apportée détruit donc la cohérence de la modélisation du scénario négaWatt au bénéfice d'une comparabilité entre scénarios, ce qui est discutable.

17. MEDDE, Ademe (2014) « Analyse des SRCAE »

18. Commission européenne (2011) « Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050 »

19. MEDEE : Modèle d'évolution de la demande d'énergie. Bertrand Château et Bruno Lapillonne. www.enerdata.net/enerdatafr/solutions/modeles-energetiques/mdee-energie-moedele.php

20. Benjamin Dessus (2014) « La transition énergétique : pourquoi, pour qui et comment ? »

21. Reporterre (2013) « Retour sur l'histoire du nucléaire en France »

22. Groupe Bellevue (1978) « Projet Alter - Esquisse d'un régime à long terme tout solaire » Édition Syros 66 p www.apromep.fr/docathema/pdf/2.pdf

LES PARAMÈTRES & PÉRIMÈTRES

Les travaux de comparaison de scénarios ont souvent des difficultés à aboutir à cause des différences importantes entre les périmètres considérés par les scénarios. Ce fut le cas pour le DNTE.

Ces différences peuvent par exemple porter sur :

- l'année de référence et l'horizon temporel de modélisation;
- le territoire analysé (par exemple avec ou sans les territoires d'outre-mer);
- la prise en compte ou pas des consommations finales non énergétiques, de la consommation de la branche énergie, des calories air, eau et sol des pompes à chaleur et du trafic maritime et aérien national et international, etc;
- la présentation des résultats : expression en énergie finale/ énergie primaire, comptabilisée à l'aide des Pouvoirs Calorifiques Inférieurs (PCI) ou de Pouvoirs Calorifiques Supérieurs (PCS) pour les combustibles/carburants.

Le bureau d'étude Carbone 4 a dans son rapport « Les 4 trajectoires du DNTE » constaté un certain nombre d'écarts entre les scénarios liés aux différences de périmètre détaillés ci-dessus. Afin de pouvoir aboutir à une comparaison, des corrections ont dû être apportées aux trajectoires¹⁶.

Le travail de comparaison et de compilation des SRCAE mené par le MEDDE et l'ADEME se heurte également à des problèmes de périmètre : les régions ont signalé un manque de méthodologies nationales qui, couplé à de grandes difficultés d'accès aux données, a abouti à des méthodes de calcul non harmonisées (années de référence différentes, sectorisation différentes, données non corrigées du climat...) qui rendent délicate et imprécise la consolidation des objectifs régionaux. Ces difficultés sont par ailleurs complétées par un « manque important d'appropriation de méthode et de transfert de compétence [...] dans les régions ayant eu recours à des bureaux d'études. Par exemple, 3 régions ne savent pas si leurs données ont été corrigées du climat et 6 régions ignorent si le bilan régional des consommations d'énergie inclut le secteur de la production d'énergie¹⁷. »

VARIABLES EXOGÈNES/ENDOGÈNES

Chaque travail de prospective se construit sur un cadre structurant composé par des variables qui sont basées sur des tendances observées, fixées par les porteurs de scénario (par exemple l'évolution démographique, le potentiel du développement d'éolien terrestre ou l'évolution du PIB).

Une variable est endogène, lorsque ses valeurs sont déterminées par le modèle lui-même, comme résultat des décisions d'« agents économiques » (particuliers, entreprises, gouvernement), ou à cause de l'influence d'autres variables économiques. Il peut s'agir de l'évolution du PIB, le nombre de rénovations effectuées, l'évolution du mix électrique selon les prix par MWh, etc.

Selon les modèles utilisés, certaines variables sont parfois endogènes et/ou exogènes ; notamment le prix des énergies, la croissance/décroissance économique et les coûts des différents moyens de production électrique etc.

Par exemple, si les coûts des différents moyens de production électrique représentent une variable endogène d'une modélisation, des facteurs comme la courbe d'apprentissage

des technologies, les prix relatifs d'autres moyens de production et des émissions associés au kWh (pour le cas d'une taxe carbone) influencent ces valeurs.

La distinction endogène/exogène n'enlève bien évidemment rien au besoin de mener une discussion sur les coûts actuels des différents technologies qui peut amener à des résultats divergents selon le périmètre considéré, le pays concerné et les impacts indirects pris en compte.

En tout cas, une présentation transparente des composantes endogènes et exogènes est indispensable pour permettre une compréhension large des résultats d'un scénario.

Il faut aussi garder en tête que l'utilisation d'une variable exogène comme la diminution des km parcourus pour le transport de passagers en voiture ne donne pas encore une explication par rapport à la motivation qui pousserait la population à diminuer leurs trajets.

QUEL MONDE EXTÉRIEUR ?

Tout scénario s'insère (implicitement ou explicitement) dans une vision mondiale. Cette vision du monde peut (surtout si le modèle national est intégré dans un modèle mondial) impacter certaines variables importantes comme le prix des énergies ou des technologies. L'existence d'un accord contraignant mondial sur le climat par exemple fera à terme baisser les prix des énergies fossiles (via une moindre demande) et équilibrera la contrainte carbone sur toutes les économies. Une autre question est l'évolution des modes de vie dans les pays émergents et en voie de développement. Tout en laissant la liberté d'un choix de développement, est-ce que toutes les sociétés doivent nécessairement passer par des phases de surconsommation comme les pays industrialisés, ou est-ce que d'autres stratégies de développement et de consommation sont possibles ?

La question du traitement du monde extérieur au périmètre du scénario n'est donc pas anodine dans un système caractérisé par un système climatique mondial et des flux commerciaux et financiers importants.

La Commission européenne avait par exemple projeté plusieurs visions du monde pour ses scénarios 2011¹⁸ : un monde avec un prix du pétrole élevé ; un développement économique particulièrement fort dans les pays asiatiques créant ainsi une demande énergétique supplémentaire ; une raréfaction des ressources due aux problèmes de surexploitation... Cet autre avenir se caractérise par un développement économique incertain, une exploitation active des ressources pétrolières restantes et une évolution radicale des techniques d'exploitation de ressources non conventionnelles.

A l'opposé, le prix du pétrole dans les scénarios de décarbonisation de la Feuille de route 2050 de l'Union européenne est très bas car ces scénarios se situent dans un monde caractérisé par un accord climatique mondial. Tous les pays industrialisés s'engagent ensemble à une réduction de leurs émissions de 80 %. Cela limite évidemment le danger des fuites de carbone.

3 • Une balade dans le temps : les travaux de prospective énergétique en France

LES ANNÉES 1970 – TRAVAUX DE PROSPECTIVE ET CLIVAGE AUTOUR DU NUCLÉAIRE

Les travaux de prospective d'un pays reflètent ses choix énergétiques et reproduisent des interprétations sous-jacentes au fonctionnement du monde et notamment du système économique. Ce constat est vrai aussi pour la France.

Les années 1970 sont caractérisées par les réactions au choc pétrolier qui déclenche deux évolutions parallèles : des initiatives politiques de réduction de la consommation énergétique et un plan de développement du nucléaire civil.

Dans cette décennie apparaissent aussi les premières études de la demande énergétique et les premiers scénarios alternatifs s'opposant au plan nucléaire du gouvernement. Ces travaux accompagnent une opposition de la population concernant la plupart des sites, les plus emblématiques étant Creys Malville en 1977 et Plogoff entre 1978 et 1981

En 1977 apparaît un modèle énergétique « MEDEE » qui est un modèle national de prospective de demande à long terme qui permet d'analyser finement l'évolution des besoins d'énergie par usage et par secteur économique. Depuis, ce modèle a été adapté à plus de 100 pays et régions. Une version avancée de MEDEE est encore utilisée dans le cadre des exercices prospectifs institutionnels les plus récents. Il appartient au bureau d'études Enerdata¹⁹.

MEDEE représente donc un élément important dans les années 1970 permettant d'élaborer des scénarios de consommation énergétique de long terme²⁰.

L'opposition au nucléaire se fait également sentir dans les travaux prospectives de cet époque : un groupe de chercheurs de l'Institut économique et juridique de l'énergie de Grenoble publie en 1975 un rapport : « Alternatives au nucléaire, réflexions sur les choix énergétiques de la France » (Presses Universitaire de Grenoble) qui met en question les études prospectives d'EDF. Il montre qu'à l'horizon 1985, le recours massif au nucléaire n'est pas la seule option possible, notamment si une lutte contre le gaspillage énergétique (architecture, urbanisme, transports, etc.) s'engage accompagnée par une diversification des sources d'énergie²¹.

En 1978, le groupe de « Bellevue » composé de chercheurs du CNRS, du Collège de France, d'EDF et de l'INRA présente le « projet Alter²² » qui se base sur une stabilisation de la consommation d'énergie et un recours massif aux énergies renouvelables. En 2050, la consommation d'énergie finale de la France y est limitée à 140 Mtep (contre 147 Mtep en 1975), la consommation d'énergie primaire est complètement assurée par les énergies renouvelables et, dès 2000, le nucléaire disparaît. C'est donc une rupture considérable par rapport aux scénarios officiels de l'époque. En 1979, le Commissariat Général au Plan publie 5 scénarios pour les années 1985-90

qui se différencient notamment concernant l'évolution du prix du pétrole et la réaction domestique à ces changements. Les scénarios prévoient plus ou moins d'économies d'énergie (entre 1,5 et 4,5 Mtep sur la période) et en parallèle la montée en charge du programme électronucléaire.

L'étude du « projet Alter » avait apporté une réflexion nouvelle sur les liens entre la sortie du nucléaire, les économies d'énergie et le développement des énergies renouvelables. Un « Projet Alter II » a été lancé en 1981 visant le développement d'un « modèle de prospective libre²³ ». Une autre nouveauté était la promotion d'une approche décentralisée des questions énergétiques ce qui a provoqué un engouement certain de groupes locaux de citoyens et de collectivités territoriales, qui se sont emparés des méthodes décrites pour élaborer une dizaine de « projets Alter régionaux » et ont ainsi commencé à s'approprier les questions énergétiques²⁴.

On peut citer notamment le projet Alter Aquitaine²⁵, Alter Alsace²⁶ et Alter Bretagne²⁷ (révisé récemment²⁸). Ces contre-propositions citoyennes ont été co-rédigées par des syndicats, partis politiques, et associations environnementalistes.

Ces travaux des années 1970 montrent donc l'émergence de scénarios citoyens à l'échelle régionale soutenus par les travaux du groupe Bellevue en réaction au développement du parc électronucléaire et au clivage ressenti entre la vision institutionnelle autour du nucléaire et d'une vision d'un futur 100 % renouvelable portée par certains citoyens.

Il faut aussi citer les travaux prospectifs qui explorent différentes options du mix énergétique pour 1990²⁹. Au début des années 80 le parti d'opposition, le Parti Socialiste, élabore des perspectives pour 1990 de consommation et d'approvisionnement en énergie³⁰. Ces perspectives expriment une politique de l'énergie qui met l'accent sur la dissociation entre la croissance économique et la consommation énergétique et l'amélioration de l'indépendance énergétique. Alors que le 8^e Plan de l'énergie du gouvernement publié en 1980³¹ s'appuie sur une hypothèse de croissance économique de 3,5 % par an au cours des années 80, les propositions du Parti Socialiste supposent une croissance de 5 % l'an.

Durant l'été 1981, un autre groupe est mis en place par le Ministère délégué à l'Énergie, connu sous le nom de son président « Hugon ». Le rapport issu de ce groupe de travail³² fournit les bases du programme d'indépendance énergétique adopté par l'Assemblée Nationale le 8 octobre 1981.

Les parlementaires, de leur côté, constituent une commission qui élabore un rapport d'information sur la politique de l'énergie, appelé rapport « Quiles³³ ».

Les différences entre le rapport « Hugon » par rapport au rapport « Quiles » et le travail du Parti Socialiste sont s'expliquent par la nécessité du nouveau gouvernement d'assurer « une certaine continuité » avec la politique de l'ancien gouvernement. Notamment la projection de la production nucléaire en 1990 du rapport Hugon est plus importante que celle des deux autres travaux (de 25 à 37% plus élevé selon les trajectoires de consommation énergétique) même si elle constitue une baisse par rapport au 8^e Plan de l'énergie (de -10 à 18 % selon les trajectoires de consommation énergétique).

Un événement important à cette époque est la conférence mondiale de l'énergie, organisée à Cannes en 1986 par les énergéticiens membres de ce forum dont EDF. Cette « Grand Messe » des énergéticiens a été alors bousculée par les tenants de l'approche par la demande menés notamment par Bernard Laponche³⁴ en France, qui ont imposé les scénarios « Energy for a Sustainable World » réalisés notamment par José Goldenberg, ministre brésilien de l'époque. L'efficacité énergétique et l'approche par la demande s'est depuis imposée chez les producteurs. Ce groupe a depuis publié les scénarios Global Energy Assessment (GEA) diffusé sous l'autorité de l'IIASA de Vienne et qui ont servi de base à une grande partie des travaux du GIEC AR5 de 2014³⁵. Un des relais du « groupe Goldenberg », Pierre Radanne, ancien responsable de l'Agence Française de Maitrise de l'Énergie dans le Nord-Pas de Calais, a alors créé spécifiquement un institut coopératif destiné à la production de scénarios, l'INESTENE (Institut d'Évaluation des Stratégies Énergétiques en Europe) pour imposer ce thème dans l'arène publique en France.

23. Groupe Belle vue (1981) « Projet de travail - modèle de prospective libre », www.apromep.fr/docathema/pdf/7.pdf

24. Benjamin Dessus (2014) « La transition énergétique : pourquoi, pour qui et comment ? »

25. www.apromep.fr/docathema/pdf/2.pdf

26. Thierry De Laroche Lambert, Michel PIERRE, Camille Munsch, François Walgenwitz (1983) « Les énergies de l'Alsace, Projet Alter », Ed. Syros, 214 p.

27. « Projet Alter Bretagne » publié en 1979

28. Union démocratique bretonne (2009) « Nouveau Projet alter breton : un avenir soutenable pour la Bretagne, mieux vivre sans pétrole et sans nucléaire », Saint-Brieuc www.udb-bzh.net/IMG/pdf/NPAB_vf.pdf

29. Martin, Jean-Marie (1982) « Chronique sur l'énergie : tendance de la consommation (1979-1981) et nouvelles orientations de la politique énergétique française (1981-1990) », Revue d'économie industrielle ; 1982 - Volume 20, pages : 101-113

30. Parti socialiste (1981) « Énergie : l'autre politique », Club socialiste du Livre, 1981

31. « Rapport de la Commission Énergie et Matières premières » de la préparation du 8^e Plan 1981-1985. Il s'agit d'un document du Commissariat Général au Plan, publié en juillet 1980.

32. Hugon, Ministère de l'Industrie chargé de l'Énergie (1981) « Rapport préparatoire à la communication relative à l'énergie », Document de travail, octobre 1981, 150 p.

33. Quiles, Paul (1982) « Rapport d'information sur la politique de l'énergie », Assemblée Nationale, n° 405, octobre 1982 tomes.

34. Commissariat au Plan « Énergie 2010 », rapport du Groupe de prospective sur l'énergie, présidé par Michel Pecqueur, Tome I, février 1991, 434 p., 150 F

35. Synthèse dans le n° 189 de Futuribles (1994)

36. Commissariat au Plan « Énergie 2010 », rapport du Groupe de prospective sur l'énergie, présidé par Michel Pecqueur, Tome I, février 1991, 434 p., 150 F

37. Synthèse dans le n° 189 de Futuribles (1994)

38. Cahiers de Global Chance (1994) « Comparer des scénarios énergétiques pour comprendre les marges de liberté » ; N°3 - Mars 1994

39. Commissariat général du Plan (1998) « Énergie 2010-2020 - Trois scénarios pour la France », septembre

40. Moisan, François (1999) « Les scénarios énergétiques pour la France aux horizons 2010 et 2020 », Annales des Mines, novembre

41. DGEMP-OE (2000) « Perspectives énergétiques pour la France - Scénario de référence » Observatoire de l'énergie

42. Giraud, Pierre-Noël (1999) « Un scénario énergétique tendanciel pour la France à l'horizon 2020 », Annales des Mines, novembre

43. A. Bonduelle, B. Bailly et al. « Réduction des émissions de CO₂ : Politiques et Mesures pour la France 1997-2005 », INESTENE Paris

44. DGEMP-OE (2004) « Scénario énergétique tendanciel à 2030 pour la France »

DGEMP-OE (2008) « Scénario énergétique de référence »

45. DGEMP (2005) « Etude pour une prospective énergétique concernant la France » ; LEPII, Enerdata

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE FAIT SON APPARITION DANS LA PROSPECTIVE

L'enjeu des changements climatiques apparaît sur la scène de la prospective à la fin des années 90. Auparavant, c'est d'abord la maîtrise de l'énergie qui s'impose progressivement. Le climat n'apparaît dans l'arène publique qu'après la conférence de Kyoto en 1997.

En 1991, le Commissariat au Plan présente son rapport sur l'avenir énergétique de la France à l'horizon 2005-2010³⁶. Le rapport encourage des efforts d'économies d'énergie notamment pour réduire la dépendance au pétrole et souligne l'importance de la diversification du mix énergétique notamment électrique ce qui inclut selon les acteurs le développement des centrales nucléaires mais aussi fossiles.

Concernant l'enjeu des changements climatiques l'objectif d'une réduction de 20% des rejets de CO₂ en 2005 (par rapport à 1988) – un chiffre adopté par la conférence de Toronto en novembre 1988 – paraît inaccessible pour la France, une stabilisation au niveau actuel apparaissant aux auteurs déjà difficile à atteindre (ce qui s'est cependant produit).

En 1992, le ministère de l'environnement a demandé au programme ECLAT-ESCG (économie et société face au changement global) mis en place en 1989, l'élaboration d'une étude baptisée ensuite « détente » qui comportait parmi d'autres analyses sectorielles, 3 scénarios contrastés notamment concernant l'évolution de la part du nucléaire dans le mix électrique jusqu'en 2020. Ce projet a été mené par l'INESTENE³⁷.

Un scénario A « Poursuite du nucléaire » avec une part d'environ deux tiers, un scénario B « Rééquilibrage » avec une contribution entre 40 et 60 % et un scénario C « Sortie du nucléaire » avec un arrêt complet du nucléaire en 2010 supposant un amortissement des réacteurs à 25 ans. Sans surprise le scénario C se base sur les principes d'une maîtrise des consommations électriques et un développement relativement important des énergies renouvelables par rapport aux autres scénarios (7,3 % d'énergies renouvelables pour le scénario C par rapport à 3 % pour le scénario A). Les émissions de gaz à effet de serre augmentent légèrement entre 1990 et 2010³⁸.

En 1998 le groupe de prospective « Energie 2010-2020 » du Commissariat Général au Plan (CGP) publie trois scénarios énergétiques contrastés pour la France aux horizons de 2010 et 2020³⁹. Ces trois scénarios du Plan ont été intitulés : « Société de marché (S1) », « Etat industriel (S2) » et « Etat protecteur de l'environnement (S3) ». Pour la première fois les groupes de travail sont plus ouverts à des expressions plurielles. Ceci est dû d'une part à une situation politique (cohabitation gauche-droite) mais aussi à une situation de doute sur le nucléaire concurrencé à l'époque par le gaz, ainsi que par une croissance faible de la demande d'énergie.

Les hypothèses communes de travail – une croissance économique annuelle moyenne de 2,3 %, un prix du pétrole parvenant en 2005 à la valeur de 24\$ le baril et demeurant à cette valeur jusqu'en 2020 – ont par la suite été revues.

La variante la plus basse de l'augmentation de la consommation d'énergie finale variant dans les 3 scénarios entre + 12 et

+ 27 % entre 1992 et 2010 était par contre proche de la réalité (+10 % sur la période). Les augmentations prévues pour 2020 sont par contre complètement incompatibles avec l'objectif d'efficacité énergétique en place : entre + 66 et + 25 % pour les 3 scénarios contre l'objectif actuel de - 7 % (131 Mtep). En 2020 la part du nucléaire dans les bilans électriques varie de 68 % à 13 % selon la durée de vie de centrales nucléaires modélisée. Comme les fermetures (variables selon la durée de vie) des réacteurs nucléaires sont notamment compensées par la construction de centrales thermiques fossiles, les émissions de CO₂ décrivent une trajectoire entre une stabilisation et une augmentation de 17 % par rapport à 1990. Ces projections se situent donc assez loin des évolutions réelles qui affichent une diminution de 10 % des émissions de CO₂ entre 1990 et 2013⁴⁰.

En complément et en s'appuyant sur le travail analytique réalisé, la DGEMP⁴¹ construit par la suite en 2000 un scénario tendanciel. Le scénario prévoit une hausse de la consommation d'énergie finale de 35 % entre 1998 et 2020, ce qui rétrospectivement apparaît exagéré, tout comme le niveau d'émissions de CO₂ qui correspond à deux tiers de plus que les émissions mesurées en 2013.

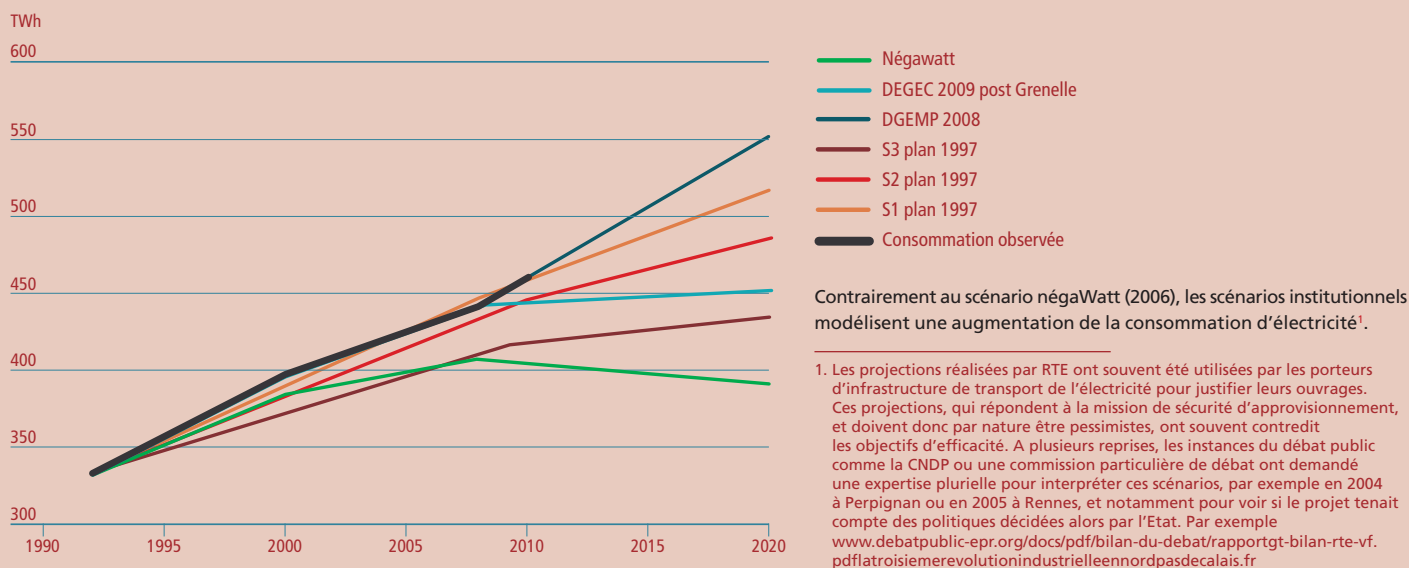
Le scénario tendanciel met également en avant l'importance de la poursuite du programme électronucléaire pour respecter l'engagement de Kyoto car le développement de centrales au gaz pour satisfaire l'augmentation de la demande en électricité est un élément essentiel de la croissance des émissions⁴². A la même époque le WWF-Europe édite un travail d'estimation scénarisée des potentiels de la France avant Kyoto. En l'absence de scénario plus institutionnel, ce scénario alimentera les positions favorables à un engagement ambitieux⁴³.

L'engagement de la France devant la communauté internationale de diviser ses émissions en 2050 par un facteur 4 (inscrit dans la loi POPE) marque un tournant concernant la prospective en France. Cependant les scénarios publiés par le ministère de l'industrie en 2004 et 2008 se concentrent uniquement sur l'aspect tendanciel à l'horizon 2030⁴⁴.

Ils sont notamment élaborés à la demande l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et la Commission européenne afin d'alimenter leur travail de prospective mondiale. Ils poursuivent les hypothèses d'une augmentation de la consommation énergétique et de la place de l'électricité et projettent des hausses des émissions de CO₂ incompatibles avec une trajectoire facteur 4 (+ 43 % pour le scénario 2004 et + 16 % pour le scénario 2008; entre 1990 et 2030).

La différence des émissions s'explique en partie par la diminution de la production nucléaire dans le scénario 2004 qui est remplacée par des centrales fossiles pour couvrir la hausse de la consommation électrique tandis que le scénario 2008 prévoit une augmentation de la production nucléaire de 16 % entre 2000 et 2030.

Par contre la DGEMP publiée, soutenue par LEPII/Enerdata, en 2005⁴⁵ un scénario Facteur 4 pour la France qui projette une réduction de la consommation d'énergie finale entre 2010 et 2050 de 40% accompagnée par une augmentation de 60 % de la consommation d'électricité (la production nucléaire augmente de 20 %).



Consommations d'électricité dans les scénarios français

Source : Global Chance (2010) « Les visions prospectives de la consommation d'électricité en France depuis 15 ans » ; N° 27 - janvier 2010

Le travail prospectif de la DGEC publié en 2011 montre une modélisation plus détaillée que les exercices ultérieurs même s'il reste cantonné à la reproduction d'objectifs existants (pour les scénarios ② et ③) sans s'aventurer sur des variantes futures notamment en termes de mix énergétique et électrique.

- ① Le scénario pré-Grenelle ne prévoit aucune politique ou mesure nouvelle, autre que celles déjà en place ou décidées au 1^{er} janvier 2008;
- ② Le deuxième scénario s'appelle « Grenelle » dit « AMS Objectifs », il prend en compte l'effet des mesures et force l'atteinte des objectifs prévus par les lois Grenelle I et II, à l'horizon 2020 et 2030;
- ③ Le scénario « AMS objectif F4 » donne une valeur au carbone sur les secteurs hors-ETS à partir de 2020 de manière à forcer le respect d'une trajectoire compatible avec l'atteinte du « facteur 4 » en 2050.

Ces scénarios répondent à l'obligation de reporting européen biennuel par rapport au paquet climat-énergie 2020.

Globalement le scénario « Grenelle » permet une stabilisation de la consommation énergétique entre 1990 et 2030 tout en projetant une augmentation de la production électrique de +30% entre 2000 et 2030 (qui prend donc la place d'autres vecteurs énergétiques) accompagnée par une hausse de la capacité nucléaire installée (63 à 66 GW). Les émissions de tCO₂eq diminuent de 23% entre 1990 et 2020 et de 32% entre 1990 et 2030.

Seule une synthèse de quelques pages est accessible publiquement sur le site du ministère, ce qui pose un problème en terme de transparence concernant le choix des hypothèses et de compréhension des principes de modélisation.

L'ACCÉLÉRATION DE LA PROSPECTIVE ET LE BESOIN DE COMPARAISON

Ensuite, on constate une véritable accélération de publications de scénarios⁴⁶ souvent pour promouvoir des visions énergétiques « normatives⁴⁷ ».

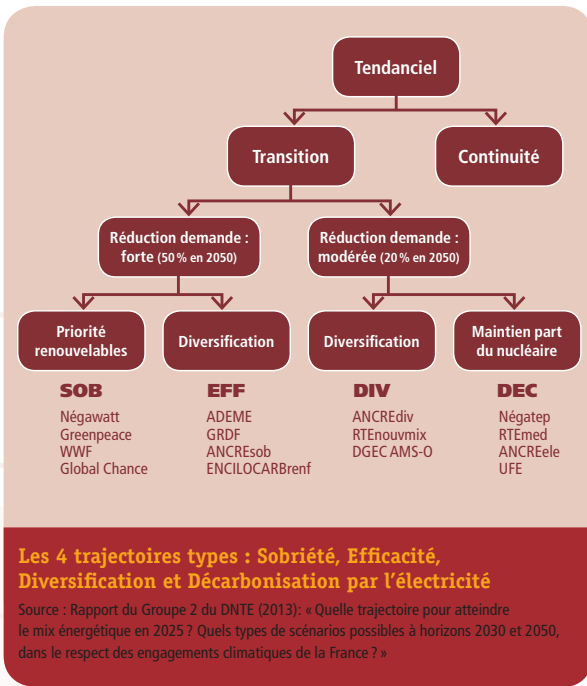
C'est l'association négaWatt qui a par exemple publié en 2003 son premier scénario (suivi par des versions plus détaillées en 2006 et 2011) promouvant une vision quasiment 100% renouvelable en 2050 capable de respecter un Facteur 4 sur les gaz à effet de serre (pas simplement pour le secteur énergétique, mais tous secteurs confondus).

D'autres scénarios ont donc émergé notamment pour alimenter le débat public sur les évolutions long terme 2050, l'enjeu du nucléaire et plus largement du mix énergétique :

- ADEME (2012)
- ANCRE (2013)
- CIRED, Encilowcarb (2012)
- Enerdata-CITEPA-DGEC (2011)
- Global Chance (2012)
- GrDF (2013)
- Greenpeace (2013)
- Négawatt (2011)
- RTE (2013)
- Sauvons le climat, Négatep (2010 actualisé en 2014)
- UFE (2011)

Les membres des groupes de travail multi-acteurs mis en place lors du débat national sur la transition énergétique en 2013 ont fait ressortir, par rapport à cette multitude d'approches prospectives (méthodologies et modèles), le besoin de pouvoir comparer les scénarios existants afin de pouvoir discuter des différents types de trajectoires de consommation et de production énergétique proposées.

Le comité d'experts a réalisé cette comparaison en lien avec le groupe de travail « mix énergétique ». L'analyse portait sur 11 scénarios à horizon 2050 et permettait de les regrouper sous forme de 4 trajectoires principales en fonction du niveau de la consommation (réduction forte ou modérée) et du mix énergétique (plus ou moins diversifié).



- La trajectoire **DEC**, inspirée des scénarios Negatep, RTE median, Ancre ELE et UFE, prévoit une demande énergétique en légère baisse à 2050, avec une croissance forte de la demande électrique. Cette trajectoire repose sur la substitution des énergies fossiles par la biomasse et l'électricité nucléaire.
- La trajectoire **DIV**, inspirée des scénarios ANCRE DIV, RTE nouveau mix et DGEC AMO, prévoit une réduction modérée de la demande énergétique et une diversification du mix énergétique.
- La trajectoire **EFF**, inspirée des scénarios ADEME, GRDF, ANCRE Sob et Encilowcarb renforcé, prévoit une baisse de la demande énergétique importante et une diversification du mix énergétique. A horizon 2030, la trajectoire EFF vise à tirer, de manière ambitieuse mais réaliste, le maximum du potentiel des économies d'énergie et des énergies renouvelables.
- La trajectoire **SOB**, inspirée des scénarios négaWatt, Greenpeace, WWF et Global Chance, ambitionne simultanément la sortie du nucléaire et des énergies fossiles. Cet objectif est atteint grâce à une réduction forte de la demande énergétique et au développement des énergies renouvelables.

Le travail de comparaison n'a pas pu aboutir pendant le débat à cause notamment d'un manque de temps. Il a été achevé par le bureau d'étude Carbone 4⁴⁸ en 2014 suite à un appel à projet du ministère de l'écologie⁴⁹.

46. Une première comparaison dans l'Annexe 5 du rapport « Energies 2050 » (2012) du Centre d'analyse stratégique.
 47. Voir chapitre 1 • 2 pour une définition
 48. Carbone 4 (2014) « Etude des 4 trajectoires du DNTE »
 49. Plus de détails concernant cet analyse dans le chapitre 2 de ce rapport.
 50. Rapport du groupe de travail 2 du DNTE (2013) « Quelle trajectoire pour atteindre le mix énergétique en 2025 ? Quels types de scénarios possibles à horizons 2030 et 2050, dans le respect des engagements climatiques de la France ? » ; page 15
 51. Salomon, Thierry ; membre du groupe d'experts du DNTE (2013) « Analyse comparative des émissions de GES entre scénarios », association négaWatt www.negawatt.org/telechargement/Docs/DNTE-Comparatif-scenarios-GES-Facteur4-2013.pdf

Lors des réunions du groupe de travail « mix énergétique » une approche multicritère pour comparer des scénarios a été discutée en parallèle. Une première proposition de grille de critères a été élaborée sans pour autant pouvoir aboutir à une validation de cette grille et une comparaison des 11 scénarios identifiés. De cette liste 12 critères ont été retenus par le groupe de travail :

- 1 Coûts et prix de l'énergie, économie et coûts des services énergétiques ;
- 2 Investissements (par secteur et filière, nature et horizon temporel) ;
- 3 Emploi, filières professionnelles, trajectoires d'activité ;
- 4 Sécurité d'approvisionnement, indépendance énergétique ;
- 5 Gestion et économie des ressources, biodiversité et impacts environnementaux ;
- 6 Impacts sur la santé, risques d'accidents, sûreté ;
- 7 Changement climatique ;
- 8 Respects des engagements internationaux et nationaux, environnement global et local ;
- 9 Résilience et robustesse, réversibilité et flexibilité ;
- 10 Cohésion et justice sociale ;
- 11 Autonomie territoriale et gouvernance des systèmes locaux ;
- 12 Faisabilité du scénario : aspects macroéconomiques et technologiques.

Chaque porteur de scénario devait répondre aux 12 critères. Ces réponses ont été synthétisées et complétées par un avis du groupe d'expert et du groupe de travail « mix énergétique »⁵⁰. Deux approches de comparaison de travaux prospectifs nationaux ont donc été discutées lors du débat national sur la transition énergétique :

- La première qui cherchait notamment d'une manière très analytique à assurer la comparabilité en prenant en compte les différences de paramètres ou d'années de référence des scénarios et à présenter une analyse détaillée des critères sectoriels (nombre de m² ou logements rénovés par an etc.) des scénarios distingués sous forme des 4 trajectoires types ;
- La seconde qui visait avant tout à assurer un accès plus large du public aux travaux prospectifs en permettant une comparaison des visions globales des scénarios analysés selon des thématiques comme l'emploi, les investissements nécessaires, les prix de l'énergie etc.

Un enjeu jugé crucial dans les échanges était le respect des objectifs climat-énergie de la France par les scénarios choisis. Il s'avérait qu'un certain nombre de scénarios n'était par exemple pas en mesure d'atteindre le facteur 4 sur la totalité des gaz à effet de serre⁵¹. Le respect d'autres objectifs sectoriels comme la diminution de la consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel en 2020 ou le report modal fret de la route vers le rail pour 2025 était par ailleurs encore moins fréquent...

Malgré les difficultés le débat national sur la transition énergétique a changé les discours sur les scénarios en France. Un véritable acquis du débat était notamment la consolidation d'un vocabulaire partagé sur d'autres vecteurs énergétiques que de l'électricité, notamment celui du gaz

renouvelable⁵². Un lien étroit a par ailleurs été tissé entre l'atteinte du facteur 4 et une diminution par deux des consommations énergétiques finales en 2050. Ce nouvel objectif essentiel a été ainsi intégré dans le projet de loi sur la transition énergétique pour la croissance verte.

LA (RÉ)ÉMERGENCE DE LA PROSPECTIVE RÉGIONALE

En parallèle aux évolutions autour de la prospective à l'échelle nationale, on peut également observer une « mode de la prospective » à l'échelle régionale initié par l'article 68 de la loi Grenelle 2 qui prescrit aux régions la mise en place de Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE).

Ces schémas avaient été précédés au tournant du siècle par des « schémas de service énergie » liés à la loi Pasqua-Voinet, qui ont préfiguré ce travail de régionalisation d'une représentation de leur avenir par les acteurs énergétiques et les politiques. En particulier, dans le Nord-Pas de Calais (à l'initiative surtout de la Région) et en Provence-Alpes-Côte d'Azur (à l'initiative de la DRIRE) de tels exercices avaient été également élaborés. Mais ces travaux, qui n'étaient pas encore des documents réglementaires, n'avaient pas donné lieu à vote ou à débat contradictoire hors du cercle des auteurs.

Le SRCAE décrit à l'échelon du territoire régional aux horizons 2020 et 2050 des évolutions de la consommation énergétique, de la production des énergies renouvelables et des polluants atmosphériques en cohérence avec le facteur 4 en 2050 et définit ainsi la contribution que la région sera en mesure d'apporter à l'atteinte des engagements pris dans le cadre européen pour 2020 (3*20). Même s'il y a une valeur prescriptive limitée, le caractère réglementaire du document impose à la Région et aux services déconcentrés de l'Etat une élaboration poussée avant sa publication officielle.

Le SRCAE est accompagné par un schéma éolien opposable et son élaboration est effectuée conjointement par le préfet de région, via les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) et le président du Conseil régional, complété d'un processus de consultation des collectivités et des citoyens du territoire.

Même si cette approche de co-élaboration a été jugée politiquement délicate dans certaines régions, une analyse du ministère de l'écologie et de l'Ademe⁵³ montre qu'elle a été vécue positivement *a posteriori* et dans une large majorité des cas, notamment car elle a permis d'aboutir à un document stratégique ayant du poids auprès des territoires et des autres parties prenantes. On peut aussi noter la valeur inégale des études sectorielles ou de potentiels, tant dans leur qualité que dans leur périmètre ou leur date de réalisation.

Des bureaux d'études ont accompagné la création des SRCAE dans toutes les régions avec une implication plus ou moins importante « allant d'un appui très ponctuel à des prestations très complètes incluant des missions d'appui au pilotage, de collecte de données, de scénarisation, de rédaction du document et d'animation de la concertation. Par ailleurs, un manque important d'appropriation de méthode et de transfert de compétence a pu être observé dans les régions ayant eu recours à des bureaux d'études. [...] Ces lacunes méthodologiques risquent d'alourdir les travaux de révision des schémas⁵⁴ ».

Afin d'accompagner les services déconcentrés de l'Etat et les conseils régionaux dans l'élaboration de ces démarches, la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) du ministère de l'écologie avait rédigé en 2010 un guide⁵⁵ pour la co-élaboration des SRCAE.

Malgré l'existence de ce guide, les régions ont signalé un manque de méthodologie harmonisée ce qui rend difficile aujourd'hui la compilation des objectifs régionaux pour avoir une vision concernant le respect des objectifs 2020. Le travail approximatif de consolidation des objectifs régionaux – qui doit être interprété avec prudence à cause des approches méthodologiques et périmètres divergents qui ont été choisis par les régions – montre néanmoins l'atteinte de l'objectif de réduction des gaz à effet de serre en 2020 : -24 % par rapport à 2005 (contre -16 % pour l'objectif national hors ETS – Emissions Trading System; système européen d'échange de quotas CO₂). L'objectif 2020 d'efficacité énergétique – tel qu'estimé dans les documents finaux – est manqué de peu 133,7 Mtep contre 131,4 Mtep qui ont été notifiés à la Commission européenne. L'objectif 2020 en termes de développement des énergies renouvelables reste également derrière l'objectif national 18 % contre 20 %⁵⁶.

À côté de ces travaux institutionnels une véritable vague de travaux prospectifs citoyens s'est produite de façon concomitante, en commençant avec la publication du premier scénario de l'association Virage énergie Nord-Pas de Calais⁵⁷ en 2007, accompagné de sa méthodologie détaillée. Ce travail visait à montrer qu'un maintien de l'industrie de la région sera compatible avec une sortie du nucléaire et un chemin vers 100 % énergies renouvelables.

Ce travail a inspiré des citoyens dans d'autres régions. Peu de temps après la publication du premier scénario, des associations Virage énergie se sont créées en Pays de la Loire, Centre, Ile de France et Aquitaine. L'approche de ces structures était de développer un scénario citoyen pour leur région en prenant en compte les particularités régionales (l'agriculture dans le Pays de la Loire, le poids de l'aviation, des visiteurs et du secteur résidentiel en Ile de France, l'industrie et les transports dans le Nord-Pas de Calais). Le point concordant entre ces scénarios étant la sortie du nucléaire et un respect des objectifs climatiques.

En plus de Virage énergie Nord-Pas de Calais, seule l'association Virage énergie climat Pays de la Loire a édité et publié un scénario complet en 2012⁵⁸.

Dans la suite d'un premier travail dans les années 70, une mise à jour du scénario 100 % renouvelable pour la Bretagne a été publiée en 2009 par l'Union démocratique bretonne⁵⁹.

52. Par exemple dans le scénario négaWatt 2011; diagramme « Sankey pour 2050 » www.negawatt.org/scenario/sankeys/2050

53. iMEDDE, Ademe (2014) « Analyse des SRCAE »

54. *ibid.*

55. www.rac-f.org/IMG/pdf/GUIDE_SRCAE.pdf

56. Cet objectif ne tient compte que des énergies visées dans le décret SRCAE. L'objectif complet est de 23 % en 2020.

57. www.virage-energie-npdc.org

58. www.virageenergieclimatpdl.org/

59. Union démocratique bretonne (2009) « Nouveau Projet alter breton : un avenir soutenable pour la Bretagne, mieux vivre sans pétrole et sans nucléaire », Saint-Brieuc, www.udb-bzh.net/IMG/pdf/NPAB_vf.pdf

60. Futur Facteur 4 (2013) « Prospective énergétique à 2050 en Pays de la Loire »

61. Ademe Nord-Pas de Calais (2012) « Prospective énergétique à 2050 en Nord-Pas de Calais », Futur facteur 4

62. www.latroisiemerevolutionindustrielleennordpasdecalais.fr

En 2012, l'institut négaWatt a entrepris une régionalisation du scénario négaWatt à la demande de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et développé un scénario régional s'inscrivant dans une perspective « 100 % renouvelable ».

Deux scénarios plus institutionnels ans leur commande complètent ce paysage, réalisés par le bureau d'étude Futur facteur 4 a développé des scénarios pour les régions Pays de la Loire⁶⁰ et Nord-Pas de Calais⁶¹. Pour chacun de ces exercices trois scénarios ont été développés en fonction du PIB (entre +0,5 et +1,9 % PIB par an pour la région du Nord-Pas de Calais). Les scénarios pour la région Nord-Pas de Calais aboutissent globalement au Facteur 4 et à une division par 2 de la consommation d'énergie finale en 2050. Le niveau des émissions varie selon les 5 mix électriques qui ont été modélisés dont 3 sans nucléaire.

Les deux objectifs sont plus difficilement atteignables dans la région Pays de la Loire notamment à cause d'une croissance importante de la population régionale.

Contrairement au premier, le scénario pour la région Pays de la Loire était intégré dans un processus politique initié

par le Conseil régional avec un nombre important de réunions de consultations sur tout le territoire. Le scénario significativement influencé le SRCAE de la région.

La Chambre de commerce et d'industrie de région Nord de France et le Conseil régional Nord-Pas de Calais ont confié en 2012 à Jeremy Rifkin⁶² l'élaboration d'une feuille de route, un « Master Plan », engageant la région dans la transition énergétique promouvant les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et l'idée d'une troisième révolution industrielle : l'association entre les énergies renouvelables et les technologies d'internet. Selon ses auteurs, cette feuille de route – qui bénéficie des autres travaux sur la région – serait cohérente avec un développement 100 % énergies renouvelables et une division au moins par 2 de la consommation d'énergie finale.

En dépit du développement d'un nombre important de scénarios, on peut constater que ces approches sont loin de concerner la totalité du territoire. Il y a une focalisation des travaux prospectifs sur les régions du Nord-Pas de Calais et des Pays de la Loire.

La prospective au-delà de la prévision quantifiée

La prospective de l'énergie ne se réduit cependant pas à la modélisation globale orientée vers la prévision quantifiée. Elle peut comprendre des études sectorielles ; des travaux sur les « signaux faibles » ; des analyses non quantitatives sur l'évolution des systèmes d'acteurs etc. Voici deux exemples de travaux prospectifs englobant d'autres éléments que la consommation énergétique et les gaz à effet de serre :

« REPENSER LES VILLES DANS LA SOCIÉTÉ POST CARBONE¹ »

Fruit d'une collaboration de plus de trois ans entre la Mission Prospective du Ministère de l'Écologie et de l'ADEME le projet « Repenser les villes dans la société post carbone » propose à la fois un état des lieux des relations entre villes, énergie et climat et six scénarios contrastés de transition vers des villes post carbone. Il a la particularité de s'appuyer non seulement sur les réflexions d'un groupe de prospective, mais aussi sur les résultats d'une vingtaine de recherches et l'implication de six villes illustrant la diversité des situations urbaines en France (précarité énergétique, rurbanisation...). Dans sa conclusion les auteurs proposent « un septième scénario » en proposant des orientations qui sont suffisamment générales pour pouvoir être adaptées à des contextes socio-économiques ou géographiques différents. Afin de formuler 6 scénarios les participants du projet ont identifié une centaine de variables susceptibles d'influencer la transition vers des villes post-carbone. Ces variables ont été regroupées sous plusieurs « composantes ». Ensuite un certain nombre de variables ont été liées sous forme de « micro-scénarios » dont la recombinaison a finalement amené à la construction de 6 scénarios contrastés².

La quantification des scénarios s'est limitée à trois aspects : une approche rapide pour chacun de 6 scénario, des consommations et modes de production de l'énergie en 2050 ; des évaluations beaucoup plus précises pour quelques villes (Mulhouse, Tours, Plaine commune, Lille dans une moindre mesure...) et enfin une modélisation avec le modèle macro-économique IMACLIM³ conçu pour l'échelle nationale mais étendu aux villes, aux 6 scénarios. L'intégration des scénarios d'évolution à l'échelle de la ville s'est faite via le développement d'un module spatial. Il a permis de désagréger l'économie nationale en un réseau de « villes » en

interaction via les échanges commerciaux et les migrations de firmes ; ces dernières déterminant la distribution régionale de l'activité économique.

La modélisation arrive à des baisses d'émissions en 2050 entre 41 et 76% de CO₂ par rapport à 2010.

« TERRITOIRES 2040 »

La Datar (aujourd'hui le CGET⁴) a conduit un programme de prospective appelé « territoires 2040⁵ » afin d'identifier des enjeux cruciaux pour l'avenir à l'échelle territoriale. Le projet repose sur trois postulats :

- les territoires comme des opérateurs de changement,
- une analyse par grands systèmes spatiaux répondant à des logiques fonctionnelles et
- une large place aux représentations notamment via la production d'images et de cartes géographiques innovantes.

Ce programme s'est déroulé en trois phases.

Phase 1 : première phase (2010-2011) a consisté en un travail à dire d'experts décrivant l'évolution de sept systèmes spatiaux (dynamique des territoires industriels, les espaces de la faible densité etc.) à l'horizon 2040 et aboutissant respectivement à la production de 7 monographies prospectives regroupant 28 scénarios (par exemple 4 scénarios pour le système spatial « espaces de la dynamique industrielle » : effervescence, industrie verte, citadelles, alter industrialisation).

Phase 2 : La deuxième phase (2011-2012) était consacrée à une réflexion prospective sur les enjeux auxquels seront confrontés les territoires français dans les 30 prochaines années.

Il a donné lieu au lancement d'une étude spécifique complétée par un questionnaire en ligne et la tenue de sept séances de débat d'experts baptisées « Les Ateliers nationaux de Territoires 2040 ».

Phase 3 : La troisième phase était consacrée à une réflexion à caractère stratégique pour dessiner de nouvelles pistes d'actions en matière d'aménagement du territoire.

1. Jacques Theys, Eric Vidalenc (2014) « Repenser les villes dans la société post carbone », Ademe, MEDDE

2. Ibid. page 133

3. Ibid. page 269

4. Le Commissariat Général de l'Équilibre des Territoires

5. <http://territoires2040.datar.gouv.fr>

LA PROSPECTIVE ET LES MODES DE VIE

Une nouvelle génération de scénarios semble se dessiner ensuite qui pourrait construire un pont entre des scénarios qui deviennent de plus en plus techniques, précis et détaillés et le besoin de traduire les trajectoires en modes de vie « palpables et compréhensibles » pour les citoyens porteurs de la transition énergétique.

Ces scénarios visent à chiffrer l'impact de la consommation énergétique et des émissions sur une évolution des modes de vie ou bien les conséquences d'un changement de production et consommation d'énergie sur les modes de vie. La motivation étant notamment de montrer que les changements des modes de vie ne sont pas seulement souhaitables, mais aussi acceptables voir agréables dans une perspective de transition.

Ici on peut notamment citer la publication de l'Ademe (2013) : « Visions énergie climat 2030/2050 - Quels modes de vie pour demain ? » qui illustre les changements de mode de vie du scénario Ademe national à l'aide d'une description du quotidien de 16 ménages pour les années 2030 et 2050 et un calcul des consommations énergétiques par type d'usage (déplacements liés au travail, loisir, santé, confort résidentiel, etc.)⁶³.

L'association Virage énergie Nord-Pas de Calais (NPdC) s'est inscrite dans ses derniers travaux à ce mouvement, en bénéficiant notamment de programmes de recherche « citoyens » conjoints avec l'Université, encouragés par la Région et l'Ademe. Elle a publié en 2013 des « Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales » qui permettent de chiffrer des potentiels d'économies d'énergies des actions de sobriété pour les domaines de l'alimentation, le secteur résidentiel et tertiaire, la mobilité et la production des biens matériels. D'autres scénarios « globaux » de Virage énergie Nord-Pas de Calais sont en préparation (à paraître courant 2015). Ils décrivent plusieurs visions et trajectoires plus ou moins ambitieuses pour réaliser une transition volontariste vers une région Nord-Pas de Calais sobre en énergie, en ressources et capable de répondre à ses besoins énergétiques par des sources d'énergies renouvelables.

Plus spécifiquement, ces scénarios de transition énergétique et sociétale visent à :

- décrire des modes de vie et des organisations collectives sobres en énergie à différents horizons temporels, afin de favoriser l'émergence de nouveaux imaginaires compatibles avec une société de la sobriété énergétique ;
- évaluer les économies d'énergie potentielles en région Nord-Pas de Calais par la mise en œuvre progressive, volontariste et organisée d'actions individuelles et collectives de sobriété énergétique, et par la mise en œuvre progressive de mesures d'efficacité énergétique ;
- fixer des trajectoires potentielles du déploiement des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique régional et comparer les besoins énergétiques régionaux à l'offre énergétique territoriale ;
- évaluer les effets sur l'emploi des scénarios et identifier des modèles économiques susceptibles de structurer la société de la sobriété énergétique ;
- proposer un scénario de rupture énergétique pour réduire drastiquement les besoins en énergie de la région Nord-Pas de Calais en cas de contrainte forte, soudaine et subie.

Le projet de recherche « Prospective des modes de vie à l'horizon 2050 » faisait partie du programme interdisciplinaire du CNRS et du programme « Repenser les villes dans la société post carbone⁶⁴ ». Il a débuté en 2009 et un rapport⁶⁵ a été publié en 2013. L'objectif du projet était l'identification des variables clés de l'évolution des modes de vie en France, et leurs impacts sur les émissions de CO₂, que ce soit les signaux faibles révélateurs de nouveaux comportements (habitat groupé, régimes alimentaires, approvisionnement local, nouvelles pratiques de mobilité, simplicité volontaire, etc.), mais aussi, plus généralement, l'évolution des représentations sociales, des modes d'habiter, de travailler, de consommer, etc. 5 visions des modes de vie du futur (dont 4 en rupture par rapport à aujourd'hui) ont été développées.

Enfin, l'association 4D travaille actuellement sur un projet de prospective citoyenne sur des modes de vie d'envergure mondiale en amont de la COP21 à Paris afin de co-construire un « mandat citoyen », reposant sur des engagements, une ambition partagée et sachant raisonner à l'échelle internationale. Les structures engagées dans le projet « Our life 21⁶⁶ » convient des citoyens à construire ensemble leur vision de l'avenir. Un avenir posé comme durable et désirable, répondant aux exigences environnementales liées aux contraintes sur les ressources, mais également aux aspirations sociales, politiques et culturelles de chacun. L'exercice est lancé en France et ouvert à d'autres équipes, en Chine, en Algérie, au Pérou, au Sénégal.

63. Un travail prospectif supplémentaire est en cours de publication : Ademe (2014) « Alléger l'empreinte environnementale de la consommation des français en 2030 - vers une évolution profonde des modes de production et de consommation »

64. Ademe, MEDDE (2014) « Repenser les villes dans la société post-carbone »

65. Iddri (2013) « Prospective des modes de vie en France à l'horizon 2050 et empreinte carbone modes de vie et empreinte carbone », Clip N°21

66. www.association4d.org/?page_id=1213

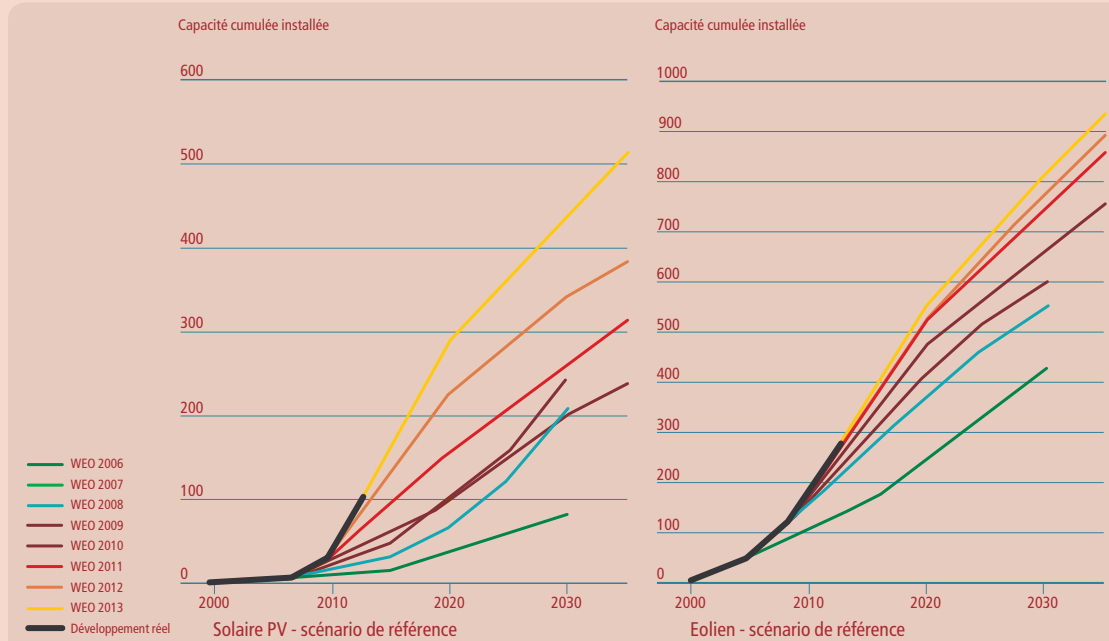
L'obsolescence « programmée » des travaux prospectifs...

Le but d'un scénario énergétique n'est évidemment pas de prédire le futur mais d'informer (dans le cas d'un scénario exploratoire) le processus politique de l'impact potentiel des décisions prises aujourd'hui suivant les meilleures informations disponibles.

L'objectif d'un scénario « normatif¹ » est contrairement à ceci de montrer la faisabilité d'une trajectoire jugée souhaitable par les auteurs et éventuellement –selon les capacités et limites de la méthodologie et du modèle utilisé– les impacts de ce scénario sur des variables économiques (emploi, prix des énergies etc.).

Cependant on peut s'interroger sur l'importance qu'on souhaite donner à des travaux prospectifs exploratoires qui montrent souvent une « date d'expiration » courte...

Ci-dessous deux exemples extraits des « World Energy Outlook » (WEO) de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) qui montrent une sous-estimation continue du développement des énergies renouvelables (éoliens et PV) et des variations des projections du prix du pétrole qui montrent l'exposition de cette variable à des évolutions géopolitiques qui restent difficiles à prédire.



Projections des installations éoliennes et PV dans les « World Energy Outlook »

Source : World Energy Outlook, AIE

Encore sous l'impression des chocs pétroliers des années 1970, l'AIE prévoyait encore en 1980 une augmentation des prix du pétrole à 140 \$ en 2000. En 1996 l'AIE a changé ce paradigme du « le prix du pétrole augmentera » et prévoyait plutôt une évolution stable à court terme et une augmentation faible à long

terme. Les publications annuelles de l'AIE World Energy Outlook (WEO) de 2000 et 2002 ont même réduit les projections pour 2010 émises par les WEO ultérieurs. A partir de 2009 on constate de nouveau une rupture après le « petit » choc pétrolier de 2008 et l'accident de Fukushima en 2011.

Scénario – World energy Outlook (AIE)	Prix du pétrole modélisé
AIE 1980	140 \$ en 2000
1998 World Energy Outlook	Scénario de référence : 25 \$ en 2020
2001 World Energy Outlook	Scénario de référence : 28 \$ en 2020 Scénario prix bas : 15 \$ en 2020
2004 World Energy Outlook	Scénario de référence : 27 \$ en 2030 Scénario prix haut : 38 \$ en 2030
2005 World Energy Outlook	Scénario de référence : 39 \$ en 2030 Scénario prix haut : 52 \$ en 2030
2009 World Energy Outlook	Scénario de référence : 115 \$ en 2030 Scénario 450 ppm : 90 \$ en 2030
2011 World Energy Outlook	Scénario de référence : 140 \$ en 2035 « New policies scenario » : 120 \$ en 2035
2013 World Energy Outlook	Scénario de référence : 140 \$ en 2035 « New policies scenario » : 128 \$ en 2035

Prix du pétrole dans les « World Energy Outlook »

Source : World Energy Outlook, AIE

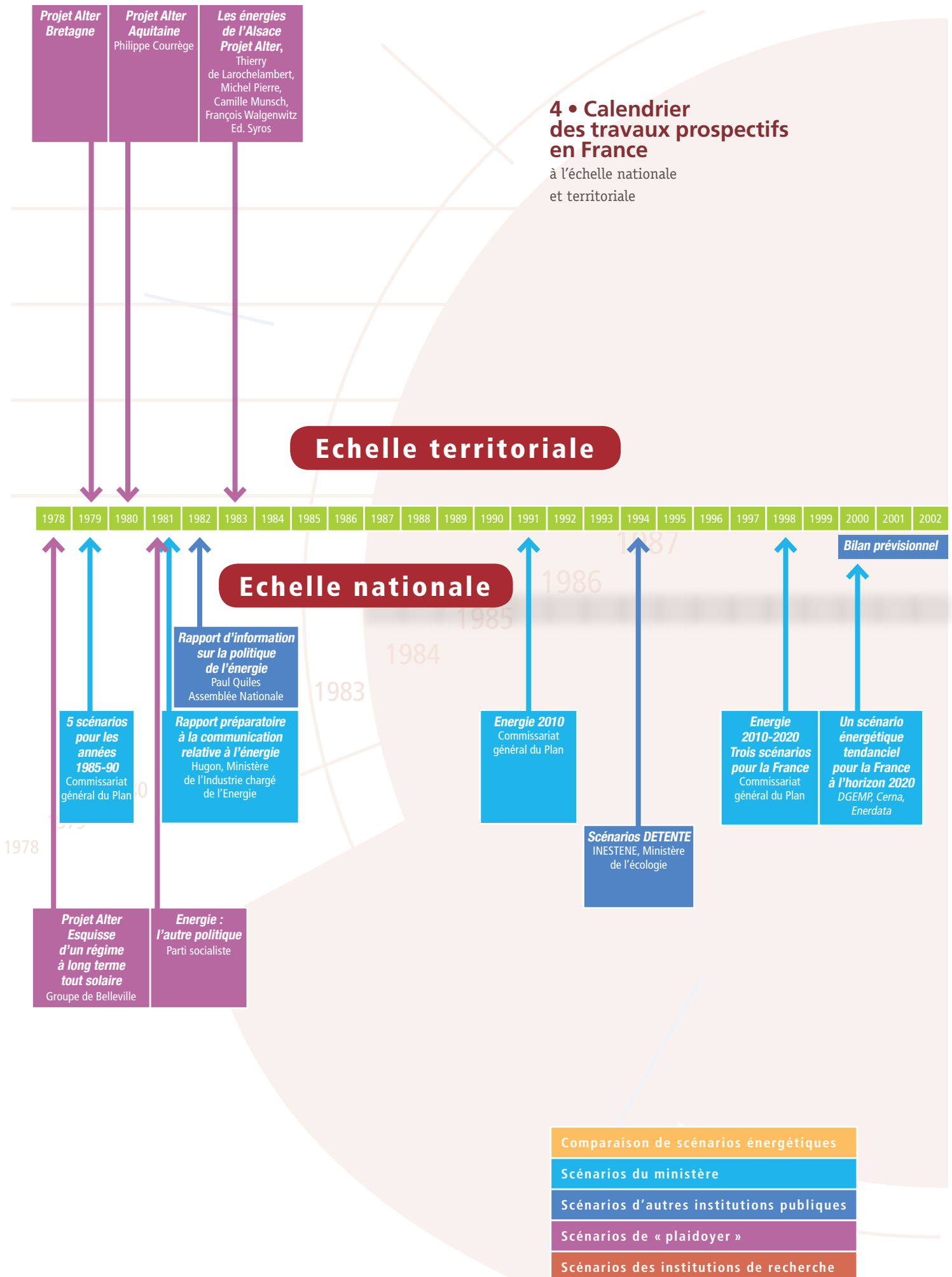
Des sur- ou sous-estimations de certaines variables de scénarios sont courantes et concernent aussi l'évolution des émissions de gaz à effet de serre.

En 1998, le groupe de prospective « Energie 2010-2020 » du Commissariat Général au Plan (CGP) publie trois scénarios énergétiques contrastés pour la France aux horizons de 2010 et 2020² dont les émissions de CO₂ décrivaient une trajectoire entre une stabilisation et une augmentation de 17% par rapport à 1990. Ces projections se situent donc assez loin des évolutions réelles qui affichent une diminution de 10 % des émissions de CO₂ entre 1990 et 2013³. Encore plus loin de la réalité, le scénario tendanciel proposé par la DGEMP⁴ en complément à ces 3 scénarios prévoyait un niveau des émissions de CO₂ énergétique en 2020 qui correspond à une augmentation de +66% des émissions de CO₂ par rapport à 2013.

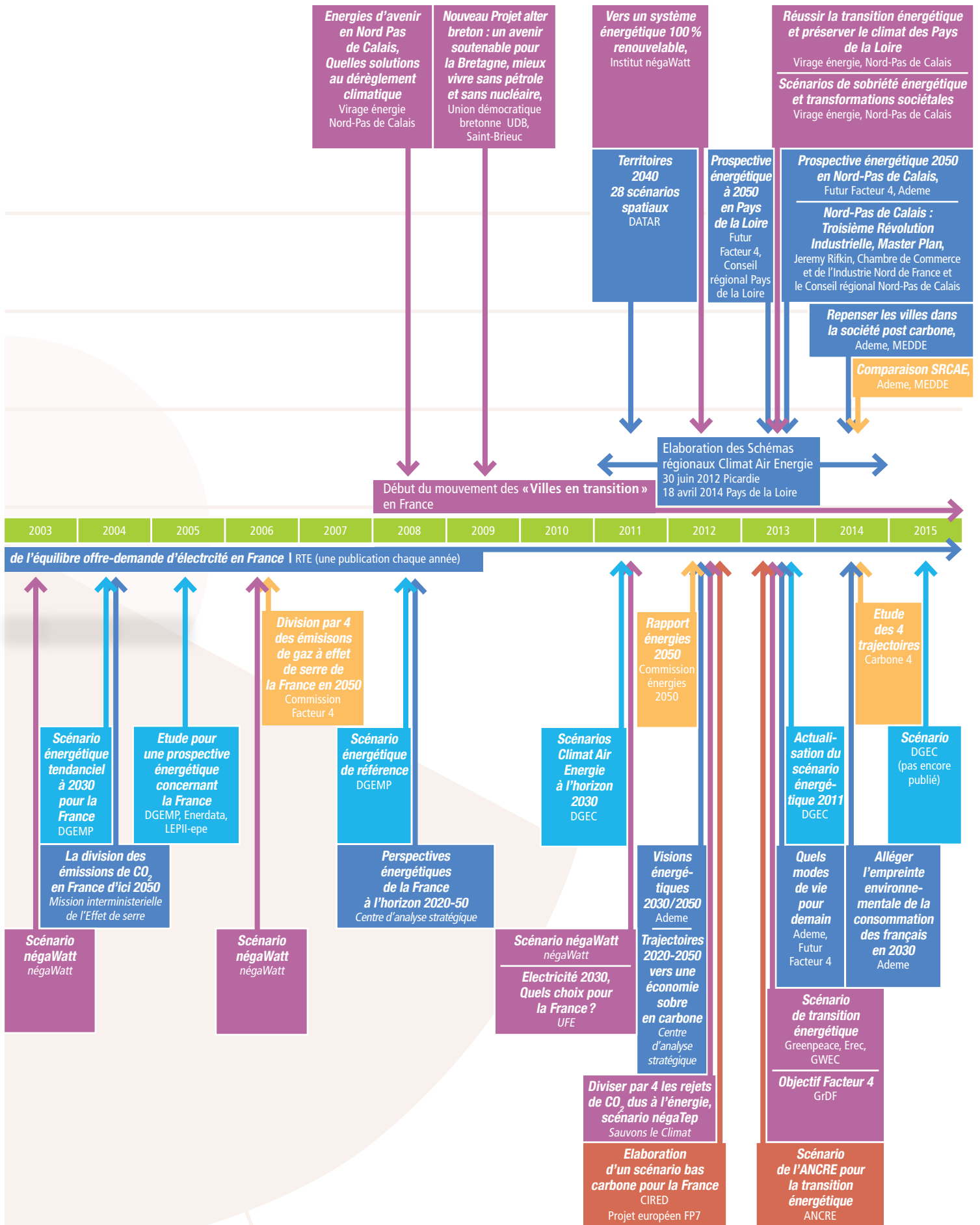
Une des leçons que l'on peut tirer de l'histoire des « errements » des travaux prospectifs exploratoires est l'importance d'interpréter un scénario dans son contexte politique de l'année de sa publication et de s'orienter là où c'est possible vers une analyse d'un « champ des possibles » plutôt que sur un seul scénario central ou moyen.

Dans un exercice normatif, l'objectif est tout autre (proposer un chemin pour atteindre un objectif), donc le jugement ne peut reposer sur les mêmes éléments..

1. Définition chapitre 1 • 2
 2. Commissariat général du Plan (1998) « Energie 2010-2020 - Trois scénarios pour la France », septembre
 3. IMoisin, François (1999) « Les scénarios énergétiques pour la France aux horizons 2010 et 2020 », Annales des Mines, novembre
 4. IDGEMP-OE (2000) « Perspectives énergétiques pour la France - Scénario de référence » Observatoire de l'énergie



PAYSAGE DES TRAVAUX PROSPECTIFS EN FRANCE



5 • Comparaison qualitative de 10 travaux prospectifs régionaux en France

Les tableaux ci-après permettent, sans rentrer dans les détails des scénarios, de comparer les 9 scénarios régionaux analysés plus en détail dans le deuxième chapitre du rapport selon cinq différents critères :

- ❶ **Méthodologie** : Quelle est la méthodologie utilisée ? Est-ce qu'il y a plusieurs scénarios qui explorent un champ du possible ? Est-ce que le scénario ressemble plutôt à une narration ou est-ce qu'il y a beaucoup de détails chiffrés très précis ? Et s'il y en a quel est le modèle utilisé ? Est-ce que le scénario descend à l'échelle du ménage / de l'individu ?
- ❷ **Porteur d'une vision** : Est-ce que les auteurs du scénario sont porteurs d'une vision normative et prescrivent par exemple le respect de certains objectifs ou les valeurs de variables exogènes ? Si le scénario est exploratoire, est-ce que le modèle utilisé est porteur implicite de normes ou de valeurs (évolution du coût des énergies renouvelables très favorable ou défavorable) ?
- ❸ **L'approche participative de la création des trajectoires ou du choix des hypothèses** : Quelle est la méthodologie et l'envergure (nombre de réunions et des participants) de la co-construction ? Comment l'enjeu de la représentativité des participants a-t-il été défini ?
- ❹ **Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique** : Est-ce que le scénario est le résultat d'une commande publique ou est-ce qu'il a servi à enrichir le débat public ? Est-ce que le scénario est connu largement ou plutôt un exercice « en chambre » ? Est-ce que le scénario est jugé controversé ? Si oui d'où viennent les critiques ? Est-ce que le statut du scénario a évolué ?
- ❺ **12 critères d'évaluation « pour les citoyens »** : Lors des réunions du groupe de travail « mix énergétique » du « Débat national sur la transition énergétique », une approche multicritère pour comparer des scénarios a été discutée parallèlement. Une première proposition de grille de critères a été élaborée sans pour autant pouvoir aboutir à une validation de cette grille et une comparaison des 10 scénarios identifiés. De cette liste 12 critères ont été retenus par le groupe de travail dont au moins 3 paraissent peu adaptés pour une analyse à l'échelle infranationale (ci-dessous en noir) :
 1. Coûts et prix de l'énergie, économie et coûts des services énergétiques ;
 2. investissements (par secteur et filière, nature et profil temporel) ;
 3. emploi, filières professionnelles, trajectoires d'activité ;
 4. sécurité d'approvisionnement, indépendance énergétique ;
 5. gestion et économie des ressources, biodiversité et impacts environnementaux ;
 6. impacts sur la santé, risques d'accidents, sûreté ;
 7. changements climatiques ;
 8. respects des engagements internationaux et nationaux, environnement global et local ;
 9. résilience et robustesse, réversibilité et flexibilité ;
 10. cohésion et justice sociale ;
 11. autonomie territoriale et gouvernance des systèmes locaux ;
 12. faisabilité du scénario : aspects macroéconomiques et technologiques.

1980

1979

1978

Travail prospectif



Schéma Régional Climat Air Energie pour la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Publication : 17 juillet 2013
Horizon de modélisation : 2020, 2030 & vision 2050

www.paca.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-regional-climat-air-a5380.html

Méthodologie

Le SRCAE de la région PACA contient 3 scénarios dont seul les 2 premiers sont obligatoires dans le cadre de ce travail :

- le scénario tendanciel (qui prend en compte les mesures décidées avant le 1^{er} janvier 2010),
- le scénario engageant qui suppose la mise en œuvre de mesures supplémentaires à l'échelle régionale et
- le scénario de transition qui prolonge le scénario engageant jusqu'à 2050 en illustrant une façon d'atteindre le « facteur 4 » en 2050.

Le scénario engageant se base sur des potentiels régionaux en utilisant des études de diagnostic réalisées en amont du SRCAE, et la concertation en atelier avec les acteurs du territoire. Il s'agit donc d'une approche exploratoire ou de fore-casting qui trouve comme souvent ses limites dans la préexistence de certains objectifs sectoriels dont la question du respect comme point de passage se pose. Par exemple l'intégration ou non de l'objectif de -38% de consommation d'énergie primaire pour le secteur résidentiel en 2020 a amené de nombreuses discussions. Finalement l'objectif de point de passage choisi est une réduction de 38% de l'énergie finale uniquement en 2025. Le secteur agricole n'a pas été modélisé dans l'exercice à cause de son faible poids régional en termes d'émissions et de consommation d'énergie. Le prolongement du scénario engageant par le scénario de transition est fruit d'un compromis politique qui dépasse le travail du SRCAE en tant que tel. Cette trajectoire de prolongement se compose par plusieurs éléments : la régionalisation du scénario négaWatt qui a été effectuée pour la région PACA avec sa méthodologie propre, des modélisations complémentaire des bureaux d'étude en charge et l'utilisation d'études préexistantes notamment pour le secteur résidentiel. Cette troisième partie du SRCAE ne se base donc pas sur une méthodologie unique mais est composée par plusieurs approches.

Porteur d'une vision

Les scénarios tendanciel et engageant du SRCAE présentent plutôt des approches exploratoires limitées. Un des objectifs du SRCAE était de pouvoir indiquer (sur la base des potentiels régionaux) la contribution régionale aux objectifs énergie climat 2020, ce qui nécessite une méthodologie de fore-casting. Le scénario de transition qui prolonge le scénario engageant ne se base pas sur une méthodologie unique mais se base sur des multiples sources. Son approche globale est plus normative car l'origine de ce prolongement – impulsée par le Conseil régional – était de montrer la possibilité du Facteur 4 régional et d'une trajectoire vers 100 % énergies renouvelables.

Approche participative

L'élaboration du SRCAE PACA a demandé la mise en place de 3 niveaux de consultation. La mise en place d'un Comité de pilotage (COPIL), d'un Comité technique et d'une consultation publique (des citoyens et des acteurs de la région) à la fin de l'exercice. Les comptes rendus des réunions du COPIL¹ et du COTECH² sont accessibles sur internet. Le bilan de la consultation publique autour du SRCAE montre des résultats mitigés : seul 7% des structures consultés dans le cadre des avis obligatoires des acteurs de la région (dont les collectivités, les chambres etc.) ont répondu. Cependant aucun avis n'y était défavorable. La participation du grand public était également faible : 56 observations dont 60 % émanant de citoyens ont été reçues.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Le SRCAE représente un exercice obligatoire pour toutes les régions, copiloté par le préfet de région et le Président du conseil régional, en concertation avec les acteurs concernés, formalisé par les lois Grenelle I et Grenelle II (Article 68). Le processus d'élaboration a été ralenti par un blocage d'un an résultant d'un désaccord entre la DREAL et le CR sur l'opportunité d'intégrer dans le SRCAE le scénario « négaWatt » (produit en parallèle de l'élaboration du SRCAE).

1. www.paca.developpement-durable.gouv.fr/une-methode-d-elaboration-r1027.html
2. <http://oreca.regionpaca.fr/schema-regional-climat-air-energie.html#.VBqSX4U4qRk>

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : il ne s'agit pas de variables spécifiquement adressées par ces scénarios..
- **Emploi et filières professionnelles** : une analyse des emplois créés / détruits par le SRCAE n'a pas été menée. Cependant le sujet des emplois créés notamment par les éco filières apparaît à plusieurs reprises.
- **Indépendance énergétique** : le cadrage des SRCAE ne prévoit aucun bouclage de l'offre (échelle inadaptée notamment pour l'électricité). Mais le scénario aborde le besoin de réduire la dépendance électrique de la région et montre le danger d'une nécessité croissante d'importations de biomasse dans la région. De plus, un bilan en puissance de la demande et de la production régionale d'électricité est réalisé, afin de mettre en évidence une première approche des besoins de stockage.
- **Prix et coûts de l'énergie** : cette variable n'a pas été modélisée mais est citée comme vulnérabilité potentielle.
- **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : pas d'analyse spécifique sur ces points sur les scénarios énergétique. Mais l'état des lieux et les documents d'orientations intègrent les impacts du changement climatique (risques, santé, etc.) et développent des pistes d'action.
- **Investissements et chiffrage des scénarios** : calcul uniquement pour les énergies renouvelables et la rénovation des bâtiments. Dans les documents d'orientations l'enjeu est cité à plusieurs reprises (financement citoyen, tiers financement etc.).
- **Impact sur le réchauffement climatique** : un calcul de l'évolution des émissions énergétiques a été effectué qui atteint le Facteur 4 sur les gaz à effet de serre en 2050.
- **Impact environnemental global** : pas d'analyse globale sur ce point. Des enjeux comme la vulnérabilité de la biodiversité face aux changements climatiques sont adressés dans l'état des lieux et les documents d'orientation.
- **Justice sociale** : une telle analyse n'a pas été effectuée.
- **Faisabilité du scénario** : le scénario engageant se base sur des potentiels régionaux en terme d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Aucune rupture technologique majeure n'est modélisée.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



INSTITUT NÉGAWATT (2012)

« Vers un système énergétique 100 % renouvelable »

Année de publication : 2012
Horizon de modélisation : 2050

www.institut-negawatt.com/page.php?id=11

Méthodologie

Dans le cadre d'une mission confiée par la Région PACA à l'Institut négaWatt, celui-ci – avec le soutien de plusieurs bureaux d'études (Solagro, Aere, Enertech, Wise Paris, E&E) – a publié une régionalisation du scénario national négaWatt (scénario tendanciel et négaWatt). Pour la partie consommation le scénario se base sur des hypothèses du scénario national qui ont souvent été « régionalisées » (par exemple l'utilisation de la climatisation, l'évolution de la population, la prise en compte de la structure régionale du parc de logements etc.). Pour le secteur de l'industrie le scénario national projette une relocalisation de 100 % de la consommation d'ici 2050. Une telle approche n'a pas été retenue pour le scénario régional qui suit la production des branches industrielles nationales. Le secteur de l'agriculture n'a pas été traité dans l'approche régionale à cause de sa faible importance. Le scénario explore systématiquement les « gisements de négaWatts », de la sobriété et de l'efficacité énergétique, dans tous les usages énergétiques dans les différents secteurs de consommation. La démarche de prospective du scénario négaWatt est donc centrée sur les services énergétiques, et remonte aux productions d'énergie. Ce choix induit une modélisation de type « bottom-up » basée sur un découpage sectoriel des usages de l'énergie. Cette modélisation repose sur un modèle purement physique, qui se démarque ainsi des exercices prospectifs classiques basés sur des modèles économiques. Contrairement au scénario régional le scénario à l'échelle nationale effectue une modélisation de l'équilibre offre-demande en électricité, heure par heure, de 2010 à 2050. Pour les secteurs de production d'énergie, la démarche est globalement différente des secteurs de consommation : la scénarisation de la production d'énergie renouvelable à l'échelle régionale est basée sur les nombreuses études réalisées dans le cadre de l'Observatoire Régional de l'Énergie. Le rapport est complété par plusieurs chapitres qui traitent des enjeux supplémentaires : l'évolution de l'usage de terres, les impacts du programme nucléaire sur la région, l'analyse des facteurs de ruptures applicables au scénario et des plans d'action pour la mise en œuvre du scénario.

Porteur d'une vision

Il s'agit d'un scénario normatif concernant les hypothèses de production notamment la projection d'une sortie du nucléaire et l'approche de tendre vers un mix énergétique 100 % renouvelable en 2050.

Approche participative

Ce travail prospectif n'intègre aucune approche participative. Il a été élaboré par un groupe d'experts issu de différents bureaux d'études. Le scénario se base sur les hypothèses « régionalisées » du scénario négaWatt national qui ont eux aussi été mises en place par l'association négaWatt sans procédures participatives au-delà des membres de l'association.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Le scénario a été élaboré dans le cadre d'une commande publique de la région PACA. Même si cela n'est pas mentionné officiellement le scénario complète les deux scénarios du SRCAE « tendanciel » et « engageant » à partir de 2030 sous le nom du « scénario de transition ».

1. Quirion (2013) « L'effet net sur l'emploi de la transition énergétique en France : Une analyse input-output du scénario négaWatt », Cired - N°46-2013
2. idid

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : grâce à la diminution de la consommation énergétique et une évolution vers l'utilisation des sources énergétiques locales et renouvelables le scénario contribue à améliorer la résilience du territoire. Emploi et filières professionnelles : pas de calcul pour le scénario régional. Une étude pour le scénario national existe : Quirion (2013)¹.
- **Indépendance énergétique** : la région PACA reste très dépendant des importations énergétiques (notamment en termes de biomasse). Cependant le scénario national se base à quasi 100 % sur des sources nationales en 2050. Il est certain que, plus on diminue la maille territoriale de l'analyse, plus l'indépendance énergétique est difficile à obtenir, compte tenu des disparités importantes qui peuvent exister entre territoires tant en termes de demande qu'en termes de ressources.
- **Prix et coûts de l'énergie** : ce variable n'a pas été modélisé.
- **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : un chapitre analyse les impacts du programme nucléaire sur la région. Il n'y a pas une analyse spécifique sur les impacts santé par exemple.
- **Investissements et chiffrage des scénarios** : un tel calcul pour le scénario régional n'a pas été effectué. Une étude pour le scénario national existe : Quirion (2013)².
- **Impact sur le réchauffement climatique** : un calcul de l'évolution des émissions énergétiques a été effectué. La réduction des émissions de CO₂ correspond à -95 % ce qui est nécessaire pour atteindre un Facteur 4 sur la totalité des gazes.
- **Impact environnemental global** : le rapport inclut un chapitre sur l'évolution de l'usage de terres.
- **Justice sociale** : Une telle analyse pour le scénario régional n'a pas été effectuée.
- **Faisabilité du scénario** : le scénario se base sur des hypothèses faisables, des analyse de potentiels, aucune rupture technologique n'est modélisée.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



FUTUR FACTEUR 4 (2013)

« Prospective énergétique à 2050 en Pays de la Loire »

Année de finalisation : 2013
Horizon de modélisation : 2050

Le scénario n'a pas été publié en tant que tel mais il a enrichi le SRCAE et la stratégie de transition énergétique de la région.

Méthodologie

Le bureau d'étude Futur Facteur 4 a sorti en 2013 à la demande de la région dans le cadre des Etats généraux de l'énergie un scénario énergétique pour la région Pays de la Loire. L'étude comporte 3 modélisations avec des taux de croissance différentes linéaires jusqu'en 2050 (0,7 %, 1,3 % et 2 %). Pour chacune des 3 hypothèses il y a un scénario tendanciel et un scénario volontariste. Les scénarios ont été versés au débat public. L'évolution de la consommation énergétique est présentée sous 2 formes : selon les secteurs de consommation et selon les usages (santé, alimentation, déplacements etc.) afin de permettre une meilleure compréhension par le public des enjeux de la transition énergétique dans la vie quotidienne. Un bouclage entre offre et demande en électricité a été effectué pour l'année 2050. La demande électrique pour les 3 scénarios est différente en 2050. La demande des scénarios 1 et 2 est entièrement couverte par des énergies renouvelables du territoire voire même dépasse de 20 % pour le scénario 1. Cependant le bouclage prévoit une partie de gaz de pointe et de nucléaire pour équilibrer le mix. Le scénario 3 a besoin d'importations. Le mix énergétique finale en 2050 – certes divisée par deux pour le scénario 1 – est encore composé presque à 50 % par des énergies fossiles. Il n'y a plus de nucléaire dans le mix énergétique en 2050 et le taux des énergies renouvelables dans le mix primaire tourne autour de 50 % sur les 3 scénarios. Les scénarios ne permettent pas de respecter l'objectif du Facteur 4 en 2050. Le scénario deux affiche une réduction du CO₂ de 64 % par rapport à 2008. En prenant en compte l'augmentation de la population la diminution des émissions par habitant est de 70 %. L'étude n'a pas été publiée en tant qu'étude de Futur Facteur 4 mais elle a été conçue pour enrichir le débat dans le cadre des Etats généraux de l'énergie de la région et a servi à enrichir le SRCAE notamment sur le volet 2030-50.

Porteur d'une vision

Les scénarios développés au cours de cet exercice ne sont pas porteurs d'une vision. Ils ont été élaborés et présentés dans l'objectif d'informer et d'enrichir un débat. Même le Facteur 4 sur des émissions de CO₂ uniquement en 2050 n'est par exemple pas atteint par le scénario 2.

Approche participative

Les 3 scénarios ont été versés au débat (notamment lors d'ateliers publics) et le 2^e scénario a été identifié comme le plus acceptable. Il n'y avait donc pas une procédure de consultation des variables dans chacun des 3 scénarios mais une consultation sur le choix entre les 3 scénarios différents.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Le travail prospectif de Future Facteur 4 représente une commande d'une institution (la région Pays de la Loire). Il est donc basé sur le cahier de charge du commanditer. Le scénario 2 a ensuite alimenté le en partie le SRCAE et la stratégie régionale de la transition énergétique.

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse :** le facteur 4 n'est atteint par aucun scénario (le scénario 1 s'approche avec -63 % de CO₂ le plus). Le mix énergétique en 2050 contient encore une grande partie d'énergies fossiles. Ceci s'explique en partie par une population en croissance et l'impact des taux de croissance. Un tel scénario montre cependant des limites de résilience par rapport à une augmentation des prix d'énergies etc.
 - **Emploi et filières professionnelles :** l'analyse des emplois créés / détruits par le scénario n'a pas été menée.
 - **Indépendance énergétique :** pour 2 des 3 scénarios la production territoriale renouvelable électrique en 2050 dépasse la demande. Des exportations notamment dans d'autres régions sont donc possibles. Cependant le bouclage offre-demande en 2050 prévoit une part de gaz et nucléaire pour compléter les énergies renouvelables en grande partie variables (éoliennes etc.). Le mix énergétique globale en 2050 montre encore une partie importante d'énergie fossiles (environ 50 %).
 - **Prix et coûts de l'énergie :** une hypothèse de prix d'énergies (notamment fossiles) haute est pris en compte qui se stabilise pour le pétrole à 250 \$ / bbl à partir de 2050.
 - **Impact santé, risques, accidents, sûreté :** pas d'analyse spécifique sur ces points.
 - **Investissements et chiffrage des scénarios :** aucun calcul des investissements nécessaires n'a été menée.
 - **Impact sur le réchauffement climatique :** un calcul de l'évolution des émissions énergétiques a été effectué. Le facteur 4 n'est atteint pour aucun scénario.
 - **Impact environnemental global :** pas d'analyse globale sur ce point.
 - **Justice sociale :** Une telle analyse n'a pas été effectuée.
- Faisabilité du scénario :** Les scénarios se basent sur des potentiels régionaux en terme de production et d'économies d'énergie. Sauf pour le scénario 3 (pile à combustibles) aucune véritable rupture technologique n'a été modélisée.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



VIRAGE ÉNERGIE CLIMAT PAYS DE LA LOIRE (2013)

« Réussir la transition énergétique et préserver le climat des Pays de la Loire »

Année de publication : 2013
Horizon de modélisation : 2050

www.virageenergieclimatpdl.org

Méthodologie

L'association Virage énergie climat Pays de la Loire (VEC) (créée à l'automne 2009) a publié en 2013 son scénario énergie climat pour la région. Il s'agit d'un travail de modélisation associatif. Deux bureaux d'études ont été engagés pour compléter la modélisation sur des secteurs précis : Inddigo sur les chapitres énergétiques, Solagro pour la transposition du scénario Afterres2050 aux Pays de la Loire pour alimenter le chapitre agriculture et forêt. Il s'agit d'un scénario inspiré par l'approche négaWatt, normatif, bottom-up qui déploie une approche sectorielle. Il n'y a pas de modélisation d'un bouclage énergétique par pas annuel. Seule en 2050 l'équilibre global sur l'année entre l'offre et demande, basé sur des potentiels d'énergies renouvelables de la région a été calculé. Le secteur de l'agriculture, enrichi par le travail de Solagro constitue un élément important pour la région car les seules émissions de gaz à effet de serre qui sont encore présentes en 2050 proviennent de ce secteur. Ceci provient en partie de l'exportation des aliments, mais également de la production d'énergie renouvelable dont une partie est exportée de la région.

Porteur d'une vision

Il s'agit d'un scénario normatif concernant les hypothèses de production notamment la projection d'une sortie des énergies fossiles et fissiles et un remplacement par des énergies renouvelables régionales uniquement (avec une surproduction notamment de l'électricité pour l'exportation). L'ambition climatique est également très élevée ; le scénario attient une réduction des gaz à effet de serre de 83% en 2050 et dépasse donc le Facteur 4.

Approche participative

Virage Énergie Climat Pays de la Loire (VEC) est une association composée de bénévoles, dont certains ont des compétences personnelles et professionnelles sur l'énergie et le climat. L'objectif principal de l'association est d'établir un scénario énergie-climat citoyen pour les Pays de la Loire et le faire connaître. VEC entend ainsi contribuer à diffuser une culture « énergie / climat » et participer aux différentes formes du débat public sur ces questions. En plusieurs étapes / chapitre par chapitre le scénario a été rédigé et confronté à un public régional. Aucune consultation publique n'a été organisée par VEC pour une validation officielle des hypothèses du scénario. Mais des experts externes ont été consultés pour vérifier certaines données et ce scénario est en soit le résultat d'une co-construction citoyen qui a permis pour certaines personnes une appropriation d'enjeux techniques nouveaux.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Une subvention de la Région des Pays de la Loire en 2011 / 2012 a permis de finaliser le scénario en avril 2013. Des membres de VEC ont participé aux ateliers techniques du SRCAE et des Etats généraux de l'énergie de la région. Ceci leur a permis de faire connaître leur travail. Le caractère bénévole des activités de VEC a malheureusement empêché une coordination plus étroite avec les autres travaux prospectifs. Actuellement VEC participe à plusieurs groupes de travail pour l'élaboration du SRTE (schéma régional de la transition énergétique) de la région Pays de la Loire.

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : il s'agit d'un scénario très ambitieux sur plusieurs niveaux (économies d'énergie, réduction des gaz à effet de serre etc.). Une fois les objectifs atteints il s'agit d'un système résilient mais le chemin pour y parvenir demande des efforts notables. Cet effort est cependant partagé entre différents acteurs : particuliers, collectivités et groupements comme les entreprises, état et Europe. Il faudra également calculer l'équilibre offre-demande pour plusieurs années (pas uniquement pour 2050) pour pouvoir analyser la robustesse des propositions.
- **Emploi et filières professionnelles** : une analyse des emplois créés / détruits par le scénario n'a pas été menée. Les auteurs renvoient cependant à l'analyse Quirion (2012) qui analyse les emplois créés et détruits du scénario négaWatt.
- **Indépendance énergétique** : à partir de 2045 environ la région produit la totalité de sa consommation sur son territoire par des énergies renouvelables tout en produisant un surplus pour l'exportation.
- **Prix et coûts de l'énergie** : cette variable n'a pas été modélisée mais est citée comme vulnérabilité potentielle.
- **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : pas d'analyse spécifique sur ces points. Mais le scénario cite à plusieurs endroits (transport terrestre et alimentation) les impacts positifs sur la santé.
- **Investissements et chiffrage des scénarios** : aucun calcul des investissements nécessaires n'a été mené.
- **Impact sur le réchauffement climatique** : un calcul de l'évolution des émissions énergétiques et non énergétiques a été effectué.
- **Impact environnemental global** : pas d'analyse globale sur ce point. Cependant l'analyse sectorielle de l'agriculture prend cet élément en compte. **Justice sociale** : une telle analyse n'a pas été effectuée mais la justice sociale du scénario est un de ces objectifs visés (le chapitre « notre vie quotidienne en 2050 » précise que la transition proposée par le scénario implique un partage équitable des richesses et du travail). **Faisabilité du scénario** : Le scénario engageant se base sur des potentiels régionaux en terme d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Aucune rupture technologique majeure n'est modélisée. Pour certains aspects (par exemple la réduction des consommations du secteur résidentiel en prolongeant la décohabitation et l'augmentation de la population), cela paraît très ambitieux en comparaison aux autres scénarios régionaux.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



Schéma Régional Climat Air Energie pour la Région Pays de la Loire

Publication : 18 avril 2014
Horizon de modélisation : 2020, 2030 & vision 2050

www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/adoption-du-schema-regional-climat-a2641.html

Méthodologie

Le SRCAE de la région Pays de la Loire a été élaboré en plusieurs étapes. Les travaux sur le SRCAE se sont déroulés entre juillet 2011 et mars 2012 sans appui d'un bureau d'étude. En réponse au débat national sur la transition énergétique la région a organisé en 2012 les Etats régionaux de l'énergie (ERE) qui ont amené une suspension du travail sur le SRCAE afin de pouvoir l'enrichir avec les résultats des ERE. La méthodologie générale pour l'élaboration du SRCAE est celle prescrite par l'administration : une méthode qui permet d'identifier les objectifs et orientations d'une manière bottom-up en se basant sur les potentiels d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables de la région. Les horizons temporels modélisés pour les deux scénarios tendanciel et volontariste sont l'année 2020 et 2030. Les discussions du ERE ont permis d'enrichir le SRCAE avec une vision 2050 issue des scénarios développés par Futur Facteur 4 pour la région (sont le scénario intermédiaire a été sélectionné comme souhaitable). Cette vision reste cependant déconnectée méthodologiquement du reste du travail du SRCAE. Le scénario « FF4 intermédiaire » choisi pour prolonger le SRCAE jusqu'en 2050 n'atteint pas une division par 4 des émissions. Il est dommage que le SRCAE n'affiche pas cette analyse en indiquant qu'il faut trouver des gisements supplémentaires. La seule information dans le SRCAE indique que les émissions en 2050 n'ont pas été calculées... Le SRCAE PdL a été le seul SRCAE de France à s'être soumis à une évaluation environnementale qui a été réalisée par le Centre d'Études Technique de l'Équipement de l'Ouest (CETE Ouest) en 2013.

Porteur d'une vision

Les scénarios tendanciel et engageant du SRCAE présentent plutôt des approches exploratoires car un des objectifs des SRCAE était de pouvoir indiquer (basé sur les potentiels régionaux) la contribution régionale aux objectifs énergie climat 2020. Le scénario « FF4 intermédiaire » qui ajoute une vision 2050 fonctionne également d'une manière exploratoire, car l'atteinte du Facteur 4 n'a par exemple pas été visée explicitement.

Approche participative

Entre juillet 2011 et mars 2012 les ateliers thématiques et transversaux aussi appelés Comités techniques ont été organisés. Chaque atelier a réuni une à plusieurs dizaines de participants issus de la société civile, des collectivités, du monde professionnel ou des administrations. La phase de l'ERE a permis d'organiser entre novembre 2013 et février 2013 5 débats territoriaux repartis sur l'ensemble du territoire et 4 ateliers thématiques (gouvernance, efficacité énergétique etc.). Les citoyens ont pu participer de plusieurs manières : via un panel de citoyens, 84 débats en petits groupes organisés par l'Ecole de Mines, via le concours des familles à énergie positives de l'Ademe, qui a rassemblé 680 familles ou encore via des contributions individuelles. Au total, plus de 5 000 personnes ont contribué à la déclinaison régionale du débat sur la transition énergétique et à enrichir le SRCAE et la stratégie de la transition énergétique régionale. Les 5 débats territoriaux et les 4 ateliers thématiques dans le cadre de l'ERE cité plus haut étaient basés sur une proposition de 3 scénarios élaborés par le bureau d'étude Futur Facteur 4 à l'initiative de la région. Le scénario médian a été choisi ; il a ensuite enrichi le SRCAE avec notamment une vision 2050. Une consultation publique a précédé la validation finale du SRCAE (octobre à décembre 2013) dont les résultats ne sont pas accessibles.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Le SRCAE représente un exercice obligatoire pour toutes les régions co-piloté par le préfet de région et le Président du conseil régional, en concertation avec les acteurs concernés formalisé par les lois Grenelle I et Grenelle II (Article 68). La vision 2050 qui a complété ce travail prospectif est issue d'une initiative du Conseil régionale.

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse :** il ne s'agit pas de variables spécifiquement adressées par ces scénarios mais le développement des énergies renouvelables locales a un impact positif sur la résilience du territoire par rapport à l'augmentation des prix d'énergie. Plusieurs pistes d'actions du SRCAE citent le souhait d'améliorer la capacité de résilience des écosystèmes (agriculture, protection des éco-systèmes etc.).
 - **Emploi et filières professionnelles :** une analyse des emplois créés / détruits par le SRCAE n'a pas été menée.
 - **Indépendance énergétique :** le mix énergétique primaire affiche 0 % nucléaire, 50 % énergies renouvelables et 50 % d'énergies fossiles. Pour l'électricité la région devient excédentaire (en 100% énergies renouvelables) mais pour les autres secteurs des importations seront encore nécessaires (notamment le secteur des transports).
 - **Prix et coûts de l'énergie :** cette variable n'a pas été modélisée dans le cadre du SRCAE.
 - **Impact santé, risques, accidents, sûreté :** pas d'analyse spécifique sur ces points. Mais les documents d'orientations citent à plusieurs reprises les dangers des changements climatiques pour la santé, et développe des pistes d'action.
 - **Investissements et chiffrage des scénarios :** le document ne contient aucune analyse ou estimation des investissements nécessaires pour a mise en ouvre.
 - **Impact sur le réchauffement climatique :** un calcul de l'évolution des émissions énergétiques (CO₂) a été effectué.
 - **Impact environnemental global :** le SRCAE a fait l'objectif d'une évaluation environnementale de CETE Ouest.
 - **Justice sociale :** une telle analyse n'a pas été effectuée.
- Faisabilité du scénario :** Le scénario engageant se base sur des potentiels régionaux en termes d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Aucune rupture technologique majeure n'est modélisée.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



JEREMY RIFKIN (2013)
CHAMBRE DE COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE
NORD DE FRANCE ET LE CONSEIL RÉGIONAL
NORD-PAS DE CALAIS

« Nord-Pas de Calais : Troisième Révolution Industrielle – Master Plan »

Année de publication : 2013
Horizon de modélisation : 2050

www.latroisiemerevolutionindustrielleennordpasdecalsais.fr

Méthodologie

Le Master Plan de la Troisième Révolution Industrielle pour la région Nord-Pas de Calais a été publié en 2013 par les équipes de Jeremy Rifkin suite à une commande de la Chambre de Commerce et de l'Industrie Nord de France et le Conseil Régional Nord-Pas de Calais.

Aucun scénario à proprement parlé n'a été élaboré mais il s'agit plutôt d'une modélisation supplémentaire, notamment économique, basée sur les travaux régionaux du SRCAE et la stratégie climat du SRADDT (Schéma régional d'aménagement et de développement durable). Contrairement au premier le deuxième atteint l'objectif du facteur 4 (des émissions CO₂ énergétiques en 2050 et une réduction de 60 % des consommations d'énergie finale, ce qui est jugé central par les porteurs des travaux de la 3^e Révolution Industrielle. Il s'agit d'une vision fondée sur cinq piliers : les énergies renouvelables, les bâtiments producteurs d'énergie, le stockage de l'énergie, l'internet de l'énergie, les transports électriques rechargeables et la pile à combustibles.

Les investissements annuels pour les mettre en œuvre s'élèvent selon une estimation à environ 6 Md€ par an (2014 à 2050). Par ailleurs, le contenu en emploi de différents secteurs économiques centraux pour la mise en œuvre de cette vision a été calculé (x emplois créés pour 1 M€ investi). Le modèle DEEPER (Dynamic Energy Efficiency Policy Evaluation Routine ; voir la description du modèle dans l'Annexe du rapport) a ensuite été utilisé pour évaluer l'impact des investissements sur la création d'emplois et les effets indirects via une augmentation des recettes des ménages grâce à une baisse des dépenses énergétiques etc.

Porteur d'une vision

Ce travail représente une certaine vision du futur énergétique focalisée sur des technologies (pile à combustibles, voiture électrique, bâtiment à énergie positive,...) qui permettent de concilier croissance économique et transition énergétique (efficacité énergétique et développement des énergies renouvelables) via une 3^e révolution industrielle. Elle ajoute un nouveau récit de la transition énergétique aux travaux du SRCAE et du SRADDT qui vise moins que d'autres scénarios Facteur 4 le changement de modes de vie mais s'oriente surtout vers des nouvelles technologies sobres en émissions.

Approche participative

L'élaboration du Master Plan pour la région Nord-Pas de Calais de l'équipe de Jeremy Rifkin a été orientée par le Forum d'orientation (environ 50 membres présidé par le CCI Nord de France et le CR) et alimenté par les contributions des 8 groupes de travail régionaux rassemblant des experts, des représentants des entités publiques régionales et des entreprises. Chaque groupe de travail a travaillé sur l'un des cinq piliers de la vision du Master Plan (voire méthodologie) et les 3 derniers sur des approches transverses : efficacité énergétique, économie circulaire et économie de fonctionnalité¹. Une véritable consultation d'un public plus large n'a pas été organisée.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Il s'agit d'une commande de la Chambre de Commerce et de l'Industrie Nord de France et du Conseil Régional Nord-Pas de Calais. Ce travail comprenait un grand volet de communication et a permis de créer une certaine attention publique autour du sujet, notamment grâce à la personnalité de Jeremy Rifkin. Par ailleurs, l'étude est un signe pour l'ambition climat énergie de la région qui dépasse les objectifs 2050 du SRCAE (co-élaboré avec la DREAL) cohérents avec le SRADDT (élaboré sous la responsabilité du Conseil régional).

1. www.latroisiemerevolutionindustrielleennordpasdecalsais.fr/la-gouvernance/

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : une approche holistique de la résilience d'un territoire n'est pas l'objectif du rapport mais plutôt un focus sur la robustesse de l'activité économique de la région en lien avec la transition énergétique.
 - **Emploi et filières professionnelles** : l'analyse des emplois créés pour chaque million d'€ investi est un élément central de l'analyse du Master Plan.
 - **Indépendance énergétique** : même si le développement des potentiels en termes d'énergies renouvelables est un des 5 piliers du rapport, une analyse de l'évolution de l'indépendance énergétique n'est pas présente.
 - **Prix et coûts de l'énergie** : des hypothèses sur l'évolution des prix de l'énergie ont été modélisées (possibilité d'une lente augmentation de 40 % de l'ensemble des prix de l'énergie d'ici 2050). L'étude analyse également l'impact sur le PIB et la création d'emplois d'une augmentation des prix de l'énergie.
 - **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : pas de travail spécifique sur ces aspects.
 - **Investissements et chiffre des scénarios** : une estimation des investissements nécessaires les évalue à au moins 6 Md€ par an.
 - **Impact sur les changements climatiques** : le travail prospectif vise l'atteinte du Facteur 4 sur les émissions énergétiques.
 - **Impact environnemental global** : pas d'analyse globale sur ce point.
 - **Justice sociale** : La justice sociale de la transition n'est pas au centre de l'analyse.
- Faisabilité du scénario** : Ce travail prospectif vise avant tout une croissance économique locale, économe en énergie et durable. La faisabilité du scénario dépend donc parmi d'autres éléments de la capacité de la région à mobiliser son industrie sur les enjeux de la transition.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



VIRAGE ÉNERGIE NORD-PAS DE CALAIS (2013)

« Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales »

Année de publication : 2013

Étude de potentiel

www.virage-energie-npdc.org/spip.php?article143

Méthodologie

L'association Virage énergie Nord-Pas de Calais a publié en 2013 une étude des potentiels d'économies d'énergie atteignables via des actions de sobriété énergétique sans recours à des évolutions technologiques (efficacité énergétique) sur le périmètre de la consommation finale des habitants de la région (ce qui inclut l'énergie importée via des produits de consommation intégrés). L'association a analysé les potentiels d'économies selon les usages : alimentation, biens matériels, bâtiment et déplacements. Deux degrés différents de potentiels ont été calculés dites « sobriété douce » et « sobriété radicale ».

Porteur d'une vision

La vision de l'association qui s'est clairement exprimée dans le préambule du rapport est la conviction que la sobriété et le changement des modes de vie sont nécessaires pour arriver à une adéquation entre demande énergétique et une offre 100 % renouvelable. Le travail permet d'évaluer d'un côté la dépendance énergétique de nos modes de vie actuelles et développe de l'autre côté une méthodologie pour évaluer les gisements d'économies d'énergie qui peuvent être engendrés par la sobriété énergétique. Par ailleurs la sobriété est capable d'apporter un ensemble d'externalités positives : une meilleure santé de la population (liée à qualité de l'air, de l'eau et des sols, des aliments), plus de relations sociales et d'entraide, plus de solidarité et de bien-être.

Approche participative

Il s'agit d'un travail d'expertise « en chambre », avec assistance à maîtrise d'ouvrage du bureau d'étude E&E Consultant pour la modélisation des thématiques « biens matériels » et « déplacements ». Les hypothèses retenues pour cet exercice sont référencées (recommandations sanitaires de l'Organisation Mondiale de la Santé etc.) ou décidées collectivement par un groupe de travail composé par les adhérents de l'association lors d'une dizaine de réunions.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Cette étude est une initiative de l'association Virage énergie Nord-Pas de Calais qui a, à sa demande, obtenu un financement du Conseil régional et de l'Ademe nationale. Il ne s'agit donc pas d'une commande d'un organisme public. L'objectif de l'association est de faire connaître les résultats du travail mais ils ne figurent pas dans un document stratégique institutionnel du Conseil Régionale et de l'Ademe national.

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse :** une des stratégies pour rendre un système énergétique ou un territoire plus robuste et résilient face aux questions énergétiques est de réduire sa consommation énergétique. L'étude analyse des potentiels d'économies d'énergie via des actions de sobriété et contribue donc à un tel objectif. Concernant l'aspect de flexibilité : les mesures de sobriété énergétique sont réalisables immédiatement, à l'inverse de mesures techniques d'efficacité énergétique et de renouvelables (soumises à des coûts d'investissement et des délais de mise en œuvre). De même pour la robustesse : une société de la sobriété énergétique est plus robuste face à une hausse des coûts de l'énergie.
 - **Indépendance énergétique :** l'indépendance énergétique n'est pas un objectif de ce travail car il ne modélise pas une offre énergétique mais se concentre sur des potentiels d'économies d'énergie. Cependant en réduisant les besoins l'indépendance énergétique augmente. A la place de l'indépendance c'est souvent l'autonomie qui est cité notamment concernant le chapitre sur l'alimentation.
 - **Prix et coûts de l'énergie :** cette variable n'a pas été modélisée car il s'agit d'une étude de potentiels techniques et comportementaux. Le prix et coût du pétrole et du nucléaire sont cependant le fondement de notre réflexion.
 - **Impact santé, risques, accidents, sûreté :** pas d'analyse spécifique globale sur ces points. Le chapitre alimentation se base cependant sur l'objectif d'une alimentation plus équilibrée selon les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé.
 - **Investissements et chiffrage des scénarios :** aucun calcul des investissements nécessaires n'a été mené.
 - **Impact sur les changements climatiques :** le potentiel d'économies d'énergie a été chiffré. Les réductions des gaz à effet de serre sont chiffrées pour les chapitres sur les biens matériels et les déplacements.
 - **Impact environnemental global :** pas d'analyse globale sur ce point.
- Justice sociale :** une telle analyse n'a pas été effectuée. Cependant, la sobriété énergétique, telle que l'association la définit est une réduction collective et organisée des consommations d'énergie : les plus riches (et donc consommateurs) restreignent leurs consommations, ayant pour effet un rééquilibrage au profit des plus pauvres. La justice sociale est donc au cœur de la sobriété énergétique.
- Faisabilité du scénario :** l'étude présente deux niveaux de « radicalité » de sobriété. Les deux échelles sont techniquement faisables donc la question de la faisabilité in fine se pose plutôt au niveau politique et individuel. Quels degrés de sobriété et de changements de modes de vie est « envisageable », « souhaitable » ou « faisable » ?

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



VIRAGE ÉNERGIE NORD-PAS DE CALAIS (2008)

« Energies d'avenir en Nord-Pas de Calais – Quelles solutions au dérèglement climatique »

Année de publication : 2008
Horizon de modélisation : 2050

www.virage-energie-npdc.org/spip.php?rubrique40

Méthodologie

L'association Virage énergie Nord-Pas de Calais a publié en 2008 un premier scénario pour la région. Pour leur travail ils se sont basés sur le cadre macro-économique et certaines hypothèses sectorielles de l'étude Enerdata (2005) « Etude pour une prospective énergétique concernant la France » pour la DGEMP et le Ministère de l'économie. Elle a servi à constituer le scénario tendanciel et un scénario « Facteur 4 Enerdata ». En 2050, la consommation d'électricité renouvelable s'élève à 90 %, celle de pétrole se réduit de 70 % et celle du gaz de 50 %. Une méthodologie bottom-up / back-casting via des indicateurs sectoriels combinée aux potentiels d'énergies renouvelables et des hypothèses concernant la fermeture des centrales nucléaires a été appliquée.

Porteur d'une vision

Il s'agit clairement d'un scénario normatif dont un objectif était de démontrer qu'un maintien de l'industrie lourde dans la région Nord Pas de Calais est possible et compatible avec l'atteint du Facteur 4 et une sortie du nucléaire.

Approche participative

Le scénario Virage énergie présente un travail collectif de l'association qui a été épaulé sur des sujets identifiés par le bureau d'étude E&E. 3 séminaires d'échanges et de débats ont été organisés en 2007 pour valider les hypothèses pour les chapitres bâtiment, transport et énergies renouvelables. Les hypothèses se basent sur ceux du scénario DGEMP et d'autres ressources. Le projet visait à engager le dialogue avec les décideurs économiques et politiques, ce qui s'est produit paradoxalement mieux sur le sujet des transports et de l'industrie que sur l'énergie.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Le travail prospectif est né à l'initiative de l'association en s'inspirant du scénario négaWatt. Aucun lien officiel (commande, financement) n'existe entre l'association et des acteurs institutionnels de la région. Le scénario a cependant suscité de l'intérêt de la part du public, de l'administration et des élus. Le scénario a permis à l'association de s'établir en tant que structure audible sur des questions énergétique. Aujourd'hui Virage Énergie dispose par exemple d'un représentant au CESER.

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : en se basant de plus en plus sur des énergies locales renouvelables le scénario augmente la résilience du territoire face à des augmentations des prix d'énergie.
- **Indépendance énergétique** : l'indépendance énergétique du territoire augmente avec une diminution de la consommation des énergies fossiles et une augmentation de la production renouvelable.
- **Emploi et filières professionnelles** : une estimation des emplois créés par les filières des énergies renouvelables a été menée.
- **Prix et coûts de l'énergie** : cette variable n'a pas été modélisée mais représente un argument sous-jacent pour le développement des énergies renouvelables et des économies d'énergie.
- **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : une étude complémentaire a été menée qui chiffre l'impact du trafic routier sur la santé publique et la sécurité routière.
- **Investissements et chiffrage des scénarios** : aucun calcul des investissements nécessaires a été mené.
- **Impact sur les changements climatiques** : le scénario facteur 4 atteint le facteur 4 mais uniquement sur les émissions de CO₂ énergétique. Le secteur de l'agriculture n'a pas été couvert par l'étude.
- **Impact environnemental global** : pas d'analyse globale sur ce point, mais des estimations en particules ou en utilisation de l'espace par les énergies renouvelables.
- **Justice sociale** : une telle analyse n'a pas été effectuée.
- **Faisabilité du scénario** : l'étude se base sur des études des potentiels régionaux en termes de développement des énergies renouvelables et des technologies existantes notamment pour les économies d'énergies du secteur de l'industrie. Les ressources sont similaires au SRADDT.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif

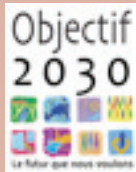


Schéma Régional Climat Air Energie pour la Région Nord-Pas de Calais

Publication : 20 novembre 2012
Horizon de modélisation : 2020, 2030 & vision 2050

www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?-SRCAE-

CONSEIL RÉGIONAL NORD-PAS DE CALAIS (2013)

« Stratégie climat du SRADDT »

Publication : 26 septembre 2013
Horizon de modélisation : 2020, 2030 & vision 2050

www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_5321/sraddt-

Méthodologie

Le SRCAE de la région Nord-Pas de Calais a été approuvé le 20 novembre 2012 après un début des travaux fin 2010. Il n'y avait aucun chevauchement de calendrier avec les débats sur la transition énergétique en région. La modélisation a été effectuée par le bureau d'études Energies demain. 3 scénarios sont proposés dans le cadre du SRCAE : un scénario « pré-Grenelle », un scénario « mesures Grenelle » et un scénario « objectif Grenelle » qui permet d'atteindre les objectifs 2020 et qui vise le Facteur 4 sans pouvoir le respecter. Les hypothèses sectorielles pour chacun de ces scénarios sont détaillées dans un cahier technique. Par définition le scénario « mesures Grenelle » est exploratoire car il applique les potentiels des mesures adoptées et le scénario sans pouvoir atteindre les objectifs. Le scénario « objectif Grenelle » renforce les hypothèses pour aller plus loin que le scénario précédent notamment sur les objectifs en 2020, sans pour autant appliquer une méthodologie de back-casting. Le facteur 4 en 2050 n'est pas atteint. La réduction de la consommation finale atteint - 44 % en 2050. Le potentiel de couverture renouvelable de la consommation d'énergie finale en 2020 du scénario « Objectif Grenelle » est de 12 %. L'analyse du développement des énergies renouvelables après 2020 et de l'équilibre offre demande n'a pas été effectuée. Par rapport à d'autres SRCAE celui-ci concentre son champ de travail sur les points obligatoires sans élargir les périmètres d'analyse. Le SRADDT (Schéma régional d'aménagement et de développement durable) publié en 2013 par la région est signe d'une certaine frustrations de la région par rapport aux résultats du SRCAE et montre plus d'ambitions. « La stratégie CLIMAT du SRADDT se veut d'une part, complémentaire au SRCAE en se situant dans l'optique de l'atteinte des objectifs du 3X20 en 2020 et d'autre part, élargit les leviers d'action dans une perspective du facteur 4 à l'horizon 2050. » Il publie un scénario « Facteur 4 » qui renforce le scénario « mesures Grenelle » avec des hypothèses plus

Porteur d'une vision

Les scénarios du SRCAE ne sont pas porteurs d'une vision normative car ils visent à explorer les potentiels régionaux en termes de réduction de gaz à effet de serre, d'économies d'énergie et d'énergies renouvelables. Les résultats montrent que les objectifs visés ne sont pas atteints ce qui implique l'utilisation d'une méthodologie plutôt d'ordre exploratoire basée sur des hypothèses par secteur de consommation et concernant le développement des énergies renouvelables. Le SRADDT de la région qui a été publié une année plus tard ajoute une vision normative au travail du SRCAE en visant le Facteur 4 et en renforçant ses hypothèses.

Approche participative

La démarche SRCAE a été lancée fin 2010. Au total 6 comités de pilotage, 11 comités techniques, 21 ateliers de travail, 3 comités territoriaux, et un CAP Climat dédié au SRCAE qui ont été organisés par le comité technique en charge de l'élaboration du SRCAE. A la suite de ce travail le projet de schéma a été mis à la disposition du public entre septembre et décembre 2011. 1683 entités (dont 1550 communes) ont été officiellement consultées et le projet de schéma a été mis à disposition du public selon des modalités parues dans la presse (Voix du Nord et Nord Eclair). Le projet était consultable notamment sur internet et il était possible de compléter un questionnaire en ligne afin d'exprimer son avis. 10 présentations spécifiques ont été réalisées auprès de 8 commissions départementales. 4 réunions territoriales de concertation ont été organisées auxquelles ont participé près de 400 personnes. Les comptes-rendus des réunions de concertation sont accessibles en ligne¹. Seul 80 contributions et avis (dont 45% proviennent des collectivités) ont été exprimés par courriel ou par courrier, la moitié étant le résultat de la consultation officielle (ce qui représente un retour très faible), l'autre moitié étant des contributions spontanées suite à la mise à disposition du public et aux réunions territoriales de concertation. Une analyse et synthèse de ces avis ont été rédigées et sont accessible en ligne².

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Le SRCAE représente un exercice obligatoire pour toutes les régions et est co-piloté par le Préfet de région et le Président du Conseil Régional, en concertation avec les acteurs concernés formalisé par les lois Grenelle I et Grenelle II (Article 68). Par rapport à d'autres SRCAE, celui de la région Nord-Pas de Calais ne dépasse pas le cadre méthodologique prévu par le gouvernement central pour l'élaboration des SRCAE. Ces limitations étant ressenties comme un manque pour la définition d'une véritable stratégie climat régionale, la région a via le SRADDT et dans un deuxième temps le Master Plan de Rifkin complété la vision énergétique pour la région.

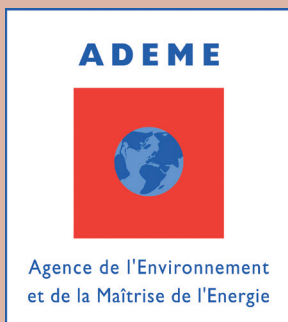
1. www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Les-reunions-de-concertation.
2. www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Consultation-Publique-SRCAE,5236

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : il n'y pas une analyse spécifique qui vise à étudier le niveau de résilience du territoire. Le Facteur 4 en 2050 n'est pas atteint et le potentiel des énergies renouvelables reste très faible.
 - **Emploi et filières professionnelles** : dans le SRCAE il n'y a aucune analyse des emplois créés ou détruits. Par contre le SRADDT publie des chiffres concernant des emplois créés par M€ investit par filière calculés par le bureau d'étude E&E. **Indépendance énergétique** : le SRCAE ne donne pas d'informations sur le mix énergétique global en 2020. Seul le résultat de 12% d'énergies renouvelables en 2020 dans le mix d'énergie finale est connu.
 - **Prix et coûts de l'énergie** : aucune analyse concernant cet indicateur n'a été menée.
 - **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : pas d'analyse spécifique sur ces points.
 - **Investissements et chiffrage des scénarios** : aucun calcul des investissements nécessaires pour la mise en œuvre du scénario n'a été mené.
 - **Impact sur les changements climatiques** : le facteur 4 n'est pas atteint.
 - **Impact environnemental global** : pas d'analyse globale sur ce point.
 - **Justice sociale** : une telle analyse n'a pas été effectuée.
- Faisabilité du scénario** : les scénarios se basent sur des potentiels régionaux en termes de production et d'économies d'énergie.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte

Travail prospectif



ADEME (2013)
FUTUR FACTEUR 4

« Prospective énergétique à 2050 en Nord-Pas de Calais »

Année de finalisation (l'étude n'a pas été publiée sur le site de l'Ademe) : 2013
Horizon de modélisation : 2050

Méthodologie

Le bureau d'études Futur Facteur 4 a finalisé en 2013 à la demande de l'Ademe Nord Pas de Calais un scénario énergétique pour la région. L'étude comporte 3 modélisations avec des taux de croissance différents linéaires jusqu'en 2050 (0,5%, 1% et 1,9%). Pour chacune des 3 hypothèses il y a un scénario tendanciel et un scénario volontariste. L'évolution de la consommation énergétique est présentée sous 2 formes : selon les secteurs de consommation et selon les usages (santé, alimentation, déplacements etc.). Les réductions de consommations d'énergie finale en 2050 se situent pour les 3 scénarios entre -52% à -63% par rapport à 2005. Environ 40% de la consommation régionale est encore d'origine fossile en 2050. Un bouclage entre offre et demande en électricité a été effectué pour l'année 2050 avec 5 variantes qui diffèrent selon le mix électrique modélisé. Il y a 3 variantes sans nucléaire en 2050 (dont une à partir de 2040). Les 3 scénarios avec les 5 variantes atteignent le Facteur 4 en 2050 (uniquement sur les émissions de CO₂).

Porteur d'une vision

Les scénarios développés au cours de cet exercice ne sont pas porteurs d'une vision. Ils ont été élaborés et présentés dans l'objectif d'informer et d'enrichir un débat. Notamment la modélisation de 5 mix électriques permet un débat sur les avantages et inconvénients de chacun d'eux.

Approche participative

Il s'agit d'un exercice « en chambre ». A aucun moment un débat public ou une consultation sur les éléments de prospective a eu lieu. Seule une synthèse du scénario a été rendue publique. Il n'est par ailleurs pas accessible sur le site de l'Ademe.

Lien avec la sphère politique ou l'opinion publique

Ces scénarios ont été commandités par l'Ademe mais aucune communication n'a été engagée autour de ce travail. Le moment de la finalisation coïncidait notamment avec la publication du Master Plan de Rifkin qui porte des messages plus orientés sur les technologies que sur les usages et qui a été commandité et soutenu par le Conseil Régional. L'espace du débat public et de consultation a donc largement été occupé par ce deuxième travail.

Prise en compte des 12 critères d'évaluation « pour les citoyens »

- **Résilience, flexibilité, robustesse** : il n'y pas une analyse spécifique qui vise à étudier le niveau de résilience du territoire. Cependant, les émissions de CO₂ se réduisent et la production des énergies renouvelables locales augmente ce qui contribue à rendre le territoire moins vulnérable notamment par rapport à une augmentation des prix de l'énergie.
- **Emploi et filières professionnelles** : une analyse des emplois créés par M€ investi par filière a été menée. Malheureusement elle n'a pas été rendue publique.
- **Indépendance énergétique** : le prix énergétique en 2050 est encore en grande partie (environ 50%) d'origine fossile.
- **Prix et coûts de l'énergie** : une hypothèse de prix d'énergies élevés est faite.
- **Impact santé, risques, accidents, sûreté** : pas d'analyse spécifique sur ces points sauf sous l'angle de l'évolution des consommations énergétiques du secteur de la santé.
- **Investissements et chiffrage des scénarios** : aucun calcul des investissements nécessaires pour la mise en œuvre du scénario n'a été mené.
- **Impact sur les changements climatiques** : le facteur 4 est atteint pour les 3 scénarios et les 5 variantes de production électrique mais uniquement pour le CO₂.
- **Impact environnemental global** : pas d'analyse globale sur ce point.
- **Justice sociale** : une telle analyse n'a pas été effectuée.
- **Faisabilité du scénario** : les scénarios utilisent des potentiels régionaux en terme de production et d'économies d'énergie qui se basent sur des hypothèses d'autres études à l'échelle régionale ou les variables du scénario national Ademe.

rouge : pas pris en compte
orange : partiellement pris en compte
vert : pris en compte



500

II • Analyse qualitative et chiffrée de scénarios pour les régions Pays de la Loire, Nord-Pas de Calais et Provence-Alpes-Côte d'Azur

900

1 • Introduction méthodologique

L'enjeu de ce chapitre est de mener une comparaison qualitative et chiffrée des scénarios régionaux dans 3 régions : Pays de la Loire, Nord-Pas de Calais et Provence-Alpes-Côte d'Azur.

La comparaison porte sur les scénarios suivants :

Pays de la Loire

- Le Schéma Régional – Climat Air Energie (2014)
- Scénarios de l'association Virage énergie climat (2012)
- Scénario Futur Facteur 4 pour la Stratégie régionale de Transition énergétique (2014)

Nord-Pas de Calais

- Le Schéma Régional – Climat Air Energie (2012)
- Scénario de l'association Virage énergie (2008)
- Scénario « sobriété » de l'association Virage énergie (2013)
- Scénario Futur Facteur 4 (2012)
- Scénario Scénario « Master Plan pour une Troisième révolution industrielle » ; Jeremy Rifkin (2013)

Provence-Alpes-Côte d'Azur

- Le Schéma Régional – Climat Air Energie (2013)
- Scénario Provence-Alpes-Côte d'Azur négaWatt (2012)

La comparaison chiffrée se base sur les données d'un outil développé par le groupe d'experts du débat national sur la transition énergétique, utilisé, affiné et publié par le bureau d'étude Carbone 4⁶⁷ dans le cadre d'un marché public du ministère de l'écologie.

L'outil, plus précisément une grille de critères, a été développé pour l'analyse de scénarios nationaux. La grille a été simplifiée pour l'exercice ci-présent.

67. Carbone 4 (2014) « Etude des 4 trajectoires du DNTÉ »

Globalement l'approche choisie distingue entre 3 différents types d'indicateurs de comparaison :

① | L'analyse des variables d'entrée (exogènes) des modèles : Ceci inclut des indicateurs qui impactent en général fortement l'évolution de la demande énergétique par exemple l'évolution de la population, des surfaces tertiaires ou de la mobilité individuelle ou les prix des énergies fossiles. Aujourd'hui il n'existe pas de jeu d'hypothèses « type » commun aux modélisations même si la convention renvoie souvent vers les hypothèses INSEE concernant l'évolution de la population et du nombre de ménages et l'AIE pour les prix de l'énergie.

② | L'analyse des variables principales qui impactent l'évolution de la demande énergétique tendancielle. Cette catégorie inclut les mesures pour la transition énergétique considérées pour les différents secteurs de consommation. Il peut s'agir de mesures de sobriété ou d'efficacité énergétique, d'évolutions des modes de consommation dans un sens large, des développements technologiques ou l'évolution du rôle des vecteurs énergétiques et des mix énergétiques dans chaque secteur.

③ | L'analyse des impacts attendus des mesures : Si on peut analyser sous le point 2 par exemple le nombre de rénovations on analysera ici le gain énergétique moyen qui dépendra des hypothèses sur la performance des équipements, sur l'ambition des travaux de rénovation et de l'« effet rebond » attendu sur les consommations qui ont été formulés dans le groupe 2 des indicateurs. Cette partie inclut également les bilans énergétiques et d'émission finaux.

Cette approche permet de distinguer des variables exogènes ①, endogènes ② et les résultats ③. La partie la plus structurante et la plus « propre » à chaque scénario étant le jeu de variables ②.

Par ailleurs, il faut analyser ce groupe d'indicateurs dans le contexte du choix méthodologique de la modélisation, car le traitement des variables sera différent selon si une approche exploratoire ou normative est choisie. Une approche normative nécessite des allers-retours entre le calcul des résultats et la définition des variables sous ② (voire sous ①) pour être cohérent avec les objectifs déterminants.

La comparaison de scénarios ci-présente reprend là où c'est possible et utile la distinction entre ces 3 niveaux d'analyse.

68. 22 septembre 2011 www.paca.developpement-durable.gouv.fr/une-methode-d-elaboration-r1027.html

69. A ce moment la question du calendrier était notamment important au regard du schéma régional éolien : faute d'adoption avant fin juin 2012, l'Etat pouvait l'élaborer sans le concours de la Région. Comme le SRCAE n'ayant pas été publié au 30 juin 2012, la finalisation du SRE a relevé du préfet de région seul.

L'analyse de Carbone 4 a également révélé des difficultés liées aux choix de périmètre qui interfèrent avec une comparaison « simple » des résultats de différents scénarios.

Il faut nommer notamment :

- l'année de référence et l'horizon temporel, ainsi que les choix d'étapes de modélisation ;
- le territoire analysé (par exemple avec ou sans les territoires d'outre-mer) ;
- la modélisation de la totalité ou seulement d'une partie des vecteurs énergétiques ou de secteurs de consommation ;
- la prise en compte ou pas des consommations finales non énergétiques, de la consommation de la branche énergie, des calories air, eau et sol des pompes à chaleur et du trafic maritime et aérien national et international etc.

Afin de « rendre » les scénarios compatibles Carbone 4 a dû apporter des corrections techniques aux trajectoires des scénarios. Un exemple : Afin d'éliminer selon leur analyse la principale source d'écart de consommation énergétique entre les scénarios dans le secteur des transports ils ont homogénéisé les périmètres des différents scénarios pour le transport aérien en retenant uniquement le périmètre du transport *intérieur* de voyageurs et de marchandises (et donc hors carburéacteur international et hors routes internationales maritimes).

Ce type d'ajustement n'a pas été effectué pour le travail ici-présent. Cependant des écarts ont été constatés et sont transcrits d'une manière la plus transparente possible dans la suite de la comparaison.

Aussi le travail de comparaison de scénarios est rendu compliqué par l'accessibilité très variable de données. Les publications des porteurs de scénarios diffèrent d'une manière importante concernant la quantité, la qualité et le détail des chiffres et des informations sur les choix méthodologiques fournis.

Certains chiffres ne sont par ailleurs que présentés sous forme d'un graphique ce qui peut ajouter des incertitudes importantes sur la précision de l'information. Souvent des données sont présentées pour deux années mais pas pour la totalité de la période d'analyse etc.

Le rapport Carbone 4 indique pour chaque scénario via un code couleur différent les données issues des publications des porteurs de scénarios incarnant les trajectoires, et les données reconstituées ou extrapolées par eux-mêmes dues à l'absence de ces informations dans les rapports de source.

Pour la comparaison ci-présente aucune extrapolation de données n'a été effectuée. Pour cela la comparaison ne porte que sur les éléments qui permettent une comparaison. L'élément central est donc, à côté de la comparaison chiffrée le choix des méthodologies de modélisation.

500

2 | 1 • Contexte de l'élaboration des travaux prospectifs Provence-Alpes-Côte d'Azur

L'analyse du déroulement de l'élaboration du SRCAE dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) demande une description des interactions avec la régionalisation du scénario négaWatt et du débat national et régionalisé sur la transition énergétique.

900

	2010 - 2011	2012	2013	2014/2015
INSTITUT NÉGAWATT (2012) « Vers un système énergétique 100 % renouvelable »		16 août Publication du scénario		
CONSEIL RÉGIONAL ET DREAL PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR (2013) Schéma Régional Climat Air Energie	COFIL et Comités techniques sectoriels	janvier Présentation du SRCAE au COFIL (janvier); véto du Conseil régional (voire dans le texte ci-dessous)	janvier - avril consultation du public (12/12 au 15/04 avis obligatoires) 14 mai COFIL bilan des consultations et validation Juin vote SRCAE 17 juillet validation finale du SRCAE	
Débat régional sur la transition énergétique		30 novembre Conférence de lancement organisée par le Conseil régional	mars - mai 6 conférences citoyennes organisées par la région et une soixantaine de débats citoyens 26 avril Rencontre des professionnels 25 mai Journée citoyenne 14 juin Conférence Régionale du DNTE; présentation de la synthèse des débats	
Débat national sur la transition énergétique			janvier - mai Réunions des groupes de travail du DNTE juin Synthèse du débat national	
Conférence régionale pour la transition énergétique				20 janvier 2014 23 Juin 2014 15 janvier 2015 Conférences

Les travaux du SRCAE ont été lancés en 2010 avec l'organisation des réunions du Comité de pilotage (COFIL) et des Comités techniques sectoriels. Les comptes rendus du COFIL⁶⁸ montrent des tensions entre les représentants de la Région et de la DREAL. Les débats portaient sur le calendrier d'élaboration du SRCAE⁶⁹ et la volonté du Conseil régional d'intégrer dans le SRCAE une étude 100 % énergies renouvelables. La Région avait voté en avril 2011 une motion sortant du nucléaire qui prévoyait le lancement d'une étude visant à élaborer des scénarios de

transition énergétique vers une couverture totale des besoins énergétiques de la région par des énergies renouvelables à 2050 – scénario 100 % énergies renouvelables à 2050. Un marché public avait été lancé qui a été obtenu par l'institut négaWatt. Lors du COFIL 22 septembre 2011 le représentant de la DREAL souligne « qu'une telle étude régionale "transition énergétique" [...] ne peut être intégrée dans le SRCAE, cela étant interdit par les règles du jeu, toutefois, il doit être un élément de réflexion qui nourrira le SRCAE ».

Le COPIL de janvier 2012 conclut sur une divergence de vue entre l'Etat, qui souhaite pouvoir valider le projet rapidement afin que l'ensemble des acteurs du territoire puissent commencer l'élaboration des documents qui en découlent, et la Région qui souhaite différer la concertation sur le projet, et pouvoir intégrer à celui-ci le scénario élaboré par l'institut négaWatt, en donnant une liste d'arguments de la DREAL et du Conseil régional⁷⁰. Le veto du Conseil régional a mené à un blocage du dossier qui a duré quasiment toute l'année 2012 jusqu'à arriver à un consensus acceptable des deux côtés. Dans les faits, les résultats des deux exercices menés indépendamment (SRCAE⁷¹ et régionalisation du scénario négaWatt) montraient des tendances comparables pour les années 2020 et 2030. Pour cela un compromis a pu être trouvé : le scénario négaWatt PACA a pu compléter « en partie » le travail SRCAE comme troisième scénario dite « de transition » pour la période 2030-2050 sans qu'il soit mentionné en tant que tel. Un volet éolien flottant a été ajouté à l'exercice SRCAE issu du scénario négaWatt PACA.

Cependant la comparaison des deux exercices montre l'utilisation de méthodologies différentes.

Par ailleurs les trajectoires entre 2030 et 2050 ne se reposent pas uniquement sur le scénario négaWatt Provence-Alpes-Côte d'Azur mais sont composées des modélisations du bureau d'étude Artelia commandité pour l'élaboration du SRCAE, des ordres de grandeur du scénario national Ademe, des éléments du scénario régionalisé négaWatt et d'autres sources comme l'étude d'Energies demain⁷² portant sur l'évolution du secteur résidentiel régional. Le choix de ne pas s'appuyer à 100 % sur les résultats du scénario négaWatt pour la période 2030-50 s'explique en partie par l'absence d'une phase de consultation ou co-construction comme cela était le cas pour le SRCAE ce qui était jugé non acceptable notamment par les représentants de l'Etat en région.

Le retard de l'élaboration du SRCAE suite au blocage politique durant l'année 2012 a provoqué un chevauchement de la phase de consultation de ce même SRCAE avec l'organisation des débats dans le cadre du débat régionalisé sur la transition énergétique. Certaines réponses à la consultation publique du SRCAE montraient que la différence entre les consultations du DNTE et du SRCAE n'a pas été bien comprise (certaines observations étaient plutôt de portée nationale notamment sur les enjeux du nucléaire).

Le bilan de la consultation⁷³ autour du SRCAE montre des résultats mitigés : seul 7 % des structures consultées dans le cadre des avis obligatoires ont répondu. Cependant aucun avis n'y était défavorable. Pour cette partie de la consultation l'articulation avec le débat sur la transition avait été bien comprise.

La participation du grand public était également faible : 56 observations dont 60 % émanant de citoyens ont été reçues.

Concernant le débat régional sur la transition énergétique une synthèse du SRCAE faisait partie des documents fournis⁷⁴, à côté du « socle commun » à toutes les régions par le secrétaire national du débat sur la transition énergétique organisé autour de 5 questions⁷⁵.

Le débat régionalisé s'est organisé autour d'une conférence de lancement (novembre 2012), suivie au printemps 2013 par 6 conférences citoyennes organisées par la région, une soixantaine de débats citoyens, un rencontre des professionnels initiée par la région, une journée citoyenne et la conférence régionale du DNTE en 2014 qui permettait la présentation de la synthèse des débats⁷⁶.

Finalement le projet de SRCAE a été approuvé par le Conseil régional lors de la séance du 28 juin 2013 et arrêté par le préfet de région le 17 juillet 2013.

Afin d'assurer un suivi des avancées des indicateurs du SRCAE le Conseil Régional et la DREAL ont mis en place une Conférence Régionale pour la Transition Énergétique (CRTE) en lien avec l'Observatoire Régional de l'Energie, du Climat et de l'Air (ORECA)⁷⁷. Elle réunit à un rythme semestriel des élus, des collectivités, des fédérations d'acteurs économiques, des partenaires sociaux et le monde associatif.

La première CRTE⁷⁸ tenue en janvier 2014 a réuni environ 120 acteurs. Elle a suscité la création de cinq groupes de travail sur les thèmes suivants : urbanisme, transports, mobilisation du monde économique, mobilisation des citoyens, financements. Leurs travaux complètent les démarches existantes pour la mise en œuvre du SRCAE notamment au vu du retard constaté par rapport aux objectifs 2020⁷⁹.

En juin 2014, lors de la 2^e conférence, plusieurs plans d'action ont été proposés sur les thèmes suivants : le Plan de Rénovation Énergétique de l'Habitat, la sécurisation de l'alimentation électrique de l'est de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, le développement des Énergies renouvelables (EnR), les Plans de protection de l'atmosphère (PPA), etc.

2 | 2 • Comparaison de scénarios Provence-Alpes-Côte d'Azur

L'objectif de ce chapitre, c'est la comparaison du Schéma Régional – Climat Air Energie (2013) et de la régionalisation Provence-Alpes-Côte d'Azur du scénario négaWatt (2012) pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur au niveau quantitatif – là où les données le permettent – et méthodologique.

Cet exercice représente des difficultés notamment pour la période 2030-2050 car celle-ci n'est comme expliquée ci-dessus pour le scénario « transition » du SRCAE pas basé sur une modélisation unique mais représente une composition de chiffres issus de différents travaux (modélisations du bureau d'étude Artelia commandité pour l'élaboration du SRCAE, des éléments du scénario régionalisé négaWatt, le scénario national Ademe et d'autres sources comme l'étude d'Énergies demain⁸⁰ portant sur l'évolution du secteur résidentiel régional). Cette approche est inévitablement source de certaines incohérences car un bouclage complet n'a pas été effectué.

ANNÉES DE RÉFÉRENCE

→ Le SRCAE utilise la base de données régionale cadastrale Energ'Air⁸¹. L'année la plus récente au moment de l'élaboration du schéma était 2007 (entre temps les données pour 2010 ont été publiées).

Les données de production énergétiques sont recueillies d'une manière bottom-up notamment directement auprès des producteurs. Pour les données sur la consommation électrique une approche top-down est utilisée complétée par un contrôle via des données régionales. Pour le secteur résidentiel par exemple les consommations d'électricité sont calculées par usage en fonction du nombre de résidents par commune en appliquant un certain nombre de facteurs nationaux. Ensuite elles ont été comparées aux données réelles du bâtiment (source ERDF) et corrigées si elles présentaient une forte divergence, ce qui s'est révélé être le cas principalement sur les communes sujettes aux grandes migrations touristiques, essentiellement les stations de sports d'hiver.

L'année de référence pour le SRCAE est donc l'année 2007.

→ La régionalisation du scénario négaWatt se base sur le scénario national qui a comme année de référence 2010 et applique ensuite des hypothèses de la régionalisation pour chaque secteur de consommation énergétique dont la liste est accessible dans le rapport. Par exemple, un coefficient climatique est appliqué pour la climatisation pour prendre en compte le rapport entre les degrés jours de climatisation à Nice et les degrés-jours nationaux de climatisation, pris à Trappes. Un calibrage a été effectué pour ramener l'année de référence également à 2007 via les données régionales. Cependant des différences persistent par exemple dans la consommation énergétique du secteur résidentiel pour l'année 2007 qui est de 6% plus élevé que celle du SRCAE⁸².

LES VARIABLES DE CADRAGE

Evolution de la population : Le scénario INSEE central ou médian a été choisi pour les deux exercices.

Cependant celui-ci est considéré par la Région comme scénario bas, car l'INSEE sous-évalue dans ces recensements un nombre non négligeable de personnes non localisées géographiquement au niveau national dont une partie significative en PACA (personnes en cours de déménagement, etc.).

PIB : Aucun des deux exercices n'a effectué une analyse macro-économique ou une évaluation de l'impact d'une variation du PIB (ayant un impact notamment sur la consommation énergétique du secteur industriel). Cette décision s'explique par le choix méthodologique des deux travaux prospectifs qui ne permettent pas de relier directement choix énergétique et mesure du PIB. Il est cependant erroné d'interpréter ces scénarios comme des trajectoires de stabilisation ou de décroissance. Il faudra effectuer une analyse des effets macro-économiques des résultats énergétiques pour avoir des indications sur l'impact économique.

Prix de l'énergie : L'augmentation des prix de l'énergie est un fil rouge sous-jacent dans les scénarios qui explique une partie de la maîtrise de l'énergie. L'impact du prix de l'énergie sur le changement de vecteurs ou la diminution de la consommation n'est cependant pas calculé directement via des élasticités prix mais plutôt d'une manière indirecte via la mise en place de politiques.

70. Compte rendu du COPIL 30 janvier 2012 : www.paca.developpement-durable.gouv.fr/comite-de-pilotage-du-30-janvier-a4034.html

71. La modélisation a été menée par le bureau d'étude Artelia.

72. Énergies demain (2012) « Potentiel d'économies d'énergie des bâtiments de la région Provence Alpes Côte d'Azur », CERC PACA.

73. Bilan des observations et avis recueillis sur le projet et de leur prise en compte www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Presentation_restitution_consultation_SRCAE_PACA_VF_revue_20130606_cle1f926d.pdf

74. www.transition-energetique-paca.fr/socle.php

75. 1. Comment aller vers l'efficacité énergétique et la sobriété ?

2. Quelle trajectoire pour atteindre le mix énergétique en 2025 ?

Quels types de scénarii possibles à l'horizon 2030 et 2050, dans le respect des engagements climatiques de la France ?

3. Quels choix en matière d'énergies renouvelables et de nouvelles technologies de l'énergie et quelle stratégie de développement industriel et territorial ?

4. Quels coûts et quel financement de la transition énergétique ?

5. Quelle gouvernance ? Quel rôle notamment pour l'État et les collectivités ?

76. www.transition-energetique-paca.fr/download/Synthese_finale.zip

77. <http://oreca.regionpaca.fr/conference-regionale-pour-la-transition-energetique.html#.VBHEioU4qRI>

78. www.paca.developpement-durable.gouv.fr/conference-regionale-pour-la-a7625.html

79. Communiqué de presse du Conseil régional du 4 septembre 2014

80. Énergies demain (2012) « Potentiel d'économies d'énergie des bâtiments de la région Provence Alpes Côte d'Azur », CERC PACA

81. www.aires-mediterranee.org/html/energair/

Une note méthodologique de 2013 explique en détail les sources sur lesquelles se base Energ'Air et décline les postes de consommation énergétique.

82. Une explication probable est le choix du scénario négaWatt d'exprimer toutes les productions et consommation d'énergie en PCS

(Pouvoir calorifique supérieur). Ce choix augmente donc la quantité d'énergie considérée par rapport au PCI (Pouvoir calorifique inférieur). Pour 2007, la valeur exprimée en PCS dépasse celle exprimée en PCI de 4,5 %. Ainsi, l'écart réel n'est plus que de 1,5 %.

950

RESPECT DES ENGAGEMENTS NATIONAUX

Objectif national	SRCAE PACA	Respect de l'objectif	Scénario négaWatt PACA	Respect de l'objectif
- 16 % d'émissions de gaz à effet de serre en 2020 par rapport à 2005 ¹	- 20 % (par rapport à 2007)		- 23 % (par rapport à 2007)	
- 18 % de consommation énergétique finale en 2020 par rapport à 2007	- 13 %		- 8 %	
23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2020	20 %		12 % (en prenant en compte les exportations et importations)	
25 % de fret non routier en 2024	10 % (en 2020)		8,3 % (en 2020)	
- 38 % de consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel en 2020 par rapport à 2009	- 30 % (en énergie finale uniquement pour le parc existant) par rapport à 2007. Atteint de l'objectif - 38 en 2025.		- 7,6 % (en énergie finale) par rapport à 2007	
Division par 4 des émissions de GES en 2050 par rapport à 1990	- 75 % des gaz à effet de serre		- 92 % (uniquement CO ₂ énergétique)	
Division par 2 de la consommation énergétique finale en 2050 par rapport à 2012	- 50 %		- 60 %	
Baisse de la consommation d'énergies fossiles (dans l'énergie finale) de 30% en 2030 par rapport à 2012	- 30 %		- 65 % (par rapport à 2007 en énergie primaire)	
Objectif 50 % de nucléaire dans le mix de production électrique en 2025	Non renseigné		Environ 37 % de nucléaire dans le mix de production électrique (à l'échelle nationale)	

1. - 21 % ETS, - 14 % hors ETS soit - 16 % au global par rapport à 2005

36

Les résultats concernant le respect des objectifs climat énergie à l'échelle nationale l'image est relativement homogène. Au niveau des chiffres précis il y a cependant des différences qui apparaissent. Concernant l'objectif de réduction de consommation énergétique en 2020 on peut remarquer la réduction relativement faible qui est projeté par le scénario négaWatt. Ceci s'explique par la modélisation de «l'inertie» du secteur du bâtiment et la réticence des ménage par rapport

à la mise en œuvre du grand chantier de rénovation.

Le périmètre de l'objectif pour les énergies renouvelables n'est pas le même pour les deux exercices ce qui explique la différence entre les deux travaux.

La part du nucléaire dans le mix électrique n'est pas renseignée pour l'exercice du SRCAE car le mix électrique national sort du périmètre d'analyse des SRCAE.

Les secteurs de consommation énergétique

INDUSTRIE

L'industrie représente le secteur de consommation énergétique le plus important en PACA avec 37% des consommations en 2011 (contre 21 % à l'échelle nationale). Il faut également se rappeler que le futur de la consommation énergétique industrielle de cette région dépend notamment de l'avenir de quelques grandes entreprises comme Arcelor Mittal qui représente 60 % de la consommation d'énergie finale de l'industrie régionale.

Construire le « point zéro » des consommations énergétiques du secteur industriel (selon les filières, vecteurs énergétiques et production) en Provence-Alpes-Côte d'Azur était un réel défi pour les deux travaux à cause d'un manque de données régionales et du secret industriel.

Il n'a pas été possible de réunir les statistiques de productions (une enquête a été lancée au niveau de la DREAL auprès des 150 plus grosses installations pour remédier à ce manque).

Pour les consommations d'énergie, la reconstitution par branche était également problématique puisque la principale source d'information (données de l'enquête EACEI) possède d'importantes valeurs sous secret statistique, et aucun traitement régional de cette enquête n'a été établi.

Les autres sources (ORE, Energ'Air, Atmo) ne donnent ni les détails par branche, ni le découpage concernant la consommation d'électricité.

La reconstitution du point zéro de l'industrie se base, pour le scénario négaWatt Provence-Alpes-Côte d'Azur, sur plusieurs sources : l'enquête EACEI, complétées par des données régionales (bases de données ORE ou ATMO) et des ratios nationaux.

Le SRCAE se repose principalement sur la base Energ'Air au détriment d'une décomposition par filière et vecteur.

Le choix de différentes approches de construction d'un point zéro amène des différences considérables concernant la consommation énergétique finale du secteur en 2007 qui est 10 % plus élevé pour le SRCAE PACA.

Le principe de modélisation du secteur industriel du scénario négaWatt à l'échelle nationale se repose sur plusieurs axes ou principes :

- la relocalisation à 100 % de la production industrielle en 2050 en adéquation avec la consommation nationale (après diminution via des mesures de sobriété et d'efficacité) ;
- le calcul de sobriété et de substituabilité des produits basé sur une matrice de consommation des biens qui croise les besoins de produits finaux et des matériaux nécessaires pour leur production. La mise en place d'hypothèses concernant l'évolution des modes de consommation (réemploi, réduction d'emballages etc.) et de substituabilité (notamment pour des matériaux de construction) permet de diminuer les quantités nécessaires ;
- une baisse de consommation via l'augmentation du taux de recyclage dans les matières premières ;
- l'amélioration de l'efficacité énergétique via des opérations transverses et des procédés spécifiques ;
- le changement des vecteurs énergétiques et le développement de la cogénération pour diminuer l'impact des gaz à effet de serre.

Si – à l'échelle nationale – une approche de relocalisation est intéressante pour pouvoir mesurer l'impact climatique et énergétique réel des consommations (suppression du biais des émissions et consommations énergétiques importées non comptabilisées), elle est moins adaptée à l'échelle régionale. L'évolution de la production des branches industrielles régionales suit donc celle modélisée au niveau national.

Les deux exercices se basent pour les hypothèses d'efficacité énergétique sur les évaluations du CEREN qui ne sont cependant pas spécifiques pour le niveau régional.

Contrairement au scénario négaWatt PACA le SRCAE ne modélise pas des variables de sobriété et d'augmentation du taux d'incorporation de matière primaire recyclée. Ceci explique les réductions de consommation moindre (-36 % par rapport à -45 %).

Il n'est pas spécifié si le travail du SRCAE concernant le secteur de l'industrie pour la période 2030-50 se repose sur une déclinaison régionale du scénario Ademe ou s'il reprend des éléments du scénario négaWatt PACA.

AGRICULTURE

Le secteur de l'agriculture est l'enfant pauvre des deux travaux prospectifs ce qui s'explique par la faible part de consommation énergétique du secteur dans la région PACA de moins de 1 % de la consommation régionale.

Le scénario négaWatt national est lié à une analyse détaillée (Afterres2050) des consommations énergétiques du secteur agricole, des évolutions d'utilisation des sols pour satisfaire les besoins d'alimentation (en prenant en compte une évolution des habitudes alimentaires) et de biomasse pour la production de matériaux et d'énergie renouvelable.

Une première tentative de régionalisation du scénario nationale « agriculture » pour la région PACA a été effectuée qui montre une grande stabilité de la région au regard du scénario Afterres2050, car la part des prairies productives est très faible comparée au reste du territoire (2 %).

Dans les deux scénarios, la consommation énergétique du secteur agricole reste faible et stable autour de 1 TWh jusqu'en 2050.

BÂTIMENT

Secteur résidentiel

→ Afin de constituer le point de départ le scénario négaWatt PACA utilise les données de consommation énergétique d'Energ'Air : les valeurs des consommations finales (combustibles solides, biomasse solide, fioul, GPL, électricité, réseaux de chaleur, solaire thermique) décomposées pour les usages chauffage, ECS, climatisation, cuisson et électricité spécifique. Ces valeurs sont ensuite comparées pour 2007 avec celles du scénario nationale en appliquant plusieurs correcteurs afin de prendre en compte les spécificités notamment climatiques de la région.

Un coefficient de population par exemple permet de calculer le rapport entre la population nationale et régionale jusqu'en 2050, un coefficient climatique chauffage exprime le rapport entre les besoins en chauffage d'un logement en PACA en comparaison au même logement en moyenne nationale.

Il y a par ailleurs plus de résidences secondaires en Provence-Alpes-Côte d'Azur qu'en moyenne française et un coefficient de climatisation exprime l'utilisation plus importante de la climatisation, etc.

L'application de ces coefficients aux données du scénario national permet d'obtenir une bonne corrélation entre les données d'Energ'air et les données régionalisées du scénario national. Pour la suite, une partie de ces coefficients (population, chauffage, et climatisation) sont utilisés pour modéliser la trajectoire énergétique PACA à partir du scénario national.

D'autres différences persistent comme le développement accru par rapport au niveau national du solaire thermique et une moindre utilisation de la biomasse (source rare en PACA) au détriment de l'électricité à travers des pompes à chaleur.

Les déterminants principaux qui agissent sur l'évolution des consommations sont les suivants jusqu'en 2050 sont :

- **Les hypothèses sur le nombre de personnes par logement.**
Le scénario négaWatt fait l'hypothèse d'une stabilisation du phénomène de décohabitation en cours, avec une réduction du nombre de personnes par ménage moindre que celle envisagée par l'INSEE : 2,2 en 2050 contre 2,01 dans les projections de l'INSEE (2,25 aujourd'hui).
- **Les hypothèses sur la taille moyenne des logements en maison individuelle et collective.**
La surface moyenne des logements neufs est maintenue identique aux valeurs 2010 : respectivement 131 m² et 73 m² pour les maisons individuelles et les logements collectifs tout en réduisant la part des maisons individuelles dans la construction neuve.
- **Les hypothèses d'évolution du parc de logements, par âge, type et catégorie (nombre et performance des rénovations, la construction neuve, le taux de démolitions etc.).**
Le nombre de rénovations des maisons individuelles atteint environ 23 000 par an en 2022. Pour le logement collectif, le nombre de rénovations atteint 34 000 par an en 2020. Ces deux hypothèses restent stables jusqu'en 2046 et baissent ensuite. Les rénovations sont effectuées à un haut niveau de performance en appliquant des « solutions de référence » (STR) qui prévoient un niveau minimal de performance par module de rénovation.
- **Les hypothèses sur la consommation d'ECS en maison individuelle et collective.**
Les consommations d'ECS diminuent de 27,1 l par jour et par personne en 2007 à 19,6 en 2050 (-22%).
- **Les hypothèses sur la répartition des systèmes de chauffage et ECS.**
Pour le chauffage une diminution des combustibles gazeux et de l'électricité au bénéfice de la biomasse, des réseaux de chaleur et des pompes à chaleur et du solaire thermique en maison individuelle. Pour l'ECS le rôle du solaire thermique devient prépondérant.
- **Les hypothèses sur les rendements des systèmes (chauffage et ECS).**
Prise en compte d'une amélioration du COP (coefficient de performance) des pompes à chaleur, remplacement de chaudières vétustes, isolation des réseaux de distribution, utilisation de basse température etc.
- **Les hypothèses sur les besoins en climatisation.**
Une légère diminution des besoins est retenue du fait d'une meilleure protection de logements contre les apports solaires.
- **Les hypothèses sur les taux d'équipement en climatisation.**
Une augmentation du taux de climatisation est modélisée. Les deux hypothèses précédentes se compensent, et conduisent à une stabilisation de la consommation pour ce poste.
- **Les hypothèses sur le nombre d'installations solaires thermiques.**
Dans l'approche négaWatt comme pour le SRCAE le solaire thermique diminue les besoins énergétiques du bâtiment. Ainsi les besoins thermiques sont croisés avec le potentiel thermique solaire.

500

Concernant l'électricité spécifique le scénario négaWatt déploie une méthodologie particulièrement détaillée : 19 services sont pris en compte par rapport à 5 grands groupes d'usages : « Produits blancs » (Lave-linge, sèche-linge, lave-vaisselle etc.), Production du froid, Eclairage, Audio-visuel, Gestion Hygiène et d'autres (aspirateurs, bricolage etc.).

Pour chacun des 19 services des nombreux déterminants spécifiques (niveau de saturation du taux d'équipement, température des cycles et remplissage pour le lave linge etc.) permettent de modéliser le potentiel de diminution des besoins. En amont les évolutions touchant l'ensemble des appareils sont définies, comme la puissance des veilles, l'efficacité des moteurs etc. En total, la consommation d'électricité spécifique diminue de 49 % en 2050 par rapport à 2010.

La cuisson est également objet d'une analyse spécifique concernant les différents types de fours et plaques et la consommation par repas.

La consommation globale du secteur résidentiel diminue de 8 % entre 2007 et 2020, de 32 % entre 2007 et 2030 et de 58 % entre 2007 et 2050.

Pour constituer le point zéro de la consommation du secteur du bâtiment dans le cadre du **SRCAE**, la Cellule Economique Régionale de la Construction (CERC PACA) a fait réaliser par le bureau d'étude Energies Demain une estimation du potentiel d'économie d'énergie des bâtiments existants en région, et une évaluation de scénarios d'évolution des consommations des bâtiments aux horizons 2020 et 2050⁸³.

A l'horizon 2020, deux scénarios « -38 % » ont été modélisés; le second mettant davantage l'accent sur les économies dans le résidentiel par rapport aux bâtiments tertiaires.

Le bilan des consommations du SRCAE, se base sur les données d'Énerg'air. Les potentiels d'économie d'énergie calculés basés sur les résultats de l'étude d'Energies demain sont ensuite appliqués au bilan d'Énerg'air. Les scénarios d'évolution du parc de bâtiments à l'horizon 2050 sont également basés sur les scénarios modélisés dans cette étude.

Cependant on constate que les chiffres concernant les économies d'énergie dans le SRCAE pour 2050 ne sont pas cohérents : sur la page 222 une réduction de 54 % est affichée et sur la page 228 une réduction de la consommation du parc total (en prenant en compte la construction neuve) de -39 % et de l'existant de 56 %. Le chiffre de la page 222 correspond au chiffre de l'étude nationale de l'ADEME, tandis que les valeurs de la page 228 sont cohérentes avec les résultats de l'étude d'Énergies demain à l'échelle régionale.

Les scénarios de l'étude d'Energies demain sont calculés année par année entre 2006 et 2050 et se basent sur 3 périodes de simulation différentes.

- ① 2006-2012 : Prochaine réglementation thermique
- ② 2013-2020 : Objectif de 38 %
- ③ 2020-2025 : Objectif Facteur 4

Le paramétrage des trajectoires porte sur les éléments suivants :

- **La dynamique du parc de logements (constructions et démolitions).**

- **Le renouvellement des systèmes de chauffage.**

Le taux annuel du renouvellement des systèmes de chauffage est de 5% (durée de vie moyenne de 20 ans). Globalement il y a une orientation de ces systèmes vers le bois et les pompes à chaleur. A partir de 2020 le chauffage à effet de joule et le fioul disparaissent. En parallèle l'équipement des maisons avec du solaire thermique s'accélère afin d'atteindre un taux d'ECS solaire de 30% en 2020.

- **Le nombre et la performance des rénovations.**

Cette variable est tirée pour la période 2 par l'atteinte de l'objectif -38 %. Il faut ainsi rénover la quasi totalité des bâtiments construits avant 1975 (96 % des maisons individuelles et HLM; 80 % des maisons collectives) et également une grande partie des bâtiments construits après (80 % des maisons individuelles et 64 % des HLM; 40 % des maisons collectives).

Pour le travail du SRCAE cette ambition a été baissée à cause de l'effort considérable sur une période si courte. L'objectif ne sera qu'atteint en 2025 (uniquement sur l'énergie finale).

Concernant la consommation d'électricité spécifique, la seule variable modelisée est l'équipement des logements avec des lampes basse consommation (2/3 en 2020). Le potentiel d'économies de -20 % en 2050 pris en compte dans le SRCAE vient essentiellement du secteur tertiaire.

Si on compare les deux approches – le SRCAE et le scénario négaWatt PACA – il y a surtout deux aspects qui les différencient : le scénario négaWatt modélise l'inertie de la mise en place du chantier de rénovation avec des réductions assez faibles en 2020 (environ -6 %) et un nombre de rénovations qui augmente jusqu'en 2020 pour rester ensuite stable jusqu'à 2046, le SRCAE qui s'attache quant-à-lui à approcher l'objectif du gouvernement de -38 %.

L'autre différence est le traitement de l'électricité spécifique qui est très détaillé dans le scénario négaWatt et uniquement traité via des ampoules basse consommation et une approche globale pour le SRCAE.

83. Energies demain (2012) « Potentiels d'économies d'énergie des bâtiments de la région PACA »

Tertiaire

→ Pour l'étude négaWatt PACA une méthode comparable à celle du secteur résidentiel a été appliquée. Les données de base sont celles d'Energ'Air comparées aux données du scénario négaWatt national en appliquant des coefficients correcteurs : un coefficient correcteur de surfaces, un coefficient de chauffage, un coefficient en termes de besoin de climatisation pris en compte etc.

Les secteurs pris en compte sont les huit retenus habituellement dans les statistiques du CEREN :

Cafés, Hôtels, Restaurants (CHR); Habitat Communautaire (HC); Santé, Action sociale (SA); Enseignement, Recherche (ER); Sport, Loisirs (SL); Bureaux, Administrations (BA); Commerce (C); Transport (T).

Les modifications pour régionaliser la trajectoire du scénario négaWatt national sont équivalentes au secteur résidentiel.

Les déterminants principaux qui agissent sur l'évolution des consommations sont les suivants jusqu'en 2050 sont :

- **Hypothèses sur l'évolution de la surface construite par secteur d'activité.**

Les évolutions des surfaces divergent dans les différents secteurs, et sont calées sur les évolutions prévisionnelles des catégories de population usagers de ces secteurs : plus de 60 ans pour les secteurs Habitat Communautaire et Santé et de 20 à 59 ans pour le secteur bureaux, Administration etc.

- **Hypothèses d'évolution du parc tertiaire.**

Les surfaces rénovées augmentent jusqu'en 2024 afin d'atteindre 2 millions de m² par an.

- **Hypothèses sur la consommation d'ECS dans le tertiaire.**

La consommation énergétique pour l'ECS diminue de 63% en 2050.

- **Hypothèses sur la répartition des systèmes (chauffage et ECS).**

Pour le chauffage une diminution des combustibles gazeux et de l'électricité au bénéfice de la biomasse, des réseaux de chaleur, des pompes à chaleur et du solaire thermique en maison individuelle. Pour l'ECS le rôle du solaire thermique devient prépondérant.

- **Hypothèses sur les rendements des systèmes (chauffage et ECS).**

Prise en compte d'une amélioration du COP (coefficient de performance) des pompes à chaleur, remplacement de chaudières vétustes, isolation des réseaux de distribution, utilisation de basse température etc.

- **Hypothèses sur les besoins en climatisation du tertiaire et sur les taux d'équipement en climatisation par secteur.**

Diminution de 30% des consommations pour ce poste en dépit de l'augmentation du taux d'équipement.

Concernant le poste cuisson, le scénario prévoit une légère augmentation des consommations comme dans le scénario national.

Concernant le poste de l'électricité spécifique, 10 services sont pris en compte : éclairage tertiaire, informatique, éclairage public, telecom etc. avec une déclinaison en déterminants de consommation pour chacun des 10. Par exemple la durée de fonctionnement, l'intensité de l'éclairage, le type de l'ampoule etc. pour l'éclairage. La consommation d'électricité spécifique du tertiaire diminue de 53% en 2050 par rapport à 2007.

La consommation globale du secteur tertiaire diminue de 5% entre 2007 et 2020, de 32% entre 2007 et 2030 et de 59% entre 2007 et 2050.

→ Le scénario du SRCAE se base pour le secteur tertiaire également sur l'étude d'Énergies demain en accord avec les consommations de la base de données régionale Energ'air. Comme pour le scénario négaWatt le secteur tertiaire est décliné en huit branches d'activités.

Deux scénarios 2020-38% ont été modélisés par Énergies demain, le deuxième étant plus ambitieux pour le secteur du tertiaire.

Afin de pouvoir estimer les potentiels d'économies, différents types de bouquets de travaux (4 niveaux de performance) pour chacun des sous-secteurs ont été définis. Les potentiels d'économies d'énergie issus de ce calcul varient entre -19,8% et -49,4% (énergie primaire) pour ces 4 niveaux tous sous-secteurs confondus. Ces gains ont été calculés en énergie finale et primaire. Le potentiel pour le chauffage uniquement représente la part la plus importante : entre -44% et -83,4% (en énergie finale).

Le « scénario -38% sectoriel » vise à atteindre l'objectif 38% pour le secteur résidentiel et le secteur tertiaire.

Il amène à des niveaux de rénovation obligatoires avant 2020 élevés. Ainsi la totalité des bâtiments publics est à rénover d'ici 2020 (12% par an) au niveau d'exigence maximal. Deux tiers du parc tertiaire privé sont rénovés (8% du parc par an) sur la même période à un niveau de performance légèrement inférieur.

Le « scénario -38% global » se veut plus raisonnable en calculant l'objectif -38% pour l'ensemble du secteur du bâtiment ce qui diminue l'exigence pour le tertiaire.

7% du parc public doivent être rénovés annuellement et entre 3 et 5% du parc privé selon le sous-secteur concerné.

D'autres usages analysés qui ne sont pas touchés directement par des rénovations sont l'électricité spécifique, cuisson et autres usages de process.

Selon les niveaux des gestes d'économies d'énergie appliqués (également selon 4 niveaux; généralisation des frigos performantes, etc.) la consommation de l'électricité spécifique peut diminuer entre 2% et 22,8%.

La dernière valeur a été prise en compte pour le SRCAE en 2050.

500

On constate que les chiffres concernant les économies d'énergie dans le scénario de transition du SRCAE pour 2050 ne sont pas cohérents : sur la page 222 une réduction de 45 % est affichée et sur page 230 une réduction de la consommation du parc total (en prenant en compte la construction neuve) de -43 % et de l'existant de -53 %. Les valeurs de la page 230 étant cohérents aux résultats du scénario -38 % ambitieux de l'étude Énergies demain.

Il y a une rupture entre les chiffres des années 2020 et 2030 pour le scénario engageant qui ne reprend pas les données de l'étude Énergies demain (2020 -21 % contre -40 % pour le « scénario -38 % sectoriel » et -28 % pour le « scénario -38 % global »).

Si on compare les deux approches – le SRCAE et le scénario négaWatt PACA – il y a deux aspects qui les différencient : le scénario négaWatt modélise l'inertie de la mise en place du chantier de rénovation avec des réductions assez faibles en 2020 (environ -5 %) et un nombre de rénovations qui augmente jusqu'en 2020 pour rester ensuite stable jusqu'à 2046 contre le SRCAE qui s'attache à approcher l'objectif du gouvernement de 38 %.

L'autre différence est le traitement de l'électricité spécifique qui est plus détaillé dans le scénario négaWatt

TRANSPORT

La réduction de consommation énergétique du secteur du transport représente en 2050 -69 % pour le scénario nW PACA et de 55 % pour le SRCAE.

Ces réductions ne sont malheureusement pas comparables car la valeur de départ en 2007 est de presque 30 % plus faible pour le SRCAE ce qui s'explique par des différences de périmètre (le SRCAE ne prend pas en compte l'aérien et le maritime).

Transport de passagers

→ Les données pour l'état initial des consommations du transport de passagers du scénario négaWatt PACA sont issues de la base d'Énerg'Air (2007) complétées par les données de trafic à la commune fournies par Atmo PACA. Pour la partie route il s'agit donc de données très fines bottom-up qui sont complétées par des données de consommation par mode et combustible de la base Energ'Air.

Le scénario négaWatt PACA applique la logique négaWatt de questionner d'abord les besoins de mobilité via la sobriété et l'efficacité avant de modéliser l'offre.

Les besoins sont caractérisés selon le mode de transport (voiture, transport collectif etc.), le type de mobilité (régulier, professionnel, courte ou longue distance) et l'urbanisme et la densité de la zone considérée. Les données de mobilité sont exprimées en km.voyageurs par mode et différenciées selon la typologie de densité (aires et pôles urbains) en prenant en compte la structure très polarisée de la région PACA.

Les déterminants qui agissent sur l'évolution des consommations sont les suivants :

- évolution des km. passagers par zone urbaine et type de déplacement;
- évolution de la part modale par type de déplacement;
- évolution du parc de véhicules (motorisation);
- évolution du taux de remplissage des véhicules;
- évolution des consommations par mode;
- évolution de la vitesse sur route.

Les principes du scénario national ont été adaptés à la situation régionale;

- grâce aux données très fines du trafic routier une analyse précise a pu être faite concernant l'impact d'une réduction de vitesses sur les différents types de routes sur la consommation énergétique tout en prenant en compte le pourcentage plus élevé des voitures à essence dans la région;
- l'évolution des km.passagers a été calculée en fonction de l'évolution de la population différente des tendances nationales et d'une mobilité légèrement inférieure à la moyenne nationale;
- une adaptation des hypothèses sur le train et l'avion (très différents du bilan nation à cause de la méthodologie de calcul).

→ Faute d'un état de lieu préexistant des consommations énergétiques détaillées du secteur, les travaux du SRCAE se basent également sur une recombinaison des données de consommation énergétique globale (Energ'Air) et des informations issues d'une modélisation par Artelia utilisant les Enquêtes Ménage Déplacements disponibles pour le territoire et complétées par des ratios nationaux. Le modèle permet d'obtenir des consommations par typologie urbaine et mode de transport. L'impact du tourisme sur le poste transport est présenté mais ce poste ne sera pas spécifié dans la modélisation.

Les facteurs analysés qui représentent des potentiels d'économies d'énergie pour ce secteur sont :

- le report modal par typologie urbaine (notamment le passage de la voiture au transport en commun et aux modes doux);
- l'aménagement et urbanisme (la densification et la mixité fonctionnelle qui permettent de réduire les km à parcourir);
- l'évolution des comportements (le taux de remplissage et l'éco-conduite);
- l'évolution des consommations des différents types de véhicules et le changement de vecteurs énergétiques.

Ces indicateurs sont différenciés dans la présentation en 3 catégories : technologie, changement de comportement et urbanisme.

La modélisation s'arrête en 2030.

La projection entre 2030 et 2050 qui a été effectuée par le bureau d'étude d'Artelia se base sur le travail jusqu'en 2030 et des éléments issus du scénario Ademe national et de l'étude négaWatt PACA.

En 2030, les réductions de la consommation énergétique sont de 21 % et 39 % respectivement pour le SRCAE et l'étude négaWatt PACA. Le SRCAE ne différenciant malheureusement pas entre transport de passagers et de marchandises. Le potentiel de réduction calculé pour le SRCAE représente 52%. Les raisons pour la non prise en compte de certains économies d'énergie accessibles qui pourraient expliquer le résultat faible par rapport aux potentiels ne sont pas précisées.

→ Le scénario négaWatt PACA présente une baisse des km.voyageurs de 22 % (similaire aux années 1990) en donnant des précisions concernant quelle typologie de déplacements est concernée. Le SRCAE ne donne pas des informations sur l'évolution des km.voyageurs.

→ Les deux travaux modélisent une augmentation du taux de remplissage des voitures moyen pour les différents types de déplacement. La valeur de départ en 2007 est cependant de 8 % plus faible pour le SRCAE, ce qui peut s'expliquer par une répartition différente des typologies de déplacements par rapport au point de départ. Par contre, la baisse des vitesses est uniquement prise en compte par l'étude négaWatt PACA ce qui réduit les consommations de 8 % en 2018.

L'évolution des voitures montre des préférences divergentes en terme de vecteurs énergétiques : Le SRCAE développe le véhicule électrique (8% du parc en 2030) et l'utilisation des biocarburants (sans précisions concernant les générations). Le scénario négaWatt PACA fait l'impasse sur les biocarburants mais privilégie clairement le vecteur gaz renouvelable (notamment du biogaz issu de la méthanisation, du gaz issu de la gazéification de biomasse solide, ou dans une moindre mesure du gaz de synthèse issu de la méthanation). Seulement 12 % des véhicules seront électriques en 2050 et 66 % utiliseront du gaz.

Transport de marchandise

→ Afin de constituer le point de départ en 2007 l'étude négaWatt PACA se base sur les données et le périmètre d'Energ'Air donc le territoire régional ainsi que la zone maritime et aérienne autour. Les données proviennent aussi des études de l'ORE, l'ORT et quelques éléments du rapport du SRCAE.

Ensuite, l'évolution des quantités transportées, des modes de transport et de l'efficacité énergétique appliquée à cet état initial repose sur le scénario négaWatt national pour les catégories de marchandises qui sont en transit et qui dépendent d'une activité nationale.

Les déterminants qui font évoluer la consommation énergétique du secteur transport de marchandises pour l'étude négaWatt sont les suivants :

- Gt.km transportées par mode;
- Gt.km transportées par type de marchandises;
- évolution de la flotte de véhicules pour le transport routier (nombre de véhicules et vecteurs énergétiques utilisés);
- évolution du taux de charge des véhicules;
- évolution des consommations par véhicule et par carburant;
- évolution des motorisations pour le ferroviaire (répartition entre thermique et électrique);
- évolution des consommations unitaires par carburant pour le ferroviaire et le fluvial

→ Les hypothèses du scénario national ont été adaptées aux particularités régionales.

Les projets qui se réalisent à court terme sur le port de Marseille/Fos ont été pris en compte (projet Fos2XL déjà en cours), mais les projets suivants ont été jugés non compatibles avec les principes du scénario national et ne sont pas repris dans le scénario.

L'évolution des tonnages échangés dans les ports est traitée par type de marchandise qui réagit aux hypothèses du scénario national et régional. Une correction a été apportée avant 2020 pour prendre en compte le projet Fos2XL et son amortissement.

Un gain d'efficacité énergétique est appliqué (selon les engagements de l'Organisation Maritime Internationale) pour les navires sur le périmètre de l'étude pendant leurs manœuvres d'approche des ports.

→ Le SRCAE utilise pour son bilan initial les données d'Energ'Air pour la consommation énergétique et la base Sitram 2006 pour les tonnages de marchandises (base qui n'inclut cependant pas les VUL).

Les facteurs analysés qui représentent des potentiels d'économies d'énergie pour ce secteur sont :

- un report modal vers le fret ferroviaire (15 % en 2030; contre 6 % en 2006) et fluvial;
- l'amélioration de l'efficacité énergétique des poids lourds (diminution des consommations par tonne-kilomètre et augmentation du taux de charge);
- l'amélioration de la logistique urbaine (8 % de VUL électriques pour l'approvisionnement des villes).

Ces facteurs cumulés amènent une réduction de la consommation énergétique potentielle de 20% en 2030.

→ Pour le scénario négaWatt PACA, après une hausse temporaire du tonnage (+4 % en 2020) lié aux projets du port de Marseille-Fos, la diminution des tonnages transportés s'accroît pour atteindre -9 % en 2030 et -28 % en 2050. La diminution des tonnages s'explique notamment par la prise en compte des évolutions des besoins (alimentaires ou pour la construction, etc.).

500

→ Pour le SRCAE la croissance des flux de marchandises de la région augmente de 10 % en 2025⁸⁴ en tenant compte d'hypothèses d'augmentation de la population et de l'évolution du PIB de 1,4 % par an.

→ Le SRCAE calcule une diminution des consommations énergétiques de 10 % par tonne.km via l'amélioration de l'efficacité énergétique des poids lourds (diminution des consommations par tonne-kilomètre de 0,80 % par an, estimée en 2001 par le CLIP⁸⁵ dans l'ouvrage transport à l'horizon 2030) et l'augmentation des taux de charge (% non spécifié).

Le scénario négaWatt spécifie l'évolution des consommations unitaires des différents véhicules routiers (VUL, PL et train routiers) qui se situe entre 7 et 14 %. Entre 2008 et 2050, le chargement moyen des véhicules augmente de 45 % pour les VUL, de 40 % pour les PL < 32 t et de 30 % pour les TR > 32 t.

La part modale fret non routier en 2020 et 2030 est de respectivement 10 et 15 % pour le SRCAE et de 8 et 10 % pour le scénario négaWatt (environ 25 % en 2050).

Le transport routier reste donc le moyen de transport prépondérant.

9 types de motorisation sont modélisés par le scénario négaWatt pour le transport de fret sur route : (VUL, PL et TR) : motorisation Diesel, électrique, GNV, DualFuel et hybride non rechargeable.

Au niveau du choix des vecteurs énergétiques on constate donc un passage de l'essence / gazole au GNV (80 % en 2050) issu notamment de biogaz et du gaz de synthèse (méthanation) et dans une moindre mesure de l'électricité (environ 5 % en 2050).

Pour le SRCAE les produits pétroliers restent prépondérants en 2030 avec plus de 90 % de la consommation du secteur du transport (sans différenciation du fret). L'intégration des biocarburants (sans spécification de la génération) atteint 10 % en 2030.

La réduction de consommation énergétique globale du transport de marchandises atteint - 37 % en 2030 et - 71 % en 2050 pour le scénario négaWatt. La consommation dans le SRCAE semble d'augmenter (même si le rapport ne donne pas de précisions chiffrées). Les informations disponibles indiquent une diminution de la consommation unitaire de 20 % en 2030 par km, compensée par une augmentation du volume transporté de 10 % (poussé par la croissance économique).

84. DREAL PACA (2011) « Analyse prospective des trafics de marchandise en Provence-Alpes-Côte d'Azur »

85. Lionel Cauret, Chloé Vlassopoulou (2001) « Transports à l'horizon 2030 » ; Les cahiers du CLIP - Iddri ; n°14

L'OFFRE ÉNERGÉTIQUE

Les deux travaux se basent sur des données des potentiels de développement des énergies renouvelables issues de l'Observatoire Régionale de l'énergie régionale.

Par contre, le périmètre de l'évolution de la part des énergies renouvelables n'est pas le même pour les deux exercices : pour le SRCAE, il s'agit des données des potentiels de production régionales et le scénario négaWatt prend aussi en compte les importations et exportations des énergies renouvelables en complément au mix électrique national. La région PACA est en capacité d'exporter de l'électricité renouvelable (notamment d'origine hydraulique), et en nécessité d'importer la biomasse. Cette approche intègre donc la prise en compte des flux transfrontaliers des énergies renouvelables en complément au mix électrique fossile et fissile national.

→ Dans le scénario négaWatt national comme aussi dans sa régionalisation, la différence entre la production d'énergies renouvelables et les besoins totaux représente, « par défaut », la part résiduelle d'énergies fossiles qui seront encore nécessaires. Cette part est de l'ordre de 13 % en 2050 pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ; légèrement plus important qu'à l'échelle nationale.

Au niveau national le scénario négaWatt a effectué une analyse de l'équilibre offre-demande heure par heure afin de valider la faisabilité de l'atteinte de 100 % énergies renouvelables pour le vecteur électrique en adéquation avec la consommation. Cet exercice n'a pas été renouvelé pour le niveau régional.

→ Le scénario négaWatt PACA arrive à 87 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique final en 2050 (100 % pour l'électricité) contre 67 % pour le SRCAE. Le SRCAE prolonge les tendances de développement des différentes filières figurant dans le scénario engageant du SRCAE à l'horizon 2030. La différence entre ces valeurs s'explique aussi par des objectifs de réduction de la consommation énergétique en 2050 ; - 50 % pour le SRCAE en s'appuyant sur le scénario Ademe nationale et - 60 % pour le scénario négaWatt.

Les travaux du scénario négaWatt PACA ont permis d'enrichir le SRCAE via l'ajout d'objectifs pour l'éolien flottant, et la méthanisation et l'augmentation des objectifs de développement du photovoltaïque. Ces compléments ont été votés par le COPIEL du SRCAE (14 mai 2013).

→ La part du nucléaire dans le mix électrique n'est pas renseignée pour l'exercice du SRCAE ce qui est cohérent avec les préconisations du guide de co-construction de SRCAE de la DGEC (2010) qui prévoit uniquement un bilan de la production d'énergie à partir de sources renouvelables. La part du nucléaire se situe à 37 % en 2025 pour le scénario négaWatt (sachant que la région PACA ne compte aucune unité de production d'électricité d'origine nucléaire).

CONCLUSION

Les deux scénarios, leurs analyses et les plans d'action qui les accompagnent sont décrits sur chacun plus de 400 pages. Cependant le scénario PACA de négaWatt consacre clairement plus de pages sur une description presque méticuleuse de la méthodologie (accompagnée de schémas) déployée pour chacun des secteurs de consommation en expliquant notamment les différences avec le scénario national. Le travail de régionalisation du scénario négaWatt a par ailleurs servi de base pour la publication du rapport technique⁸⁶ du scénario national au printemps 2014. Les choix méthodologiques sont explicités et argumentés. Par rapport au SRCAE, le scénario négaWatt PACA a l'avantage de représenter un travail ayant des trajectoires continues jusqu'en 2050.

L'exercice du SRCAE reste en comparaison opaque concernant certains aspects méthodologiques. Il y a notamment une rupture entre l'exercice 2007-2030 et le scénario dite de transition qui poursuit la trajectoire entre 2030 et 2050.

Le calcul de cette période se base sur plusieurs études et approches sans modélisation unique et sans bouclage global détaillé.

Le traitement de la production énergétique diffère également. Le scénario négaWatt PACA prend en compte l'évolution du mix électrique national et ses répercussions sur la production régionale tandis que le SRCAE se concentre sur les potentiels de production d'énergies renouvelables régionaux.

Par ailleurs la comparaison des chiffres entre les deux travaux prospectifs a relevé des incohérences dues au choix de périmètres et de sources de données différentes, ce qui rend une comparaison chiffrée difficile.

86. www.negawatt.org/rapport-technique-p131.html

87. www.virage-energie-npdc.org/spip.php?article131

88. Lieu d'échanges et d'expression pluraliste réunissant les acteurs du développement régional en Nord-Pas de Calais, le collège de prospective répond à l'enjeu 6 du SRADDT « mobiliser la société régionale et renforcer la citoyenneté » et son objectif de « développer la prospective et l'évaluation ». www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_5320/la-prospective

89. www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?-Les-fiches-des-ateliers-

3 | 1 • Contexte de l'élaboration des travaux prospectifs Nord-Pas de Calais

La région Nord-Pas de Calais est la région française qui rassemble les plus de scénarios régionaux. Avant de rentrer dans leur analyse il est donc utile d'engager une description des interactions, chevauchements et objectifs de ces différents travaux prospectifs.

La région Nord-Pas de Calais compte sur son territoire la centrale nucléaire la plus puissante de la France ; « Gravelines ». L'association Virage énergie Nord-Pas de Calais s'est créée pour montrer via un scénario énergétique qu'une sortie nucléaire à l'échelle de la région est faisable en maintenant l'activité industrielle et en développant des énergies renouvelables locales tout en réduisant par quatre les émissions de gaz à effet de serre régionales.

Ce scénario a été publié en 2008 et présenté à de nombreuses reprises aux habitants et parties prenantes de la région.

L'étude a par ailleurs servi de base aux travaux prospectifs menés par la Région Nord-Pas de Calais en 2009-2010, sur les transports et l'habitat ainsi que sur l'urbanisation, travaux qui y font explicitement référence.

En 2010, l'association a produit plusieurs analyses sur des projets énergétiques de la région : dans le cadre de la Commission Particulière du Débat Public (CPDP), du projet EPR à Penly (Haute-Normandie), du projet de centrale gaz combiné à Monchy au Bois (62), renforcement de la ligne THT entre Lille et Arras, etc.

Elle a également émis une contribution (en février 2011) et ensuite un avis sur le SRCAE au moment de la consultation publique (novembre 2011)⁸⁷.

Cet avis critique notamment l'absence du sujet du nucléaire, un traitement insuffisant des énergies fossiles et la sous estimation des potentiels d'énergies renouvelables.

Déjà en 2008 le Conseil régional avait mis en place un Collège régional de prospective⁸⁸ afin d'alimenter le SRADDT (Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire) qui a été publié en 2013.

Les travaux du SRCAE ont été lancés en 2010 avec l'organisation des réunions du Comité de pilotage (COFIL) et des Comités techniques sectoriels (COTECH). 21 réunions COTECH réparties selon 9 thématiques ont eu lieu dont les comptes-rendus sont accessibles sur le site du Conseil régional⁸⁹.

Les travaux du SRCAE restent dans leur globalité très proche des recommandations du guide de co-élaboration de la DGEC (Direction Générale de l'Énergie et du Climat du ministère de l'écologie). Même les noms des scénarios présents dans le SRCAE (« pré Grenelle », « Grenelle mesures » et « Grenelle objectif ») reprennent la dénomination des scénarios institutionnels nationaux. Aussi en termes d'analyses complémentaires qui peuvent exister dans des SRCAE d'autres régions celui du Nord-Pas de Calais reste très modeste. Surtout les scénarios du SRCAE ne permettent pas d'atteindre le Facteur 4 en 2050.

	2008	2010	2011	2012	2013	2014
VIRAGE ÉNERGIE NORD PAS DE CALAIS (2008) « Energies d'avenir en Nord Pas de Calais – Quelles solutions au dérèglement climatique » assistance à maîtrise d'ouvrage : Bureau d'études E&E Consulting	janvier Publication scénario ① (3 séminaires de consultation ont été organisés en 2007)		15 novembre Contribution à la consultation SRCAE			
VIRAGE ÉNERGIE NORD PAS DE CALAIS (2013) « Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales » en partenariat avec le laboratoire TVES (Lille 1) et avec le programme de recherche Sobriétés énergétiques du Ceraps(Science Po Lille).				Lancement du travail du scénario	septembre Publication du scénario	
CONSEIL RÉGIONAL ET DREAL NORD-PAS DE CALAIS (2012) Schéma Régional Climat Air Energie		décembre Lancement COFIL et Comités techniques sectoriels 21 réunions réparties selon 9 thématiques	du 15 septembre au 15 novembre Consultation ¹⁰⁵ 4 réunions de concertation ont été organisées ¹⁰⁶	20 novembre approuvé par arrêté du Préfet de région 24 octobre approuvé par délibération de l'assemblée plénière du Conseil Régional		
CONSEIL RÉGIONAL NORD PAS DE CALAIS (2013) « Stratégie climat du SRADDT »	Mise en place du Collège régional de prospective en 2008 afin d'alimenter le SRADDT		avril Motion en faveur du Facteur 4 et d'une sortie du nucléaire et des fossiles adoptée par le Conseil régional Nord-Pas de Calais.		du 18 janvier au 18 avril consultation 26 septembre adoptée en séance plénière	
ADEME (2013) « Prospective énergétique à 2050 en Nord Pas de Calais » Futur Facteur 4					octobre Finalisation (l'étude n'a pas été publiée officiellement, aucune communication faite autour de ce document)	
JEREMY RIFKIN (2013) « Nord-Pas de Calais : Troisième Révolution Industrielle – Master Plan » , Chambre de Commerce et de l'Industrie Nord de France et le Conseil régional Nord Pas de Calais				Invitation de Jeremy Rifkin à la conférence annuelle : « World Forum Lille »	janvier/février Phase préliminaire : collecte et traduction des documents de référence mars/avril/mai Phase ① : échanges sur les données de notre région et début des travaux avec les équipes de Jeremy Rifkin 13 au 15 mai séminaire avec Jérémy Rifkin et ses équipes mai/juin/juillet Phase ② : première version du Master Plan août/septembre/octobre Phase 3 : version finale du Master Plan	Fin 2014 Publication d'une feuille de route opérationnelle basée sur le Master Plan
Débat sur la transition énergétique en région					mars conférence régionale de la transition énergétique (CRETE) avril-mai 4 débats infra-régionaux 25 mai consultation citoyenne mars-mai - 2 réunions du comité des territoires - organisation de 9 débats citoyens labellisés ¹⁰⁷ juin CRETE, adoption de la synthèse régionale du débat ¹⁰⁸	
Débat national sur la transition énergétique					janvier - juin Réunions des groupes de travail du CNDT juin Synthèse du débat national de travail du CNDT	

1. www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Consultation-Publique-SRCAE,5236
2. www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Les-reunions-de-concertation
3. www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_69484/transition-energetique-les-debats-citoyens-labellises
4. www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_69484/transition-energetique-les-debats-citoyens-labellises

La catastrophe de Fukushima est intervenue au plein milieu de l'élaboration du SRCAE ce qui a suscité des réactions. En avril 2011 une motion impulsée par les élus Europe Ecologie les Verts du Conseil Régional est adoptée en faveur du Facteur 4 et d'une sortie du nucléaire et des fossiles est adoptée par le Conseil Régional Nord-Pas de Calais⁹⁰. A ce stade les travaux du SRCAE ont déjà été trop avancés pour mettre en question ses objectifs climatiques, alors qu'en plus la question du nucléaire y est par définition écartée.

→ Contrairement à d'autres régions où le SRCAE est resté bloqué pendant un certain temps (par exemple dans la région PACA) à cause de ce type de divergences, en région Nord-Pas de Calais cette frustration concernant l'ambition du SRCAE trouvera sa résolution dans la stratégie climat du SRADDT qui est publiée en 2013. Cette stratégie prend ouvertement position en faveur d'une sortie du nucléaire à cause des risques que présente cette technologie. Elle complète par ailleurs les scénarios du SRCAE avec une trajectoire (modélisé par le bureau d'étude E&E consultant) qui atteint le Facteur 4 pour la région privilégiant des logiques décentralisées plus favorables à l'émergence des énergies renouvelables et la maîtrise de la consommation énergétique, en écho aux travaux de l'essayiste Jérémy Rifkin.

D'une certaine manière, cette stratégie a plutôt été positive car elle a permis de respecter à la fois le calendrier du SRCAE et de produire un document officiel plus conforme aux convictions politiques des élus régionaux. Cependant, l'existence d'un message différent dans des documents stratégiques territoriaux qui sont censés être relativement cohérents et notamment compatible avec le document central, le SRCAE, est problématique.

Après 6 comités de pilotage, 11 comités techniques, 21 ateliers de travail, 3 comités territoriaux, et un CAP Climat dédié au SRCAE menés par le comité technique en charge de l'élaboration du SRCAE, la consultation publique du SRCAE s'est déroulée du 15 septembre au 15 novembre 2011. 4 réunions de concertation territoriale et 10 présentations spécifiques auprès des commissions départementales et régionales ont été organisées. Les compte-rendus des réunions, le nombre et la nature des avis et une synthèse des résultats sont accessibles sur le site internet de la région⁹¹. 78 avis ont été reçus au total dont 8 avis défavorables, uniquement sur la partie «schéma régional éolien», et 6 avis réservés.

L'articulation du SRCAE avec le SRADDT, les PCT/PCET, SCOT, PDU, chartes de parcs, PPA... est un sujet très présent dans les contributions qui souligne la nécessaire mise en cohérence des démarches au niveau régional qui reste à réaliser. Plusieurs acteurs regrettent l'absence d'un volet socio-économique dans le SRCAE et déplorent son périmètre réduit concernant la production⁹².

Il a été approuvé par arrêté du Préfet de région le 20 novembre 2012.

→ Le SRADDT, quant à lui, a été proposé en consultation du 18 janvier au 18 avril 2013 (donc environ 2 mois après l'adoption de SRCAE)⁹³ et a été adopté en séance plénière le 26 septembre 2013.

Le SRCAE et le SRADDT se basent pour les potentiels d'économies d'énergie notamment sur l'étude « Efficacité énergétique en Nord-pas-de-Calais » publiée en 2011 et réalisée pour l'Ademe et le Conseil régional par les bureaux d'études E&E et Energies demain⁹⁴.

→ Également en 2013, l'équipe de Rifkin a élaboré l'étude « Le Master Plan de la 3^e révolution industrielle », commanditée par la Chambre de Commerce et de l'Industrie Nord de France et le Conseil régional Nord-Pas-de-Calais, respectant un calendrier très serré entre la collecte et la traduction des documents de référence en janvier, des séminaires avec Jérémy Rifkin et ses équipes en mai, une première version du Master Plan en juillet et la publication du résultat en octobre.

L'élaboration du Master Plan pour la région Nord-Pas de Calais de l'équipe de Jeremy Rifkin a été guidée par le Forum d'orientation (environ 50 membres de la CRCI Nord de France et le Conseil régional) et alimentée par les contributions des 8 groupes de travail régionaux rassemblant des experts, des représentants des entités publiques régionales et des entreprises.

90. ddata.over-blog.com/0/00/49/42/pdf/Motion-EELV-sur-la-transition-energetique-vote-le-14-avr.pdf

91. www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Consultation-Publique-SRCAE,5236
www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/?Les-reunions-de-concertation

92. « Synthèse de la consultation et de la concertation du public sur le projet de schéma régional du climat de l'air et de l'énergie (SRCAE) du Nord-Pas-de-Calais », janvier 2012

93. Un certain nombre d'avis est accessible sur le site internet de la région : www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_5321/sradtd

94. www.ee-consultant.fr/?Gisement-d-economie-d-energies-en

95. www.latroisiemerevolutionindustriellenordpasdecalais.fr/la-gouvernance/

96. www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_62585/transition-energetique

97. www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_69484/transition-energetique-les-debats-citoyens-labellises

98. www.nordpasdecalais.fr/jcms/c_93662/synthese-regionale-des-debats-sur-la-transition-energetique?cid=c_5673

99. Ce pourcentage correspond à une analyse des fiches de positionnement sur des propositions soumises par les organisateurs des débats infra-régionaux, fiches qu'ont remplies 40% des participants à ces débats.

Chaque groupe de travail a travaillé sur l'un des cinq piliers de la vision du Master Plan (les énergies renouvelables, les bâtiments producteurs d'énergie, le stockage de l'énergie, l'internet de l'énergie, les transports électriques rechargeables et la pile à combustibles) et les 3 derniers sur des approches transverses : efficacité énergétique, économie circulaire et économie de fonctionnalité⁹⁵. Une véritable consultation d'un public plus large n'a cependant pas eu lieu.

Sur la base des scénarios du SRCAE et notamment la stratégie climat du SRADDT (Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable) une trajectoire supplémentaire a été élaborée dans le cadre de ce travail qui se caractérise par une inertie plus importante par rapport autres travaux jusqu'en 2020 suivie par des taux de croissance (notamment de la production d'énergies renouvelables) quasi exponentiels pour respecter le Facteur 4 et une production à 100 % renouvelable en 2050. Par ailleurs, une modélisation économique a été menée via le modèle DEEPER « Dynamic Energy Efficiency Policy Evaluation Routine » afin d'évaluer l'impact des investissements sur la création d'emplois et les effets indirects via une augmentation des recettes des ménages grâce à une baisse des dépenses énergétiques etc.). L'objectif du facteur 4 (diminution par 4 des émissions CO₂ énergétiques en 2050), d'une réduction de 60 % des consommations d'énergie finale et d'une production 100 % renouvelable sont jugés centraux par les porteurs des travaux de la 3^e Révolution Industrielle. Ce travail représente une vision du futur énergétique focalisée sur certains choix technologiques (pile à combustibles, voiture électrique, bâtiment à énergie positive) qui permet de concilier croissance économique et transition énergétique (efficacité énergétique et développement des énergies renouvelables) via une 3^e révolution industrielle.

→ En parallèle au travail de l'équipe de Jeremy Rifkin et du SRADDT une autre étude prospective a été menée : « Prospective énergétique à 2050 en Nord-Pas de Calais » du bureau d'études Futur Facteur 4 commanditée par l'Ademe régionale. Ce travail n'a cependant jamais été officiellement publié. Seule une synthèse est accessible sur internet sur un site qui n'a aucun lien ni avec la région ni avec l'Ademe... Aucun des acteurs interviewés dans le cadre du rapport ci-présent a pu indiquer clairement à quelle fin politique ce travail a été commandité et pourquoi il n'a pas servi à alimenter le débat sur la prospective en région Nord-Pas de Calais et le travail de l'équipe de Jeremy Rifkin sur la Troisième révolution industrielle. Il est probable que les institutions régionales souhaitent simplement éviter des confusions entre ces deux travaux au détriment donc d'un des deux scénarios.

→ Le travail sur la Troisième révolution industrielle a l'ambition d'être opérationnel et mobilisateur et prolonge son activité au-delà de la publication du « Master-Plan ». Une feuille de route avec des projets phares de transition énergétique dans la région est en cours d'élaboration (validation prévue pour fin 2014) et le Forum d'orientation continue ses réunions (environ 3 par an).

Les travaux de Rifkin et du SRADDT coïncidaient également avec le débat national et régional sur la transition énergétique⁹⁶.

Au cours du premier semestre 2013, 4 débats infra-régionaux ont été organisés, une consultation citoyenne, 2 réunions du Comité des territoires, 9 débats citoyens labellisés⁹⁷ et 2 conférences régionales de la transition énergétique (CRETE), dont la deuxième en juin qui a permis l'adoption de la synthèse régionale du débat⁹⁸ votée à l'unanimité. Elle n'a par contre pas permis à trouver un consensus notamment concernant les questions liées à l'offre énergétique : il était par exemple impossible d'apporter une réponse consensuelle à la question de savoir si le point de passage de 50 % de nucléaire en 2025 est une étape sur le chemin de la sortie du nucléaire même si 70 % sont en accord avec cette affirmation⁹⁹.

→ Enfin en septembre 2013, l'association Virage énergie a publié son étude sur les potentiels d'économies d'énergie par la sobriété énergétique qui a été financée (contrairement à la première étude de 2008) par l'Ademe (service prospective national) et le Conseil Régional. En 2007, lors de la recherche de financements, l'ambition d'une sortie de nucléaire n'était pas compatible et finançable pour des acteurs intentionnels. On voit que la vision sur le rôle du nucléaire a énormément évolué depuis 2008 notamment suite à la catastrophe de Fukushima. Aujourd'hui, il y a plusieurs scénarios portés et/ou commandités par des acteurs institutionnels qui affichent une sortie du nucléaire régionale et la volonté d'avancer vers un futur 100 % énergies renouvelables.

3 | 2 • Comparaison de scénarios – Nord-Pas de Calais

L'objectif de ce chapitre c'est la comparaison de 5 scénarios pour la région Nord-Pas de Calais au niveau quantitatif – là où les données le permettent – et méthodologique :

- le Schéma Régional – Climat Air Energie (2012), la Stratégie climat du SRADDT – Schéma régional d'aménagement et de développement durable (2013) et l'étude « Efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais » (2011) E&E Consultant et Energies demain;
- scénario de l'association Virage énergie (2008);
- scénario « sobriété » de l'association Virage énergie (2013);
- scénario Futur Facteur 4 (2012);
- scénario Rifkin « Troisième révolution industrielle » (2013).

Ces 5 scénarios montrent des caractéristiques et des choix méthodologiques assez divergents. Pour cela il n'est pas possible de comparer la totalité des périmètres pour tous les scénarios.

Par exemple le scénario « sobriété » de l'association Virage énergie est, une analyse des potentiels d'économies d'énergie accessibles uniquement via la sobriété énergétique. Il n'y a donc pas une trajectoire et un horizon temporel de modélisation. Aussi le Master plan de la « 3^e révolution industrielle » ne développe pas un propre scénario de consommation énergétique mais se base plutôt sur des trajectoires existantes (notamment celle du SRADDT) pour faire des modélisations économiques.

Pour cela ces deux scénarios en particulier ne sont pas concernés par la totalité des critères de comparaison.

Cette comparaison est largement inspirée par et complète le travail effectué par Futur Facteur 4¹⁰⁰.

ANNÉES DE RÉFÉRENCE

La totalité des scénarios se basent en partie ou complètent sur le bilan énergétique de 2005 établi par l'organisme Norener¹⁰¹, créé en 1992 par le Conseil Régional et l'ADEME pour observer les consommations d'énergie finale de la région. Le scénario Rifkin a effectué un réajustement des trajectoires de consommation du SRCAE et du SRADDT entre 2005 et 2010 afin d'actualiser les évolutions. L'analyse des potentiels de sobriété énergétique de l'association Virage énergie se base en partie sur les données Norener mais aussi sur d'autres sources car le périmètre de l'étude est plus large que celui des autres et inclut notamment les importations de produits (et les consommations énergétiques induites)

LES VARIABLES DE CADRAGE

Evolution de la population

En 2008, la population de la région Nord Pas-de-Calais était de 4 millions d'habitants, avec une augmentation très faible depuis 1990 de 0,08 % par an, inférieure à la moyenne nationale (0,5 %).

L'INSEE a émis en 2007 une projection des évolutions démographiques jusqu'en 2040, avec un détail par région. La hausse totale de la population régionale sur la période 2006-2050 serait de 3,4 % soit 140 000 habitants en plus. Cette projection est reprise par la totalité des scénarios analysés.

500

PIB

Le PIB français évolue plus rapidement que le PIB régional depuis la fin des années 1990. La croissance économique régionale a été de 1,2% en moyenne entre 1990 et 2008 contre 1,5% en moyenne nationale.

→ Pour le SRCAE Nord-Pas de Calais, les hypothèses du service statistique du ministère de l'écologie ont été reprises, soit une croissance annuelle de 1,5%. Le SRADDT n'y fait pas allusion dans sa stratégie climat.

→ Le scénario de l'association Virage énergie de 2008 copie les hypothèses utilisées par l'étude réalisée par le bureau d'études Enerdata sur la France entière¹⁰² soit une croissance de 2,3% par an constante jusqu'en 2050. Il a été choisi de reprendre le jeu d'hypothèses de cadrage de cette étude pour être comparable à des travaux institutionnels et ainsi se rendre moins vulnérables à des critiques d'opposants aux messages clés du rapport.

→ Le PIB affiché par l'étude de Rifkin résulte d'une modélisation avec DEEPER¹⁰³ et calcule une croissance d'environ 1,1% par an entre 2020 et 2050.

→ L'étude de Futur Facteur 4 pour l'Ademe régionale propose 3 scénarios qui se distinguent par des taux de croissances annuels différentes:

+0,5 / an soit 22% sur 38 ans : **prolongation de l'essoufflement de la croissance économique constatée;**

+ 1% / an soit 49% sur 38 ans: **poursuite de la tendance connue depuis 1990 dans la région;**

+ 1,9 / an soit 112% sur 38 ans : **scénario de relance industrielle.**

Prix de l'énergie

→ Le SRCAE n'analyse pas l'impact d'une augmentation des prix de l'énergie.

→ L'hypothèse d'un prix d'énergies fossiles élevé est un fil rouge qu'on trouve d'une manière répétée dans le document du SRADDT sans que cela soit explicitement intégré comme variable dans le scénario.

→ Le même constat est vrai pour le scénario Virage énergie 2008.

Le modèle DEEPER permet la représentation d'élasticités prix. Une variante du scénario de référence est modélisée avec des prix élevés tels que proposés par le World Energy Outlook 2012 de l'Agence Internationale de l'Énergie avec la possibilité d'une lente augmentation de 40% sur l'ensemble des prix de l'énergie d'ici 2050. Ceci fait perdre 0,2% de PIB par rapport à la référence et amène une destruction de 102000 emplois. Ce résultat souligne la nécessité de réduire la consommation d'énergie pour être moins dépendant des importations.

→ Les 3 scénarios de Futur Facteur 4 projettent des prix d'énergie élevés à cause de la forte hausse de la consommation mondiale tirée par les pays émergents tandis que l'exploitation des nouveaux gisements s'avère plus coûteuse que celle des anciens.

100. Hadrien Hainaut, Bruno Filliard (2013) « Scénarios énergétiques 2050 pour le Nord-Pas de Calais - Annexes », Futur Facteur 4

101. www.observatoire-climat-npdc.org/fr/content/quelles-sont-les-consommations-%C3%A9nerg%C3%A9tiques-de-la-r-%C3%A9gion

102. Enerdata (2005) « Etude pour une prospective énergétique concernant la France », Direction générale de l'énergie et des matières premières DGEMP), Ministère de l'économie, des Finances et de l'industrie (Minefi).

103. Description du modèle DEEPER dans l'Annexe du rapport « Troisième révolution industrielle »

	SRCAE	SRADDT	Virage (2008)	Rifkin	Futur Facteur 4
PIB annuel	1,5%	rien	2,3%	1,1%	0,5% 1% 1,9%

RESPECT DES ENGAGEMENTS NATIONAUX

Objectif national	SRCAE Nord-Pas de Calais « scénario objectifs Grenelle »	Respect de l'objectif	SRADDT	Respect de l'objectif
- 16 % d'émissions de gaz à effet de serre en 2020 par rapport à 2005 ¹	Une réduction de 22,8 % par rapport à 2005 des émissions de gaz à effet de serre.		Une réduction de plus de 27 % par rapport à 2005 des émissions de gaz à effet de serre.	
- 18 % de consommation énergétique finale en 2020 par rapport à 2007	Baisse d'environ 19% en 2020 par rapport à 2005.		Baisse de 27% en 2020 par rapport à 2005.	
23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2020	15,5 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2020 ² .		Légèrement plus élevé que l'objectif du SRCAE.	
25 % de fret non routier en 2024	Non renseigné		Environ 31 % en 2024.	
- 38 % de consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel en 2020 par rapport à 2009	- 32 % d'énergie finale par rapport à 2005		Environ -17% de consommation d'énergie finale en 2020 par rapport à 2005.	
Division par 4 des émissions de GES en 2050 par rapport à 1990	Environ - 63 % des gaz à effet de serre par rapport à 2005.		- 67 % d'émissions CO ₂ eq	
Division par 2 de la consommation énergétique finale en 2050 par rapport à 2012	Environ - 50 % par rapport à 2005		- 61 % par rapport à 2005	
Baisse de la consommation d'énergies fossiles (dans l'énergie finale) de 30 % en 2030 par rapport à 2012	Non renseigné		- 59% (par rapport à 2007 en énergie primaire)	
Objectif 50 % de nucléaire dans le mix de production électrique en 2025	Non renseigné		Environ 9% de nucléaire dans le mix de production électrique (à l'échelle nationale)	
100% énergies renouvelables en 2050	Non renseigné		Non renseigné	

Virage énergie NPdC 2008	Respect de l'objectif	Scénario Rifkin « 3 ^e révolution »	Respect de l'objectif	Scénario Ademe Futur facteur 4	Respect de l'objectif
- 15 % (environ) par rapport à 2005.		Pas renseigné mais peu de changement par rapport à la situation actuelle car les objectifs efficacité énergétique et énergies renouvelables ne sont pas atteints.		Une réduction des émissions de CO ₂ énergétique d'environ 38 % pour les 3 scénarios par rapport à 2005.	
Non renseigné		Environ - 2 % (pris en compte de l'inertie des investissements).		Entre - 28 et - 31 % pour les 3 scénarios.	
Non renseigné		Légère augmentation par rapport à la production actuelle. Croissance exponentielle à partir de 2035.		12,1 % de la consommation d'énergie finale.	
Environ 45 % en 2024 (avec une augmentation du trafic).		Non renseigné		30 % des tonnes km transportées par le ferroviaire et le fluvial en 2020.	
- 75 % de CO ₂		Non renseigné mais le chantier de rénovation ne prend ampleur qu'après 2020.		Environ - 36 % des consommations d'énergie finale pour le chauffage du secteur résidentiel en 2020 par rapport à 2005 pour le scénario 2.	
- 75 % de CO ₂		Non renseigné		Les 5 mix énergétiques qui ont été modélisés pour 2050 basé sur le scénario 2 respectent le Facteur 4 – uniquement CO ₂ énergétique.	
Non renseigné		- 60 % de la consommation d'énergie finale par rapport à 2013 ; la majorité de l'effort se fait après 2025.		Entre - 52 et - 63 % de la consommation finale par rapport à 2005 (selon els 3 scénarios)	
- 32 % pour les vecteurs chaleur et carburants transport. - 22 % pour la production d'électricité en région ; en sachant qu'il y a une « surproduction » par rapport aux besoins locaux.		Non renseigné mais le scénario projette une sortie des fossiles.	Non renseigné mais le scénario projette une sortie des fossiles.	- 23 % de consommation en 2030 par rapport à 2005.	
Sortie régionale du nucléaire en 2027 avec la fermeture du dernier réacteur de Gravelines.		Non renseigné mais le scénario modélise une sortie du nucléaire.	Non renseigné mais le scénario modélise une sortie du nucléaire.	5 compositions du mix électrique en bouclage avec la demande en 2050 ont été modélisées dont 3 sans nucléaire. L'objectif 50 % nucléaire dans le mix de production électrique est atteint entre 2025 et 2030.	
95 % d'électricité renouvelable pour couvrir les consommations régionales.		100 % de la consommation énergétique finale en 2050.		Selon les 5 mix énergétiques modélisés entre 40 et 45 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale régionale.	

1. - 21 % ETS, - 14 % hors ETS soit - 16 % au global par rapport à 2005
2. 10 % selon l'analyse des SRCAE du MEDDE / Ademe (2014)

950 Les secteurs de consommation énergétique

INDUSTRIE

Dans la comparaison du respect proportionnel des objectifs nationaux on voit apparaître très clairement l'impact des particularités de la région Nord-Pas de Calais. Même si à l'échelle nationale peu de personnes et de scénarios pensent que l'atteinte de l'objectif en 2024 d'avoir au moins 25% du transport de fret non routier est possible, en région Nord-Pas de Calais grâce au réseau fluvial bien développé cette possibilité est encore présente dans plusieurs scénarios.

Aucun scénario ne permet l'atteinte des 3 objectifs pour 2020 dans leur ensemble au niveau des engagements nationaux. Surtout la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale se situe loin des 23%.

Le scénario de la « Troisième révolution industrielle » de l'équipe de Rifkin n'atteint aucun des 3 objectifs car le respect normatif de ces engagements n'est pas au cœur de la modélisation. Tant au niveau des économies d'énergie qu'à celui du développement des énergies renouvelables, une inertie des investissements est modélisée qui repousse les évolutions à plus tard, la baisse véritable des consommations ne commence qu'après 2025 et la production d'énergies renouvelables reste presque stable jusqu'à 2035 où on constate une croissance exponentielle.

Concernant les engagements qui touchent l'offre énergétique on peut constater qu'il y a plusieurs scénarios qui visent l'atteinte des 100% énergies renouvelables au moins pour le vecteur électricité. La consommation de charbon pour les procédés industriels (sidérurgie etc.) est soumise à d'autres considérations notamment de changement de technologies.

Niveau de production

Les scénarios varient fortement concernant l'évolution à long terme de l'activité industrielle. Les scénarios SRCAE et SRADDT se caractérisent par une hypothèse conservatrice d'un maintien à l'identique de la structure et de la production industrielle actuelle d'ici 2050¹⁰⁴, ce qui montre une absence de volonté de prise en compte d'un changement des modes de consommation et un manque de prospective concernant l'évolution du contenu de la production du secteur (tertiarisation, développement d'autres filières etc.).

Le SRADDT par contre ajoute un discours plus ouvert sur l'importance de prendre en compte les émissions importées et exportées via les produits manufacturés et consacre un chapitre au sujet de l'amélioration des modes de vie et de la transformation des modes de production. En 2050 le SRADDT réduit les consommations énergétiques du secteur de 64 % et les émissions de 79 %.

Quatre scénarios sont en rupture par rapport à cette hypothèse de maintien : les scénarios Virage énergie (2008 et 2013), l'étude de Rifkin pour une « 3^e révolution industrielle » et les scénarios de Futur Facteur 4.

→ Le scénario **Virage énergie 2008** fait évoluer la production de différentes filières pour la sidérurgie par exemple une baisse de production de 40 % d'acier primaire est modélisée grâce à des meilleurs taux de recyclage, des changements de production (voitures plus légères etc.) et de la substitution (construction bois).

→ Le scénario **Virage énergie 2013** a établi pour chaque secteur industriel un bilan énergétique ou une matrice des flux physiques « Production + Import = Export + Consommation » afin d'identifier le poids énergétique des produits manufacturés qui sont consommés par les habitants dans la région en prenant en compte les importations et exportations. Sur ces consommations (énergétiques et en termes de produits) l'association applique différents leviers de sobriété :

- Maximiser l'utilisation des objets produits (pour en utiliser moins)
 - Mutualisation
 - Augmenter la durée de vie
 - Réduire la taille
- Éviter ou réduire les objets trop nuisibles et à forts impacts

L'application de ces actions de sobriété permet une économie d'énergie finale sur le système productif allant de -26 % à -37 % selon le niveau de sobriété modélisé (entre le scénario « sobriété douce » et « sobriété radicale ») et respectivement de -25 % à -36 % pour les émissions de CO₂.

1 500

→ L'étude de l'équipe de Rifkin développe une vision autour d'une 3^e révolution industrielle (TRI) qui transforme complètement le paysage industriel.

Cette 3^e Révolution Industrielle prévoit par exemple de placer la production de l'énergie mais aussi la production matérielle dans les mains de milliers de PME. Cette redistribution des actifs de production serait l'origine d'un nouveau modèle économique : le capitalisme distribué. Par rapport à l'évolution de l'industrie actuelle, le rapport reste flou sans préciser le potentiel d'économies d'énergie ou le niveau de production. Il est cependant clair que le regard que porte l'étude sur le futur des industries traditionnelles de la région est plutôt critique : les expertises existantes issues de la position historique du Nord-Pas de Calais comme usine de la France notamment dans trois domaines : le charbon, l'industrie textile et la sidérurgie devraient aujourd'hui servir à d'autres fins, ces domaines étant en pleine décroissance. La région aurait par conséquent besoin de « rendre possible la reconversion de ces compétences et expertises et d'en tirer parti pour renforcer l'innovation ».

La région Nord-Pas de Calais pourrait par exemple se lancer dans l'exportation industrielle et fournir des matériaux composites et des composants de moteurs électriques à haute efficacité pour le stockage de l'air comprimé dans les turbines éoliennes – un secteur compatible avec la TRI.

La phase de reconversion des travailleurs des industries existantes n'est malheureusement pas approfondie.

→ L'étude de **Futur Facteur 4** présente 3 scénarios qui ne varient pas seulement concernant le taux de croissance du PIB mais aussi par rapport aux hypothèses de l'évolution industrielle de la région.

La **variante ①** (croissance de 0,5%) s'inscrit dans un fort ralentissement économique général en particulier dans les secteurs très exposés à la concurrence des pays émergents et des pays pétroliers qui développent leur industrie chimique : -1 % entre 2012 et 2020, -0,7 % entre 2020 et 2030 et -0,5 % entre 2030 et 2050. Cela donne globalement une perte d'activité de 22 % sur la période.

La **variante ②** (croissance de 1%) correspond au maintien global des tendances actuelles avec une légère reprise de l'activité industrielle, sachant que le transfert d'emplois de l'industrie vers le tertiaire est déjà très largement réalisé : -0,5 % de 2012 à 2020, -0,3 % entre 2020 et 2030 et -0,2 % entre 2020 et 2030. Cela se traduit par un recul de 10 % de ce secteur d'activité.

La **variante ③** (croissance de 1,9 %) correspond à une forte reprise d'activité industrielle tournée vers l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables, les smartgrids, le stockage de l'énergie, l'internet et les nouvelles technologies de communication. Certains de ces secteurs nécessiteront de faire appel à l'industrie chimique et quasiment tous à la construction mécanique : taux nul entre 2012 et 2020, 0,5 % entre 2020 et 2030 et 0,4 % entre 2030 et 2050. Cela donne une croissance sur l'ensemble de la période de 14 %.

Ensuite ces 3 variantes ne s'expriment pas de la même manière pour différentes filières analysées : la sidérurgie, la métallurgie, l'agroalimentaire, la papeterie, l'industrie mécanique, électrique, textile, pharmaceutique, du plastique, des matériaux de construction et du bâtiment, du verre, etc. Par exemple, l'industrie du plastique montre une croissance sur l'ensemble de la période supérieure à la moyenne entre, 20 et 106 % pour les 3 scénarios.

Potentiels d'économies d'énergie

L'étude des bureaux d'études E&E Consultant et Énergies demain (2011) « Etude efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais » qui a servi de base pour le SRCAE et le SRADDT, détaille des potentiels d'économies énergétiques des usages transverses (chauffage des locaux, moteurs, ventilation etc.) et spécifiques (technologies et procédés) selon un bon nombre de filières (sidérurgie, agro-alimentaire, chimie, métallurgie des non-ferreux, papier carton, ciment, textile etc.). La récupération de la chaleur, une augmentation de l'utilisation de matière première recyclée et des changements de procédés (utilisation de la technologie Hisarna par la sidérurgie) est également indiquée.

Les potentiels d'économies sont par ailleurs distingués en deux horizons temporels : court terme et long terme.

Le scénario Virage énergie (2008) précise également les potentiels pour un certain nombre de filières mais d'une manière moins détaillée.

L'étude de Futur Facteur 4 présente des potentiels d'efficacité énergétique par filière pour 3 horizons temporels (2020, 2030 et 2050) en distinguant les postes de consommation, les fonctions et les sources d'énergie.

Aucun des scénarios analysés ne se fonde sur une analyse des impacts de mesures politiques ou financières existantes sur l'efficacité énergétique ou le développement des énergies renouvelables dans le secteur industriel. La base de la modélisation des économies d'énergie représente plutôt une analyse plus ou moins fine des potentiels d'efficacité énergétique et des changements technologiques.

104. Cette hypothèse a été utilisée pour l'étude : E&E, Énergies demain (2011) « Etude efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais » qui a servi de base pour le SRCAE et le SRADDT.

AGRICULTURE

Dans les scénarios analysés on retrouve deux façons principales d'aborder le secteur de l'agriculture, soit via l'industrie agro-alimentaire et éventuellement la consommation énergétiques du secteur agricole soit via l'entrée alimentation.

→ L'étude de **Futur Facteur 4** qui déploie les deux approches explique par exemple qu'aborder « la question de l'alimentation dans son ensemble permet de respecter des règles de cohérence entre les modes de production, de transformation, d'organisation logistique, de distribution jusqu'au ménage, ce qui inclut la gestion des déchets ».

Les déterminants principaux choisis pour leur exercice sont :

- une stabilité des besoins alimentaires en France d'ici 2050;
- une diminution du fret alimentaire de 20 % qui constitue le premier poste de consommation d'énergie au sein de l'alimentation via des circuits courts notamment pour les variantes de croissance économique avec les taux de 0,5 % et de 1 %;
- une évolution des pratiques agricoles (par exemple une réduction d'utilisation d'engrais de 60 %, développement des procédés agricoles pour atteindre en 2050 10 % d'agriculture traditionnelle, 60 % d'agriculture intégrée et 30 % de l'agriculture biologique);
- une évolution des modes de distribution et d'approvisionnement pour plus de proximité et un retour vers des magasins alimentaires en ville (réduction de la mobilité locale de 20 % pour les courses);
- une diminution du gaspillage des aliments (-50 %);
- une réflexion sur l'inversement de l'allongement de la chaîne logistique alimentaire (approvisionnement en primeurs dans les pays méditerranéens, développement des plats préparés, chaîne du froid en conséquence,...) vers un retour de cuisson de produits locaux à la maison pour les scénarios ① et ② (la prise en compte de cette tendance déboucherait sur une réduction des consommations d'énergie dans l'agroalimentaire et le fret alimentaire et une augmentation de celles de la cuisson à domicile de +20 %) contre le scénario ③ qui reste dans le cadre d'une stabilité de la production agroalimentaire avec donc une forte externalisation par les ménages de la préparation alimentaire (+10 % de la fréquentation des cafés, hôtels et restaurants);
- l'évolution de l'assiette du consommateur en 2050 et notamment de la part d'alimentation carnée qui varie selon les 3 scénarios : réduction de l'alimentation carnée de 38 % dans les scénarios ① et ② (avec stabilité de la part volaille et porc et une réduction de la part bœuf et mouton) et dans le scénario ③ une baisse de seulement 10 % car l'amélioration des revenus n'induirait pas une réduction aussi forte.

L'effet cumulé de ces effets réduit la consommation énergétique du secteur environ par 2 en 2050. Les contributions les plus fortes viennent du fret alimentaire.

→ Le **SRCAE** raisonne aussi concernant le secteur agricole à production constante et précise les hypothèses pour ce secteur dans les cahiers techniques dans les catégories suivants :

- la maîtrise des consommations énergétiques dans les exploitations (un meilleur entretien permet d'économiser 10 % des consommations des tracteurs, l'application des techniques de « non labour » etc.);
- une réduction des fertilisants azotés minéraux de 15 % à l'horizon 2020 et de 30 % à l'horizon 2050;
- une sélection variétale permet la diminution des besoins en nitrate de 15 % en 2050 etc.

Les changements du régime alimentaire n'apparaissent pas par contre dans cet exercice qui se situe au niveau du calendrier légèrement en amont de la publication du scénario Afterre 2050 qui a largement influencé le débat national sur ces sujets.

→ Le **SRADDT** diminue la consommation du secteur de -45 % et des gaz à effet de serre de 52 % en 2050 via une approche systémique qui inclut :

- le changement du régime alimentaire : en 2050 la consommation de viande se réduit de 50 % contre 38 % pour les variantes 1 et 2 de l'étude Futur facteur 4 (FF4). Le gaspillage alimentaire est réduit de 75 % contre 50 % pour l'étude FF4;
- le changement des pratiques agricoles : là où le SRCAE réduit l'utilisation des intrants de 30 %, le SRADDT va jusqu'à -75 %. 50 % de la SAU (surface agricole utile) est en agriculture biologique.

Le SRADDT précise qu'en 2012 le Conseil Régional et l'Ademe en partenariat avec la Chambre régionale d'Agriculture ont produit une simulation de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole.

Globalement, le scénario SRADDT dépasse souvent dans son ambition les autres scénarios pour ce secteur.

→ Le scénario **Virage énergie 2008** précise que le secteur agricole ne rentre pas dans le champ de l'étude (à part des émissions énergétiques du secteur) mais souligne l'importance d'agir sur les émissions non énergétiques. L'étude **Virage énergie 2013** fait du changement alimentaire un de ses chevaux de bataille.

Pour évaluer l'impact énergétique et environnemental des scénarios de sobriété alimentaire, la démarche employée se base sur l'étude des consommations énergétiques et des émissions de GES des produits alimentaires du « champ à l'assiette ».

105. Solagro (2011) « Afterre2050 : quelle utilisation des terres en 2050 en France ? »

La modélisation considère deux périmètres :

- **le périmètre ①**, intitulé « périmètre régional » qui permet la comptabilisation des émissions et de l'énergie consommée par les différents postes de consommation présents sur le territoire du Nord-Pas de Calais : (énergie directe et indirecte de l'agriculture régionale, industries agroalimentaires présentes en région, transport de clients, stockage froid et cuisson à domicile) ;
- **le périmètre ②**, intitulé « périmètre absolu », comptabilise les émissions de GES, l'énergie consommée (énergie directe et indirecte) et les surfaces agricoles nécessaires pour répondre à la demande alimentaire régionale. Concrètement, il s'agit d'évaluer, selon les assiettes consommées en région, la quantité d'énergie requise par les secteurs agricoles et de transformation agroalimentaire, que ces derniers soient situés en région ou non.

La modélisation des scénarios inclut les étapes suivantes et applique à chacune des leviers de changement par la sobriété :

- **L'évolution du régime alimentaire.**
Le scénario de sobriété douce réduit de plus de moitié la consommation de viande (-53 %) ce qui est conforme à l'objectif du SRADDT. L'approche plus volontariste du scénario de sobriété radicale mise sur une réduction de -80%. L'étude donne par ailleurs une description très détaillée de l'évolution du contenu de l'assiette ne concernant pas uniquement la viande. Le gaspillage alimentaire baisse de 33 % et 60 % selon les deux niveaux de sobriété. Un autre enjeu représente les modes de consommation : le scénario « sobriété radicale » modélise par exemple une économie de 88 % sur les emballages.
- **Les changements de production agricole**
Le scénario « sobriété douce » prévoit une répartition entre l'agriculture conventionnelle, intégrée et biologique d'un tiers chacun contre pour la « sobriété radicale » une disparition de l'agriculture traditionnelle et une répartition égale entre biologique et intégrée. L'utilisation des engrais minéraux diminue de 75%.

- **La distribution commerciale et l'approvisionnement.**
Dans le scénario de « sobriété radicale » les hyper-marchés qui prolongent les distances au consommateur final disparaissent, la part de l'utilisation de la voiture pour faire ses courses diminue d'une manière considérable et le premier lieu d'approvisionnement devient le petit commerce de proximité.
- **La transformation industrielle.**
Le secteur agro-alimentaire montre comme chaque filière industrielle des potentiels d'économies d'énergie spécifiques qu'on peut distinguer en économies transversales ou liées aux procédés.

Les résultats de l'étude montrent une réduction de 29 % à 40 % des consommations d'énergie directe par la mise en application des hypothèses de sobriété pour le scénario de « sobriété douce » et « radicale » respectivement. Le poste de consommation le plus sensible aux leviers de sobriété est celui de la production agricole.

La consommation d'énergie indirecte diminue de 72 % pour le scénario de sobriété douce et de 89% pour le scénario de sobriété radicale, principalement grâce à une évolution du régime alimentaire et la mise en place de politiques publiques visant à réorienter le système de production agricole (diminution des engrais etc.).

L'étude montre également l'impact des deux scénarios sur l'emprise surfacique par rapport à la SAU (Surface Agricole Utile) en Nord-Pas de Calais. Même pour le scénario de sobriété radicale la SAU ne suffira pas pour satisfaire la demande alimentaire régionale.

→ Le scénario Aferres 2050 de Solagro¹⁰⁵ représente une partie constituante du volet agricole des scénarios Ademe nationale 2050, Facteur 4 du SRADDT, négaWatt et Virage énergie Nord-Pas de Calais.

→ Dans le scénario 3^e révolution industrielle, le secteur de l'agriculture reste absent des réflexions.

	FF4	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Etude Virage énergie 2013
Changement de régime alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'alimentation carnée de 38 % dans les scénarios 1 et 2 • Scénario 3 : - 10 % de viande • une réduction de - 75 % de gasp et 50 % du gaspillage alimentaire pour les 3 scénarios. 		<ul style="list-style-type: none"> • - 50 % de consommation de viande, illage alimentaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Scénario « sobriété douce » - 53% de consommation de viande • scénario « sobriété radicale » - 80 % • - 33 % à - 60 % selon les scénarios.
Changements de production agricole	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction d'utilisation d'engrais de 60 % • 10 % d'agriculture traditionnelle, 60 % d'agriculture intégrée et 30% d'agriculture biologique 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction d'utilisation d'engrais de 30 % • Une sélection variétale permet la diminution des besoins en nitrate de 15 % en 2050 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction d'utilisation d'engrais de 75 % • 50 % de la SAU (surface agricole utile) le sera en agriculture biologique 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction d'utilisation d'engrais de 75 % • Disparition de l'agriculture traditionnelle et une répartition égale entre biologique et intégrée
Distribution et l'approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution du fret alimentaire de 20 % • Réduction de la mobilité locale pour faire ses courses de 20 % 			<ul style="list-style-type: none"> • scénario de « sobriété radicale » <ul style="list-style-type: none"> • disparition des hyper-marchés • premier lieu d'approvisionnement devient le petit commerce de proximité
Modes de consommation	<ul style="list-style-type: none"> • réduction des consommations d'énergie dans l'agroalimentaire (diminution des plats préparés) = augmentation de celles de la cuisson à domicile de + 20 % (pour les scénarios 1 et 2) 			<ul style="list-style-type: none"> • scénario de « sobriété radicale » <ul style="list-style-type: none"> • - 88 % d'emballages

BÂTIMENT

Secteur résidentiel

Evolution de la surface habitable

SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Master-Plan 3 ^e révolution industrielle	Etude Virage énergie 2013	Etude Virage énergie 2008
Surface constante pour la construction neuve : 148,1 pour la maison individuelle acollectifs.	+ 17 % de logements (décohabitation) - 8 % des tailles moyennes des logements = stabilisation du ratio surface occupée	+ 17 % de logements (décohabitation).	Non renseigné	Réduction de la surface totale de 2 à 5 % et développement de l'habitat partagé. Augmentation du taux des logements collectifs dans la construction neuve. La surface par personne baisse de 6 % à 10 %	+ 25 % de m ² + 7,5 % plus de ménages pour une population qui baisse de 0,8 %

L'évolution de la surface habitable qui est un facteur important pour déterminer la consommation énergétique est notamment influencée par plusieurs paramètres :

L'effet plus ou moins fort de la décohabitation (augmentation du nombre de logements)

→ L'étude « Habitat Facteur 4 » des cahiers du CLIP de novembre 2010 basée sur les scénarios démographiques de l'INSEE montre qu'en région Nord-Pas de Calais la décohabitation est moins accentuée que dans le reste du pays car la population est globalement plus jeune.

La projection à 2050 indique une baisse du nombre d'habitants par ménage de 2,58 en 2010 à 2,10 en 2050 (par rapport à 2 au niveau national). Cette hypothèse est reprise par les scénarios de Futur Facteur 4.

→ Le volet climat du **SRADDT** s'attend à +22 % de ménages en 2050. La projection du nombre de logements est plus faible de + 17 % en 2050. Il y aura moins de personnes par logement, mais plus de cohabitation de ménages. Le scénario **Virage énergie 2008** prévoit une décohabitation moins forte de 2,3 en 2050.

→ L'étude **Virage énergie 2013** développe plus de détails concernant cet indicateur :

Elle propose de réserver une part élevée de logements collectifs en habitat partagé dans les constructions neuves (de 60 % à 80 % des nouvelles constructions de logements collectifs), ce qui implique de disposer d'un logement privé d'une surface moyenne plus petite (50 m² contre 64 m² actuellement en logement collectif) et d'un espace commun d'environ 50 m² mutualisé entre une dizaine de logements. Par ailleurs, l'étude projette une part des ménages en cohabitation allant de 5 % à 10 % (contre 1,1 % actuellement), dont 3,5 % à 7 % de ménages vivant à 2 ménages par logement, et 1,5 % à 3 % de ménages vivant à 3 ménages par logement. Cette cohabitation provoque une réduction de la surface totale en logement allant de 2 % à 5 %.

La taille des logements de la construction neuve

La surface de logement disponible par personne augmente également, avec la part des maisons individuelles par rapport aux immeubles collectifs. Au niveau national, entre 1984 et 2004 soit en 20 ans, les surfaces moyennes des logements ont augmenté de 6 m², passant de 33 à 42 m² par habitant pour les maisons individuelles (+27 %) et de 26 à 28 m² par habitant pour l'habitat collectif (+7 %).

→ Le **SRCAE** applique l'hypothèse d'une surface constante de la construction neuve.

→ Le scénario facteur 4 du **SRADDT** prend en compte une réduction de 8 % de la taille moyenne des logements en 2050 par rapport à 2005.

En constructions neuves, l'étude **Virage énergie 2013** privilégie les logements collectifs (développement des nouvelles formes d'habitat : habitat partagé, co-habitat, etc.) aux maisons individuelles. Ainsi, les logements collectifs comptent pour 60 % à 80 % des nouvelles constructions (contre 38 % actuellement). Les déconstructions, concentrées principalement sur l'ancien à 80 % touchent davantage les maisons individuelles (60 %).

Suivant les hypothèses retenues, la surface habitable par personne subit une légère baisse de 6 % à 10 %, portant la surface habitable par personne à 36 m² et 34,4 m², soit des valeurs proches de celles des années 1990.

→ Concernant l'étude **Futur Facteur 4** : la variante 0,5 %/an retient les hypothèses du **SRADDT**, soit une réduction de 8 % de la taille moyenne des logements entre 2005 et 2050.

Les variantes à taux de croissance de 1 %/an et 1,9 %/an se calent sur l'historique de l'évolution des surfaces unitaires de logement, c'est-à-dire sur une stabilité de ces dernières.

500

Nombre de constructions neuves

		SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Constructions neuves	2020	+ 75 393 / 2010	+ 75 000 / 2010 ; 61 % de maisons individuelles (MI)	+ 190 000 / 2010 S1 : 100 % de maisons collectives (MC) 2050 S2 : 75 % MC S3 : 60 % MC	+ 290 000 logement / 2010 ; MI 65 %	+ 120 000 / 2010
	2050	+ 260 915 / 2010	+ 260 000 / 2010 ; MI 61 %	+ 760 000 / 2010 S1 : 100 % MC 2050 S2 : 75 % MC S3 : 60 % MC	+ 1 000 000 logements / 2010 ; MI 65 %	+ 48 0000 / 2010
Rythme des constructions neuves	2010	+ 7 539 logements / an, soit 0,47 % par an	+ 7 500 logements / an, soit 0,47 % par an	+ 19 000 par an Evolution progressive : • S1 : 0,7 % sur les seuls logements collectifs • S2 : 0,8 % pour MC et 0,4 % MI • S3 : 1,2 % supérieur au taux historique de 1 %	+ 1,7 % par an, soit une moyenne de 29 000 logements/an	+ 12 000 logements par an (le ratio MI / MC change selon le scénario)
	2020	+ 6 184 logements / an, soit 0,38 % par an	+ 6 200 logements / an, soit 0,38 % par an		+ 1,2 % par an, soit une moyenne de 24 000 logements/an.	+ 12 000 logements par an (le ratio MI / MC change selon le scénario)
	2030	+ 6 184 logements / an, soit 0,38 % par an	+ 6 200 logements / an, soit 0,38 % par an		+ 1,1 % par an, soit une moyenne de 26 000 logements/an.	+ 12 000 logements par an (le ratio MI / MC change selon le scénario)

→ Le scénario « **Master-Plan Troisième révolution industrielle** » ne précise pas le nombre et la performance des constructions neuves mais propose d'aller plus loin que le **SRADDT** et notamment d'augmenter le taux de rénovations/nouvelles constructions.

→ Le nombre de constructions annuelles et leurs variations d'ici 2050 varient d'un scénario à l'autre. En 2050 on compte entre 260 000 et 1 million de nouveaux logements. Les constructions annuelles qui varient entre 6 000 et 29 000 logements pour la même période sont les plus importantes entre 2010 et 2020. Les scénarios **SRCAE** et **SRADDT** montrent des taux particulièrement faibles et le scénario **Virage énergie 2008** modélise des taux très élevés.

Constructions neuves et niveau de performance énergétique

		SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Constructions neuves et niveau de performance énergétique	2005	Historique RT2005	Pour les constructions neuves : 80 % RT2005 ; 15 % HPE ; 5 % THPE	RT2005	« Consommation spécifique ¹ » : 50 kWh/(m ² .an)
	2012	100 % des bâtiments neufs en BBC = 60 kWhEP / (m ² .an) pour les 5 usages réglementaires (chauffage, ECS, climatisation, ventilation, éclairage)	85 % des bâtiments neufs en BBC et 15 % en HPE	RT 2012	« Consommation spécifique » : 50 kWh/(m ² .an)
2020	100 % des bâtiments neufs en BEPOS (Bâtiment à énergie positive) – BEPAS (Bâtiment passif) ² = « des bâtiments qui produisent autant d'énergie à partir de sources d'énergies renouvelables qu'ils en consomment ».	100 % BEPAS	RT 2020/25 Besoins de chauffage équivalent Passivhaus, soit 10 à 15 kWh / (m ² .an) d'énergie utile en 2020	A partir de 2026, « Consommation spécifique » : 30 kWh / (m ² .an)	
2030	100 % des bâtiments neufs en BEPOS – BEPAS = « des bâtiments qui produisent autant d'énergie à partir de sources d'énergies renouvelables qu'ils en consomment ».	100 % BEPAS	RT 2030	« Consommation spécifique » : 20 kWh / (m ² .an).	

1. Le rapport final de l'exercice de Virage-énergie évoque dans son tableau de synthèse des hypothèses une « consommation spécifique » par logement dont la définition n'est pas donnée. On ne sait pas quels usages recouvrent les valeurs en kWh/m².an
2. Le document final du SRCAE évoque le BEPAS « Bâtiment passif » en référence au label de construction allemand « Passivhaus ». Ces deux notions n'étant pas incompatibles, la première traduisant l'idée d'une production d'énergies renouvelables décentralisée à hauteur des consommations énergétiques du bâtiment, et la seconde celle de la réduction maximale des besoins de chauffage des bâtiments, au-delà de ce qu'il se fait dans le label BBC (remarque Futur Facteur 4).

→ L'étude **Troisième révolution industrielle** aborde l'enjeu de la performance des constructions neuves notamment sous l'angle des bâtiments à énergie positive (BEPOS) sans préciser le niveau de la baisse des consommations. Le pilier 2 de l'étude porte sur cet aspect important dans la vision encadrant le scénario qui prévoit de rapprocher la production d'énergie moins centralisée du consommateur final.

→ Le scénario **Virage énergie 2013** ne modélise pas l'évolution des consommations de la construction neuve car l'étude se focalise sur des aspects de sobriété (évolution du nombre de m² par ménages etc.). Les aspects liés purement à l'efficacité énergétique sont donc considérés hors champ.

L'évolution des performances des constructions dans les scénarios suit les réglementations thermiques futurs. Néanmoins les chiffres ne sont pas toujours les mêmes et certains scénarios utilisent en plus des labels (BEPAS, BBC).

La réhabilitation des bâtiments existants (nombre, performance et coûts)

La question de la rénovation énergétique du parc existant est cruciale pour respecter les objectifs climat-énergie de la France. La loi sur la transition énergétique a récemment confirmé l'objectif de rénovation de 500 000 logements en 2017 et l'atteinte d'un niveau moyen du parc en 2050 équivalent au BBC rénovation. Cependant plusieurs trajectoires sont possibles en prenant en compte le nombre annuel de rénovation, la typologie du parc existant entre les maisons individuelles, les logements collectifs et les années de construction. Un autre facteur crucial est la performance énergétique visée : est-ce que le scénario privilégie des rénovations globales ou s'imagine des travaux en plusieurs étapes ?

Concernant la rapidité de montée en puissance du chantier de rénovation régionale les scénarios ont fait des choix différents entre une approche qui inclut plus d'inertie (Troisième révolution industrielle et Futur Facteur 4) et un nombre de rénovation déjà élevées avant 2020 (Virage énergie 2008, SRCAE, SRADDT).

		SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Rénovations	2020	• 476 000 rénovés	• 35 000 logements réhabilités par an	• 339 000 logements rénovés	• 481 480 entre 2012 et 20
	2050	• 1 433 000 logements rénovés soit la totalité du parc des logements.	• 40 000 logements par an ; • 1 420 000 logements rénovés, soit la quasi-totalité du parc	• 1,1 M logements rénovés	• 544 540 entre 2020 et 30 • 406 980 entre 2030 et 50 • 100 % du parc rénové en 2050
Rythme des rénovations	2012-2020	• 59 500 logements par an.	En BBC (104 kWh/m ² /an – RT 2012). Les rythmes ne sont pas clairement explicités dans l'étude. L'étude efficacité énergétique à évalué un potentiel brut sur l'ensemble du parc sans imaginer les rythmes de rénovation nécessaires jusqu'à l'horizon 2050	• 2005-2012 : 13 000 logements par an • 2012-2020 : 31 000 Le nombre de rénovations par type de logements change pour les différentes périodes	• Rénovation légère : 3% du nombre total de logements par an ; • Rénovation lourde : 1,2% du nombre total de logement par an jusqu'en 2020 • 2012-20 : 60 185 rénovations par an
	2020-2050	• 31 900 logements par an	• Les rythmes ne sont pas clairement explicités dans l'étude. • Division par 4 des émissions de GES	• 2020-30 : 42 000 • 2030-40 : 37 000 • 2040-50 : 32 000	• 2020-30 : 5 445 4 par an • 2030-50 : 4 069 8 par an • Rénovation légère : 3 % du nombre total de logements par an ; • Rénovation lourde : 0,8 % jusqu'en 2030 et 1,7 % au-delà de 2030.

500

La réhabilitation des bâtiments existants (nombre)

Les scénarios concordent sur une rénovation de la totalité ou quasi totalité des logements en 2050 par contre le rythme des rénovations peut varier. Contrairement aux scénarios Virage énergie 2008 et le SRCAE l'étude Futur Facteur 4 atteint le rythme de croisière en matière de rénovation qu'après 2020 en prenant en compte la réalité de l'inertie de ce secteur au détriment de pouvoir respecter l'objectif Grenelle pour les rénovations en 2020 (-38% de consommations d'énergie finale).

900

La réhabilitation des bâtiments existants (performance et coûts)

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Niveau de rénovation	<p>Le document final du SRCAE évoque deux niveaux de rénovation :</p> <ul style="list-style-type: none"> les rénovations légères renvoyant à un ensemble de gestes sur les menuiseries, la toiture ou l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage permettant de réaliser le saut de 1 à 2 étiquettes du DPE (-20% à 30% des besoins de chauffage) ; la rénovation lourde qui renvoie à un bouquet de travaux comprenant des actions sur les menuiseries, les toitures, les systèmes ainsi qu'une action lourde sur la paroi des bâtiments et le changement de ventilation. Ce type de travaux vise à atteindre l'étiquette énergétique C minimum, voire le label BBC. <p>Le cahier technique n°2 évoque trois niveaux d'exigences de réhabilitation : « faible », « moyen » et « importante » dont les définitions ne sont pas précisées.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Un bouquet « 3 gestes » consistant à l'isolation des murs de la toiture et au remplacement des menuiseries : 85 kWh/(m².an) en consommation d'énergie finale de chauffage ; Un bouquet « volontaire » constitué de trois gestes du bouquet précédent ainsi que de l'isolation du plancher et du remplacement de la ventilation : 35 kWh/(m².an) en consommation d'énergie finale de chauffage 	<p>5 différents niveaux de rénovation :</p> <ul style="list-style-type: none"> rénovation partielle 1 rénovation partielle 2 rénovation RT existant rénovation BBC rénovation Passivhaus <p>Le gain sur les consommations de chauffage ne varie pas seulement selon le niveau de rénovation mais aussi selon la date de construction du logement</p>	<p>L'exercice Virage-énergie préconise deux types de rénovation : la « rénovation légère » à 100 kWh/(m².an) et la « rénovation lourde HPE » à 80 kWh/(m².an) en 2007, 50 kWh/(m².an) en 2012 et 30 kWh/(m².an) en 2030</p>
Coût de la réhabilitation	<p>L'exercice de scénarisation ne fournit pas d'éléments sur le coût des rénovations</p>	<p>Le bouquet « 3 gestes » coûterait approximativement de 20 000 €. Le bouquet volontaire coûterait quant à lui 26 000 €.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 450 €HT/m² pour les rénovations des scénarios volontaristes BBC rénovation¹ diminution des coûts pour atteindre 300 €HT/m² en 2030 	<p>L'exercice de scénarisation ne fournit pas d'éléments sur le coût des rénovations</p>

1. Philippe Quirion (2013) « L'effet net sur l'emploi de la transition énergétique en France. Une analyse input-output du scénario Négawatt », CIRED, Avril 2013

→ Le scénario **Virage énergie 2013** ne modélise pas l'évolution des consommations de la construction neuve car l'étude se focalise sur des aspects de sobriété (évolution du nombre de m² par ménages etc.). Les aspects liés purement à l'efficacité énergétique sont donc considérés hors champ.

→ Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne précise pas les chiffres des rénovations et/ou des performances énergétiques mais souligne l'importance d'une première phase de diagnostic. Le chantier de rénovation commence donc en retard par rapport aux autres scénarios et ne prend de l'ampleur qu'à partir de 2020-25. Par ailleurs, la rénovation doit prendre en compte différentes échelles d'action. Le Master Plan prévoit de réfléchir à la rénovation à l'échelle d'un groupe de bâtiments (quartier / commune) afin de pouvoir prendre en compte les potentiels de production énergétique et de viser l'autonomie énergétique.

Concernant les coûts de rénovation le groupe de travail 3 sur les bâtiments a identifié un potentiel de 75% d'économies. Leur estimation des investissements nécessaires s'élève à 1,69 € par kWh économisé. Avec un prix d'énergie d'environ 10 c€/kWh il faudra une moyenne de 17 ans pour que l'investissement soit remboursé. Cette approche ne prend pas en compte les particularités des différentes typologies des bâtiments etc. Elle est par ailleurs très top-down et ne donne pas des indications sur les coûts par m² suivant les niveaux de performance énergétique après travaux.

Les niveaux de performance énergétique des travaux de rénovation dans les scénarios sont difficilement comparables car les critères et périmètres varient et parfois le détail technique d'une rénovation dite « importante » n'est pas indiqué. Peu d'informations sont indiquées sur les coûts de rénovation.

950

Le choix de vecteurs énergétiques (pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire)

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Vecteurs énergétiques des systèmes de production de chauffage	<ul style="list-style-type: none"> • Résorption à moyen et long terme de la place du fioul et du charbon • Diffusion des systèmes performants (chaudière à condensation) et innovants (pompe à chaleur électrique et gaz, micro-cogénération) • Diffusion des systèmes bois les plus performants • Développement des réseaux de chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> • 2010-2020 : Disparition de l'électricité effet joule au profit du bois et des PAC (air / eau et autres) pour les maisons individuelles. Même chose pour les immeubles collectifs avec le développement des réseaux de chaleur comme solution supplémentaire; • 2020-2050 : remplacement progressif du gaz au profit du bois, des PAC (air / eau et autres) et des technologies gaz innovantes pour les maisons individuelles. Même chose pour les immeubles collectifs avec le développement des réseaux de chaleur comme solution supplémentaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Disparition des systèmes de chauffage au fioul, au GPL et électrique à effet joule à partir de 2015 au profit de pompes à chaleur géothermiques de surface ou aérothermiques et des chauffages au bois performants. • La part du gaz diminue fortement et il s'opère un transfert progressif des chaudières à condensation vers des systèmes innovants au gaz tels que des pompes à chaleur à compression ou absorption ou des piles à combustibles alimentées au gaz 	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation de gaz diminue au profit du bois et des réseaux de chaleur; • le chauffage bois devient dominant pour l'habitat dispersé ne pouvant être raccordé à un réseau de chaleur; diffusion des meilleurs systèmes au bois (avec des rendements passant de 30 % à 70 % avec les meilleures technologies)
Vecteurs énergétique des systèmes de production d'ECS	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion des systèmes les plus performants : pompe à chaleur. • Diffusion des systèmes solaires thermiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Suite à l'application des nouvelles réglementations, l'ECS (eau chaude sanitaire) solaire et l'ECS thermodynamique se partagent l'essentiel des parts de marché avec un peu de bois 	<p>En 2050 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 % solaire thermique (en réalité 40 % des logements équipés, mais nécessitant un appoint, avec alors une consommation divisée par 2 de l'énergie d'appoint); • 65 % chauffe-eau thermodynamique (avec un COP de 3); • - 15 % chauffage urbain (provenant exclusivement d'énergie renouvelable : bois, déchets ou géothermie). 	<ul style="list-style-type: none"> • Fort développement du solaire thermique pouvant couvrir 30 % des besoins d'ECS. • Atteinte à terme de 1,7 million de m² posé en Nord-Pas de Calais

Globalement les scénarios convergent concernant la suppression du pétrole et du charbon comme mode de chauffage et le remplacement du chauffage électrique à effet joule par des pompes à chaleur performantes. Aussi le rôle important du bois notamment en milieu rural fait consensus comme le transfert des applications d'utilisation du gaz vers des chaudières à condensation voire la micro-cogénération. La future importance des réseaux de chaleur par contre n'est pas partagée par tous les scénarios.

→ Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne spécifie pas les évolutions des énergies du chauffage et de l'eau chaude sanitaire. Il cite cependant des potentiels via des réseaux de chaleur notamment afin de récupérer la chaleur fatale de certaines installations industrielles ou des déchets et le développement des pompes à chaleur.

→ Le scénario **Virage énergie 2013** ne modélise pas l'évolution des vecteurs énergétiques pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire (ECS) car l'étude se focalise sur la sobriété (évolution de la consommation de l'ECS etc.). Les aspects liés purement à l'efficacité énergétique sont donc considérés hors champ.

Globalement on peut dire que les scénarios convergent sur une disparition progressive (plus ou moins vite) des systèmes de chauffage au fioul, au GPL et électrique à effet joule au profit de pompes à chaleur, des systèmes au bois ou du gaz performants. On constate également un fort développement du solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire.

500

Evolution des usages spécifiques de l'électricité

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Electricité spécifique	<p>Les objectifs du SRCAE à l'horizon 2020 sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> diviser par deux les consommations d'éclairage d'ici 2020 ; limiter le développement des consommations énergétiques de climatisation ; diminuer de 25 % la consommation énergétique des équipements électroménagers et de froid alimentaire d'ici 2020 ; baisser de 20% les consommations pour le poste loisir. <p>Au-delà de 2020, le SRCAE donne des évolutions pour différents types de consommation :</p> <ul style="list-style-type: none"> électroménager : -6 % entre 2020-50 ; loisirs : +5 % entre 2020-50 	<p>Réduction des consommations grâce à :</p> <ul style="list-style-type: none"> application de la directive européenne Eco-conception impactant la consommation des appareils : éclairage, veille des appareils, moteurs électriques, téléviseurs, appareils de froid domestique, lave-vaisselle ; politique volontaire sur l'éclairage, préférence aux étiquettes A+ ou A++ pour les équipements électroménagers et du froid, limitation du double ou triple équipement sur les téléviseurs, amélioration de l'efficacité des téléviseurs, limitation du taux d'équipement en sèche-linge 	<p>Les scénarios enregistrent une stabilité des consommations jusqu'à 2030, puis une hausse jusqu'à rattraper le niveau des scénarios tendanciels en 2050 (+60%).</p> <ul style="list-style-type: none"> Pas de modélisation de gains supplémentaires sur les équipements neufs par rapport aux meilleures performances observées actuellement ; ontégration d'un ensemble de kWh non affectés jusqu'en 2050 qui forment un « talon » de sécurité par rapport au développement de nouveaux usages que l'on ne saurait décrire aujourd'hui (loisirs, santé, audiovisuel) ; déterminants de la consommation d'électricité spécifique modélisés ; croissance de la population ; croissance des ménages ; évolution des taux d'équipements ; évolution des heures d'utilisation ; fusion des appareils et multifonctionnalité ; généralisation des meilleurs appareils de 2009 ; développement de la ventilation mécanique contrôlée (VMC) et de la climatisation par pompes à chaleur (PAC) réversible ; substitution de la cuisson gaz/GPL par l'électricité 	<p>Augmentation de 7% entre 2010 et 2050 pour 14 usages différentes (TV, lave-vaisselle, etc.)</p>	<p>Hypothèses détaillées concernant la réduction des consommations électriques pour les différentes catégories de sobriété : dimensionnelle, matérielle, conviviale et d'usage. Une diminution de la taille des réfrigérateurs permettra dans le scénario « sobriété radicale » par exemple de diminuer les consommations de 31 %. Pour le poste informatique il y a un potentiel important dans la « sobriété de possession matérielle ». L'étude exclut par contre des potentiels de réduction via une amélioration de l'efficacité. L'activation des leviers retenus permet une réduction des consommations d'électricité spécifique de 24 % en sobriété douce et 50 % en sobriété radicale</p>

Les consommations d'électricité spécifique dans le secteur résidentiel répondent à de nombreux usages : cuisson des aliments, éclairage, loisirs, télévision et audiovisuel, hygiène, etc... Une étude prospective de ces consommations va tenir compte des évolutions différenciées de ces usages, dans une logique « bottom-up » c'est-à-dire d'agrégation progressive des appareils. Le degré de détail de l'analyse et le choix de déterminants peut cependant varier énormément.

→ Aussi des hypothèses spécifiques comme un passage à 100 % de la cuisson à l'électricité ont des impacts sur l'évolution des consommations. Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne précise pas les chiffres et/ou l'évolution des consommations électriques dans le secteur résidentiel. Il cite cependant plusieurs initiatives concrètes pour diminuer les consommations d'électricité en particulier en dehors du secteur résidentiel: le passage aux LED pour l'éclairage public pourrait par exemple permettre une réduction de la facture électrique de 20 à 30 % etc.

Les projections de consommations électrique varient d'une manière importante entre les scénarios «sobriété» de Virage énergie 2013 qui identifient un potentiel de -24 à -50 % uniquement via des actions de sobriété et le scénario de Futur Facteur 4 qui prévoit une augmentation de 60 % de la consommation électrique notamment à cause de nouveaux usages, de l'informatique et de l'audiovisuel (tout en y intégrant une baisse importante des « appareils blancs »). Le SRCAE et Virage énergie 2008 se situent au milieu avec respectivement une légère baisse et une augmentation de 8%.

950

Changement des comportements

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Comportements	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de 10 % à 15 % des consommations de chauffage. Réduction possible des consommations d'électricité spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> Pour le chauffage : prise en compte des « effets d'entretien », des « effets de sensibilisation » et des « effets de régulation » Au total, les comportements réduisent de 5 % les consommations en 2005, de 8 % en 2010 et de 15 % au-delà de 2020. 	<p>Les niveaux de consommation obtenus dans les logements neufs et réhabilités intègrent de facto un niveau élevé de qualité de comportement sans quoi les performances théoriques ne peuvent être atteintes.</p> <p>Affectation d'un potentiel d'amélioration des comportements dans les logements avant réhabilitation à 10 %.</p>	<p>Ce paramètre n'apparaît pas clairement apparent dans l'exercice</p>	<p>Les leviers de sobriété:</p> <p>Sobriété matérielle</p> <ul style="list-style-type: none"> Ajustement du taux d'équipements présents dans l'habitat <p>Sobriété conviviale</p> <ul style="list-style-type: none"> Mutualisation des espaces et des équipements entre plusieurs logements Pratiques de cohabitation Augmentation de la part de logements collectifs en construction neuve <p>Sobriété dimensionnelle</p> <ul style="list-style-type: none"> Ajustement de la taille des équipements à l'usage Réduction des surfaces moyennes des logements en construction neuve <p>Sobriété d'usage</p> <ul style="list-style-type: none"> Réévaluation des normes de confort et réduction de l'usage des équipements

Pour une meilleure compréhension non seulement des scénarios mais aussi des potentiels d'économie d'énergie et de la responsabilité des habitants, il est important de clairement distinguer, là où c'est possible, les actions de sobriété et d'efficacité énergétique. L'étude Virage énergie 2013 fournit une contribution importante concernant ce point. Souvent, la sobriété est rendue indétectable dans des baisses de consommation de chauffage qui combinent des effets de rénovation et un changement comportemental.

→ L'étude **Virage énergie 2013** fournit des hypothèses très détaillées concernant la réduction de consommations énergétiques pour chaque action de sobriété dans les différentes catégories : sobriété dimensionnelle, matérielle, etc.

→ Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne présente pas des potentiels de sobriété chiffrés mais distingue dans des listes, des propositions et des actions considérées comme en étant en opposition à l'efficacité et l'efficacités énergétiques. Mais la définition de sobriété utilisée est très large et va

au-delà des changements comportementaux (par exemple conduire le changement au travers de l'exemplarité et de la jeunesse ou mettre en œuvre l'éco-conditionnalité de la taxe foncière). La sobriété est par ailleurs présentée comme un moyen de limiter l'effet rebond induit par l'efficacité énergétique.

→ Les scénarios **SRCAE**, **SRADDT** et **Futur Facteur 4** modélisent un potentiel de sobriété concernant le poste de chauffage (pour Futur Facteur 4 avant réhabilitation) d'environ 10 à 15 %. Mais c'est uniquement l'étude **Virage énergie 2013** qui essaye d'analyser en détail les leviers de sobriété en en distinguant différentes formes : sobriété matérielle (ajustement du taux d'équipements présents dans l'habitat), conviviale (mutualisation des espaces et des équipements), dimensionnelle (ajustement de la taille des équipements) et d'usage (réévaluation des normes de confort et réduction de l'usage). Pour chaque poste de consommation, différentes « sobriétés » existent.

Tertiaire

L'évolution des consommations d'énergie finale du tertiaire dépend de plusieurs facteurs :

• **Le taux de croissance liés à l'évolution des activités**

Le secteur tertiaire privé est comme l'industrie sensible aux taux de croissance qui provoquent une augmentation de l'activité et de la consommation énergétique qui peuvent désormais varier d'une filière à l'autre. Le tertiaire public est moins soumis à cet effet économique.

• **La réglementation thermique pour la construction neuve**

Le nombre de constructions neuves dépend de la demande (lien avec la croissance) et de la déconstruction du parc.

• **Le nombre de m² rénovés et leur performance**

Un paramètre crucial pour la projection des consommations énergétiques est la rénovation du parc existant en termes de chiffres et de qualité.

• **L'évolution des consommations d'électricité spécifique**

Ceci demande la mise en place d'hypothèses sur le taux d'équipement des différentes branches, la durée de vie et le taux d'utilisation des équipements etc.

Construction neuve – nombre de construction

		SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Nombre de construction neuve	2005 2012	Croissance globale estimée à 12 % entre 2005 et 2020, soit un taux de croissance annuel moyen de 0,76 % par an sur la période.		La déclinasion des trois taux de croissance annuels de l'économie (0,5 %, 1 % et 1,9 % par an) impacte directement l'évolution des surfaces des bâtiments tertiaires.	+ 1,5 % par an de la surface actuelle	<ul style="list-style-type: none"> Le parc tertiaire subit une diminution de sa surface totale de 6 % en sobriété douce à 8 % en sobriété radicale. La branche « bureau – administration » : de - 25 % à 29 %, notamment par une réduction des activités de la branche et une part élevée (42 %) de la population en télétravail. La branche « café-hôtel-restaurant » de - 5 % à 10 %. Malgré un regain d'activité évalué à 5 % provenant d'un accroissement du tourisme local, la diffusion des activités non marchandes vient contrecarrer la demande (échange de logement entre particulier, diminution des besoins de vacances en tout confort, etc.) La branche « commerce » : - 5 % à 8 %, notamment par le délaissement de la grande distribution et de ses grandes surfaces au profit des commerces de proximité, diversifiés et denses en termes de répartition spatiale. Les surfaces des autres branches (« santé », « enseignement » et « autres ») : stagnation
	2012 2020			S1 : 0,5 % = + 13 % sur la période 2005-2050. S2 : 1 % = 18 % S3 : 1,9 % = 26 %.		
	2020 2030	Pas d'éléments de scénarisation dans le SRCAE	Augmentation des surfaces : <ul style="list-style-type: none"> administration : 15 %, bureaux : 20 %, CAHORE : 10 %, commerces : 8 %, enseignement : 8 %, habitat communautaire : 20 %, santé : 20 %, sport, loisirs, culture : 10 %, locaux de transport : 5 %. 	Augmentation des surfaces : (S1 / S2 / S3) <ul style="list-style-type: none"> administration : 5 / 10 / 15 % bureaux : 10 / 15 / 20 %, CAHORE : 5 / 5 / 10 %, commerces : 0 / 0 / 5 %, enseignement : 0 / 5 / 8 %, santé : 15 / 20 / 30 %, sport, loisirs et culture : 10 / 15 / 20 %, locaux de transport : 15 / 10 / 10 %. 		
2030 2050	Pas d'éléments de scénarisation dans le SRCAE	Augmentation des surfaces <ul style="list-style-type: none"> administration : 0 %, bureaux : 20 %, CAHORE : 15 %, commerces : - 20 % (Stagnation, régression (retour au commerce de proximité, téléachat) ; enseignement : 0 %, habitat communautaire : 20 %, santé : 20 % (Vieillessement population, mais population en meilleure santé), sport, loisirs, culture : 10 %, locaux de transport : 10 %. Une augmentation globale sur la période 2005-50 de 4 %				

→ Le Master Plan de la 3^e révolution industrielle ne précise pas les chiffres et/ou l'évolution des taux de construction et leur performance dans le secteur tertiaire.

Comme l'évolution de l'activité du secteur tertiaire dépend de la croissance économique, on trouve l'impact du choix

du PIB sur le développement des surfaces d'ici 2050 dans les différents scénarios. Selon les scénarios, on constate des tendances très divergentes entre une baisse de 8 % pour l'étude Virage énergie 2013 et une augmentation de 26 % pour le scénario de croissance forte de Futur Facteur 4.

950

Construction neuve – performance énergétique

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Performance énergétique				
2005	100 % RT2005	Les bâtiments neufs tertiaires doivent respecter des réglementations thermiques permettant de limiter leur consommation en chauffage, ECS, éclairage, ventilation et climatisation. Les prochains bâtiments neufs tertiaires devront respecter la prochaine réglementation thermique, la RT 2012. Elle fixe un niveau « BBC » à respecter (60 kWh/m ²). Compte tenu des niveaux de consommation actuels des bâtiments neufs (autour de 150 kWh/m ² .an), l'objectif est très ambitieux.	RT 2005 : Consommation globale : consommation d'énergie primaire inférieure à 110 kWhEP / m ² .an dans le cas d'un chauffage à combustible fossile ou 190 kWh / m ² .an dans le cas d'un chauffage électrique en NPdC • chauffage : entre 70 kWh/m ² .an et 80 kWh / m ² .an • Energie finale : 133 kWhEF / m ² .an	Le tableau de synthèse des hypothèses de scénarisation ¹ donne : 50 kWh / m ² pour le chauffage
2012	Augmentation de 15 % des surfaces ; 100 % BBC	En 2020 les bâtiments tertiaires devront être « BEPOS », c'est-à-dire produire plus d'énergie qu'il n'en consomme pour les usages cités précédemment	RT 2012 : Consommation conventionnelle (sur les 5 usages) maximale de 65 kWhEP / m ² .an en NPdC (dont pour le chauffage : 30 kWh / m ² .an pour des combustibles fossiles et 12 kWh / m ² .an pour l'électricité). • Energie finale : 87 kWh / m ² .an	Le tableau de synthèse des hypothèses de scénarisation donne : 50 kWh / m ² pour le chauffage
2020	4 % d'augmentation des surfaces ; 100 % BEPOS	Ces réglementations sont ambitieuses et tout l'enjeu sera de les faire respecter. En effet la mise en œuvre des travaux et le comportement des usagers provoquent souvent un dépassement conséquent des consommations réelles par rapport aux consommations théoriques normatives. Pas d'éléments de scénarisation dans l'exercice de l'étude efficacité énergétique en NPdC	RT 2020 et 30 : L'évolution probable des réglementations thermiques a été déclinée par l'ADEME dans la « Feuille de route sur les bâtiments et îlots à énergie positive et à bilan carbone minimum ² » • Energie finale kWh / m ² .an : 68 puis 58	Le tableau de synthèse des hypothèses de scénarisation donne 30 kWh / m ² pour le chauffage en 2030 puis 20 en 2050

1. Comme pour les ratios du résidentiel, il n'y a pas de définition claire de ce que recouvrent les ratios du tableau de synthèse des hypothèses. A priori, il s'agit de consommations d'énergie finale de chauffage.
2. Téléchargeable sur le site de l'ADEME : www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=24277

→ Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne précise pas les chiffres et/ou l'évolution des taux de construction et leur performance dans le secteur tertiaire.

→ Le scénario **Virage énergie 2013** ne modélise pas l'évolution des consommations de la construction neuve car l'étude se focalise sur des aspects de sobriété (évolution du nombre de m² par ménages etc.). Les aspects liés purement à l'efficacité énergétique sont donc considérés hors champ.

Les différents scénarios appliquent les prévisions concernant les réglementations thermiques à venir (notamment BEPOS à partir de 2020). Il y a cependant des différences concernant la modulation suivant le climat de la région et aussi des variations de valeurs concernant les consommations des différents usages pour le même type de réglementation.

500

La réhabilitation du tertiaire existant (nombre m² rénovés)

		SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Rythme de rénovation	2005-2012	Historique	Rénovation de l'ensemble du parc en 2050. Le taux de rénovation n'est pas explicité	Les m ² rénovés par an sont distingués entre les branches. Le cumul des surfaces de bâtiments rénovés aboutit à une rénovation quasi complète des bâtiments existants en 2050. 2005-2012 : 650 000 m ² rénovés annuellement	La rénovation légère s'effectue au rythme de 3 % par an (en kWh/m ² .an 2007 : 100/2012 : 80/2020 : 70) La rénovation performante est réalisée à hauteur de 1,5 % par an (en kWh/m ² .an 2007 : 70/2012 : 60/2020 : 50)
	2012-2020	Rénovation de 20 % du parc entre 2012 et 2020. • Public : 2,5 % par an (soit 780 000 m ² /an) • Privé : 4 % par an (soit 153 900 m ² /an)		2012-2020 : 950 000 m ² rénovés annuellement	
	2020-2030	Rénovation de 80 % du parc entre 2020 et 2030. • Public : 2,8 % par an (soit 874 000 m ² /an)		2020-2030 : dépassement d'un million de m ² rénovés par an	
	2030-2050	• Privé : 2,4 % par an (soit 923 661 m ² /an)		2030-2040 : 1,2 million de m ² en rénovation (légère baisse sur 2040-50)	

Les surfaces rénovées annuellement ne sont pas spécifiées pour toutes les études et le nombre total de m² semble même différent, notamment entre le SRCAE et l'étude Future Facteur 4. Pour cela une comparaison des chiffres est difficile. Il est cependant à noter que le rythme de croisière

des rénovations pour l'étude Futur Facteur 4 ne sera atteint qu'après 2030 contrairement au SRCAE où une grande partie du tertiaire privé est rénové avant 2020 ce qui semble malheureusement être questionnable au vu des chiffres actuels de rénovations effectués.

La réhabilitation du tertiaire existant (performance)

		SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
La réhabilitation du tertiaire existant	2005-2012	Historique	Le secteur bénéficie d'une rénovation BBC sur l'ensemble du parc	L'étude tient compte des spécificités d'usage des différentes branches du tertiaire notamment entre bâtiments à utilisation jour et nuit, ceux à usage diurne les jours ouvrables et ceux à usage intermittent. Réduction de la consommation de chauffage en kWh/m ² .an avant/après travaux : • administration publiques: 186/62 • bureaux, recherche : 250/83 • CAHORE : 215/108 • commerces : 189/95 • enseignement : 151/50 • santé : 176/59 • sport, loisirs, culture : 230/154 • locaux de transport : 315/210	Réhabilitation légère : 100 kWh/m ² .an Réhabilitation lourde : 70 kWh/m ² .an
	2012-2020	• Public (Administration, enseignement, santé, habitat communautaire) : niveau de réhabilitation importante ¹ • Privé (Bureaux, Cahore, Commerces, Sport-loisirs, Transport) : niveau de réhabilitation importante.			Réhabilitation légère : 80 kWh/m ² .an Réhabilitation lourde : 60 kWh/m ² .an
	2020-2030 2030-2050	• Public (Administration, enseignement, santé, habitat communautaire) : niveau de réhabilitation importante • Privé (Bureaux, Cahore, Commerces, Sport-loisirs, Transport) : niveau de réhabilitation importante			Réhabilitation légère : 70 kWh/m ² .an Réhabilitation lourde : 50 kWh/m ² .an

1. Le cahier technique n°2 du SRCAE fait référence (p.44) à trois niveaux de réhabilitation : faible, moyen et important. Mais ces derniers ne sont pas clairement détaillés dans le document.

→ Le Master Plan de la 3^e révolution industrielle ne précise pas les chiffres et / ou l'évolution des taux de rénovation et leur performance dans le secteur tertiaire.

→ Le scénario Virage énergie 2013 ne modélise pas le taux ou la performance des rénovations car l'étude se focalise sur des aspects de sobriété (évolution du nombre de m² par ménages etc.). Les aspects liés purement à l'efficacité énergétique sont donc considérés hors champ.

Les performances de rénovations visées par les différentes études ne sont guère comparables car elles peuvent concerner le chauffage seul ou la totalité des usages; parfois seul un niveau « qualitatif » de rénovation (importante) est donné. Le SRCAE et l'étude Futur Facteur 4 distinguent le niveau de rénovation selon les branches du tertiaire. La dernière différencie les spécificités d'usage des différentes branches du tertiaire notamment entre bâtiments à utilisation permanente, ceux à usage diurne les jours ouvrables et ceux à usage intermittent.

950

Le choix de vecteurs énergétiques (pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire)

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008
Vecteurs énergétiques des systèmes de production de chauffage	<ul style="list-style-type: none"> • Résorption à moyen et long terme de la place du fioul et du charbon • Diffusion des systèmes performants (chaudière à condensation) et innovants (pompe à chaleur électrique et gaz, micro-cogénération) • Diffusion des systèmes bois les plus performants • Développement des réseaux de chaleur 	La part des réseaux de chaleur passe de 8 % à 30 % en 2050	<ul style="list-style-type: none"> • Disparition en 2020 des systèmes au charbon en place par du gaz et du bois. • La substitution d'une partie des systèmes au gaz se fait au profit des pompes à chaleur aérothermique et géothermique, complétée à la marge par du bois (en péri-urbain) et du chauffage urbain (en contexte dense et urbain). • La substitution progressive des systèmes électriques directs. <p>En % de part de marché des énergies dans l'existant après réhabilitation : gaz condensation / bois et réseau de chaleur / PAC</p> <ul style="list-style-type: none"> • administration: 30-60-10 • bureaux: 40-40-20 • CAHORE : 40-30-30 • commerces : 50-30-20 • enseignement : 10-60-3 • santé : 10-80-10 • sport, loisirs, culture : 20-50-30 • locaux de transport : 70-20-10 	<ul style="list-style-type: none"> • La consommation de fioul diminue progressivement au profit du gaz et des réseaux de chaleur : 30 % du tertiaire neuf connecté au réseau de chaleur en 2010, puis 60 % en 2020, 80 % en 2030 et 90 % en 2032. • 30 % du tertiaire rénové connecté au réseau de chaleur en 2010, puis 50 % en 2020, 70 % en 2030 et 80 % en 2032. • Diffusion des meilleures technologies au gaz
Vecteurs énergétique des systèmes de production d'ECS	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion des systèmes les plus performants : pompe à chaleur • Diffusion des systèmes solaires thermiques 	Pas d'élément de scénarisation pour le secteur tertiaire	<p>Fort développement du solaire thermique notamment dans la branche santé (100 % des bâtiments équipés en 2050).</p> <p>Le complément est assuré soit par des chauffages urbains, soit par des chaudières à gaz en cogénération et des installations thermodynamiques</p>	Fort développement du solaire thermique pouvant couvrir 30 % des besoins d'ECS. Atteinte à terme de 1,5 million de m ² posés en NPDC ¹

1. A titre indicatif, selon le Syndicat des énergies renouvelable (SER), la France a installé en 2007, 250 000 m² de panneaux solaires thermiques dans l'année.

Les exercices de scénarisation à l'échelle régionale s'accordent pour une diminution rapide des consommations de fioul et de charbon au profit des systèmes performants au gaz (chaudière à condensation, micro-cogénération) et à l'électricité (pompe à chaleur).

→ Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne précise pas l'évolution des vecteurs énergétiques du secteur tertiaire.

→ Le scénario **Virage énergie 2013** ne modélise pas l'évolution des vecteurs énergétiques pour le chauffage et l'ECS car l'étude se focalise sur la sobriété (évolution de la consommation de

l'ECS, etc.). Les aspects liés purement à l'efficacité énergétique sont donc considérés hors champ.

Le fioul et le charbon disparaissent comme sources d'énergie pour le chauffage. Le chauffage électrique à effet de joule sera également abandonné. Les systèmes qui se développent sont des pompes à chaleur, le bois en milieu rural, les réseaux de chaleur en milieu dense et le gaz avec des chaudières performantes. Pour l'eau chaude sanitaire, on peut citer également la diffusion des systèmes solaires thermiques.

500

Evolution des les usages spécifiques de l'électricité du tertiaire

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Electricité spécifique	<ul style="list-style-type: none"> Diviser par deux les consommations d'éclairage Limiter le développement des consommations énergétiques de climatisation <p>Evolution des besoins par m²:</p> <ul style="list-style-type: none"> Eclairage : 100 % en 2005, 52 % en 2020, 45 % après 2030 Froid : 100 % en 2005, 68 % en 2020 et 53 % après 2030 Climatisation : 100 % sur l'ensemble de la période 2005-2050 Loisirs : 100 % en 2005, 138 % en 2020, 145 % après 2030 Electroménager : 100 % en 2005, 79 % en 2020, 74 % après 2030 Autres : 100 % en 2005, 108 % en 2020 et 115 % après 2030 	-50 % de consommation d'électricité spécifique	<p>Scénario ① : - 68 % Scénario ② : - 66 % Scénario ③ : - 61 %</p> <p>Présentation des économies par branche et par poste. Eclairage : potentiel d'économie d'énergie de 80 % pour un usage stable d'ici 2050. • 25 % du potentiel est atteint en 2020. • 75 % du potentiel est atteint en 2030. • 100 % du potentiel est atteint en 2050. Informatique : • La trajectoire « bureaux » : -30 % d'énergie sur les consommations unitaires des postes • La trajectoire « autre » : -20 %</p>	Gain (économie, efficacité) de 60 % en 2025 et de 70 % en 2050 (soit 1 %/an au-delà de 2025).	Potentiel d'économie d'énergie via la sobriété : sobriété douce à radicale : de -19 % à -30 % pour l'électricité spécifique

→ Le **Master Plan de la 3^e révolution industrielle** ne précise pas les chiffres et / ou l'évolution de la consommation d'électricité spécifique du secteur tertiaire.

→ Le scénario **Virage énergie 2013** considère uniquement des économies d'énergie et d'électricité induites par la sobriété. L'étude prend en compte plusieurs expressions de sobriété pour ce secteur :

Sobriété organisationnelle

- Ajustement des activités des différentes branches selon l'évolution des modes de vie induite par la sobriété
- Conciliation des activités marchandes et non marchandes
- Télétravail et espaces de travail collaboratifs (coworking)
- Décentralisation, diversification, densification (territoires, commerces et services)

Sobriété comportementale

- Pratiques sportives accrues et peu énergivores
- Tourisme basé sur la proximité et le ralentissement

Sobriété conviviale

- Pratiques culturelles, touristiques et de loisirs accrues
- Echanges de logements entre particuliers

Sobriété dimensionnelle

- Ajustement de la taille des équipements du tertiaire à l'usage

Sobriété d'usage

- Réévaluation des normes de confort et réduction de l'usage des équipements

Il précise les hypothèses pour un certain nombre de branches : activités de commerces et de loisirs, enseignement, santé, bureau – administration etc.

Concernant l'électricité spécifique, l'étude mène une analyse plus détaillée pour la branche bureau / administration qui représente 30 % des consommations d'électricité spécifique. Les hypothèses modélisées incluent :

Une baisse de 10 % à 20 % des consommations en équipements de bureau, par un ajustement des équipements à l'usage (fonction des ordinateurs, des équipements, etc.) et par des pratiques de sobriété à l'usage (extinction la nuit, etc.) et une baisse de 15 % à 30 % des consommations de climatisation (réglementation sur la climatisation ou vêtements adaptés à la saison)

Pour les autres branches du parc tertiaire, il est considéré un taux d'économies sur les consommations d'électricité spécifique allant de 10 % à 20 %.

L'étude modélise une économie d'énergie possible via la sobriété pour le secteur du tertiaire de 13 % en sobriété douce et de 26 % en sobriété radicale dont -19 % à -30 % respectivement pour l'électricité spécifique.

Les potentiels de réduction de la consommation électrique du secteur tertiaire (efficacité et sobriété) sont considéré assez élevés par une grande partie des scénarios et se situent entre 50 % (**SRCAE**) et 70 % (**Virage énergie 2008**). Les 3 scénarios de **Futur Facteur 4** modélisent des économies allant de 61 à 68 %

TRANSPORT

Transport de passagers

L'évolution de la mobilité des passagers dépend notamment de :

- l'augmentation de l'efficacité des véhicules et de leur utilisation (taux de remplissage et taux d'équipement);
- des solutions de substitution, efficacité ou sobriété selon le motif de déplacement (loisir, vacances, travail etc.) et;
- du report modal qui est en partie résultat de l'offre géographique (accès aux transports publics, proximité du travail et des commerces).

Ce chapitre compare les propositions des différents scénarios par rapport à ces critères.

→ L'étude **Futur Facteur 4** a utilisé pour l'année 2008 un bilan de la mobilité annuelle des personnes en Nord-Pas de Calais (modèle MOBITER Energies Demain, extension ENTD et Futur Facteur 4) détaillé qui donne pour des des parcours courts et longs (exprimés en km) à la fois le motif de déplacement et le mode utilisé. La modélisation se présente donc une image très précis des évolutions pour les différents périodes des évolutions des déplacements par motif (relationnel court distance, achats non alimentaires, loisir etc.). Dans sa première partie, le scénario Futur Facteur 4 décline les consommations selon les « services » - la partie transport est « éclatée » entre plusieurs catégories d'usage : actes et produits de consommation, santé, loisir, déplacements liés au travail etc.

→ Le modèle MOBITER a également été utilisé pour l'étude « **Efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais** » qui a servi de base pour le SRCAE et el SRADDT. Cette étude ne représente pas un scénario mais une analyse des gisements d'économies d'énergie accessibles comme celle de **Virage énergie 2013**, la dernière portant uniquement sur la sobriété.

→ Le **Master-Plan 3^e révolution industrielle** ne précise pas ses hypothèses de scénarisation. Son approche est très différente par rapport aux autres études. Il ne donne pas une image détaillée du secteur du transport mais focalise son attention sur certains aspects comme le développement du véhicule électrique, intégré dans un système de partage connecté à un réseau intelligent alimenté par les énergies renouvelables. En dépit du travail intéressant de modélisation mené par l'équipe de Jeremy Rifkin, le rapport se focalise plus sur les aspects opérationnels que méthodologiques.

Globalement, on peut constater que le choix des options technologiques et leur rythme de déploiement dans le temps est aussi varié que les tendances de mobilité projetées. La précision des hypothèses utilisées et présentées dans les rapports varie énormément.

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Technologies des véhicules	<ul style="list-style-type: none"> Favoriser les transports alternatifs à la voiture individuelle Hybridation du parc de véhicules Electrification du parc (120 000 voitures d'ici 2020 ; régionalisation de l'objectif national) 	L'étude se concentre sur les gisements d'efficacité énergétique et ne développe pas d'hypothèses concernant l'évolution des technologies de véhicules.	Une modélisation proche de celle de l'ADEME au niveau national a été retenue. Il y a 3 types de motorisation : <ul style="list-style-type: none"> Thermique : 2010 : 100 % 2030 : 89 % Electrique 2010 : 0 % 2030 : 4 % Hybride rechargeable (plugin) 2010 : 0 % 2030 : 7 % • pour chaque type de véhicule l'étude détaille les consommations <ul style="list-style-type: none"> retrait du diesel quasi-total en 2050. 	L'enjeu du scénario Virage énergie est la forte diminution du recours à l'automobile. L'option hybride permet une diminution des émissions en rendant plus efficace le cycle moteur en particulier en ville. Une forte hybridation des autobus sur la base d'un taux de substitution à l'électricité de 20 % en 2035 et 50 % en 2050. Gain de consommation : -20 % en 2025 et -30 % en 2040. Train : gain de consommation de 15 % en 2025 et -30 % en 2040.	Favoriser une mobilité qui s'appuie sur les véhicules électriques et des piles à combustible (pilier 5 du rapport). Il est nécessaire de développer un réseau efficient et intelligent, alimenté par des énergies renouvelables, capable de charger et décharger les batteries ou piles à combustible. Création de nouveaux services collaboratifs reposant sur une interconnexion complète (Internet, smartphones, Wi-Fi des communes et objets connectés au véhicule).
Emissions unitaires moyennes du parc automobile	Règlementation européenne : <ul style="list-style-type: none"> en 2005 : 178 geqCO₂/km en 2020 : 136 geqCO₂/km en 2050 : 80 geqCO₂/km 	En respectant des réglementations européennes et la poursuite de la tendance 2020 – 2030 jusqu'à 2050 combinés avec la durée de vie moyenne des véhicules (sans faire évoluer la composition du parc), l'étude arrive à une baisse de 55 % des émissions unitaires des véhicules d'ici 2050 et 23 % d'ici 2020. Règlementation européenne : <ul style="list-style-type: none"> En 2015 : 130 g de CO₂ par km (objectif presque déjà atteint) En 2020 : 95 g de CO₂ par km En 2030 : 85 g de CO₂ par km Ce qui correspond à une diminution de 36 % d'ici à 2030 pour ce qui est des véhicules neufs.	Pour chacune des classes de performance des véhicules (A+ - G) l'étude donne les consommations et émissions moyennes et distingue pour chaque type de véhicule les consommations hautes et basses. A partir de ce découpage en classes et des ventes pour l'année 2011, quatre « superclasses » ont été générées. A partir de 2038 il n'y aura que des voitures thermiques classe bleu : 65 g / CO ₂ / km et 2 l / 100km En 2050 les véhicules thermiques représentent 40 %, contre 35 et 25 pour l'électricité et hybride.	<ul style="list-style-type: none"> En 2005 : 7,2 l / 100 km en moyenne en 2005 (200 gCO₂ / km) ; en 2008 : 4,2 l / 100km arrivent sur le marché (120 gCO₂ / km) ; en 2014 : 3,3 l / 100km arrivent sur le marché (85 gCO₂ / km) ; en 2027 : 2,3 l / 100km arrivent sur le marché (60 gCO₂ / km). 	Non renseigné.
Agrocarburants	Objectif de 10 % d'incorporation à l'horizon 2020.	L'étude se concentre sur les gisements d'économies d'énergie.	Sortie des biocarburants du parc de véhicules légers classiques d'ici à 2020. Introduction progressive sur le transport aérien. En 2050, ils représentent 80 % du combustible employé par les avions. Au total, en 2050, les biocarburants représentent encore environ 8 % des consommations en 2050 (donc 127 ktep en 2050 par rapport à 76 en 2005).	Uniquement autoconsommation par les producteurs agricoles.	Non renseigné.
Renouvellement des véhicules	Non renseigné.	Evaluation du gisement lié au renouvellement du parc selon une loi de survie qui établit la durée de vie moyenne d'une voiture de 1999 à environ 15 ans.	Le nombre de véhicules, après une augmentation en 2025, baisse de 40 % en 2050.	16 ans pour les véhicules particuliers. 13 ans pour les utilitaires légers. Le nombre des véhicules particuliers baisse de 1,8M à 1,3.	Non renseigné.

→ L'étude **Virage énergie 2013** n'a pas été considérée ici car elle s'intéresse uniquement aux gisements d'économies d'énergie et ne développe pas d'hypothèses sur les choix technologiques des véhicules.

Concernant les choix technologiques des voitures individuelles on peut constater –sauf pour le « **Master Plan 3^e révolution industrielle** » qui se focalise sur la voiture électrique et à pile combustible– une tendance partagée vers une diminution des

voitures et une mélange de voitures thermiques classiques mais très efficaces, hybrides et une partie assez faible de voitures électriques purs jusqu'en 2030. Seul le **SRCAE** régionalise l'objectif de 2 M voitures électriques en 2020. Il est intéressant de constater que le gaz comme vecteur ne joue pas un rôle plus important. Les performances des véhicules prennent en compte la réglementation européenne existante et la prolongent. Pour l'étude **Futur Facteur 4**, à partir de 2038 il n'y aura que des voitures à 65 g/CO₂/km qui consomment 2 l/100 km.

L'enjeu des agrocarburants divise les porteurs de scénarios : **Virage énergie 2008** prévoit une production faible uniquement pour l'autoconsommation des agriculteurs, le **SRCAE** intègre l'objectif nationale 2020 et l'étude **Futur Facteur 4** prévoit un développement des agrocarburants uniquement pour le transport aérien mais à hauteur de 80 % des carburants utilisés en 2050 (sans préciser la part de chaque génération).

Evolution – mobilité

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Mobilité en nombre de km parcourus	Mobilité considérée comme constante sur la période 2005-2050. • 15% de consommation en 2020.	Gisement établi à mobilité kilométrique constante.	Scénario ① : stabilisation au niveau de 2005 Scénario ② : augmentation d'environ 5 % Scénario ③ : augmentation d'environ 15 % • Forte baisse des consommations, de l'ordre de 25 % à 2020, puis jusqu'à 65 % environ en 2050. La baisse est plus marquée sur la période 2012-2030, où se conjuguent les effets de plusieurs leviers, que sur la période 2030-2050 où la majorité des sources de gains ont déjà été exploitées.	Globalement, une forte augmentation de la mobilité sur le territoire avec un doublement de la mobilité des personnes (en voyageurs. km) entre 2005 et 2050: • Forte diminution de la mobilité en automobile : - 50 % zone centrale, - 40 % reste métropole, - 37 % autres métropoles, - 15 % rural. • Forte augmentation de la mobilité en transport en commun : + 300 % en 2050 pour les bus et navettes et + 385 % en 2050 pour le train • Stabilisation, à partir de 2020, du kilométrage parcouru par véhicule à 15 000 km par an.	Réduire la demande énergétique des transports de 10 % d'ici à 2020 et de 25 % d'ici à 2030, par rapport à 2010. Il n'est pas précisé s'il s'agit du transport de passagers et/ou du fret.

Les potentiels de réductions de consommation d'énergie via la sobriété de l'étude **Virage énergie (2013)** vont de -42 % (sobriété douce) à -64 % (sobriété radicale) pour les déplacements des passagers.

Les deux leviers les plus importants pour la mobilité locale, « relocalisation » et « report modal », permettent chacun, à eux seuls 25 % de réduction (voir tableau « comportement »). Cependant, ce sont sans doute les plus difficiles à mettre en œuvre car ils nécessitent des changements forts, non seulement des comportements mais aussi d'infrastructure et d'aménagement du territoire.

→ Pour le **SRCAE** et l'étude **Efficacité énergétique**, la mobilité des passagers reste constante jusqu'en 2050. Contrairement à cela, le scénario **Virage énergie 2008** prévoit un doublement de la mobilité sur la même période (avec une augmentation de 385 % des km*passagers).

L'étude de **Futur Facteur 4** prévoit elle une augmentation de la mobilité de 5 à 15 % accompagnée d'une réduction des consommations de 65 % en 2050.

500

900

Différenciation géographique des déplacements

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Densification du territoire	<ul style="list-style-type: none"> • Centre : augmentation de la population entre 2005 et 2050. • Banlieue dense : faible augmentation entre 2005 et 2020 et diminution entre 2020 et 2050. • Banlieue lâche : faible augmentation entre 2005 et 2020 et diminution entre 2020 et 2050. • Frange : augmentation constante de la population entre 2005 et 2050 • Rural : faible augmentation de la population entre 2005 et 2020 et stagnation sur la période 2020-2050. 	<p>Gisement d'économies d'énergie sur la base de l'étude de deux scénarii : un scénario densification et un scénario étalement urbain. La différence est de seulement 1 % de la consommation car il y a seulement 200 000 nouveaux résidents, soit environ 5 % de la population.</p>	<p>Le scénario propose des actions pour densifier le territoire et créer plus de proximité entre habitat et commerces (par exemple) mais sans modéliser les gisements énergétiques.</p>	<p>Le nombre et la consommation des déplacements spécifiques à différentes typologies du territoire (rural, périurbain, etc.) ne sont pas précisés.</p>	<p>La prise en compte des typologies du territoire permet de modéliser une réduction des distances parcourues lors des déplacements. Il correspond par exemple à un retour aux commerces de proximité. Cette relocalisation est modélisée pour chaque motif, et chaque typologie de trajet (intra-urbain, interurbain etc.). Elle considère pour chacun des cas un pourcentage des déplacements qui baisse d'une classe de portée (par exemple de la classe 5-10 km à 3-5 km). Voir développement de la mixité fonctionnelle.</p>

L'enjeu des typologies du territoire est crucial pour la prospective des transports de passagers. Il est clair que l'accès aux transports en commun en habitat rural est plus difficile à développer qu'en milieu dense. Pour cela certains territoires restent plus dépendants de la voiture que d'autres. Le modèle Mobiter (utilisé par le SRCAE et le SRADDT) et l'enquête nationale des déplacements précisent ces différences.

Chaque scénario analysé prend plus ou moins en compte les distinctions entre typologies territoriales et urbaines. Il est par exemple plus simple de projeter un transfert modal vers les modes doux pour les déplacements interurbains qu'ailleurs. C'est avant tout l'étude **Virage énergie 2013** qui précise les potentiels pour chaque type de déplacement selon le territoire où il est situé.

950

Motif de déplacement

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Développement de la mixité fonctionnelle	Diminution globale de la portée des motifs de déplacement ¹ entre 2005 et 2050: Travail : 10,1 à 10 km Loisirs : 6,8 à 4,3 km Achat : 5,2 à 3,4 km Etude : 6,1 à 6 km Autres : 9,2 à 9,1 km	Pas d'hypothèse de scénarisation mais évaluation d'un gisement sur la base d'une réduction de la portée des déplacements intra-urbains de 25 %. Le gisement d'économies d'énergie évalué est de l'ordre de 17 %, donc environ 260 ktep/an.	Hypothèses du SRCAE	Pas d'éléments de scénarisation. Forte diminution du recours à la voiture individuelle.	La relocalisation (réduction des distances à parcourir) est modélisée pour chaque motif, et chaque typologie de trajet. Dans l'intra-urbain la relocalisation permet de baisser d'une classe de portée 30 à 80 % des déplacements pour les achats.	Non renseigné
Diminution des déplacements domicile-travail	0 - 0,5 km : 0 % en 2005, 0 % en 2020 et 0 % en 2050 0,5 - 1 km : 0 % en 2005, 0 % en 2020 et 0 % en 2050 1-3 km : 0 % en 2005, 0 % en 2020 et 0 % en 2050 3-5 km : 0 % en 2005, 0 % en 2020 et 0 % en 2050 5-10 km : 0 % en 2005, 3 % en 2020 et 10 % en 2050 + 10 km : 0 % en 2005, 10 % en 2020 et 30 % en 2050 Hypothèse télétravail en 2050 : 10 % de réduction des trajets de 5 à 10 km	Pas d'hypothèse de scénarisation mais une évaluation du gisement sur la base d'une diminution des déplacements au motif travail des habitants dans les zones de « frange » de 20 % est retenue (ce qui correspond à une journée par semaine travaillée à domicile).	Réduction des déplacements pour domicile-travail pour les périodes 2012-20/2020-30/2030-50 : Scénario ① : -3 % / -9 % / -18 % Scénario ② : -2 % / -8 % / -17 % Scénario ③ : -2 % / -7 % / -13 %	Les motifs de déplacement ne sont pas pris en compte dans l'étude.	Augmentation du télétravail : • Trajet > 3 km • Les personnes télé-travaillent 2,5 jours par semaine • 25 % du télétravail se fait dans un lieu hors domicile	Développement du télétravail mais sans préciser le gisement en termes de km ou d'énergie.

1. voir le détail dans le cahier technique n°2 du SRCAE (p.47)

Le développement de la mixité fonctionnelle permet avant tout de diminuer la portée des déplacements intra-urbains (notamment pour des postes achats, école, travail etc.) comme cela est mis en avant par l'étude **Virage énergie 2013** et l'étude « **Efficacité énergétique** ».

L'enjeu du télétravail est très présent dans les différents scénarios. Les hypothèses restent cependant divergentes concernant les jours passés en télétravail et la part des employés concernés.

Modes de déplacement

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013
Report modal moyen vers les modes doux (part modale)	<ul style="list-style-type: none"> 0-0,5 km : 97 % en 2005, 98 % en 2020 et 100 % en 2050 0,5-1 km : 86 % en 2005, 91 % en 2020 et 100 % en 2050 1-3 km : 30 % en 2005, 43 % en 2020 et 66 % en 2050 3-5 km : 2 % en 2005, 12 % en 2020 et 33 % en 2050 5-10 km : 0 en 2005, 4 % en 2020 et 10 % en 2050 +10 km : 0 % en 2005, 0 % en 2020 et 0 % en 2050 	Pas d'hypothèse de scénarisation mais évaluation d'un gisement sur la base d'une augmentation de la part modale des modes doux de 23 % à 41 %, ce qui correspond à une augmentation de 3 points de la marche à pied et une augmentation de 15 points de la part modale du vélo.	<ul style="list-style-type: none"> 2020 : 4,2 % 2030 : 10 % 2050 : 12 % 	Report massif de l'usage de la voiture individuelle sur les autres modes (vélo, auto-partage, transports en commun). La part modale de l'automobile individuelle régresse de 75 % à 26 % en incluant l'ensemble des alternatives (vélo, marche à pied, navette, co-voiturage, auto-partage). Cela représente chaque année une diminution de la part de l'automobile de 1,1 % par an.	Les valeurs du report modal sont différenciées en fonction de la typologie de trajet (intra-urbain, radial...), ainsi que la classe de portée (0-1km, 1-3 km ;...). Par exemple 10 à 30 % de report modal voiture > modes doux en intra-urbain contre 0 % en interurbain.
Report modal vers les transports en commun (part modale)	<ul style="list-style-type: none"> 9 % en 2005, 11,5 % en 2020 14,6 % en 2050 	Pas d'hypothèse de scénarisation mais évaluation d'un gisement sur la base d'une augmentation de la part modale des transports en commun pour les trajets intra-urbains (augmentation de 8 % à 28 % de la part modale) et diffus-urbains (augmentation de 10 % à 20 % de la part modale).	Transport en commun : <ul style="list-style-type: none"> 2020 : 4,5 % 2030 : 6 % 2050 : 12,5 % Train : <ul style="list-style-type: none"> 2020 : 3 % 2030 : 5 % 2050 : 12 % 	Très fort développement des transports en commun. Mais pas d'élément clair concernant les hypothèses de scénarisation.	Les valeurs du report modal sont différenciées en fonction de la typologie de trajet (intra-urbain, radial...), ainsi que la classe de portée (0-1km, 1-3 km ;...). Par exemple 10 à 20 % de report modal voiture > transport en commun pour toutes les typologies de trajet
Développement du co-voiturage (taux de co-voiturage pour le motif travail)	Pour les trajets domicile-travail <ul style="list-style-type: none"> 1,1 en 2005, 1,2 en 2020 1,5 en 2050 	Pas d'hypothèse de scénarisation mais une évaluation du gisement sur la base d'un développement du co-voiturage pour les déplacements domicile-travail amenant à un taux d'occupation moyen de la voiture de 1,5 rattrapant ainsi les autres motifs. Sur cette base, le gain estimé est d'environ 5 % soit un gain d'environ 80 ktep/an	Précision des hypothèses du SRCAE selon différents types de déplacement (et les motifs : Domicile-Travail, achats, vacances etc.): <ul style="list-style-type: none"> covoiturage courte distance covoiturage longue distance trajets moins réguliers et moins prévisibles Gain sur les usages du second type de covoiturage (longue distance) : - 15 % pour le motif vacances et loisirs	Pas d'éléments de scénarisation sur cette question.	Les valeurs du report modal sont différenciées en fonction de la typologie de trajet (intra-urbain, radial...), ainsi que la classe de portée (0-1km, 1-3 km ;...). Par exemple 10 à 30 % de report modal voiture conducteur > voiture passager en milieu diffus

Le report modal de la voiture vers les modes doux et le transport en commun est présent dans tous les scénarios. Dans le **SRCAE**, 100 % des déplacements en dessous de 1 km se font en mode doux et encore 66 % jusqu'à 3 km. L'étude « **Efficacité énergétique** » estime le potentiel de transfert modal vers les modes doux entre 23 et 41 %. La part de la voiture diminue de 75 à 26 % dans les déplacements du scénario **Virage énergie 2008**. L'étude **Virage énergie 2013** différencie les valeurs du report modal en fonction de la typologie de trajet (intra-urbain, radial...), ainsi que la classe de portée (0-1 km, 1-3 km, ...). Par exemple, pour le type de déplacement « achats », un report modal de la voiture vers les modes doux est calculé en intra-urbain de 10 à 30 % contre 0 % en interurbain.

Le covoiturage et donc l'augmentation du taux de remplissage des voitures sont pris en compte dans les scénarios sous différentes formes.

Dans l'étude **Virage énergie 2013**, les valeurs du report modal vers le covoiturage sont différenciées en fonction de la typologie de trajet ainsi que la longueur du trajet. Par exemple en milieu diffus un taux de report modal de 10 à 30 % du « voiture conducteur » au « voiture passager » est modélisé. L'étude **Futur Facteur 4** précise elle le potentiel de covoiturage selon les motifs (domicile-travail, achats, vacances etc.) et en fonction des différentes typologies de déplacement :

- covoiturage courte distance ;
- covoiturage longue distance ;
- trajets moins réguliers et moins prévisibles.

950

Comportements

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Etude Virage énergie 2013	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Comportements	Eco-conduite : baisse des consommations unitaires de 10 %. Part de la population pratiquant l'éco-conduite : • en 2005 : 0 % ; • en 2020 : 10 % ; • en 2050 : 50 %.	L'étude montre des gains importants liés aux comportements et aux pratiques de mobilités : • télétravail (2 %) ; • covoiturage (5 %) ; • éco-conduite (14 %).	Pas d'éco-conduite car les gains ne seraient pas supplémentaires par rapport aux performances des véhicules neufs sous condition de leur utilisation optimale. Des progrès de sobriété sont envisagés sur les usages fonctionnels : développement du télétravail, rapprochement des commerces des lieux de vie (circuits courts), etc.	Pas d'éléments de scénarisation.	<ul style="list-style-type: none"> • Limitation de la vitesse sur routes et autoroutes : entre 10 % et 15 % d'économies • Eco-conduite et entretien du véhicule : près de 20 % d'économies • Climatisation : entre 1,5 et 3 % d'économies • Réduction des voyages longue distance : – 1 voyage en avion « loisir » par personne tous les 10 ans – Développement des visioconférences - 10 % de déplacements • Réduction de la taille des véhicules : disparition des 12 CV, augmentation des CV 1 à 4 de 21 à 47 % 	Les individus adopteront le transport public ou le co-voiturage s'ils estiment ces systèmes plus pratiques, plus rapides et plus économiques que leur véhicule personnel. Une mobilité facilitée s'accompagne d'offres intermodales et d'un système de billetterie facile d'accès. Utilisation d'un ticket unique pour tous les modes de transport réservable en ligne en combinant le train, le bus et le vélo partagé, des réservations de covoiturage, de stationnement et de télétravail.
Taux de remplissage des véhicules	A l'horizon 2020 : assurer le passage d'un taux d'occupation des véhicules de 1,1 à 1,2 pour les déplacements domicile-travail. Après 2020 : modifier profondément les pratiques de mobilité pour atteindre un taux de co-voiturage de 1,7 pour les déplacements domicile-travail.	Pas d'hypothèses de scénarisation	Précision des hypothèses du SRCAE selon différents types de déplacement (et les motifs : domicile-travail, achats, vacances etc.): • covoiturage courte distance (entre 1,5 et 1,7) • covoiturage longue distance (entre 1,5 et 2,7) • trajets moins réguliers et moins prévisibles (1,7)	Pas d'éléments directs de scénarisation. Cependant, la diminution du taux de motorisation intègre le fait qu'il y a une augmentation des taux de remplissage des véhicules individuels en zone rural.	Le taux d'occupation moyen par voiture passe de 1,5 dans la situation actuelle à 2,5 dans le scénario « sobriété radicale » et 1,7 en « sobriété douce ».	Non renseigné
Taux de motorisation par personne	Pas d'hypothèses de scénarisation	Pas d'hypothèses de scénarisation	Environ -40 % de véhicules pour une population en augmentation en 2050.	Evolution des taux de motorisation par personne en baisse à partir de 2010 pour les zones centrales et métropolitaines et une stabilisation du taux de motorisation pour les zones rurales.	Non renseigné	Non renseigné

Concernant les économies d'énergie à cause d'un changement comportement « sobriété » les scénarios citent souvent l'écoconduite (potentiel entre 10 et 14 %) et le covoiturage. Concernant le covoiturage, le niveau de remplissage des voitures est différencié selon les motifs et les distances des trajets. L'étude **Futur Facteur 4** modélise des taux d'occupation de 1,5 à 1,7 pour les distances courtes, de 1,5 à 2,7 pour les longues et de seulement 1,7 pour les trajets moins réguliers et moins prévisibles.

→ L'étude **Virage énergie 2013** précise d'autres sources d'économies d'énergie via un changement comportemental :

- limitation de la vitesse sur routes et autoroutes qui permet des économies entre 10% et 15% ;
- une moindre utilisation de la climatisation : entre 1,5 et 3 % d'économies ;
- une réduction des voyages longues distances : 1 voyage en avion « loisir » par personne tous les 10 ans contre 2 aujourd'hui ;
- le développement des visioconférences qui permet d'éviter 10 % des déplacements professionnels ;
- réduction de la taille et de la puissance des véhicules : disparition des 12 CV, augmentation des CV 1 à 4 de 21 à 47%.

Transport de marchandises

→ Pour l'étude **Futur Facteur 4** :

- Les évolutions de l'activité économique et du profil des branches sont exposées dans le chapitre consacré à l'industrie;
- les ruptures technologiques et organisationnelles sont propres aux scénarios volontaristes qui dégagent des pistes d'optimisation des flux de transports (circuits courts, relocalisation des capacités de production, etc...);
- les effets d'augmentation des flux de transports sont propres aux actions industrielles mises en œuvre dans les scénarios volontaristes : matériaux de construction destinés à la rénovation, recyclage des déchets.

→ L'étude **Virage énergie 2013** n'est pas considérée dans cette comparaison car elle n'a pas analysé les potentiels de sobriété du transport de marchandises.

Evolution des technologies

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Technologies des véhicules	Un potentiel de 11% en 2020 et de 65% en 2050 sur les consommations unitaires des véhicules (poids lourds)	Potentiel technologique sur les poids lourds de l'ordre de 10 % sur l'horizon 2020 lié à un effet d'amélioration des rendements lié à : <ul style="list-style-type: none"> • des carburants plus propres (gaz liquide ou comprimé); • l'amélioration du rendement des moteurs thermiques, de la transmission, de la résistance au roulement, de la masse; • les nouvelles technologies (hybride et pile à hydrogène). 	Le gaz représente 75 % des carburants déployés en 2050. <ul style="list-style-type: none"> • Livraison urbaine : en 2050 – 0 % thermique, 20% électrique et 80 % hybride (parcours-type 60 % électrique et 40 % gazole, sur la base de 100 km parcourus par jour environ). • Aucun gain supplémentaire n'a été considéré dans les modes maritime, aérien, ferroviaire, en raison du peu de données disponibles sur les progrès possibles. • Un potentiel de 11 % à 2020 et de 21 % à 2050 sur les consommations unitaires des véhicules (poids lourds) Poids lourds : 100% roulent au GNV en 2050. 	<ul style="list-style-type: none"> • VUL : prise en compte de la réglementation européenne : 120 g de CO₂ /km prévus en Europe en 2012 ; 2027 : 60 g de CO₂ /km. • Amélioration unitaire des tracteurs routiers et des camions sur le moyen terme liée à la motorisation, à une meilleure adaptation des tailles de camions de livraison et à une optimisation des trajets et des chargements. • Propulsion hybride électrique qui substitue du carburant à l'électricité. • Livraisons en ville en VUL électrique. • Ferroviaire : gains unitaires de 20 % d'ici 2030 • Voie d'eau : +30 % des performances des pousseurs. 	Transport de marchandises via des camions électriques rechargeables et à pile à combustible.
Agrocarburants	Non renseigné	Non renseigné	Pas de biocarburants dans le transport de marchandises en 2050.	Le scénario présenté ne fait pas appel aux agrocarburants sauf pour l'autoconsommation des agriculteurs.	Non renseigné
Agrocarburants	Non renseigné	Pas d'éléments de scénarisation	Pas d'éléments de scénarisation	Durée de vie d'environ 13 ans pour les camionnettes et camions.	Non renseigné

Les scénarios s'accordent globalement sur un passage des camions au vecteur gaz (sauf pour le « **Master Plan 3^e révolution industrielle** » qui projette un transport de fret électrique). La performance des VUL évolue avec la réglementation européenne et passe aux technologies hybrides et électrique. Les modélisations d'augmentation de performance pour les autres moyens de transport de marchandises restent sommaires (ferroviaire, fluvial, maritime, etc.). Les agrocarburants ne sont pas considérés comme source valable pour le transport de fret.

950

Evolution tonnes * km (tkm)

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Total	Croissance des trafics de 2 % / an, indexé sur un taux de croissance économique de 1,9 % / an	Croissance des trafics de 2 % / an, indexé sur un taux de croissance économique de 1,9 % / an	L'évolution des tkm est modélisée pour chaque scénario pour 3 périodes (2012-20/2020-2030/2030-50) concernant 11 groupes de produits de marchandise. Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> matériaux de construction, Scénario 1 : + 6 % / + 12 % / + 24 % Scénario 3 : + 9 % / + 17 % / + 34 % produits alimentaires, Scénario 1 : - 3 % / - 7 % / - 16 % Scénario 3 : - 2 % / - 6 % / - 14 % équipement informatique Scénario 1 : + 3 % / + 7 % / + 16 % Scénario 3 : + 12 % / + 39 % / + 79 % Baisse des consommations énergétiques de l'ordre de 14 % en 2020, puis jusqu'à 65 % environ en 2050.	Les tkm transportées augmentent de 240 % tirés par la croissance économique de 2,3 % par an. Le tkm de la route se stabilise au niveau 2005 ; la grande partie de l'augmentation est assurée par le rail qui représente 60 % des tkm en 2050.	Réduire la demande énergétique de transports de 10 % d'ici à 2020 et de 25 % d'ici à 2030, par rapport à 2010. Il n'est pas précisé s'il s'agit du transport de passagers et/ou du fret.
Véhicules utilitaires légers (VUL)	Croissance annuelle de 1,2 % pour le routier (soit une hausse de + 75 % sur la période 2005-2050)	La cinétique suit l'évolution du scénario tendanciel : + 24 % entre 2010 et 2020 (soit une croissance de 2,2 % / an)	Le détail des tkm par modes de transport n'est pas donné.	<ul style="list-style-type: none"> Evolution + 16 % jusqu'en 2050. Consommation moyenne corrélée avec les véhicules particuliers avec une majoration de 15 %. Taux de substitution vers l'électricité : 15 % en 2030 et 25 % en 2040. 	Non renseigné
Camions	Non renseigné	La cinétique suit l'évolution du scénario tendanciel : + 24 % entre 2010 et 2020 (soit une croissance de 2,2 % / an)	Non renseigné	<ul style="list-style-type: none"> Evolution - 20 % jusqu'en 2050 (report vers le fluvial) Gain d'efficacité de 15 % en 2025 et 30 % en 2040 pour les camions et 10 % en 2025 et 20 % en 2040 pour les tracteurs Taux de substitution vers l'électricité : 15 % en 2024 et 25 % en 2030 	Non renseigné
Train	Non renseigné	+ 23 % entre 2010 et 2020 (soit une croissance de 2,1 % / an)	Non renseigné	<ul style="list-style-type: none"> Evolution de + 400 % jusqu'en 2050 Gain d'efficacité de 20 % en 2030 et 30 % en 2045. 	Non renseigné
Fluvial	Non renseigné	+ 27 % entre 2010 et 2020 (soit une croissance de 2,1 % / an)	Non renseigné	<ul style="list-style-type: none"> Evolution de + 800 % jusqu'en 2050 Gain d'efficacité : 30 % en 2040 	Non renseigné
Fluvial	Non renseigné	Stabilité sur la période 2010-2020	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné

Le taux de croissance modélisé par les travaux prospectifs impacte l'évolution des Gtkm du transport de marchandises. Pour le **SRCAE** et l'étude « **Efficacité énergétique** » ils augmentent annuellement de 2 %, pour le scénario **Virage énergie 2008** avec un taux de PIB annuel de 2,3 %, la hausse représente 240 % jusqu'en 2050 (la part de la route reste stable, l'augmentation est notamment couverte par le

ferroviaire). L'étude **Futur Facteur 4** différencie le taux de croissance des Gtkm selon 3 périodes, pour 11 groupes de produits selon les 3 taux différents de ses 3 scénarios. Par exemple, les Gtkm pour le transport des matériaux de construction pour la période 2030-50 augmentent de 34 % pour le scénario 3 (croissance 1,9 %).

500

Report modal

	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)	Futur Facteur 4	Etude Virage énergie 2008	Master Plan 3 ^e révolution industrielle
Report modal	Pas d'élément clair de scénarisation dans les cahiers techniques du SRCAE. Probablement ceux de l'étude d'efficacité énergétique	Pas d'éléments de scénarisation, mais évaluation d'un gisement brut. Substituer 20 % du flux routier existant des camions de plus de 3,5 t. vers le fluvial et le ferroviaire.	Vers le fluvial (ouverture canal Seine-Nord-Europe en 2020) : En 2050 : report de 1,4 Md tkm vers le fluvial (dont 50 % des matériaux de construction). Vers le rail : 28 % du trafic étranger-national en 2030 et 32 % en 2050.	Les tkm route restent stable sur la période. On ne peut donc pas parler d'un transfert modal. Le % des tkm transportés sur la route diminue car la totalité des tkm est multiplié par 2,4.	Non renseigné
Relocalisation	Pas d'élément clair de scénarisation dans les cahiers techniques du SRCAE. Probablement ceux de l'étude d'efficacité énergétique	Pas d'éléments de scénarisation, mais évaluation d'un gisement brut. Réduction de 40 % des flux d'importation et d'exportation liés aux « produits agricoles et animaux vivants »	Circuits courts : retour du maraichage autour des grandes agglomérations et une demande ciblée de la part des consommateurs : -20 % des trafics de fret en 2050 dans les scénarios ❶ et ❷ et -10 % dans le scénario ❸.	Pas d'éléments de scénarisation	Non renseigné
Effets organisationnel	Pas d'élément clair de scénarisation dans les cahiers techniques du SRCAE. Probablement ceux de l'étude d'efficacité énergétique	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la charge utile des camions, notamment l'intégration progressive des 44T • Diminution des taux de retour à vide • Augmentation du taux de remplissage des camions. 	<p>Gains organisationnels de 10% sur les produits manufacturés, l'équipement informatique, les déchets, les produits agricoles et alimentaires etc. d'ici à 2050.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du taux de charge sur un tronçon donné pour limiter le nombre de véhicules-km (baisse des kilométrages pour un même volume en tonnes) : 75 % en 2050 contre 54 % en 2005. • Optimisation des livraisons pour économiser le poids de la taxe (baisse des tonnes transportées) : 15 % de retours à vide en 2050 contre 20 % en 2005 	Pas d'éléments de scénarisation.	La normalisation des containers ainsi que l'encapsulation intelligente avec reconnaissance numérique permettent aux transporteurs d'associer des flux entrants/sortants dans un même camion et de livrer des marchandises destinées à plusieurs enseignes (ce qui rompt avec la méthode d'expédition individuelle et indépendante qui existe aujourd'hui). Mise en place d'une logistique collaborative où les camions électriques et les entrepôts seront partagés entre fournisseurs de matériaux et de biens. Création de coopératives logistiques de gestion des « services communs » (camions, entrepôts); un service interconnecté au sein d'un réseau à grande échelle.

Les scénarios s'accordent en dépit des évolutions des GTkm sur une stabilisation ou une diminution de la route et un transfert vers le rail et le fluvial.

→ L'étude **Futur Facteur 4** précise en plus les potentiels d'économies de la mise en place des circuits courts (entre -10 et 20 %) et les gains accessibles par une meilleure organisation (diminution des retours à vide et augmentation des taux de charge).

→ Aussi, le **Master Plan Troisième révolution industrielle** insiste sur l'importance d'une meilleure organisation de la logistique via par exemple la mise en place d'une logistique collaborative où les camions électriques et les entrepôts seront partagés entre fournisseurs de matériaux et de biens.

L'OFFRE ÉNERGÉTIQUE

→ L'étude **Virage énergie 2013** et l'étude **Efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais (2011)** se concentrent sur l'analyse des potentiels d'économies d'énergie, la question de l'offre n'étant donc pas traitée.

L'offre énergétique au-delà du potentiel des énergies renouvelables était également « hors champ » pour l'étude du SRCAE et n'a donc pas été modélisé.

→ Les autres scénarios (**Virage énergie 2008**, **Futur Facteur 4**, **SRADDT**, 3^e révolution industrielle) visent clairement une contribution très importante des énergies renouvelables au mix en 2050 allant vers 100 % notamment concernant l'électricité.

La sortie du nucléaire est présente dans l'étude **Futur Facteur 4** qui présente 5 différents mix électriques pour 2050 dont 3 sans nucléaire.

→ Le **SRADDT** et la **Troisième révolution industrielle (TRI)** représentent des scénarios portés par la région et il est intéressant de voir la différence concernant le jugement du rôle futur du nucléaire en descendant l'échelle administrative. Le jour où le gouvernement central publiera un scénario avec une variante de sortie du nucléaire est encore loin.

→ Seule l'étude **Futur Facteur 4** a effectué un bouclage demande-offre sur l'année (pour 2050).

→ Le scénario **Virage énergie 2008** décrit l'évolution du système électrique où les énergies renouvelables se substituent progressivement aux énergies classiques fossiles et nucléaires. La production renouvelable se base sur l'analyse des potentiels par filière. Plusieurs rythmes de fermeture des 6 réacteurs de la centrale nucléaire de Gravelines sont données (à 30, 35 et 40 ans avec des aménagements) qui nécessitent cependant une mise à jour car la fermeture du premier réacteur intervient dans le scénario en 2014. Le dernier réacteur ferme en 2027.

Cette transition du potentiel de production électrique des énergies fossiles/fissiles vers les énergies renouvelables est comparée à la courbe de consommation électrique régionale d'ici 2050 qui diminue d'une manière linéaire d'environ 15 %. Cette courbe se situe toujours en dessous de la production. Il ne s'agit cependant pas d'un calcul d'un équilibre heure par heure (pointes électriques non prises en compte). Les porteurs de scénario font le choix de garder en 2050 une production centralisée à base de gaz représentant une forte fraction de la puissance régionale (production de 5 % de la demande électrique annuelle) même si cette production n'est pas physiquement indispensable pour notamment pouvoir assurer l'équilibre entre offre et demande.

Pour pouvoir assurer l'approvisionnement énergétique des secteurs de consommation le scénario reste dépendant d'importations d'énergie (gaz, pétrole et bois). Le besoin d'importation se divise par 4 mais le besoin en bois notamment pour la sidérurgie et la cogénération est important et ne peut pas être assuré à l'échelle de la région.

La transition de production énergétique créera 11900 emplois pérennes en 2020 et 28300 en 2050 (sans prise en compte des emplois détruits).

→ Une partie constituante des **SRCAE** est l'analyse des potentiels de production d'énergies renouvelables en 2020 (hors éolien off-shore et d'autres énergies marines). Cette analyse des potentiels a été menée (voir tableau ci-dessous), cependant une réflexion sur les autres énergies (fossiles et fissiles notamment) et sur un bouclage consommation-offre en 2020 ou au-delà a été considéré hors champ. L'objectif en termes de couverture des besoins de consommation d'énergie finale par les énergies renouvelable est d'environ 12 %.

La motion « Pour une transition énergétique en Nord-Pas de Calais », adoptée par le Conseil Régional en séance plénière le 14 avril 2011, affirme la volonté de la région d'aller plus loin concernant la production renouvelable et de soutenir une sortie progressive de l'énergie fossile et fissile. Le **SRADDT** publié après ce vote vise à concrétiser cette vision.

Au-delà du prolongement du calcul des potentiels d'énergies renouvelables en 2050 aucun bilan global de production d'énergie ou d'électricité n'est cependant présenté.

Le développement des énergies renouvelables créera 4400 emplois en 2020 et 12000 en 2050 (sans prise en compte des emplois détruits).

500

→ Le pilier n°1 de travail du rapport « **Master Plan – 3^e révolution industrielle** » (TRI) de l'équipe de Jeremy Rifkin porte sur la production d'énergies renouvelables décentralisées. L'introduction commence avec le constat « Les énergies renouvelables représentent 3 à 4 % de la production d'énergie de la région, contre 12 % en France. La région présente donc un retard qu'il convient de combler. » L'objectif affiché est d'ici 2050 de produire entre 80 % et 100 % des besoins énergétiques régionaux via les énergies renouvelables. Une déclinaison des potentielles par filière n'est cependant pas donnée. La courbe de production renouvelable montre des caractéristiques exponentielles dont la phase de croissance commence à partir de 2030 pour atteindre 60 000 GWh en 2050.

→ L'exercice le plus complet concernant la modélisation de l'offre énergétique est l'étude du bureau d'étude **Futur Facteur 4** pour le Conseil régional et l'Ademe. Pour cela, il est d'autant plus dommage que son élaboration a eu lieu « en chambre » et que ses résultats n'ont pas été publiés dans leur totalité.

Il y a pour chacun des 3 scénarios volontaires un bilan en énergie finale par source. Les scénarios aboutissent globalement à une division par 2 de la consommation en énergie finale par rapport à celle estimée en 2012. La baisse de consommation est concentrée dans les secteurs hors industrie qui représente en 2050 plus que la moitié de la consommation de la région. La consommation de charbon diminue légèrement mais reste importante pour le secteur industriel. Les baisses les plus importantes concernent la consommation des énergies fossiles (pétrole et gaz). La consommation d'électricité reste stable et la consommation d'énergies renouvelables thermiques augmente légèrement. Le taux d'énergies renouvelables varie entre 40 et 45 % pour les 5 bouclages, complété par une part de fossiles plus ou moins importante selon l'existence du nucléaire.

A partir du scénario qualifié de « central », c'est-à-dire le scénario ② avec une croissance de 1 % par an, cinq options de bouclage à l'horizon 2050 ont été proposées. Les deux premières options conservent un recours au nucléaire en 2050, les trois dernières explorent des possibilités de substitution.

- ① **Par défaut** : Un mix de production électrique qui prend en compte les renouvelables du territoire mais qui maintient un complément nucléaire.
- ② **CO₂ min** : Le maintien d'une capacité nucléaire et un développement des renouvelables pour atteindre les émissions les plus basses en 2050
- ③ **ENR+** : Un développement supplémentaires des ENR (photovoltaïque, bois) en 2050 pour compenser la sortie du nucléaire.
- ④ **Gaz** : Le complément de production électrique repose sur un développement de technologies gaz efficaces : piles à combustibles, cogénération.
- ⑤ **CCS** : Si le recours aux fossiles et aux renouvelables est trop coûteux, cette cinquième option ouvre la possibilité de contenir les émissions par le développement de la capture et séquestration du carbone en Mer du Nord.

Seul le scénario « gaz » sort du nucléaire dans les années 30 ce qui prolonge la durée de vie de réacteurs nucléaires sur le territoire jusqu'à 50 ans. Les scénarios ENR+ et CCS ferment le dernier réacteur dans les années 40 ce qui induit une durée de vie de plus de 50 ans (60 ans pour 1 réacteur). Seuls les deux premiers bouclages prévoient la construction de nouveaux réacteurs dans les années 40.

Des piles à combustible au gaz (dites piles SOFC) sont installées entre 2030 et 2050 sur les immeubles collectifs pour faciliter le passage des pointes de consommation d'électricité en hiver compte tenu d'une production d'électricité par les renouvelables régionales à forte intermittence (voir bouclage offre-demande). Ces piles jouent un rôle important surtout dans les bouclages des options ③ à ⑤ (+ de 10 %).

La cogénération biogaz, l'hydraulique et l'éolien offshore présentent la production la plus importante dans les 5 scénarios (30 % ou 8 900 GWh).

950

Potentiels d'énergies renouvelables

En TWh en 2020/2050	SRCAE	Etude efficacité énergétique (SRADDT)		Futur Facteur 4		Etude Virage énergie 2008	
	2020 GWh/GW	2020 GWh/GW	2050 GWh/GW	2020 GWh/GW	2050 GWh/GW	2020 GWh/GW	2050 GWh/GW
Eolien terrestre	Entre 1 et 1,3 GW	1,3 GW	2,8 GW	1 174 GWh	1 174 GWh	1 470 GWh/1 (en 2030)	3 150 GWh/1,5
Eolien off-shore			3 GW	1,1 GW	3 GW (+2 en mer du Nord)	1 400 GWh (+1 120 éolien en mer du Nord)/1 + 1,2	7 700 GWh (+7 000 éolien en mer du Nord)/2,2 + 2,5
Photovoltaïque	500 GWh	504 GWhc	2790 GWhc	547 GWh/0,56	3 530 GWh/3,1	660 GWh (500 ha)	9 500 GWh (7 925 ha)
Solaire thermique	500 GWh	682 GWh	2 050 GWh	162 GWh	348 GWh	1 100 GWh	5 700 GWh
Biogaz	100 GWh	3 400 GWh	9 500 GWh	174 GWh	266 GWh	370 GWh	1 800 GWh
Bois énergie	3 350 GWh	1 855 GWh	4 141 GWh	2 737 GWh	3 572 GWh	6 700 GWh	10 100 GWh
Agrocarburants	2100 GWh					230 (10% de la SAU)	800 GWh
Hydraulique	10,8 GWh (constant)			4MW/ 23 GWh			
PAC	2 600			Ne figurent pas dans le bilan de production (pour 2020 environ 1 1600)		Ne figurent pas dans le bilan de production	
Energies fatales	775 (déchets, industrie, eaux usées)	273	1 377	928 (déchets)	1 044 (déchets)		
Houlomotrice					8 MW		
TOTAL (estimation, les périmètres divergent)	13 780 GWh	8 171 GWh	24 668 GWh	6 294 GWh	16 490 GWh	13 200 GWh	36 350 GWh

La comparaison des potentiels montre des estimations très divergentes. Le photovoltaïque, le solaire thermique et le bois énergie dans le scénario Virage énergie dépassent largement les productions des autres études. L'étude de **Futur Facteur 4** reste assez prudente par rapport à la production du solaire thermique et du biogaz.

CONCLUSION

Les différences entre les choix méthodologiques, les objectifs politiques, la sélection des variables et la transparence des données entre les travaux analysés sont importantes.

On peut déjà constater que la région Nord-Pas de Calais est, probablement à cause de son passé très lié à l'énergie (notamment le charbon), en quelque sorte « l'Eldorado régional » des travaux prospectifs sur l'énergie. En quelques années, au moins 6 scénarios, études de potentiels et trajectoires supplémentaires ont été élaborés et accompagnés par des débats publics, des réunions de présentations et des échanges entre les porteurs de ces travaux prospectifs. Le terrain de discussion et de connaissance des futures énergétiques potentielles est donc particulièrement fertile dans le Nord.

On remarque également, à travers les scénarios, un soutien en faveur des énergies renouvelables souvent jusqu'à 100% (ou presque) et une sortie des énergies fossiles et fissile.

Une autre particularité de la région c'est le poids de son industrie, ce qui amène des réflexions intéressantes sur les changements de technologies et les questions des modes de vie et des émissions importées et exportées (notamment dans le SRADDT).

- Le scénario de l'association Virage énergie (2008) a été publié avant le SRCAE et même avant la publication des lois Grenelle. Il s'agit du scénario précurseur de la région et il montre déjà les grandes tendances qu'on retrouve dans les travaux suivants (sortie du nucléaire et un travail particulier sur l'industrie).
- Les scénarios SRCAE, SRADDT et son étude « Efficacité énergétique » représentent un deuxième groupe de prospective avec un travail qui respecte les consignes de la loi (SRCAE) mais sans pouvoir répondre à la totalité des interrogations sur le futur énergétique de la région, renforcées aussi par l'ambiance post-Fukushima, qui seront intégrés dans le SRADDT (Facteur 4, sortie du nucléaire et des fossiles notamment).
- Le « Master Plan de la 3^e révolution industrielle » de l'équipe Rifkin complète en quelque sorte les scénarios « en chambre » par des actions de mise en œuvre et une feuille de route vers

un futur clairement sans énergies nucléaire et fossiles. Il s'agit par ailleurs d'une approche méthodologique intéressante qui réajuste en quelque sorte les trajectoires à la « réalité du terrain » en prenant en compte beaucoup plus que les autres scénarios l'inertie des acteurs. Il donne globalement plus d'informations sur l'évaluation économique du scénario et ses actions que des chiffres détaillés sur les potentiels d'économies d'énergie etc. La stratégie de communication et de mobilisation autour de ce travail est beaucoup plus remarquable et visible que pour les autres travaux régionaux.

- Il est assez malheureux que les scénarios du bureau d'études Futur Facteur 4 (2012) sur commande de l'Ademe et du Conseil régional n'ait pas reçu plus d'attention politique. A l'heure actuelle, seule sa synthèse est accessible. Leur publication coïncidait avec la sortie du travail de Rifkin qui occupait déjà l'espace public de discussion sur la prospective régionale. Néanmoins, l'approche méthodologique est très fine. L'étude présente les consommations énergétiques non seulement par secteur mais aussi par service (ce qui est une manière de présentation plus accessible pour une communication large). Aussi le fait d'avoir modélisé 3 scénarios différents (qui se distinguent en entrée par le taux de croissance et donc des hypothèses sectorielles en fonction de l'activité économique) permet une discussion entre plusieurs options. 5 bouclages électriques (dont 3 sans nucléaire) ont été effectués pour l'année 2050 ce qui représente une base formidable pour un débat sur le mix électrique futur.
- L'étude « sobriété » de l'association Virage énergie (2013) complète les travaux de prospective existants (non seulement à l'échelle régionale mais aussi au niveau national) avec un calcul des potentiels d'économies d'énergie de sobriété uniquement, en faisant abstraction des améliorations technologiques de l'efficacité énergétique. Ces potentiels sont souvent mélangés dans les scénarios.

Il restera de toute manière intéressant de suivre cette région précurseur en termes de prospective énergétique.

4 | 1 • Contexte de l'élaboration des travaux prospectifs Pays de la Loire

Plusieurs scénarios qui ont vu le jour durant les dernières années dans la région Pays de la Loire. On a aussi pu constater une mobilisation forte des citoyens et parties prenantes de la région autour du débat sur la transition énergétique.

Avant de rentrer dans l'analyse il est donc utile de décrire les interactions, chevauchements et objectifs des différents travaux prospectifs¹⁰⁶.

	2011	2012	2013	2014
VIRAGE ÉNERGIE CLIMAT PAYS DE LA LOIRE (2013) « Réussir la transition énergétique et préserver le climat des Pays de la Loire »	<ul style="list-style-type: none"> Publication d'un rapport d'étape Présentation des premiers résultats lors des groupes de travail du SRCAE 	Participation aux groupes de travail du SRCAE et des ERE.	Publication du scénario.	Participation au SRTE (schéma régional de la transition énergétique) de la région Pays de la Loire.
CONSEIL RÉGIONAL ET DREAL PAYS DE LA LOIRE (2014) Schéma Régional Climat Air Energie	6 juin Lancement COPIIL et 13 Comités techniques sectoriels et transversaux qui se sont réunis à plusieurs reprises	Suspension des travaux sur le SRCAE pendant les Etats régionaux de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> Suspension des travaux sur le SRCAE pendant les Etats régionaux de l'énergie Un document d'étape du SRCAE est versé aux débats des Etats régionaux de l'énergie Evaluation environnementale du SRCAE par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement de l'OUEST (CETE) Phase de consultation : octobre-décembre 	24 février Le SRCAE est approuvé par arrêté du Préfet de région le 18 avril et par délibération de l'assemblée plénière du Conseil Régional
FUTUR FACTEUR 4 (2013) « Prospective énergétique à 2050 en Pays de la Loire »		Finalisation d'une première version de l'étude commanditée par le Conseil régional	<ul style="list-style-type: none"> Présentation des scénarios lors des réunions des ERE Choix collectif du scénario central qui complète le SRCAE sur le volet 2020-50 	
Etats régionaux de l'énergie – ERE (2012-2013) Débat sur la transition énergétique en région		1er octobre Conférence de lancement en écho au débat national sur la transition énergétique	<ul style="list-style-type: none"> au printemps Organisation de 5 débats territoriaux et 5 ateliers techniques Organisation par l'Ecole des Mines des débats en petits groupe sur tout le territoire régionale (environ 2 700 personnes y participent) 22 mai Conférence régionale de l'énergie – identification d'une vision énergétique partagée (scénario centrale) juillet Contribution régionale au débat national sur la transition énergétique 10 septembre et 7 novembre Conférence financière sur le financement de la transition énergétique en région 6 décembre Conférence financière et conférence régionale de la transition énergétique 	janvier Adoption de la « Stratégie régionale de transition énergétique »
Débat national sur la transition énergétique			<ul style="list-style-type: none"> janvier-Juin Réunions des groupes de travail du CNDT juin Synthèse du débat national 	

L'association Virage énergie climat Pays de la Loire a publié un premier rapport d'étape de son scénario en 2011 ce qui a permis d'alimenter les débats lors de certains Comités techniques du SRCAE qui a été lancé en juin 2011. 13 Comités techniques sectoriels et transversaux se sont réunis à plusieurs reprises entre juin 2011 et mars 2012 dont la totalité des comptes-rendus sont accessibles sur le site internet de la région¹⁰⁷.

L'annonce d'un débat sur la transition énergétique à l'échelle nationale et la volonté du gouvernement et des collectivités de régionaliser ce débat sur la totalité du territoire français a mené à une suspension des travaux du SRCAE durant l'organisation d'un débat régional sur la transition énergétique (octobre 2012 – janvier 2014); qui a été nommé: « Etats régionaux de l'énergie » (ERE).

4 | 2 • Comparaison de scénarios – Pays de la Loire

Plus de 8000 personnes ont participé et contribué aux ERE via l'organisation de 5 débats territoriaux (1 par département), 5 ateliers techniques (regroupant des experts et parties prenantes du territoire) et surtout des débats en petits groupes sur tout le territoire régional mis en place par l'École des Mines, qui ont permis à eux seuls de toucher environ 2700 personnes. 3 propositions de scénarios pour la région ont été discutées lors de ces débats élaborés sur commande du Conseil régional par le bureau d'études Futur Facteur 4. Des 3 propositions le scénario central a finalement été identifié comme étant le plus consensuel lors de la conférence régionale de l'énergie organisée le 22 mai 2013. C'est celui-là qui a servi à compléter le SRCAE pour la période 2020 à 2050. Ce scénario qui se base sur une croissance économique de 1,3 % par an ne permet ni d'atteindre le Facteur 4, ni une division par 2 des consommations énergétiques à l'horizon 2050 pour la région Pays de la Loire, notamment à cause d'une augmentation non négligeable de la population régionale. Dans les documents de la région et les conclusions et synthèses des débats, on trouve cependant toujours la formulation que « la réalisation du facteur 4 pour l'horizon 2050 ne sera possible qu'en mobilisant tous ces potentiels », ce qui montre la volonté politique d'aller au-delà de l'ambition du scénario.

Une contribution régionale au débat national sur la transition énergétique a été envoyée en juillet 2013¹⁰⁸. Cette première phase de consultation et débat sur la transition énergétique est suivie par « la conférence financière régionale sur le financement de la transition énergétique ».

La conférence est composée d'acteurs régionaux concernés par l'enjeu de la transition énergétique (80 organisations invitées parmi lesquelles les banques, la Caisse des dépôts, BPI finances, des représentants d'acteurs économiques, des collectivités locales, des assurances...). Elle a permis de réaliser une prospective financière identifiant les coûts et les bénéfices d'une transition énergétique pour la région Pays de la Loire. Elle s'est réunie à trois reprises (10 septembre, 7 novembre et 6 décembre 2013).

En janvier 2014, la « Stratégie régionale de transition énergétique » a été adoptée¹⁰⁹, dont la mise en œuvre est accompagnée, suivie et contrôlée par la « conférence régionale permanente de la transition énergétique et du changement climatique » (notamment la mise en œuvre des 30 fiches d'action¹¹⁰).

L'objectif de ce chapitre est la comparaison de 3 scénarios pour la région Pays de la Loire au niveau quantitatif – là où les données le permettent – et méthodologique :

- le Schéma Régional – Climat Air Energie pour la région Pays de la Loire (2014) ;
- virage énergie climat Pays de la Loire (2013) « Réussir la transition énergétique et préserver le climat en Pays de la Loire » ;
- Futur Facteur 4 (2013) « Prospective énergétique à 2050 en Pays de la Loire »

ANNÉES DE RÉFÉRENCE

→ Futur Facteur 4 a réalisé un premier travail dans le courant de l'été 2012 sur la base de l'étude Explicit en 2006¹¹¹, qui a été présenté dans les ateliers et au cours des débats territoriaux. Ensuite, à la demande des participants, en exploitant la contribution d'Air Pays de la Loire et les résultats de l'outil BASEMIS¹¹², un calibrage pour 2008 a pu être proposé notamment dans le cadre des Etats régionaux de l'énergie. L'année de référence pour l'étude est donc 2008. Cependant la modélisation propre à Futur Facteur 4 fait apparaître des variations entre le bilan 2006 et le bilan 2008 à périmètre équivalent entre les catégories d'usage.

→ Le SRCAE prend également 2008 comme année de base et s'appuie sur l'inventaire BASEMIS et l'étude du cabinet Explicit.

Virage énergie climat s'est appuyé sur le bilan énergétique et de gaz à effet de serre régional de 2006, publié en 2009 par le bureau d'études Explicit.

Pour chacun des secteurs de consommation d'énergie (habitat, transport, industrie, agriculture, tertiaire), une évaluation des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre a été effectuée jusqu'en 2010 qui est l'année de référence du scénario.

106. La sélection de scénarios analysés ici n'est pas exhaustive. D'autres travaux existent :

- Région Pays de la Loire ; Groupe de travail énergie « Chauty » (1982) « Maîtrise de la demande régionale d'énergie - utilisation rationnelle de l'énergie »
- Conseil régional Pays de la Loire (1982) « Plan énergétique régional - rapport d'orientation »
- Ademe Pays de la Loire (1986) « La maîtrise de l'énergie dans les Pays de la Loire - Gisements atouts enjeux »
- DRIRE Pays de la Loire (1999) « Perspectives énergétiques de l'étude du plan "Energie 2010/20" - Déconcentration régionale des projections - hypothèses et résultats »
- Conseil régional Pays de la Loire (2007) « Stratégie régionale pour l'énergie - Plan régional d'économies d'énergie »
- Explicit (2009) « Etude régionale sur l'énergie et l'effet de serre » ; DREAL, Conseil régional, Ademe Pays de la Loire
- CESER Pays de la Loire (2012) « Les défis énergétiques des Pays de la Loire à 2020 »

107. <http://extranet.schemas-regionaux-pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/reunions-de-l-atelier-r163.html>

Utilisateur: schemas-reg-pdl / mot de passe: SCHEM@S-REG
108. www.paysdelaloire.fr/uploads/tx_oxcsnewsfiles/130708_Contribution_r%C3%A9gionale_d%C3%A9bat_national_transition_%C3%A9nergie_%C3%A9tique.pdf

109. www.paysdelaloire.fr/politiques-regionales/environnement/energie/www.paysdelaloire.fr/uploads/tx_oxcsnewsfiles/STRATEGIE_TRANS_ENERGIE.pdf

110. www.paysdelaloire.fr/uploads/tx_oxcsnewsfiles/2014-03-11_Les_30_actions_en_%C3%A9volution_2_.pdf

111. Étude Explicit 2009 <http://ademe-pdll.typepad.fr/files/rapport-bilan-pdl-v4--26-mar-09-2.pdf>

112. www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/air-pays-de-la-loire-consommations-a2263.html

LES VARIABLES DE CADRAGE

Evolution de la population

→ Basé sur le scénario central de l'Insee qui prévoient une croissance de population plus important sur le territoire Pays de la Loire qu'en moyenne nationale, le scénario Virage énergie climat (VEC) modélise une augmentation de la population 28% en 2050, ce qui entraînera une augmentation du nombre des logements de 48% (+21% des surfaces); et donc 4,3 millions d'habitants contre 3,5 en 2008.

→ Le SRCAE se base sur les mêmes prévisions qui prédisent une croissance linéaire de la population ligérienne 1,5 fois plus rapide que la population nationale.

→ L'étude Futur Facteur 4 prend en compte des données plus fines que la croissance globale en analysant la différence de croissance entre population active et plus de 60 ans car les deux populations n'ont pas les mêmes profils de consommation énergétique. L'augmentation de la population active serait faible : environ 14% d'ici 2050 contre 136,4% pour la population ayant plus de 60 ans d'ici 2050; soit une augmentation total de 35%.

PIB :

Ni le scénario Virage énergie climat, ni le SRCAE ne modélisent une croissance économique via un PIB exogène ou produisent un PIB endogène via les paramètres et variables.

Il n'est pas clairement précisé comment se présente la notion du découplage entre activité économique et production industrielle et transport de marchandise.

VEC envisage une diminution de la production industrielle tout en offrant un même niveau d'usage et de service suite à la mise en place d'actions comme l'amélioration de la durabilité, l'éco-conception, le développement de la logique d'usage et non pas de propriété ...

Et VEC intègre l'augmentation de la population régionale de 28% dans les différents secteurs pour établir les projections en 2050,

→ L'étude Futur facteur 4 modélise 3 scénarios avec 3 croissances annuelles différentes qui correspondent à 3 évolutions économiques régionales :

① Une croissance de 0,7% par an

Cette hypothèse correspond à une prolongation de l'essoufflement de la croissance économique constatée sans trouver de nouveau relais suffisant de progrès technologique. Une croissance si faible posera des difficultés sociales avec une hausse du chômage. Cette situation jouerait très probablement en faveur d'une plus grande attractivité des pôles d'emplois, essentiellement la métropole nantaise.

Cette hypothèse de croissance devrait induire des changements structurels et de modes de vie afin d'éviter le creusement des inégalités sociales. En cohérence avec cette nécessité, la présentation des évolutions des catégories d'usage de l'énergie dans le chapitre qui suit prend en compte, pour cette hypothèse de croissance, des changements de modes de vie afin de contrebalancer l'effet négatif d'un tel ralentissement d'activité.

② Une croissance de 1,3% par an

Cette hypothèse correspond à une poursuite de la tendance suivie depuis 1990 (sachant que la croissance de la population active sera plus faible dans le futur) et avec une amélioration par rapport à ce qui est constaté depuis 2007. Cette croissance serait tirée essentiellement par des gains de productivité obtenus dans le secteur tertiaire et dans les transports du fait d'une diffusion massive de la commande électronique et des nouvelles technologies de communication. Cette croissance serait notamment tirée par les programmes d'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables.

③ Une croissance de 2% par an

Cette hypothèse table sur de nouveaux progrès technologiques très importants qui viendraient prendre le relais dans le futur et irrigueraient différents secteurs. A l'inverse de la première hypothèse de croissance, un taux de 2% devrait déboucher sur une poursuite des modes de vie actuels avec de moindres changements rendus nécessaires pour répondre aux difficultés sociales.

Dans le cadre des débats en région lors des Etats régionaux de l'énergie, c'est le scénario central qui a été choisi comme « le plus consensuel » et qui a donc alimenté la vision longue terme du SRCAE.

Prix de l'énergie

L'augmentation des prix de l'énergie est un fil rouge sous-jacent dans les travaux.

Dans le SRCAE et le scénario Virage énergie climat la hausse des prix de l'énergie (fossiles et électricité) n'est pas une variable de modélisation quantitative, mais représente un fil rouge du « narratif ». L'augmentation du prix de l'énergie aidera ainsi d'un coté à déclencher les travaux de rénovation, et représente de l'autre coté un facteur négatif aggravant les situations de précarité énergétique en réduisant drastiquement les possibilités d'investissement.

→ L'étude Futur Facteur 4 a établi deux scénarios d'évolution des prix d'énergie, le premier avec une hausse des prix moins rapide nommé « bas » et le second avec une hausse plus rapide nommé « haut », avec des argumentations des évolution pour chaque source d'énergie (pétrole, gaz, charbon, électricité) pour tous les 5 ans d'ici 2005. Ci-dessous deux exemples pour le pétrole et l'électricité :

	2012 à 2015	2015 à 2020	2020 à 2025	2025 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050
Scénario bas - pétrole	120\$/bbl Valeur stable à cause de la crise économique qui frappe la plupart des pays industrialisés et des tensions persistantes au Moyen-Orient (conflit en Irak et révolutions arabes).	150\$/bbl Début de la relance dans les pays industrialisés. Relance en Chine de la demande intérieure. Augmentation de la pression sur la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre.	150\$/bbl Stabilisation du prix du baril au prix maximal socialement acceptable. Hypothèse de transfert de besoins d'énergie vers d'autres ressources.	150\$/bbl Toujours une période globalement stable du prix de pétrole.	200\$/bbl Aggravation du contexte pétrolier dû au franchissement du Peak-oil : cette fois c'est l'exploitation des ressources qui ne parvient plus à alimenter la demande.	200\$/bbl Stabilisation du prix du pétrole à un niveau élevé.
Scénario haut - pétrole	120\$/bbl Identique au scénario bas.	150\$/bbl Identique au scénario bas.	180\$/bbl Très forte dépendance au pétrole et peu de transfert vers d'autres énergie ; accroissement des tensions au Moyen-Orient.	200\$/bbl TDans ces conditions, les états seraient vraisemblablement dans l'obligation d'effacer une partie de la fiscalité en direction des populations les plus modestes et de certains secteurs économiques sensibles ; très fort déséquilibre entre l'offre et la demande.	250\$/bbl Aggravation du contexte pétrolier dû au franchissement du Peak-oil : cette fois, c'est l'exploitation des ressources qui ne parvient plus à alimenter la demande.	250\$/bbl Stabilisation du prix du pétrole.
	2012 à 2015	2015 à 2020	2020 à 2025	2025 à 2030	2030 à 2040	2040 à 2050
Scénario bas - électricité	0,13 €/kWh Reprise des investissements et réhabilitation des réacteurs arrivant à 40 ans de vie dans une moindre mesure.	0,16 €/kWh Augmentation de la réhabilitation des réacteurs.	0,16 €/kWh Maintien du prix de l'électricité.	0,16 €/kWh Maintien du prix de l'électricité.	0,16 €/kWh Maintien du prix de l'électricité.	0,17 €/kWh Nécessité de démantèlement du parc nucléaire.
Scénario haut - électricité	0,14 €/kWh Reprise des investissements et réhabilitation des réacteurs arrivant à 40 ans de vie dans une moindre mesure.	0,17 €/kWh Maintien du prix de l'électricité.	0,17 €/kWh Maintien du prix de l'électricité.	0,18 €/kWh Relance des investissements pour palier à la fin de vie des centrales nucléaires.	0,18 €/kWh Maintien du prix de l'électricité.	0,19 €/kWh Nécessité de démantèlement du parc nucléaire.

RESPECT DES ENGAGEMENTS NATIONAUX

Objectif national	SRCAE Pays de la Loire	Respect de l'objectif	Scénario Virage énergie Climat 2013	Respect de l'objectif	Scénario Ademe Futur facteur 4	Respect de l'objectif
- 16 % d'émissions de gaz à effet de serre en 2020 par rapport à 2005 ¹	- 16 % (par rapport à 2008)		- 28 % (par rapport à 2006)		- 26 % CO ₂ uniquement (par rapport à 2008)	
- 18 % de consommation énergétique finale en 2020 par rapport à 2007	- 16 % (par rapport à 2008)		- 18 % (par rapport à 2006)		Scénario ① : - 21 % Scénario ② : - 18 % Scénario ③ : - 16 % (par rapport à 2008)	
23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale en 2020	20% 1 287 kTep par rapport à une consommation de 6 750 kTep		13 % de la consommation d'énergie finale		13 % de la consommation d'énergie finale en 2020 942 kTep par rapport à une consommation de 7 134 kTep	
25 % de fret non routier en 2024	7% (en 2020)		Un potentiel de 50 % de report modal du transport de marchandise de la route vers le rail est modélisé sans trajectoire claire (après une diminution de 35 % du volume de marchandises transportées).		17 % en 2030 ; 27 % en 2050 ; ce qui revient à une stabilisation à cause de l'augmentation du trafic.	
- 38 % de consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel en 2020 (par rapport à 2009)	- 30% (par rapport à 2007 en énergie finale uniquement pour le parc existant) Atteint de l'objectif -38% en 2025		- 33 % (par rapport à 2010 en énergie finale)		Scénario ①, ② et ③ : -22% (par rapport à 2008 en énergie finale)	
Division par 4 des émissions de GES en 2050 (par rapport à 1990)	Non renseigné		- 83 % des gaz à effet de serre (-100 % CO ₂ énergétique / - 60 % concernant les autres gaz notamment d'origine agricole)		Entre - 68 % et - 55 % CO ₂ uniquement par rapport à 2008 pour les 3 scénarios.	
Division par 2 de la consommation énergétique finale en 2050 (par rapport à 2012)	- 48 % (Une consommation de 5 020 kTep par rapport à 8 030 en 2008)		- 56 % (par rapport à 2010) - 50 % (par rapport à 2006)		Scénario ① : - 48 % Scénario ② : - 35 % Scénario ③ : - 26 % (par rapport à 2012)	
Baisse de la consommation d'énergies fossiles (dans l'énergie finale) de 30 % en 2030 (par rapport à 2012)	Non renseigné		Les énergies non renouvelables passent de 100 TWh en 2010 à 49 en 2030, soit une réduction de 51 %		- 39 % de la consommation d'énergie finale (par rapport à 2012) - 43 % de la consommation d'énergie primaire (par rapport à 2012)	
Objectif 50 % de nucléaire dans le mix de production électrique en 2025	Non renseigné		Sortie nucléaire régionale en 2032 (scénario négaWatt 2011).		Sortie du nucléaire régionale vers 2040	
Objectif 100 % renouvelable en 2050	55 % de la consommation d'énergie finale en 2050		La région est 100 % énergie renouvelable en 2046		Entre 48 et 53 % de la consommation d'énergie primaire est renouvelable mais 100 % de l'électricité	

1. - 21 % ETS, - 14 % hors ETS soit - 16 % au global par rapport à 2005

500

Les secteurs de consommation énergétique

Aucun des 3 scénarios analysés n'atteint le niveau national des 3 objectifs climat énergie pour 2020. Ce qui bloque est surtout l'objectif en termes d'énergie renouvelables car la production d'aujourd'hui de la région est encore plus faible que celle de la moyenne nationale (8 contre 12%). Cependant, le potentiel notamment en terme d'électricité renouvelable (éolien off-shore) est très important. Ainsi les scénarios Virage énergie climat et Futur Facteur 4 devient 100 % renouvelable pour l'électricité en 2050 (la région devient même exportatrice nette). Le SRCAE ne s'exprime pas sur le mix énergétique en 2050. La sortie du nucléaire en région est acquise en 2032 pour le scénario Virage énergie climat et en 2040 (environ) pour le scénario Futur Facteur 4.

L'atteinte des objectifs Facteur 4 sur les gaz à effet de serre et Facteur 2 concernant la consommation d'énergie est difficile notamment à cause de l'augmentation de la population plus importante qu'en moyenne nationale. Le scénario Virage énergie climat reste très ambitieux en comparaison des deux autres en ramenant les émissions de CO₂ à zéro pour laisser la place – tout en restant cohérent aux ambitions climatiques – aux autres émissions non énergétiques notamment de l'agriculture pour lesquels moins de solutions existent.

L'objectif du report modal fret (pour l'échéance 2024) n'est atteint par aucun scénario, en sachant que la part modal routière en région est encore plus importante qu'en moyenne nationale. Aussi, la réduction des consommations du secteur résidentiel de -38 % en énergie primaire en 2020 n'est approchée que par le scénario Virage énergie climat. L'atteinte de cet engagement est potentiellement encore plus difficile pour la région Pays de la Loire avec une croissance de la population en dessus de la moyenne nationale, qui a probablement un effet ralentisseur sur la démolition et donc aussi sur l'amélioration de la performance moyenne du parc existant.

→ Contrairement aux scénarios Virage énergie climat ou SRCAE, Futur Facteur 4 présente les consommations énergétiques selon deux découpages : par secteur et par usage. Les usages incluent par exemple l'alimentation, santé, actes et produits de consommation, loisirs, information, éducation et relationnel, industrie de la construction etc.

Cette approche méthodologique permet de séparer les « responsabilités » entre acteurs : Les activités économiques représentent 56 % des consommations du territoire ; les ménages consomment 44 % directement via le chauffage et le transport etc.

INDUSTRIE

Au plan national, d'après les données du Service de l'observation et des statistiques (Soes), la consommation finale d'énergie de l'industrie diminue depuis plusieurs années (-17 % depuis 1980).

Les tendances régionales se différencient cependant de la moyenne française. Du fait d'un dynamisme démographique et économique plus important, l'évolution des consommations du secteur a été de +25 % de 1990 à 2009, avec une tendance à la baisse depuis 2005.

→ Le SRCAE se base sur l'étude CEREN pour identifier les potentiels d'efficacité énergétique des consommations transversaux du secteur industriel. L'estimation du gain en économies d'énergie à l'échelle régionale n'a pu être quantifiée, faute de données suffisantes, pour la région Pays de la Loire.

Une des politiques jugées importante est notamment l'application de la directive européenne sur les quotas de CO₂ dans les entreprises ligériennes qui y sont soumises car les émissions industrielles restent très concentrées. A 80 %, elles sont émises par deux producteurs d'énergies (centrale thermique et raffinerie) et par une cinquantaine de grosses entreprises des secteurs de la construction (cimenterie), de l'agro-alimentaire, de la mécanique, etc.

L'objectif européen de -21 % pour les émissions de CO₂ de ces entreprises par rapport à 2005 a été repris. Au total les émissions du secteur diminuent de 8 % en 2020 par rapport à 2008.

La consommation énergétique en 2020 correspond à 1200 ktep, soit une diminution de -13 % par rapport à la consommation tendancielle qui est équivalente celle en 2008 d'ordre de 1400 ktep.

Les émissions de gaz à effet de serre s'élèvent à 9 M teqCO₂, soit une diminution de 8 % par rapport à 2008. Ces émissions seraient du même ordre de grandeur que les émissions de 1990. Les travaux des ERE (Futur Facteur 4) qui complètent le SRCAE avec un « focus 2050 » ont conduit à une estimation des consommations du secteur de l'industrie, à l'horizon 2050, de 1525 ktep donc une augmentation de 9 % par rapport à 2008 du fait d'un dynamisme démographique et économique important. Le SRCAE n'évalue pas les potentiels d'économies via des changements de modes de consommation et ne mène pas une réflexion sur la relocalisation de certaines industries.

→ Le scénario **Virage énergie climat** fait aussi le constat que les données sur les consommations énergétiques de l'industrie sont insuffisantes pour évaluer finement les économies d'énergie possibles dans chaque branche d'activité et pour chaque process industriel.

Le scénario s'appuie sur plusieurs sources (parmi d'autres l'étude d'Explicit en 2008, la base de données BASEMIS, la base de données Pegase (Ministère de l'Écologie MEDDTL – SOeS), l'Enquête Annuelle sur les Consommations d'Énergie dans l'Industrie en 2010, le scénario negaWatt 2011 etc.).

La méthode de scénarisation du scénario Virage énergie climat comporte différentes étapes :

Étape 1 Comparaison des sources et estimation de la consommation d'énergie de l'industrie des Pays de la Loire en 2010

Les estimations des consommations d'énergie et des émissions de l'industrie des Pays de la Loire issues de différentes sources (étude Explicit, MEDDTL, Basemis 2008) montre des écarts significatifs entre les estimations de consommation d'énergie de 2006 à 2010, ainsi qu'entre les émissions totales des GES pour les années 2006 et 2008. Virage énergie climat se base sur l'étude Explicit, qui fournit des estimations de consommations d'énergie et d'émissions de GES pour 1990, 1999 et 2006.

Pour calculer le point de départ en 2010, Virage énergie climat fait l'hypothèse d'une faible augmentation de la production industrielle, combinée à une baisse de l'intensité énergétique, qui débouchent ensemble sur une stabilisation des consommations d'énergie industrielles entre 2006 et 2010.

Le secteur de la production d'énergie (usines de production électrique de Cordemais et de Raffinage de Donges en Loire Atlantique) est exclu du périmètre de l'analyse.

Étape 2 Inventaire des différentes actions en faveur des économies d'énergie

Les hypothèses pour ce secteur se construisent autour de :

- l'augmentation de la population : +28 % d'ici à 2050 ;
- une relocalisation possible d'une partie des activités industrielles ;
- la modification des comportements.

Aucune prévision sur le taux de croissance de l'économie n'est faite en considérant que le produit intérieur brut (PIB) est un indicateur trop rudimentaire de la « richesse » d'un territoire. La question du découplage ne se pose donc pas et la production évolue en fonction des besoins du territoire accéléré uniquement par la croissance de la population.

Les catégories analysées pour identifier des économies potentielles sont :

- la production de biens durables et selon une logique d'usage en améliorant la durabilité et le partage etc. ;
- le recyclage et la valorisation des flux d'énergie et de matière ;

- réduction de l'énergie grise des produits ;
- changements des comportements des consommateurs comme l'utilisation d'aliments moins transformés ;
- l'amélioration de l'efficacité sur les opérations transverses en prenant en compte les potentiels de l'étude CEREN ;
- les économies d'énergie sur les process industriels avec la difficulté qu'elles sont moins connues et quantifiées, car il concerne directement des techniques de fabrication, souvent couvertes par le secret industriel ;
- la substitution d'énergie.

Les économies de chaque type d'action sauf les opérations transverses ne sont cependant pas précisées – ni en % ni en ktep.

Étape 3 Comparaison avec d'autres études similaires

Les économies identifiées par Virage énergie climat ont été comparées à d'autres estimations : l'étude CEREN, l'étude SCRAE Rhône-Alpes, le scénario negaWatt qui prévoit une réduction globale de 50 % d'ici à 2050 et l'étude Efficacité énergétique en Nord-Pas de Calais qui prévoit une réduction de 39 à 50 % (sans le secteur sidérurgique) et de 35 à 41 % (avec le secteur sidérurgique).

Étape 4 Evaluation du potentiel d'économies d'énergie à 2050

Basé sur ces estimations et comparaisons Virage énergie climat a modélisé une trajectoire de consommation avec des points d'étapes tous les 10 ans. Globalement la mobilisation du gisement d'économies d'énergie est plus soutenue au début de la période, du fait de la mise en œuvre rapide d'actions à court et moyen terme, dont les effets se font sentir jusqu'en 2030.

Étape 5 Définition d'un calendrier de réalisation des économies d'énergie par décennie entre 2010 et 2050

En total en 2050 Virage énergie climat envisage un gain en économie d'énergie de 45 % du secteur de l'industrie (consommation de 0,75 Mtep).

Les principales mesures d'économies d'énergie qui contribuent à cet objectif sont :

- la production de biens durables, en privilégiant l'usage à la production de biens ;
- la généralisation de l'éco-conception, la facilité de réparation, le recyclage et l'écologie industrielle ;
- la recherche d'efficacité énergétique dans les opérations transverses et de process.

500

A défaut de connaître la répartition précise entre les différents vecteurs énergétiques par branche d'activité Virage énergie climat garde la même proportion pour les usages de l'électricité et nous affectons les autres usages à la chaleur. Le potentiel d'économies d'énergie en 2050 est évalué à 45 % par rapport au niveau de la consommation en 2010 (doc 750 ktep).

→ L'étude de **Futur Facteur 4** début son analyse du secteur avec une description de la répartition de l'emploi en région Pays de la Loire entre les différentes filières économiques. Ils observent une tertiarisation des emplois régionaux, avec près de 330 000 emplois supplémentaires en près de 20 ans, alors que le secteur industriel a perdu un peu plus de 10 000 emplois sur la même période. Aussi le nombre d'emplois dans le secteur de la construction a connu une forte augmentation d'un peu plus de 27 000 emplois, alors que le secteur agricole reste stable et gagne un peu plus de 2 000 emplois sur la période.

L'essentiel de la croissance de la valeur ajoutée en région (+46 % entre 1990 et 2000) a reposé sur le secteur des services marchands, avec notamment les services à la personne, les commerces et les activités de transport (voyageurs et marchandises).

Ensuite deux scénarios de prix d'énergie (bas et haut) et 3 scénarios de croissance économique (0,7 %, 1,3 % et 2 %) sont appliqués aux filières industrielles et aux activités économiques. Futur Facteur 4 précise cependant que le scénario de croissance 1,3 % avec des prix d'énergie élevés¹⁴¹ serait de loin le plus probable.

Les filières qui sont analysées selon l'impact des 3 scénarios économiques sont les suivants : l'immobilier, la construction bâtiment (dont d'éco-construction), mécanique et matériaux, l'industrie automobile, la construction navale, l'aéronautique, l'économie numérique et les nouvelles technologies de communication, les commerces et les activités de services, a santé et les services à la personne, le tourisme, l'agriculture, la pêche, le port autonome de Nantes Saint Nazaire, les activités de recherche et des pôles de compétitivité, le recyclage, les activités spécifiques dans une économie de fonctionnalité, la branche énergie (dont les énergies renouvelables).

Voici l'exemple de l'industrie automobile :

Variante 1 | 0,7 %

Deux facteurs pèsent durement dans cette variante à croissance faible en défaveur de l'industrie automobile. D'une part, l'augmentation de la concurrence internationale, notamment asiatique qui débouche sur des baisses de productions nationales. D'autre part, une baisse du pouvoir d'achat des ménages qui se traduit par une orientation vers le marché d'occasion au détriment du neuf. La parade serait alors de passer d'un système à base d'une propriété familiale du véhicule vers un nouveau modèle fondé que l'accès à des services (voir sur ce point les travaux du groupe 3 sur les transports). La conséquence : moins d'activité dans le secteur automobile mais réduction des dépenses des ménages. En effet, un service d'auto-partage permet d'assurer un service équivalent avec 5 fois moins de voitures que la pratique actuelle de la possession par chacun de son auto (qui ne roule qu'en moyenne 300 heures par an).

Variante 3 | 2 %

Un taux de croissance élevé permettrait de maintenir un modèle davantage en continuité du système actuel à base de propriété individuelle du véhicule. Il n'y a donc que dans la variante 3, que l'on peut attendre un rebond de l'industrie automobile qui permettrait de pérenniser en l'état l'outil actuel de production régional. Mais bien évidemment des véhicules différents de ceux d'aujourd'hui (voitures électriques ou hybrides) camions à turbines à gaz.

Variante 2 | 1,3%

La variante 2 constitue une hypothèse intermédiaire. A savoir avec probablement un double marché : une population aisée qui poursuivrait dans un modèle fondé sur la propriété individuelle alors que les populations modestes devraient se replier vers des services de mobilité, le marché d'occasion et les alternatives (modes doux et transports collectifs).

Par ailleurs le travail sur le secteur de l'industrie de Futur Facteur 4 inclut une analyse des potentiels d'économies d'énergie et des transferts entre énergies (substitution) des usages transversaux et des process.

Les gains identifiés sont tirés du scénario de l'ADEME 2030-2050 et des études du CEREN sur l'efficacité énergétique dans l'industrie.

Ils sont décrits selon l'usage, action et vecteur énergétique concernés pour les filières suivantes : Fabrication de ciment et de clinker, céramiques, fabrication de verre, l'industrie agro-alimentaire, construction mécanique, industrie électrique et électronique, construction automobile, aéronautique, navale et papeterie.

950

AGRICULTURE

En conclusion les consommations énergétiques du scénario volontariste 2 restent stables jusqu'en 2030, puis augmentent d'environ 15 % entre 2030 et 2050 (pour atteindre environ 1 500 ktep) ce qui est dû notamment à l'industrie de matériaux de construction. La forte demande de produits de construction liée aux importants travaux de rénovations entraîne une augmentation de consommation de gaz et de pétrole dans ce secteur. La plupart des autres secteurs augmentent légèrement et avec une répartition de produits proportionnelle à 2008.

La présentation des résultats prend plusieurs formes : la consommation d'énergie finale pour chaque branche industrielle jusqu'en 2050, la consommation des différents vecteurs par filière en 2008 et 2050, les vecteurs énergétiques consommés par le secteur.

Résumé

Les résultats en termes de potentiels d'économies d'énergie varient entre les différents scénarios. Tandis que le scénario Virage énergie climat l'évalue à -45 % par rapport au niveau de la consommation en 2010 (donc 750 ktep) la consommation augmente dans les deux autres travaux. La différence s'explique notamment dans la prise en compte de l'impact d'une croissance économique qui n'est pas modélisée pour le scénario Virage énergie climat.

La consommation pour l'année 2050 dans le Focus 2050 du SRCAE et l'étude Futur Facteur 4 est la même car l'étude a servi de base pour la vision long terme du schéma. Elle représente une hausse de consommation qui atteint 1500ktep donc le double de celle du scénario Virage énergie climat.

Par contre la consommation du secteur industriel du SRCAE en 2020 est encore à la baisse par rapport à l'année 2008 (-13 %) ce qui n'est pas le cas dans l'étude Futur Facteur 4 où la consommation reste stable entre 2008 et 2030.

L'agriculture est un secteur très structurant pour la région Pays de la Loire. En 2010, près de 70 % du territoire régional et seulement 51 % du territoire national étaient occupés par l'agriculture. Ceci s'explique par la surface limitée des espaces naturels et boisés (moins de 20 % du territoire régional) et la topographie peu contraignante de la région.

Les Pays de la Loire sont la première région française pour la production de viande bovine et de viande de lapin, la seconde en viande porcine, en volaille de chair et en lait de vache (Chambres d'agriculture Pays de la Loire, 2011).

En région il y a 34 300 exploitations agricoles dont 4,4 % de type « biologique ». Le secteur agricole a consommé, en 2008, 5 % des consommations régionales totales.

Le secteur agricole représente, en 2008, 5 % des consommations énergétiques régionales totales. Les émissions de gaz à effet de serre causées par cette activité s'élevaient à 40 % des émissions de la région. L'élevage représente plus de la moitié des émissions agricoles de la région.

→ La partie agricole du **SRCAE** se base jusqu'en 2020 sur le scénario national global de la DGEC: une diminution de 20 % des consommations énergétiques du secteur agricole en 2020 par rapport au scénario tendanciel (350 ktep à horizon 2020) et une diminution de 20 % des émissions de gaz à effet énergétique et de 10 % des émissions non énergétiques en 2020 par rapport à leur niveau de 1990 (8,5 MteqCO₂ par rapport à 9,6 MteqCO₂ en 1990). Il se base sur une amélioration de l'efficacité énergétique des exploitations agricoles avec un taux d'exploitations agricoles à faible dépendance énergétique d'ici à 2013 de 30 %, ce qui représente environ 10 000 exploitations.

Pour les gaz à effet de serre non énergétiques une évolution des modes d'alimentation des animaux (favoriser l'alimentation à base de grains afin de diminuer les émissions de méthane issues de la fermentation entérique) et une diminution des émissions du N₂O via une meilleure gestion des pratiques agricoles et de l'élevage (développement de systèmes économes en intrants et valorisation des digestats de méthanisation) est préconisée. Les travaux des ERE (Futur Facteur 4) qui complètent le SRCAE avec un « focus 2050 » ont conduit à une estimation des consommations du secteur de l'agriculture, à l'horizon 2050, de 440 ktep. Un changement des modes alimentaires n'est pas pris en compte dans le SRCAE.

→ Le chapitre sur l'agriculture et l'alimentation du scénario **Virage énergie climat** se base largement sur le travail Afterres 2050 du bureau d'études Solagro qui a par ailleurs directement alimenté ce travail régional.

La description des méthodologies pour estimer les émissions gaz à effet de serres du secteur agricole (CH₄, N₂O la gestion du fumier, engrais chimiques et organiques, émissions indirectes) se trouve en Annexe du scénario.

Les sources utilisées sont les facteurs d'émission du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) utilisés par le CITEPA publiés en 1996 et les données de la plate-forme Agreste du ministère de l'agriculture.

500

L'outil d'inventaire « agRiGES » a été utilisé afin d'estimer le bilan de gaz à effet de serre de la transposition du scénario Afterres2050 aux Pays de la Loire, à partir des paramètres agronomiques fournis par Afterres2050.

La modélisation du scénario Virage énergie climat se déroule en 5 étapes :

Etape ① Définition des besoins pour l'alimentation humaine des Pays de la Loire, sur la base des prévisions démographiques de l'Insee.

Etape ② Transposition par homothétie (produit en croix) des modes d'élevage et de l'évolution du cheptel national aux Pays de la Loire. L'hypothèse centrale est ici que le cheptel des Pays de la Loire suivra, en proportion, l'évolution du cheptel français proposée par le scénario Afterres2050 de 2010 à 2050. Les productions et besoins en alimentation animale sont ensuite calculés à partir des effectifs du cheptel et des rendements et besoins alimentaires moyens estimés dans le scénario national.

Etape ③ Transposition en Pays de la Loire par homothétie de l'évolution de l'occupation des sols 2050 du scénario national. L'hypothèse centrale est ici que l'occupation des sols agricoles et non-agricoles des Pays de la Loire suivra, en proportion, la même évolution que celle proposée par le scénario Afterres2050 de 2010 à 2050. Les productions végétales sont ensuite calculées à partir des surfaces et des rendements moyens estimés dans le scénario national.

Etape ④ Etablissement d'un bilan d'approvisionnement par denrée agricole.

Etape ⑤ Estimation de l'impact environnemental et climatique régional à partir des chiffres régionalisés : bilan azoté, besoins en eau, nombre de traitements phytosanitaires, émission et stockage de gaz à effet de serres, bilan énergétique.

L'alimentation en 2050 changera : notre assiette sera plus riche en céréales, fruits, légumes, coques (noix, amandes). Elle contiendra deux fois moins de lait et de viande. Le scénario prévoit une réduction de la surconsommation alimentaire et du gaspillage alimentaire.

Le nombre de monogastriques élevés dans les Pays de la Loire diminue de 30 % ce qui permet de passer d'un système actuel où l'élevage intensif en porcs et volailles représente la quasi totalité de la production, à un système où les élevages sous label qualité représentent la moitié des effectifs, la moitié restante demeurant dans le système actuel.

Aussi l'alimentation animale change : le système maïs-soja évolue vers des systèmes herbagers, basés notamment sur des légumineuses pérennes comme la luzerne ce qui permet de réduire les importations de soja.

Dans une parcelle en 2050 la culture principale (blé ou autre) est systématiquement accompagnée. Elle partage l'espace soit avec des arbres, soit avec des cultures associées, soit avec des cultures intermédiaires. Elle n'est jamais nue. La terre est toujours verte, ou pour le moins couverte. Le mélange des variétés est généralisé.

La répartition des systèmes de culture agricole évolue vers 45 % agrobiologique, 45 % intégré et 10 % raisonné en 2050. La demande intérieure en alimentation humaine et animale des Pays de la Loire est globalement réduite d'un tiers, toutes les consommations étant orientées à la baisse, sauf les consommations de fruits et légumes qui augmentent fortement.

La région reste cependant exportatrice nette de céréales et de produits animaux vers d'autres régions françaises et/ou vers nos proches voisins (Europe, Maghreb).

L'autosuffisance alimentaire régionale est atteinte en 2050, tant pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale. Les seules denrées alimentaires importées sont les stimulants et les épices qui ne peuvent être produits dans les Pays de la Loire, et un faible part de produits de la mer.

La surface agricole totale diminue de 3 %, essentiellement du fait de l'artificialisation des surfaces (+26 %) et l'augmentation des surfaces boisées (+ 5 %). Le nouveau système agro-sylvicole proposé par Afterres propose la réallocation à des nouveaux usages agricoles un peu moins de 20 % de la Surface Agricole Utile (SAU) actuelle des Pays de la Loire. La proportion des surfaces de « nouvelles cultures annuelles à usage non alimentaire » est 4 fois plus importante dans les Pays de la Loire par rapport au scénario Afterres national, car il y a plus de prairies permanentes productives et de cultures fourragères dans la région.

L'équivalent de 25 000 ha de terres arables serait notamment utilisé afin de produire des agro-carburants de 2^e génération à partir de 2035. Ces agro-carburants seraient utilisés afin d'alimenter en énergie des activités nécessitant des carburants à très haute densité énergétique, essentiellement l'aviation et le machinisme agricole et forestier, dont les besoins énergétiques ne pourraient pas être satisfaits par du biogaz ou de l'électricité.

La production d'énergie à partir de la biomasse augmente en total par 4 entre 2010 et 50 dont 60 % pour le biogaz (le scénario inclut une description par source).

Le bilan azoté des Pays de la Loire évolue complètement : même si la quantité totale des apports au sol est en 2050 assez proche des apports actuels, la structure du bilan est très différente. Les engrais minéraux diminuent de -38 % et la fixation symbiotique augmente de +133 %.

La consommation d'énergie du secteur agricole est ainsi réduite de 38 % à environ 610 ktep (notamment l'énergie nécessaire pour la fabrication d'engrais). Par rapport au SRCAE le scénario Virage énergie climat prend en compte aussi les consommations énergétiques indirectes comme la production des engrais minéraux).

Le scénario Virage énergie climat Pays de la Loire permet de diviser les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture de 54 % (4,78 Mt équivalent CO₂).

Les principaux facteurs de diminution sont liés à la diminution du cheptel bovin et à la meilleure maîtrise de la fertilisation azotée, qui joue à la fois sur les émissions de N_2O et les consommations de gaz fossile. La diminution des émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture des Pays de la Loire peut atteindre 60 % si les consommations d'énergie directes de l'agriculture et de la forêt sont satisfaites avec des énergies renouvelables. La réduction peut même atteindre 67 % si les intrants sont également produits avec de l'énergie renouvelable.

→ L'étude de **Futur Facteur 4** aborde le secteur agricole sous deux angles comme le scénario Virage énergie climat mais dans deux chapitres séparés. Le premier représente l'approche par usages et l'autre l'approche sectorielle (notamment via la production agricole et le secteur de l'industrie agro-alimentaire). Les deux analyses intègrent l'existence de 3 scénarios économiques différents.

L'analyse de la consommation énergétique de l'usage « alimentation » prend en compte plusieurs facteurs :

Le lien entre comportements alimentaires, territoires et transports

Le fret alimentaire constitue le premier poste de consommation d'énergie au sein de l'alimentation. Les scénarios de croissance plus faible rendent nécessaire le développement de circuits courts afin de valoriser les productions régionales et de soutenir leur activité économique. Il en résultera une réduction du fret alimentaire.

L'évolution des pratiques agricoles

Les scénarios prévoient un développement de l'agriculture biologique (pas de consommation d'engrais) et d'agriculture intégrée. Accompagné par une perte de rendement de 10 % et une baisse d'intrants et de consommation d'énergie qui est, elle, réduite de 30 %. Le contenu de cette catégorie est développé davantage dans la partie sectorielle.

Les modes de distribution et d'approvisionnement

Les consommations énergétiques varient énormément selon le mode d'approvisionnement des ménages. Dans une étude de 1997, l'ADEME a calculé les différentiels de consommation d'énergie, d'émission de gaz à effet de serre et de polluants de l'air ainsi que des surfaces utilisées selon trois modes d'approvisionnement final des ménages (magasin de proximité, hypermarché en bordure d'agglomération et livraison à domicile après commande par internet). Les scénarios Futur Facteur 4 projettent un retour vers des magasins alimentaires en ville au détriment des hypermarchés en périphérie des agglomérations. La distance moyenne des déplacements diminue et la fréquence des déplacements augmente. Globalement, cela aura pour effet une réduction de la mobilité locale associée aux courses alimentaires.

Le gaspillage des aliments

Une économie de 20 % sur l'ensemble de la filière (industries, cafés, restaurants, ménages, restauration collective) est projeté dans les 2 scénarios de faible croissance. Dans le

scénario ③, les changements de modes de vie sont plus diffus et aucun gain sur ce poste n'est envisagé.

On constate dans le passé une diminution de la quantité de produits alimentaires bruts par personne à cause du développement des plats préparés et de la restauration collective. Ces préparations demandent généralement moins de cuisson par repas et par personne. Par contre l'allongement de la chaîne logistique ce qui se traduit par une très forte augmentation des consommations dans les transports. La consommation d'énergie pour l'alimentation par personne a plus que doublé depuis 1960 à ration alimentaire équivalente. Les scénarios prévoient un report d'environ 15 % des consommations de cuisson du tertiaire vers le résidentiel. Dans le scénario 3 la tendance actuelle est maintenue avec un renforcement des consommations de cuisson dans le tertiaire.

L'évolution de l'assiette du consommateur en 2050

Les scénarios Futur Facteur 4 se basent également sur le scénario Afterres 2050 de Solagro. Dans les scénarios régionaux Futur Facteur 4 projette une baisse de la consommation de viande de 20 % dans les scénarios 1 et 2 et une baisse de 10 % dans le scénario 3 de croissance plus forte.

L'effet des mesures d'efficacité en 2050 par rapport à 2008 pour ces différentes catégories liées au poste alimentation est de -27 à -44 % selon le scénario.

L'analyse du secteur agricole inclut la production agricole, la pêche (pas considéré ici) et l'industrie agro-alimentaire (traité aussi dans la partie du secteur industrie).

La production agricole est notamment influencée par la diminution de la consommation de viande (comme décrit ci-dessus) et l'impact des exportations car l'agriculture régionale est tirée par les exportations, qui comptent en 2010 pour 75 % de l'activité.

• **Variante ①** | 0,7 % L'activité agricole de la région est l'un de ses atouts maître et le restera. Dans le contexte d'une activité soutenue, des transformations seront nécessaires en passant d'une dominante de production animale vers davantage de production végétale, notamment de primeurs. Une valorisation des énergies renouvelables devrait y aider. Une faible croissance économique française ne devrait pas trop toucher l'agriculture régionale tant la demande mondiale sera présente notamment de la part de pays émergents ayant davantage de capacités financières.

• **Variante ②** | 1,3 % Cette variante devrait bénéficier assurément du même contexte que la variante précédente avec l'avantage supplémentaire d'un plus grand pouvoir d'achat des ménages.

• **Variante ③** | 2 % Cette variante ouvre la perspective de possibilités de renforcement de l'agriculture régionale en la tournant davantage vers l'exportation.

La consommation d'énergie directe du secteur agricole diminue de 23 % à cause des gains sur le machinisme agricole (en lien d'ailleurs avec des changements de pratiques agronomiques).

500

L'industrie agroalimentaire est présentée comme une filière en difficultés notamment à cause de l'augmentation des importations de Pologne et de pays émergents, la réduction des aides à venir de la Politique Agricole Commune (PAC) de l'Union Européenne et la détermination des prix par la grande distribution. Ils proposent une modernisation des installations sur la base de filières de qualité et une diversification des filières de production notamment en direction des productions végétales.

Globalement l'industrie agro-alimentaire suit les mêmes tendances que la production alimentaire régionale, tirée plus par les exportations que par la demande intérieure. La diversification de la production amène une baisse de 10 % des consommations unitaires par tonne de produits. Les potentiels de gain d'efficacité énergétique sont estimés à 30 % (cela concerne à la fois les usages thermiques et les consommations d'électricité).

Pour les scénarios 1 et 2 de faible croissance l'industrie agroalimentaire régionale devrait souffrir modérément d'une faible croissance économique. Si, la pression de la grande distribution devrait s'accroître afin de comprimer les prix, les besoins alimentaires mondiaux devraient fortement s'accroître. La variante 3 se base sur une plus forte demande européenne et donc une diversification du marché.

Résumé

Le détail d'analyse et l'approche méthodologique pour ce secteur varient d'un scénario à l'autre. La partie agricole du **SRCAE** se base par exemple jusqu'en 2020 sur le scénario national global de la DGEC : une diminution de 20 % des consommations énergétiques directes du secteur agricole en 2020 par rapport au scénario tendanciel (350 ktep à horizon 2020) et une diminution de 20 % des émissions de gaz à effet énergétique et de 10 % des émissions non énergétiques en 2020 par rapport à leur niveau de 1990 (8,5 MteqCO₂ par rapport à 9,6 MteqCO₂ en 1990). Un changement des modes alimentaires n'est pas pris en compte dans le **SRCAE** jusqu'en 2020.

Les travaux des ERE (basé sur l'étude de Futur Facteur 4) qui complètent le **SRCAE** avec un « focus 2050 » ont conduit à une estimation des consommations du secteur de l'agriculture, à l'horizon 2050, de 440 ktep qui prend en compte aussi les consommations indirectes. Une comparaison est donc compliquée. Seul la consommation de l'industrie agro-alimentaire correspond à 300 ktep en 2050.

L'étude **Futur facteur 4** modélise aussi un changement de modes alimentaires (une diminution de la consommation de viande entre 10 et 20 %) cependant d'une moindre importance que le scénario Virage énergie climat (-50 % de viande et de produits laitiers).

Les consommations d'énergie directes et indirectes du secteur agricole sont réduites de 38 % à environ 610 ktep (notamment l'énergie nécessaire pour la fabrication d'engrais).

Le scénario **Virage énergie climat** Pays de la Loire qui a travaillé sur cette partie du scénario directement avec le bureau d'étude Solagro permet de diviser les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture de 54 % (4,78 Mt équivalent CO₂).

BÂTIMENT

Secteur résidentiel

En Pays de la Loire, on dénombre 1,8 millions de logements dont 1,5 résidences principales. La proportion régionale de logements individuels (72 %) est nettement supérieure à la proportion nationale (57 %). La proportion de logements locatifs est quant à elle inférieure à la moyenne nationale. Selon l'étude Explicit publiée en 2009, les logements représentent 34 % de la consommation totale d'énergie et 13 % de la totalité des émissions de gaz à effet de serre.

→ Les objectifs habitat du **SRCAE** pour 2020 sont formulés conjointement pour le secteur résidentiel et tertiaire. Une consommation unitaire moyenne régionale de 145 kWh/m²/an est atteinte en 2020 soit -25 % par rapport à 2008.

La consommation d'énergie finale baisse de -19 % par rapport à 2008 (elle est moindre que la consommation unitaire car elle prend en compte l'augmentation des logements) et les émissions de -35 % (3,7 Mteq CO₂).

Les prévisions à l'horizon 2050 issues de l'étude Futur Facteur 4 estimées dans le cadre des ERE envisagent une rénovation de plus de 80 % du parc en 2050 en visant un objectif BBC rénovation (moyenne de 35 kWh/m².an pour une maison individuelle). L'objectif 2050 est d'atteindre une consommation de 940 ktep pour le logement; une diminution de 60 % par rapport au scénario tendanciel.

Un jeu de 3 variables a été défini par un collège d'experts qui permet d'atteindre un niveau de consommation, en 2020, de -23 % par rapport à 2008.

1 Rythme de rénovation

Pour l'habitat, les hypothèses de proportions de logements rénovés sont différenciées en fonction du statut d'occupation des logements (propriétaire / locataire) et des difficultés rencontrées (capacités financières, copropriétés); par exemple :

- logements individuels privés occupés par leurs propriétaires : ce segment représente le plus gros gisement d'économie d'énergie. Le propriétaire occupant peut par ailleurs envisager un retour sur investissement. La proportion a été fixée à presque 1 logement existant en 2009 sur 2 rénové en 2020;
- logements collectifs privés : les difficultés à rénover dans les copropriétés conduisent à limiter le nombre de rénovations attendues. La proportion a été fixée à 1 logement existant sur 5 (d'après 1948) rénové en 2020.

2 Performance

Les rénovations ont été effectuées d'une manière globale afin d'éviter des travaux « en étapes ». Les logements rénovés consomment en moyenne :

- pour le parc individuel privé : 75 kWh_{th}/m².an pour les usages thermiques (soit 100 kWh_{th}/m².an au total);
- pour le parc collectif privé et le parc social : 55 kWh_{th}/m².an pour les usages thermiques (80 kWh_{th}/m².an au total).

3 Consommation liée aux usages spécifiques

Les consommations spécifiques (consommations liées à l'utilisation de systèmes de chauffage, à l'électroménager...) après travaux de rénovation baissent de 15 kWh_{th}/m².an, soit d'environ 40 %.

→ Dans le scénario **Virage énergie climat** le gain en économies d'énergie en 2050 par rapport à 2010 est de -58 % (1160 ktep). Les logements existants rénovés représentent encore 74% de la consommation totale d'énergie (66 kWh/m².an). En 2050, la consommation unitaire par logement n'est plus que de 28 % par rapport à celle de 2010.

Par contre l'effort d'économies d'énergie est, en partie, compensé par l'augmentation du nombre de logements (près de 50 %).

Les économies d'énergies (58 %) portent principalement sur les postes du chauffage et de l'eau chaude sanitaire. Il y a une faible augmentation de l'électricité spécifique.

La modélisation prend en compte l'augmentation de la population et du nombre de logements. Les propositions en termes d'économies d'énergie s'appuient sur les leviers suivants :

- une rénovation énergétique performante de l'habitat existant permettant une division par 3 de la consommation d'énergie;
- des constructions neuves de plus en plus économes : à partir de fin 2012, toute nouvelle construction sera un bâtiment basse consommation (BBC). Dès 2020, tous les bâtiments neufs seront à énergie positive (BEPOS);
- des équipements très performants : les équipements pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, les équipements électroménager seront de plus en plus économes en énergie;
- un comportement économe des particuliers : la sobriété dans l'usage des équipements est nécessaire pour atteindre des objectifs optimaux.

Le travail sur le chapitre résidentiel a été mené avec un soutien du bureau études INDDIGO.

La démarche de recherche des économies d'énergie dans l'habitat a suivie les étapes suivantes dans le scénario Virage énergie climat :

Étape ① Connaître la population de la région et son évolution à 2050

Le scénario prévoit une augmentation de la population de 28 % et poursuite de la décohabitation ce qui amène une hausse du nombre de logements de 48 % avec cependant une faible augmentation de la surface des logements de 21 %.

Étape ② Connaître le parc actuel de logements et la consommation d'énergie correspondante

Le scénario s'appuie sur trois sources principales :

- l'étude Explicit 2009, réalisée pour le compte de l'ADEME et la Région des Pays de la Loire (Explicit 2009)¹, (nous avons actualisé les chiffres de 2006 pour avoir des données en 2010);
- les documents de travail de la DREAL, remis à l'automne 2011 pour la préparation du SRCAE ;
- les données INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) pour l'augmentation de la population et l'évolution de la taille des ménages.

Étape ③ Prévoir l'évolution du parc, d'ici à 2050, en tenant compte de la date de construction des logements

En prenant en compte un taux de construction de 1,4 % par an et une dé-construction de 0,14 %, le nombre de logements neufs construits par an est d'environ 20000 ; ce qui provoquera la construction d'environ 734 000 logements nouveaux jusqu'en 2050 (2,26 M).

Les nouveaux logements sont des logements BBC, puis des logements BEPOS. Cependant, la part des logements anciens et actuels (construits avant fin 2012) reste très importante, soit les 2/3 du parc en 2050. Le parc est donc composé par 3 types de logements :

- les logements anciens et actuels, construits avant 2013, qui devront être rénovés thermiquement d'ici à 2050 ;
- les logements type BBC, construits entre 2013 et 2020 ;
- les logements type BEPOS, construits à partir de 2020.

Étape ④ et ⑤ Présenter et chiffrer les actions d'économies d'énergie, selon les usages et les types de logements

Le besoin de *chauffage* (en énergie finale) est d'environ 175 kWh/m².an en moyenne pour le parc en 2010. L'objectif après travaux du scénario est de 35 kWh/m².an, pour une rénovation performante de type « BBC rénovation ». Les types de chauffage déployés évoluent jusqu'en 2050 afin de privilégier le chauffage solaire, le chauffage au bois ou à granulés, les chaudières gaz à condensation et les pompes à chaleur avec coefficient de performance supérieur à 4. La première tranche des rénovations, entre 2010 et 2020, porte sur les logements E, F ou G selon l'étiquette du diagnostic de performance énergétique (DPE). Le gain, obtenu suite à ces travaux, est alors très important. Il représente 35 % des économies d'énergie totales. Il concerne un peu plus de 40 000 logements à rénover par an.

Sur les décades suivantes, on passe progressivement à des logements plus récents, moins énergivores. Le gain est alors plus faible en résultat.

Le besoin actuel en énergie pour la production d'*eau chaude sanitaire* est de 26 kWh/m².an en moyenne. La sobriété dans l'usage (une douche plutôt qu'un bain, une douche courte, limiteur de débit etc.) permet un gain d'environ 50 % sur le volume d'eau chaude (passage de 26 à 13 kWh/m².an). Comme en 2050, le nombre d'habitant par unité de surface est plus faible (de 21 %), le besoin final est de 10 kWh/m².an. Les économies d'énergie sur l'*électricité spécifique* (moyenne 2700 kWh par an et par foyer pour l'ensemble des usages). Pour établir la consommation électrique, d'ici à 2050, 2 évolutions sont prises en compte :

- une faible augmentation du nombre des équipements, soit 50 % de plus entre 2010 et 2050 ;
- une amélioration de l'efficacité des appareils et un usage dans de bonnes conditions permettent une division de la consommation unitaire de chaque équipement par 2.

Ainsi un facteur de réduction de $1,5/2 = 0,75$ est obtenu qui s'applique aux différents usages de l'électricité.

A cela s'ajoute une consommation supplémentaire des ventilations de type double flux (VMC2F), pour les logements neufs BBC et BEPOS (3,1 kWh/m².an).

Le besoin actuel en énergie pour la cuisson est de 12 kWh/m².an. Le bon usage des équipements de cuisine et l'amélioration de certains équipements permettent d'économiser environ 1/3 du besoin d'énergie pour la cuisson. Ainsi, le besoin en énergie pour la cuisson passerait de 12 à 8 kWh/m².an. De plus, en 2050, le nombre d'habitants par unité de surface est plus faible (de 21 %), le besoin baisse donc à 6,5 kWh/m².an.

Des actions de *sobriété énergétique* sont également pris en compte comme le respect des températures de consigne (19°C le jour, 16°C la nuit), un bon usage de la régulation des appareils de chauffage (horloge et programmation, robinets thermostatiques, etc).

Étape ⑥ et ⑦ Compte tenu du parc de logements en 2050, prévoir la consommation totale d'énergie, d'ici à 2050 et faire apparaître les économies d'énergie par rapport à la consommation de 2010

Le gain en 2050 par rapport à 2010 en terme d'économies d'énergie est de 58 % (1 160 ktep).

Étape ⑧ Indiquer les variations en usage de l'énergie

L'effort en économie d'énergie (58 %) se traduit principalement par une économie sur les postes du chauffage (-75 %) et de l'eau chaude sanitaire (-39 %). Le poste de cuisson baisse de 16 %. Il y a une faible augmentation de l'électricité spécifique (+5 %).

Étape ⑨ Comparer les résultats avec d'autres scénarios de prospective énergétique ; notamment ceux du SRCAE.

→ L'étude de **Futur Facteur 4** aborde le secteur résidentiel sous deux angles dans deux chapitres séparés; le premier présente un découpage par usages « le confort résidentiel » et l'autre l'approche sectorielle classique. Les deux analyses intègrent l'existence de 3 scénarios économiques différents.

Le secteur résidentiel diminue pour le scénario 2 sa consommation énergétique finale de -64 % entre 2008 et 2050 (de 2 615 à 937 ktep).

Les 3 scénarios sont peu différenciés et concluent sur une baisse notable des consommations en raison de l'effort massif sur les rénovations des logements. Globalement il y a une nette baisse des consommations de chauffage ainsi qu'une diversification du mix énergétique : développement du bois, du chauffage urbain et des pompes à chaleur face au gaz et au pétrole.

La catégorie confort résidentiel décrit les usages de l'énergie permettant de vivre au chaud et abrité dans un logement. Elle ne s'étend pas aux activités des habitants (cuisson, loisirs, audiovisuel) à l'intérieur de ce logement. En 2008, cette catégorie d'usage était la plus consommatrice avec 29 % des consommations finales de la région.

L'analyse par « usages » donne donc des renseignements sur le nombre logements et m² à chauffer par ménage, le chauffage et la consommation d'eau chaude sanitaire.

Concernant le nombre des m² l'étude modélise une augmentation, selon l'INSEE, de 900 000 habitants de plus d'ici à 2040. Ceci aura 3 effets : un besoin de construction neuve, un passage de résidences secondaires en primaires et une poursuite de la décohabitation avec l'augmentation de la part de personnes vivant seules ou en couple sans enfants. Les 2 premiers étant stables pour les 3 scénarios, le 3^e s'applique d'une manière différenciée :

Le scénario ① (0,7 % de croissance) intègre d'un phénomène de décohabitation plus faible que les deux autres scénarios tendanciels. La situation de faible dynamisme économique se traduisant par des départs du logement familial plus tard chez les jeunes, plus de colocation, etc.

Le scénario ② (2 % de croissance) encourage la décohabitation. La région se retrouve en 2050 parmi les plus basses en France en ce qui concerne le nombre d'habitants par ménage.

Le scénario ③ se base sur une situation intermédiaire.

L'étude modélise également l'évolution de la répartition entre maisons individuelles et collectives. La préférence pour la maison individuelle est historiquement très forte en Pays de la Loire où les 3/4 du parc bâti sont constitués de maisons individuelles.

Dans le scénario ① la part de maisons individuelles diminue jusqu'à atteindre 35 % du neuf en 2050 à cause d'une densification urbaine et périurbaine sous l'effet notamment du prix des carburants qui encourage les nouveaux habitants à se rapprocher des centres-villes.

Dans le scénario ③, le pouvoir d'achat des ménages continue de s'apprécier et un plus grand nombre de ménages accèdent au mode de vie pavillonnaire.

Le scénario ② constitue une situation intermédiaire avec le renforcement des maisons de rue, d'individuel groupé ou de petit collectif (deux appartements pour une même maison par exemple).

La consommation d'eau chaude sanitaire (entre 45 et 65 litres d'eau chaude sanitaire par jour en 2010 selon l'usage et l'équipement) se rapproche de 50 litres/jours/habitant dans les deux premiers scénarios de croissance. Dans le troisième scénario, le pouvoir d'achat accru des ménages participe au maintien de la moyenne aux alentours de 60 litres par personne. Des accessoires (comme les mousseurs sur les robinets et de réducteurs de débit) permettent une réduction de 50 % des consommations d'ECS à niveau de service égal. Cette mesure est déployée dans les trois scénarios.

L'approche sectorielle de l'étude quantifie les consommations et économies d'énergie liées :

- au chauffage des logements avec la présentation des hypothèses de scénarisation, notamment :
 - les rythmes de construction neuve,
 - les rythmes de rénovation,
 - les substitutions d'énergie de chauffage;
- aux besoins d'eau chaude sanitaire.

Le besoin en construction neuve prend en compte les hypothèses concernant l'augmentation de la population, le passage de résidences secondaires en primaires et la tendance de la décohabitation qui impacte le nombre de personnes par ménage (en 2008, 2,28 personnes; dans les 3 scénarios entre 2,18 et 2,05). De ces hypothèses résulte un besoin de constructions neuves entre 572 000 – 701 000 pour les 3 scénarios.

Un report progressif de la part de l'individuel en faveur des logements collectifs dans les scénarios à croissance faible et inversement dans les scénarios à croissance moyenne et forte, est pris en compte. On vise, en 2050, les répartitions suivantes :

- Scénario ① 25 % de maisons individuelles/75 % de logements collectifs dans les constructions neuves;
- Scénario ② 30 % de maisons individuelles/70 % de logements collectifs dans les constructions neuves;
- Scénario ③ 40 % de maisons individuelles/60 % de logements collectifs dans les constructions neuves.

Les trois scénarios volontaristes prennent en compte une évolution de la réglementation thermique : La réglementation thermique 2012 à partir de 2012 sans récupération de chaleur sur l'air extrait. Une réglementation thermique 2020, correspondant aux performances thermiques de la RT2012 avec la généralisation de la récupération de chaleur sur l'air extrait. Une réglementation thermique 2030, équivalent au label Passivhaus actuel. Le besoin de chauffage pour la maison individuelle passe donc progressivement de 40 à 10 kWh/m².an.

500

Les orientations pour le système de chauffage (distinguées pour les maisons individuelles, collectives et les HLM) dans les trois scénarios volontaristes sont les suivantes : Pour la maison individuelle : disparition du fioul, du GPL et des convecteurs électriques à effet joule à compter de 2015 au profit des pompes à chaleur, des systèmes au bois performants et de connexion à des réseaux de chauffage urbain dans le cas de maisons individuelles groupées.

Concernant le chantier de rénovation du parc existant entre 2012 à 2020, 15 000 logements sont rénovés par an dont environ 75 % de maisons individuelles. Un effort particulier est porté sur les maisons d'avant 1974, les plus énergivores et les plus anciennes.

De 2020 à 2040, le « rythme de croisière » de la rénovation est atteint, avec environ 35 000 logements rénovés par an en région. La part des maisons individuelles d'après 1974 est plus importante sur la période 2030-2040, ainsi que le volume des rénovations HLM pour atteindre 100 % du parc HLM rénové en 2040.

Sur la période 2040-2050, le rythme de rénovation chute pour ne concerner que les derniers éléments du gisement, essentiellement les maisons individuelles récentes et/ou techniquement difficiles d'accès.

Les énergies de chauffage du parc existant évoluent également : Le charbon et les produits pétroliers (GPL, Fioul) en milieu rural sont remplacés par des chauffages au bois. Le bois, le gaz et les pompes à chaleur remplacent progressivement le chauffage électrique par convecteur dans les maisons individuelles.

Pour le scénario ① un besoin de 45 litre/personnes/jours pour l'eau chaude sanitaire est fixé tandis que les besoins des scénarios ② et ③ atteignent 65 litres/personnes/jours¹¹³.

Concernant les énergies utilisées, les scénarios intègrent une disparition du fioul d'ici 2020 au profit de l'entrée progressive des chauffe-eau thermodynamiques et des chauffe-eaux solaires thermiques.

Les scénarios volontaristes généralisent les réducteurs de débit à l'ensemble des logements de la région, mettent en place des récupérateurs de chaleur sur les eaux usées permettant ainsi de réaliser une division par 5 des consommations d'énergie finale pour l'eau chaude sanitaire.

Concernant les consommations d'électricité spécifique dans le secteur résidentiel l'étude Futur Facteur 4 tient compte des évolutions différenciées des usages, dans une logique « bottom-up » d'agrégation. Parmi les catégories analysées il y a :

- le froid domestique : les réfrigérateurs, congélateurs et appareils combinés (réfrigérateur et congélateur),
 - l'électricité du linge : les lave-linge, sèche-linge, fers à repasser,
 - l'audiovisuel : télévision et boîtiers de décodage, lecteur DVD, chaîne hi-fi, dispositifs de type home-cinéma, etc...

La méthodologie retenue pour modéliser ces consommations est de représenter un parc d'appareils à l'année initiale (pour la France en 2009, ramené dans notre exercice à un niveau régional en 2008). Pour chaque appareil, plusieurs paramètres sont analysés : L'évolution du taux d'équipement des ménages, la durée d'utilisation, l'évolution des puissances unitaires, la durée de vie moyenne des équipements, la performance des équipements neufs.

Un ensemble de kWh non affectés jusqu'en 2050, appelé « talon » de sécurité, est retenu par rapport au développement de nouveaux usages que l'on ne saurait décrire aujourd'hui (loisirs, santé, audiovisuel).

Les consommations énergétiques du poste cuisson diminuent de 25 % sur la période 2008-2050.

Résumé

Dans le scénario **Virage énergie climat** le gain en termes d'économies d'énergie en 2050 par rapport à 2010 est de -58 % (1 160 ktep) contre -64 % (937 ktep) pour le scénario 2 de **Futur Facteur 4**. La vision 2050 du **SRCAE** affiche une réduction équivalente à celle de FF4 car elle se base sur cette étude. La différence de consommation entre les premiers deux scénarios s'explique notamment par la différence d'estimation du besoin du nombre de logements en 2050 qui est supérieur pour le scénario Virage énergie climat.

Le taux des rénovations du parc existant varie également : tandis que le scénario Virage énergie situe l'effort le plus important sur la période 2010-20 (40 000 rénovations annuelles), Futur Facteur 4 n'atteint le « rythme de croisière » qu'entre 2020 et 2040, avec environ 35 000 logements rénovés par an.

Les scénarios coïncident par rapport à la disparition du fioul et du chauffage électrique à effet de joule en faveur des pompes à chaleur, du bois et du gaz performant selon la typologie (individuel versus collectif) et la situation géographique (rural versus urbain) du logement.

¹¹³. Les consommations indiquées pour les 3 scénarios divergent entre la description par usage et l'approche sectorielle.

Tertiaire

Le parc de bâtiments tertiaires chauffés en Pays de la Loire représente environ 50 millions de m², il consomme environ 1 Mtep, soit 13 % de la consommation d'énergie et émet 6 % de la totalité des GES.

→ Les objectifs du secteur du bâtiment du **SRCAE** pour 2020 sont formulés conjointement pour le secteur résidentiel et tertiaire. Afin de ne pas répéter les hypothèses de ce secteur merci de vous référer au chapitre sur le secteur résidentiel du SRCAE.

Quelques hypothèses spécifiques ont été formulées notamment concernant la rénovation des surfaces existantes pour le secteur tertiaire :

- 20M de m² de surface construits avant 2009 seront rénovés d'ici 2020;
- 1M de m² de surface construits entre 2010 et 2012 sera rénové d'ici 2020.

Les niveaux de consommations fixés après travaux sont les suivants :

La consommation du parc existant sera ramenée à 140 kWh/m²/an en 2020 et la consommation du parc des bâtiments publics baissera de 260 à 120 kWh/m²/an pour les 2/3 des bâtiments existants d'ici à 2020.

En plus une réduction de la consommation liée aux usages spécifiques, hors travaux de rénovation thermique de 10 kWh/m²/an est prise en compte.

→ Le scénario **Virage énergie climat** prévoit en 2050 une surface totale construite de locaux tertiaires de 95 M m², contre 50 M m² en 2009. La surface est divisée selon les activités et le type de locaux (les locaux rénovés ou BBC et BEPOS). L'effort de rénovation des locaux est de 40 % en 2020. En total les actions d'économies d'énergie permettent une diminution de 50 % de la consommation en 2050, par rapport à 2009 (chaleur -64 % ; électricité -15 %, cuisson -78 %).

Notamment la rénovation énergétique permet une forte réduction des consommations d'énergie des bâtiments qui est cependant compensée en partie par l'augmentation des surfaces dédiées aux activités tertiaires. Le comportement des usagers est également important et constitue un gisement d'économies au regard des gaspillages aujourd'hui constatés.

Le travail sur le chapitre tertiaire a été mené avec un soutien du bureau d'études INDDIGO.

En total les actions d'économies d'énergie permettent une diminution de 50 % de la consommation en 2050, par rapport à 2009 (chaleur -64 % ; électricité -15 %, cuisson -78 %) ce qui inclut la construction neuve et l'augmentation globale des surfaces.

→ L'étude **Futur Facteur 4** présente la consommation d'énergie sous forme de deux déclinaisons : par usage et par branche et cela pour les 3 scénarios de croissance (0,7 %, 1,3 % et 2 %). L'approche usage décrit en détail les consommations dans les branches santé, services, actes et produits de consommation, loisirs, information, éducation et relationnel, déplacements liés au travail.

Ici nous nous concentrons sur la description sectorielle qui analyse les usages suivants pour 8 branches d'activités (bureaux, cafés hôtels restaurant, commerces, enseignement, santé, transport, habitat communautaire et social, sport loisir culture équipements) :

- Le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la climatisation, la cuisson, l'éclairage, l'informatique, la ventilation, les autres usages de l'électricité spécifique.

Après une analyse de l'existant, les activités tertiaires font l'objet d'une modélisation simplifiée à mi-chemin entre une modélisation top-down et bottom-up.

Les activités tertiaires dépendent d'un certain nombre de déterminants qui varient d'une branche à l'autre :

Pour l'alimentaire au détail : L'évolution des besoins en surface de vente des produits alimentaires sera déterminée par l'évolution des besoins alimentaires ainsi les surfaces de vente nécessaire pour répondre à ces besoins.

L'évolution des besoins d'alimentation évolue en fonction de la croissance de la population, de l'évolution du contenu de l'assiette alimentaire des personnes (quantité d'aliments par personne, quantité de viande par personne), et leur capacité à maîtriser le gaspillage alimentaire.

L'évolution des mètres carrés des bureaux sera fonction de l'évolution des besoins de services, eux-mêmes fonctions de l'évolution du pouvoir d'achat moyen des habitants et donc du PIB par habitant. L'évolution des besoins de surfaces de tertiaires santé (hôpitaux, crèche, etc.) sera fonction de l'évolution de la croissance de la population ainsi que l'évolution des dépenses de santé par habitant (lui-même fonction de l'âge moyen de la population) etc.

La déclinaison des trois taux de croissance annuels de l'économie impacte directement l'évolution des surfaces de bâtiments tertiaires. Le scénario à croissance faible (0,7 % par an) contraint l'ensemble des activités économiques et notamment le développement des activités tertiaires et la construction des locaux qui les accueillent. Dans ce premier scénario, la surface des bâtiments tertiaires croît de 22 % sur la période 2008-2050. Les scénarios à croissance moyenne (1,3 % par an) et forte (2 % par an), dont les activités tertiaires sont dynamisées par la croissance économique, voient respectivement croître leur parc de bâtiments tertiaires de 43 % et 75 %. Ces évolutions sont déclinées par branche d'activité.

500

Par exemple les **activités de sports et loisirs** sont impactés par la situation économique de la région. Pour chacun des scénarios le parc des bâtiments associés à ces activités connaît une évolution respective de - 11 %, 52 % et 88 % d'évolution des surfaces. Les activités CAHORE sont fortement impactées par la situation économique de la région. Le scénario tendanciel à faible croissance voit son parc se réduire de 11 % sur la période 2008-2050. Les scénarios à moyenne et forte croissance quant à eux connaissent une croissance respective de 17 % et 49 %.

La performance de la construction neuve évolue avec la réglementation thermique (RT2005 – 2030) avec deux trajectoires : L'amélioration progressive de la réglementation thermique et la contraction des consommations conventionnelles de chauffage et d'ECS uniquement et l'élargissement des exigences réglementaires aux usages spécifiques (informatique, électroménager, etc.) venant limiter ces consommations à partir de 2020.

Le rythme de rénovation est décliné au regard des contraintes sur les activités tertiaires et de l'ancienneté du parc.

Concernant les consommations de chauffage après rénovation des bâtiments, l'étude distingue quatre cas qui représentent des potentiels différents en fonction des 8 branches d'activité :

- les locaux à occupation diurne;
- les locaux à occupation quasi-permanente;
- les locaux à usages intensifs en chauffage;
- les locaux à usages peu intensifs en chauffage.

Les consommations d'énergie finale passent à travers trois étages de taux :

- **taux de croissance** : liés à l'évolution des activités et de réglementation thermique;
- **taux d'efficacité** : liés à la déconstruction du parc et son remplacement par des constructions neuves;
- **taux de substitution** : liés à l'évolution des parts de marchés des systèmes d'énergie.

Le facteur de réduction des consommations pour le chauffage varie de 1,5 à 3 après travaux.

Le rythme de rénovation annuel est de l'ordre de 500 000 m² par an sur la période 2008-2012 suivi d'une montée en puissance pour dépasser le million de m² rénovés par an sur la période 2020-2030 et aboutir en fin de période à des rythmes de 1,2 millions de m² rénovation.

Concernant l'évolution des systèmes de chauffage l'étude modélise une disparition des systèmes au charbon qui seront remplacés par le gaz et le chauffage urbain (en contexte dense) et du bois (en péri-urbain). La totalité des substitutions sont opérées au plus tard en 2020. La substitution progressive des systèmes électriques à effet de joule s'effectue au profit des pompes à chaleur aérothermique et géothermique basse température.

La consommation pour l'eau chaude sanitaire baisse de 55% et on observe également la disparition du fioul et du ballon électrique accompagné par un développement du solaire thermique.

Concernant la climatisation les gains d'efficacité sont liés au renouvellement naturel des systèmes de climatisation sur la base d'une durée de vie moyenne des systèmes de 15 ans et des gains d'efficacité énergétique après remplacement de systèmes de l'ordre de 20 %.

Concernant l'éclairage la disparition des technologies les plus consommatrices au profit de la pénétration des technologies d'éclairage les plus performantes est modélisé avec un potentiel d'économie d'énergie de 80% est envisagé d'ici 2050. Concernant l'efficacité énergétique du matériel informatique, deux trajectoires sont prises en compte : l'une pour le cas spécifique des bureaux (une économie de 30 % d'énergie sur les consommations unitaires des postes informatiques) et l'autre pour le reste des branches du tertiaire 20% d'ici 2050). En total l'étude Futur Facteur 4 modélise une réduction des consommations du secteur tertiaire de 68 % (facteur 3), 51 % (facteur 2) et 37 % (facteur 1,5) pour les 3 scénarios.

Résumé

Dans le scénario **Virage énergie climat** le gain en termes d'économies d'énergie en 2050 par rapport à 2010 est de -50 % (490 ktep) contre -68 et -37 % (369-719 ktep) pour les 3 scénarios de croissance économique de **Futur Facteur 4**. La vision 2050 du **SRCAE** affiche une réduction équivalente à celle de FF4 car il se base sur cette étude.

Pour Futur Facteur 4 les scénarios à croissance moyenne (1,3% par an) et forte (2% par an) voient respectivement croître leur parc de bâtiments tertiaires de 43% et 75% contre presque un doublement des surfaces pour Virage énergie climat.

Le facteur de réduction des consommations pour le chauffage varie de 1,5 à 3 après travaux pour Futur Facteur 4, Virage énergie climat modélise une diminution de 80% en 2050 pour l'usage du chauffage.

Le rythme de rénovation annuel dans les scénarios Futur facteur 4 est de l'ordre de 500 000 m² par an sur la période 2008-2012 suivi d'une montée en puissance pour dépasser le million de m² rénovés par an sur la période 2020-2030 et aboutir en fin de période à des rythmes de 1,2 millions de m² rénovation. L'effort de rénovation des locaux est de 40% en 2020 (100% en 2050) pour le scénario Virage énergie climat; donc environ 1,7 M m² rénovés par an. Ça veut dire une grande partie de l'effort de rénovation a lieu avant 2020 contrairement à l'étude Futur Facteur 4.

Au niveau méthodologique les deux scénarios présentent les évolutions des consommations du secteur déclinées par branche d'activité et usage.

TRANSPORT

En 2006, les transports et déplacements représentaient 33 % de l'énergie consommée et 23 % de la totalité des émissions de gaz à effet de serre (GES) de la région des Pays de la Loire. Ce secteur est en forte croissance avec une dépendance au pétrole de 97 %. Les modes routiers sont les plus consommateurs d'énergie et les plus émetteurs.

Transport de passagers et de marchandise

Même si les méthodologies de scénarisation pour le transport de passagers et de marchandise ne sont pas les mêmes il seront traités ici dans le même chapitre car les scénarios les ont considérés ensemble.

→ Le SRCAE arrive en 2020 pour le transport de passagers et de marchandises à une consommation de 2200 ktep qui représente une baisse de 14 % par rapport à 2008 et une diminution de 16 % des émissions de CO₂eq, également par rapport à 2008.

Le Focus 2050 issu de l'étude Futur Facteur 4 adopté dans le cadre des Etats régionaux de l'énergie (ERE) complète le diagnostic du secteur des transports en y intégrant les consommations liées au transport aérien et au transport de marchandises par voie maritime. Aussi la situation en 2008 varie: une consommation énergétique de 1 615 ktep est comptabilisée pour le transport des personnes et 1 240 ktep pour le transport des marchandises, soit un total de 2855 ktep contre 2 550 ktep qui ressortent du diagnostic du SRCAE. Les ERE ont conduit à un objectif de consommation 2050 de 990 ktep pour le transport des personnes et 575 ktep pour le transport de marchandises soit un total de 1 565 ktep.

Pour la mobilité des personnes le scénario se base sur 3 jeux de variables :

① Développement des modes alternatifs au routier

- Pour les trajets de 0 à 2 km : en 2020 utilisation du vélo ou de la marche dans 90 % des cas (en 2006 : 55 %).
- Pour les trajets de 2 à 5 km : utilisation du vélo ou de la marche dans 66 % des cas (en 2006 : 10 %).
- En 2020 : 10 % des passagers-kilomètres routiers se reportent pour moitié sur les transports en commun routier et pour moitié sur le transport ferroviaire et en 2050 : 20 % se reportent suivant la même répartition.

② Amélioration de l'efficacité énergétique des moyens de transport

- Une diminution de 13 % de la consommation des véhicules entre 2005 et 2010 puis maintien du niveau de consommation jusqu'à 2020.
- Une augmentation du taux d'occupation des véhicules à 2 à partir de 2020 et à 2,75 après 2020 contre 1,8 en moyenne actuellement. Cela passera par un développement important du covoiturage.

③ Réduction des distances de déplacement

Pour le transport de personnes, une baisse de 10 % des distances moyennes en 2020 est possible en repensant l'aménagement afin de revenir à une mixité fonctionnelle des espaces, notamment urbains.

Pour le transport de marchandise, le niveau d'ambition du Grenelle de l'environnement est respecté : atteindre un niveau de la part des modes ferroviaires et fluviaux de 25 % à l'horizon 2020.

En plus une amélioration de 23 % de l'efficacité énergétique des poids lourds et VUL est prévue en 2020. Ces objectifs seront atteints par l'accroissement du rendement de motorisation des véhicules (encadré par des normes européennes de plus en plus strictes), le développement de l'éco-conduite et un meilleur taux de remplissage des poids-lourds.

Concernant l'évolution des t*km une baisse de 10 % des distances moyennes en 2020 est prévue en repensant le territoire afin de rationaliser les sites de productions.

Le scénario modélise par ailleurs une massification des flux transportés : les modes fluviaux et ferrés étant particulièrement compétitifs pour de gros volumes ce qui demande notamment le développement de plate-formes multimodales reliées entre elles par le rail ou le fleuve et complétées par le mode routier pour les trajets initiaux ou finaux.

Dans le domaine des transports et des déplacements terrestres, la méthode de scénarisation du scénario **Virage énergie climat** comporte les étapes suivantes.

Etape ① Bilan des consommations d'énergie des transports et déplacements dans la région

Le scénario s'appuie sur les études suivantes :

- le bilan énergie-climat de la région Pays de la Loire réalisé par Explicit en 2009;
- les documents de travail de la DREAL mis à disposition dans le cadre de la préparation du SRCAE;
- le Dossier INSEE Pays de la Loire n° 35 : Les transports et déplacements des habitants des Pays de la Loire, avril 2010 (INSEE Pays de la Loire, 2010a).

Le scénario applique pour les transports terrestres, une approche de comptabilisation « cadastrale ». Pour les transports extra-régionaux et internationaux, essentiellement aériens ou maritimes un périmètre élargi a été choisi, qui permet de retrouver les consommations d'énergie et/ou les émissions attribuées à chacun des (aéro)ports de la région.

Le scénario n'aborde pas les substitutions possibles par d'autres carburants. Il porte sur un potentiel d'économies d'énergie, exprimé en pourcentage par rapport à des consommations à une échéance donnée. La modélisation se base donc sur des quantités d'énergie sans avoir à passer par des unités intermédiaires de type personnes.km ou tonnes.km.

L'étude Explicit fournit les consommations d'énergie selon les types de trajets. Du fait de la disparité des consommations d'énergie entre transports terrestres de marchandises et de personnes, nous les avons traitées séparément.

Le rapport Explicit (2009) distingue 3 catégories de déplacements :

- la catégorie « urbain », qui concerne les villes de plus de 10 000 habitants;
- la catégorie autoroute, restreinte au territoire de la région;
- la catégorie « interurbain », qui regroupe les autres déplacements et transports notamment les mouvements entre la périphérie et le centre des grandes villes, ainsi que les trajets en milieu rural.

A ces 3 typologies une catégorie unique pour le transport de marchandises a été ajouté sans différencier les types de trajets.

Etape ② Extrapolation des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre en 2010, puis 2050, proportionnellement à l'augmentation de la population régionale

Le taux d'augmentation de la population régionale prévu par l'INSEE a été appliqué aux consommations d'énergie des transports terrestres estimées par l'étude Explicit pour 2006, afin d'estimer l'évolution de ces paramètres en 2010 et 2050, en l'absence d'actions d'économies d'énergie (+34 %).

Etape ③ Analyse des déplacements dans la région, et notamment des interactions entre motifs, types de trajets et modes de déplacement.

L'étude de l'INSEE pour la région Pays de la Loire « Les transports et déplacements des habitants des Pays de la Loire » (2010) a permis de caractériser finement les déplacements de personnes en fonction du motif du trajet, de sa nature et du mode de transport.

Afin de modéliser la quantité d'énergie pour les déplacements de personnes la formule suivante a été utilisée :

- P : nombre P de personnes qui se déplacent (et indication de fréquence)
- K : le nombre de km de chaque déplacement
- E : efficacité énergétique du mode de transport utilisé pour le déplacement, soit la quantité d'énergie pour déplacer une personne sur 1 km.

$Q = \text{quantité d'énergie nécessaire} = P \times K \times E$

Sur la base de cette formule générale les économies d'énergie des transports ont été identifiées et quantifiées à l'aide des types d'actions ci-dessous :

- ① diminuer globalement les déplacements (moins de personnes se déplacent et/ou elles se déplacent moins loin et/ou moins souvent), tout en gardant le mode voiture;
- ② selon le type de trajets, proposer de changer de mode de déplacement, en diminuant la part de la voiture au profit d'autres modes de déplacements plus économes en énergie;
- ③ pour la partie des déplacements restant en voiture, améliorer l'efficacité de la voiture;
- ④ pour les déplacements reportés sur d'autres modes, évaluer l'efficacité de ces autres modes de déplacements.

Pour chaque action des gains et les économies ont été calculés. L'efficacité de l'action d'économie d'énergie est alors exprimée comme la part d'énergie économisée par rapport à la situation de départ, exprimée en pourcentage (%). Le gain d'énergie total est obtenu en cumulant les actions d'économies d'énergie élémentaires.

Etape ④ Présentation théorique des actions d'économies d'énergie dans les transports et de la méthode de calcul pour évaluer leur efficacité

Voici quelques actions types et les potentiels d'économies identifiés pour les différentes typologies de trajectoires :

- réduire le nombre de déplacements professionnels par une incitation à la mise en place de Plans de Déplacements Entreprise (PDE) par exemple. Si le besoin de déplacement professionnel (qui représente 30 % du total des déplacements) est réduit de 10 % par une combinaison de ces différentes actions, le gain serait alors de 3 % sur la totalité de ces déplacements terrestres;
- réduire les distances parcourues par un rapprochement de l'habitat et des activités : diminution de 8 % le nombre de trajets en milieu urbain (en raison d'une offre plus importante d'activités de proximité), de 5 % en interurbain et de 2 % seulement sur autoroute;
- remplacer la voiture par d'autres modes de déplacement : L'usage de la voiture diminue beaucoup en urbain et devient inférieur à 50 % pour les autres trajets;
- améliorer la technologie des véhicules : en intégrant les facteurs de légèreté et de réduction de puissance, un gain possible de 40 % sur tous les types de trajets;
- limiter la vitesse : Une réduction de la vitesse maximale de 10 à 20 %, selon le type de routes, engendre une diminution de la consommation d'environ 15 % sur grandes routes et autoroutes. Cette diminution est moindre sur les autres trajets;
- covoiturage : multiplication environ par 2 du nombre de personnes par voiture. Le gain d'efficacité énergétique du covoiturage est évalué à 66 %.

Etape 5 Application de ces actions d'économies d'énergie aux déplacements de personnes, avec chiffrage du gain apporté par chacune des actions et calcul du potentiel total d'économies d'énergie

Les actions d'économie d'énergie pour le secteur du transport terrestre de personnes permettent d'économiser 67 % de l'énergie consommée en 2010. Le potentiel d'économie d'énergie est le plus élevé pour les trajets urbains (69 %) et interurbains (65 %) où l'offre de transports en commun est plus importante, et plus faible mais néanmoins encore très significative pour les trajets sur autoroutes (58 %).

Le rapprochement de l'habitat aux activités et le passage vers les modes actifs et collectifs représentent les potentiels les plus importants (chacun 15 %) suivis notamment par le covoiturage et l'amélioration de l'efficacité des moteurs.

Etape 6 Application des actions d'économies d'énergie aux transports de marchandises

La méthode utilisée pour estimer le potentiel d'économies d'énergie pour le transport des marchandises dans la région des Pays de la Loire est proche de celle mise en œuvre précédemment pour les économies d'énergie pour le déplacement des personnes :

- 1 évaluation des actions de réduction du tonnage et des distances parcourues par les marchandises transportées : Par exemple la réduction du tonnage des marchandises et des distances parcourues s'appuie sur la mise en place de circuits courts, la réduction des marchandises transportées à cause d'un changement de modes de vie (réemploi de produits de seconde main) : ces types d'actions cumulés sont à l'origine d'une réduction globale d'environ 35 % du volume transporté.
- 2 transférer des marchandises de la route vers le rail et estimer le gain d'efficacité énergétique obtenu : Report de 50 % du trafic de marchandises de la route vers le rail : Le transport ferroviaire permet d'économiser environ deux tiers (66 %) de l'énergie qui aurait été nécessaire pour transporter les mêmes marchandises par la route.
- 3 améliorer l'efficacité du transport routier restant : par exemple l'amélioration de la logistique en assurant un meilleur remplissage des camions pourrait permettre d'économiser 25 % de l'énergie dépensée lors d'un trajet. La limitation de la vitesse peut être à l'origine d'une économie de 5 % de l'énergie dépensée lors d'un trajet etc.
- 4 estimer le potentiel d'économies d'énergie résultant de ces actions identifiées.

La mise en œuvre des actions proposées permet une réduction de 63 % la quantité d'énergie consommée pour le transport de marchandises dans les Pays de la Loire en 2050, par rapport au niveau de 2010.

Le report sur le ferroviaire (32 %) et le prolongement de la durée de vie des produits qui entraîne une diminution des t*km (14 %) représentent les potentiels d'économies d'énergie les plus importants, suivis par la relocalisation des activités via des circuits courts (11 %) et l'amélioration de la logistique (12 %).

Etape 7 Evaluation du potentiel d'économies d'énergie réalisable sur la totalité des transports et des déplacements terrestres en 2050 et évaluation de la réduction des émissions induite par ces économies d'énergie

En 2050, tout en tenant compte de l'augmentation de la population, le potentiel d'économies d'énergie pour les transports et déplacements terrestres de la région des Pays de la Loire représente 64 % de la consommation énergétique de 2010 (971 ktep) et 46 % par rapport à la consommation de 1990.

Etape 8 Etablissement d'un calendrier pour la mise en œuvre d'actions d'économies d'énergie et l'évolution du type de vecteurs énergétiques utilisés par les transports

La moitié du potentiel d'économies d'énergie des transports terrestres est réalisé dès la première décennie (2010-2020). Environ 25 % du potentiel d'économies d'énergie est mis en œuvre lors de la seconde décennie (2020-2030), lorsque les mesures, dont la réalisation est plus longue (urbanisme et aménagement du territoire, densification des réseaux de transports collectif, etc.) commenceront à porter leurs fruits.

Une étude supplémentaire a été effectuée concernant le trafic aérien et maritime.

Pour l'aérien la méthode suivante a été appliquée :

Etape 1 Estimation du nombre de passagers fréquentant l'aéroport de Nantes par décades jusqu'en 2050 pour le scénario de laisser-faire, d'après les projections officielles. Ces hypothèses officielles de croissance du trafic aérien dans la région sont : +5.9 % entre 2005 et 2015, +2.9 % entre 2015 et 2025 et +2.1 % entre 2015 et 2025.

Etape 2 Définition d'objectifs de réduction des consommations de kérosène de l'aéroport de Nantes pour notre scénario de sobriété énergétique. Le scénario applique au transport aérien les mêmes objectifs d'économie d'énergie que celles évaluées pour le transport terrestre : +1 % en 2020 et -46 % en 2050 (par rapport à 1990).

Etape 3 Calcul des quantités de kérosène « consommées » et des gaz à effet de serre émis en moyenne par passager et par vol jusqu'en 2050. Les calculs ont été réalisés à partir des statistiques de consommation de kérosène et d'émissions des aéroports disponibles. Les émissions en altitude ont été multipliées par 2, afin de tenir compte du forçage radiatif supplémentaire induit par les rejets gazeux des avions en haute altitude en phase croisière.

Etape 4 Estimation des consommations d'énergie et des émissions du scénario de laisser faire en multipliant le nombre de passagers par les consommations d'énergie et les émissions moyennes.

Etape 5 Estimation du nombre de passagers énergétiquement et « climatiquement » soutenable pour l'aéroport de Nantes, en divisant nos objectifs de consommation d'énergie en 2050 par la consommation moyenne d'un passager.

500

Avec les mêmes hypothèses de consommations de kérosène et d'émissions de CO₂ moyennes par passager que le scénario de laisser-faire, le scénario proposé par Virage énergie climat entraîne une réduction des émissions de gaz à effet de serre imputables à l'aéroport de Nantes de -20% en 2020 et -46% en 2050. Cette réduction d'émission est rendue possible par une baisse de la fréquentation de l'aéroport de Nantes, dont le nombre de passager passe d'environ 3 millions en 2010 à environ 600 000 en 2050 (Facteur 5).

Concernant le trafic maritime des améliorations de l'efficacité énergétique de type cargo à voile sont prévues dans le scénario. L'évolution de la facture énergétique des transports maritimes reste cependant déterminée par :

- la relocalisation de la production d'énergie et de la production de biens manufacturés;
- la plus longue durée de vie et la meilleure réparabilité des biens ainsi que la sobriété énergétiques des consommateurs;
- l'évolution de l'agriculture vers plus d'autonomie et d'économie.

Les résultats du scénario de sobriété énergétique du transport maritime des Pays de la Loire en 2050 montrent un potentiel d'économie d'énergie important : environ 88% en 2050 par rapport à 2010. Ce potentiel repose essentiellement sur des actions de sobriété des consommateurs (-35%) et sur la relocalisation des activités (-31%).

En résumé le scénario Virage énergie climat réalise d'importants potentiels d'économies d'énergie concernant les transports de personnes (-67% pour le transport terrestre et -81% pour le transport aérien par rapport à leurs niveaux de 2010), ainsi que pour le transport de marchandises (-63% sur terre et -88% sur mer par rapport à 2010).

Le potentiel global d'économies d'énergies réalisable en 2050 dans les transports grâce à ce scénario s'élève à 66% des consommations d'énergies des transports des Pays de la Loire en 2010. Ce qui permettra de réduire de 2 tiers les émissions de gaz à effet de serre des transports régionaux en 2050, par rapport à leur niveau de 2010 (-66%).

→ L'étude de **Futur Facteur 4** représente les consommations énergétiques du transport sous plusieurs formes, d'une manière sectorielle et via les catégories d'usages : alimentation | confort résidentiel | santé | services | actes et produits de consommation | loisirs | information, éducation et relationnel; déplacements liés au travail | résiduel | produits de base | métallurgie, sidérurgie | industrie de la construction | industrie des transports, gares et aéroports.

Même si l'analyse par usages est très intéressante car elle montre la nécessité de trouver des solutions adaptées à chaque typologie on se concentre ici sur l'analyse sectorielle classique des transports de passagers et de marchandise.

L'étude intègre l'effet du prix de l'énergie sur la mobilité. Historiquement l'élasticité prix à court terme en cas de hausse était faible, car peu d'alternatives à l'utilisation de la voiture existaient. Mais dans la durée cette élasticité s'accroît. Des équipements alternatifs peuvent être mis en place, les comportements de conduite, les modalités d'organisation de modes de vie peuvent être adoptées comme un changement de véhicule pour une voiture moins consommatrice de carburant. Aussi tous les usages ne sont pas impactés de façon identique par une hausse des prix. L'inertie des ménages est plus élevée sur les usages de base (domicile-travail, services, santé) que sur les usages plus sophistiqués comme les loisirs ou les voyages à longue distance.

Concernant le transport de passagers le scénario prend en compte des mesures de sobriété qui impactent la croissance des besoins ou la traduction du besoin (passagers-km) en flux de véhicules (véhicules-km). Cinq paramètres ont été retenus :

- le développement du télétravail;
- le rapprochement des commerces et des lieux de vie;
- l'arrêt de l'étalement urbain et la redistribution des zones d'habitat et des activités;
- la préférence donnée aux vacances de long séjour;
- l'utilisation de visioconférences à la place des déplacements professionnels sur longue distance;
- la dématérialisation des services.

Pour chacune de ces catégories les variables « fréquence de mouvements » et « portée des mouvements » sont calculés, cumulés en 2050. Par exemple pour la catégorie « télétravail » la fréquence des mouvements diminue de 11% en 2050. Ces catégories sont ensuite déclinées selon les branches d'activités : les branches « recherche, activités techniques », la branche « immobilier », la branche « finance et assurance » et la branche « autres services » sont favorables au télétravail, soit environ 20% de l'emploi total. En 2050, cette proportion pourra être portée à 30%, si on considère d'une part la progression des métiers tertiaires et d'autre part la dématérialisation de certains métiers de la santé et de l'enseignement.

La majorité des hypothèses de sobriété s'appliquent pour tous les 3 scénarios de croissance économique (+ 0,7 %, + 1,3 %, + 2 %), à l'exception de :

- le télétravail dans le scénario de croissance forte est à comprendre moins comme un effort de sobriété énergétique que comme une évolution naturelle de la nature des emplois vers une dématérialisation et un découplage entre lieux de travail et employés;
- les éléments concernant la densification urbaine ne s'appliquent pas entièrement dans le scénario de forte croissance. Ce scénario coïncide avec un maintien de la prédominance de la maison individuelle dans les préférences d'habitat en région. Les circuits courts connaissent quand même un succès et justifient la moitié des gains annoncés plus haut sur le rapprochement des commerces.

D'autres potentiels d'économies d'énergie pris en compte dans les scénarios :

- le co-voiturage qui permet une augmentation du taux d'occupation

L'étude différencie trois types de covoiturage :

- 1 Un covoiturage courte distance trajets domicile-travail ou domicile-études).
- 2 Un covoiturage longue distance.
- 3 Avec le développement des moyens de communication mobiles, il est envisageable de généraliser le covoiturage à des trajets moins réguliers et moins prévisibles que le domicile-travail et davantage à des déplacements interurbains longue distance.

Sur le domicile-études, où l'on observe déjà des taux assez élevés, une marge de progrès légèrement inférieure à 20% en 2050 est possible. Sur les usages du second type de covoiturage (longue distance), le scénario modélise environ 15% pour les vacances et loisirs. Le troisième type de covoiturage apparaît d'ici 2020 mais se développe surtout sur la période 2020-2030. Les variables du transfert modal du transport de passagers sont celles proposées par le scénario national de l'ADEME. En 2050 par exemple 8% du flux de véhicules particuliers de 2010 seront reportés vers les modes doux sur la courte distance. Le transfert modal en 2050 porte donc sur un quart des déplacements automobiles actuels pour la courte et longue distance.

Concernant l'évolution des mobilités le scénario distingue plusieurs paliers de réalisation :

- 1 Un premier palier à court terme concerne le report modal vers les modes doux. Celui-ci est plus facile en urbain, où les infrastructures (pistes cyclables, aménagements piétons) existent déjà ou peuvent être rapidement réalisées. D'ici 2025, moyennant un effort de sensibilisation, d'éducation et la réalisation d'aménagements en périurbain, les modes doux peuvent atteindre l'essentiel de leur potentiel.
- 2 Un second palier concerne les transports en commun qui ne nécessitent pas ou peu d'aménagements de site. Il s'agit donc de l'essentiel des transports en commun routiers (bus, autocars), notamment en périurbain et longue distance. En urbain, l'aménagement de voies de bus est plus contraignant. Le potentiel maximal est atteint entre 2025 et 2030.
- 3 Un troisième palier concerne les transports en commun nécessitant des aménagements en site propre : trains longue distance, TER, tramways. L'essentiel du potentiel ne pourra être atteint avant un cycle complet d'investissement et de réalisation des infrastructures, soit vers 2035.

Une autre variable importante d'économies d'énergie est l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules particuliers.

Les paramètres sont : un allègement des véhicules, une réduction du couple des moteurs et donc une réduction de puissance. En 2050 tous les véhicules urbains mis en vente correspondent à une consommation de 2 l/100 et que les véhicules surtout destinés à des longues distances auront une consommation de 3l/100.

Trois types de véhicules sont envisagés pour 2030 et 2050 :

Le véhicule électrique (recharge électrique lente (de nuit), recharge rapide et l'échange de batterie dans une station-service), le véhicule hybride, le véhicule thermique performant. L'évolution des performances du parc de véhicules roulants se calcule en fonction des classes énergétiques de performance (pour les véhicules thermiques) et des ventes. La catégorisation utilisée par le modèle s'inspire des classes CO₂ définies par l'ADEME dans son barème des véhicules neufs. Les véhicules électriques et plugin pénètrent le parc jusqu'à représenter 34% et 26% respectivement des véhicules roulant en 2050. Les véhicules thermiques représentent encore 40% de l'ensemble du parc. La consommation des véhicules particuliers atteint en moyenne 3 kep/100 km en 2050.

Le scénario Futur facteur 4 modélise également des améliorations d'efficacité énergétique concernant les modes de transport collectifs. Ces progrès concernent une combinaison d'éléments organisationnels (meilleurs taux de remplissage) et d'efficacité énergétique (rotation des parcs roulants et alignement sur les meilleures technologies disponibles). Par exemple d'ici à 2050, le parc ferroviaire sera entièrement renouvelé par rapport aux équipements actuels. Le scénario de l'ADEME prévoit une baisse de consommation de 30% sur les trains, à taux de remplissage égal.

500

Résultats pour le transport de passagers : L'étude calcule une diminution maximale des consommations de 42 % en 2050 par rapport à 2008. Le scénario 3 (taux de croissance importante) opère une légère augmentation de ses consommations entre 2030 et 2050. Cela fait suite à l'importante augmentation du nombre de déplacement en cas de hausse des revenus, qui n'est pas compensée par la baisse des consommations unitaires ni par le report modal.

On constate dans l'ensemble des scénarios une répartition similaire des énergies, avec une forte diminution du gazole à partir de 2020, une stagnation de la consommation d'essence et une forte augmentation de la consommation d'électricité. Dans le scénario 3 il y a une légère augmentation de la consommation d'essence entre 2030 et 2050.

L'évolution des trafics du transport de marchandises résulte de l'activité de la production industrielle qui constitue le secteur le plus difficile à quantifier dans la prospective. Il faut également tenir compte de l'évolution de la distribution des marchandises et de l'organisation des commerces.

Les marges de manœuvre en termes de report modal, surtout dans une région qui est une région de faible transit, sont modestes. Pour cela l'évolution des performances des poids-lourds qui resteront dominants à 2050 est particulièrement décisive.

Les scénarios volontaristes incluent des changements de modes de vie et les efforts de sobriété. L'impact des actions de maîtrise de l'énergie sur les quantités transportées dans els scénarios volontaristes est pris en compte :

- +1%/an sur les matériaux de construction en cohérence avec l'effort de rénovation engagé dans le secteur résidentiel et sur les bâtiments tertiaires et publics.
- Une baisse de 60 % du transport de combustibles d'ici à 2050, en raison de la baisse de la dépendance du pays aux importations de combustibles fossiles depuis l'étranger.

L'étude évalue la portée des mesures de sobriété de la manière suivante:

Pour le développement de circuits courts dans l'alimentation une réduction de 20 % des distances parcourues par les marchandises alimentaires pour les scénarios ① et ②, et de 10% pour le scénario ③ où la croissance économique plus élevée relance l'extension des réseaux d'approvisionnement, est modélisée.

Concernant la relocalisation d'activités industrielles dans le territoire une diminution de -5 % sur les distances parcourues par les produits industriels à 2050 et de -2 % sur les produits manufacturés est prise en compte.

L'optimisation des chaînes de transports par les acteurs du secteur est source d'un gain de 10 % sur les produits manufacturés, le courrier et les bagages, l'équipement informatique, les déchets, les produits agricoles et alimentaires d'ici à 2050.

Concernant le report modal, 27 % des poids-lourds en 2050 sont transférés vers le maritime et le fer ce qui, dans le scénario central (n°2), revient à une stabilisation à cause de l'augmentation des t*km transportés.

Le scénario considère une hausse du taux de remplissage de 20 % à 2020 par rapport à 2012, et de 45 % en 2050. L'introduction des poids-lourds de 44 tonnes et une meilleure organisation des flux permettent d'atteindre environ 15 tonnes par véhicule en moyenne contre un peu moins de 10 aujourd'hui.

Les gains énergétiques sur les poids-lourds routiers portent sur l'amélioration de la motorisation et sur le remplacement progressif des véhicules âgés par des véhicules neufs plus performants. D'autres gains sont possibles par exemple via une réduction du poids du véhicule. L'ensemble de ces gains représente un potentiel de 10% à 2020 et de 65 % à 2050 sur les consommations unitaires des véhicules.

Le scénario considère que les gains sont effectifs et qu'ils ne sont pas compensés par un effet rebond sur les kilomètres parcourus. Par rapport aux potentiels technologiques sur les véhicules lourds, le scénario de l'Ademe (2012) soulignait la difficulté de contourner les carburants liquides dans les poids-lourds routiers. L'hybridation électrique représente peu d'intérêt vu les distances parcourues.

Il est en revanche possible de substituer les carburants pétroliers par une motorisation vers le gaz naturel (ou de biogaz en fonction des disponibilités). Le passage vers le GNV est proposé progressivement à partir de 2020 pour se généraliser après 2030 (100 % en 2050).

Les VUL (3,5 à 5t) ou les petits poids-lourds adaptés à la circulation en ville, sont compte tenu des distances parcourues, quotidiennement candidats à une plus grande hybridation que les poids-lourds routiers. En 2050 il y aura 20 % hybrides et 80 % électriques.

Aucun gain supplémentaire n'a été considéré dans les modes maritime, aérien, ferroviaire, en raison du peu de données disponibles sur les progrès possibles.

Résultats pour le transport de passagers et de marchandises : la consommations énergétique diminue de 55 % en 2050 par rapport à 2008, avec un fort écart (60 %) entre les scénarios tendanciels et ceux de maîtrise de l'énergie.

Les trois scénarios s'accordent sur une disparition du gazole dans le mix énergétique du transport de marchandises en 2050, la différence se fait donc sur la consommation de GNV. La principale différence entre les deux mix énergétiques (marchandise et passagers) réside dans la fin de la domination du gazole (et plus généralement du pétrole) dans les transports. Le pétrole représente toujours 40 % du mix énergétique en 2050 pour le transport de passagers.

950

L'OFFRE ÉNERGÉTIQUE

Résumé

Le **SRCAE** arrive en 2020 pour le transport de passagers et de marchandises à une consommation de 2 200 ktep qui représente une baisse de 14 % par rapport à 2008 et une diminution de 16 % des émissions de CO₂eq également par rapport à 2008.

La vision 2050 du **SRCAE** affiche une réduction équivalente à celle de **FF4** car elle se base sur cette étude; il complète par ailleurs le diagnostic du secteur des transports en y intégrant les consommations liées au transport aérien et au transport de marchandises par voie maritime. Les périmètres des deux scénarios ne sont pas les mêmes. Les **ERE** ont conduit à un objectif de consommation en 2050 de 990 ktep pour le transport des personnes et de 575 ktep pour le transport de marchandises soit un total de 1 565 ktep.

Le scénario **Virage énergie climat** réalise d'importants potentiels d'économies d'énergie concernant les transports de personnes (-67 % pour le transport terrestre et -81 % pour le transport aérien par rapport à leurs niveaux de 2010), ainsi que pour le transport de marchandises (-63 % sur terre et -88 % sur mer par rapport à 2010).

Le potentiel global d'économies d'énergies réalisable en 2050 dans les transports grâce au scénario **Virage Énergie Climat** s'élève à 69 % (950 ktep) des consommations d'énergies des transports des Pays de la Loire de 2010. Ce qui permettra de réduire de 2 tiers les émissions de gaz à effet de serre des transports régionaux en 2050, par rapport à leur niveau de 2010 (-66 %).

Futur Facteur 4 modélise une diminution de la consommation énergétique de 55 % (1 565 ktep) en 2050 par rapport à 2008, avec un fort écart (60%) entre les scénarios tendanciels et ceux de maîtrise de l'énergie. La consommation en 2050 est donc 50% plus élevée que celle du scénario **Virage énergie**. Les 3 scénarios prennent en compte l'augmentation de l'efficacité des véhicules, un report modal vers des modes moins consommateurs et émetteurs, des actions de sobriété (co-voiturage etc.) et un raccourcissement des trajets (relocalisation, circuits courts).

Une modélisation de l'offre énergétique au-delà du potentiel des énergies renouvelables était « hors champ » pour l'étude du **SRCAE** et n'a pas été effectuée.

→ Les scénarios **Virage énergie** et **Futur Facteur 4** visent clairement une contribution très importante des énergies renouvelables au mix en 2050 allant vers 100 % notamment concernant l'électricité.

La sortie du nucléaire est un autre objectif affiché également pour l'étude **Futur Facteur 4** qui présente 3 différents mix électriques pour 2050, tous sans apports fossiles ou fissile.

Les scénarios **Futur Facteur 4** et **Virage énergie** ont effectué un bouclage demande-offre sur l'année (pour 2050) sans cependant pouvoir calculer un équilibre heure par heure.

→ Le scénario **Virage énergie climat** décrit l'évolution du système électrique où les énergies renouvelables se substituent progressivement aux énergies classiques fossiles et nucléaires. La production renouvelable se base sur l'analyse des potentiels par filière.

La mise en adéquation des productions et des consommations des Pays de la Loire en 2050 est présentée sous forme d'un diagramme de sources et des flux d'énergie (**Sankey**) qui permet d'afficher des sources primaires, les vecteurs et les pertes entre les transformations (énergie primaire finale, utile). Le mix primaire en 2050 n'a plus recours ni aux énergies fossiles (sortie en 2046), fissiles (sortie en 2033), ni aux déchets. Pour répondre à la problématique du stockage de l'électricité, le scénario a recours au stockage du bois-énergie, au réseau de gaz avec ses cavités souterraines et à la méthanation. Compte tenu des moyens de stockage et de distribution à mettre en œuvre, les énergies renouvelables permettront de disposer de ressources de l'ordre de 10,7 TWh (920 ktep) en 2020, évoluant jusqu'à 55,7 TWh (4800 ktep) en 2050. En 2050 les apports potentiels en énergies renouvelables dépassent la consommation énergétique de 24 %.

→ Une partie importante du **SRCAE** est l'analyse des potentiels de production renouvelables en 2020. La réflexion sur les autres énergies (fossiles et fissiles notamment) et sur le bouclage consommation – offre en 2020 ou au-delà a été considéré hors champ. L'objectif en terme de couverture des besoins de consommation d'énergie finale par les énergies renouvelables se situe à environ 20 % notamment à cause du potentiel d'éolien off-shore qui est considérable. Le calcul de la production renouvelable en 2020 a été complété par une « vision 2050 » du potentiel issue de l'étude **Futur Facteur 4**.

→ L'exercice le plus complète concernant la modélisation de l'offre énergétique est l'étude du bureau d'étude **Futur Facteur 4** qui a été inclut comme « vision 2050 » suite aux débats dans le cadre des Etats régionaux de l'énergie (**ERE**) dans le travail du **SRCAE**.

500

Il y a pour chacun des 3 scénarios volontaires un bilan en énergie finale et primaire par source. Les scénarios aboutissent globalement à une réduction de la consommation en énergie finale en 2050 par rapport à celle estimée en 2012 entre -26 et -48 %. La baisse de consommation concerne notamment le pétrole. La consommation d'électricité reste globalement stable (entre 1724 et 2283 ktep). La part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire varie de 48 à 53 %. L'analyse comprend une comparaison entre production électrique et consommation en 2050 sans pouvoir évaluer quantitativement la courbe de charge et de la manière dont

les différentes productions alimentent la demande pour les 8760 heures d'une année d'ici à 2050. Il s'agit donc d'un équilibre sur l'année.

Pour les deux premiers scénarios la production électrique renouvelable excède la consommation (de 20 et 5 % respectivement); la région est donc (sur l'année) exportatrice net d'électricité renouvelable. Le scénario 3 nécessite une production supplémentaire de 10 % qui pourrait être assurée par des piles à combustibles alimentées par l'hydrogène ou du méthane. Les 3 mix électriques en 2050 ne contiennent plus aucun kWh de nucléaire et de sources fossiles.

Potentiels d'énergies renouvelables

	2008		SRCAE en 2020		Futur Facteur 4 en 2050		Virage énergie climat en 2050	
	MW	ktep	MW	ktep	MW	ktep	MW	ktep
Hydraulique	7	4	14	1,3-2,6	12	7	14	1,3-2,6
Eolien terrestre	49	8	1 750 (objectif 2050 : 2300)	330 (objectif 2050 : 376)	2300	376		500
Eolien offshore	0	0	480 (objectif 2050 : 4350)	150 (objectif 2050 : 883)	4347	1122		1340
Photovoltaïque	153	9	650 (objectif 2050 : 3000)	50 (objectif 2050 : 258)	3000	258		1000
Energies marines	0	0	0	0	299	98	0	0
Agrocarburants	0	139		1 287 production 110 consommation		51-68		100 (2 ^e génération)
Solaire thermique		3 (en 2011)		20 (objectif 2050 : 40)		200		520
Bois énergie		360	320 (chauffage individuelle) + 140 ktep installations industrielles et collectives			208-222 (potentiel 700)		620
Cogénération bois			30,9 puissance électrique (3 projets en cours)					
Biogaz		19		80 (32 électricité et 38 en chaleur); objectif 2050 : 640		640		1 000 (dont 440 en cogénération)
Cogénération biogaz	0	0	45	80	400	301		
TOTAL		508		2 000		2 616-2967		4800

→ Le scénario Futur Facteur 4 atteint une couverture d'environ 50% d'énergies renouvelables de la consommation d'énergie finale contre 100% pour le scénario Virage énergie. Concernant la production d'électricité renouvelable les scénarios convergent par contre dans l'analyse de pouvoir atteindre et même de dépasser une production de 100 % d'électricité renouvelable.

Les différences parviennent notamment des potentiels divergents du photovoltaïque, du biogaz et du bois énergie qui sont plus importants dans le scénario Virage énergie climat.

CONCLUSION

A l'horizon 2050 on n'identifie que 2 études prospectives (Virage énergie climat et Futur Facteur 4 avec 3 scénarios) pour la région Pays de la Loire car la vision 2050 du SRCAE correspond au scénario 2 de Futur Facteur 4 adopté suite aux débats dans le cadre des Etats régionaux de l'énergie (ERE). L'organisation de la consultation publique autour du SRCAE combinée au processus des ERE est un élément très important pour comprendre la succession et les liens entre les travaux prospectifs en Pays de la Loire. Par ailleurs le scénario Virage énergie climat même s'il a été publié en parallèle au processus officiel est cité dans les autres études.

Un élément intéressant est l'analyse fournie par Virage énergie climat avec le soutien de Solagro sur l'évolution du secteur agricole et alimentaire qui représente une régionalisation du scénario Afterre 2050, en intégrant des propositions de réductions importantes des émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole. De plus le scénario Virage énergie climat prend aussi en compte le secteur des déchets (environ 4% des émissions de gaz à effet de serre selon Explicit 2006) avec des propositions générales permettant d'annuler ces émissions de gaz à effet de serre.

Concernant l'offre énergétique on remarque, à travers les scénarios Virage énergie climat et Futur Facteur 4, un soutien en faveur des énergies renouvelables jusqu'à 100 % pour l'électricité et d'une sortie des énergies fossiles et fissile. Le potentiel renouvelable électrique dépasse les consommations ce qui transforme la région, aujourd'hui caractérisée par une production renouvelable en dessous de la production moyenne nationale, en exportatrice nette.

Par contre le respect du Facteur 4 concernant les gaz à effet de serre et du Facteur 2 par rapport à la consommation d'énergie finale sont difficiles à respecter pour une région qui projette une augmentation de la population plus importante que la moyenne nationale.

Seul le scénario Virage énergie qui va plus loin dans l'utilisation des potentiels d'économies d'énergie atteint et dépasse ces deux objectifs. ■

Conclusion

La comparaison des scénarios énergétiques pour les régions Nord-Pas de Calais, Pays de la Loire et Provence-Alpes-Côte d'Azur montre la richesse des travaux prospectifs existants au-delà de l'exercice obligatoire des SRCAE tant au niveau méthodologique qu'au niveau des trajectoires, en terme d'efficacité énergétique, de la prise en compte des particularités régionales ou encore des objectifs climat-énergie de long terme (100 % énergies renouvelables, sortie du nucléaire etc.).

L'analyse du contexte de l'élaboration de ces scénarios montre que l'obligation d'élaboration des SRCAE a elle-même déclenché d'autres travaux prospectifs, d'une manière directe ou indirecte. En particulier, l'exercice des SRCAE a pu être ressenti comme trop contraignant notamment par rapport aux objectifs climat énergie long terme.

On peut donc dire que les SRCAE ont créé un « appétit de prospective de long terme ». Par manque de cadrage méthodologique complet et contraignant de la part du gouvernement, les SRCAE eux-mêmes sont devenus dans plusieurs cas les jouets d'intérêts divergents entre des forces politiques différentes. Ces situations plus ou moins conflictuelles ont souvent été résolues par le développement d'un scénario ou d'une trajectoire supplémentaire de la part des Conseils régionaux dans le cadre d'autres documents territoriaux (SRADDT) ou par l'intégration d'une vision 2050 issue d'un autre exercice de modélisation (scénario Futur facteur 4, régionalisation du scénario négaWatt).

Des scénarios régionaux sont aussi un moyen de mobilisation au débat et à l'action. Plus que la rigueur méthodologique de la scénarisation, c'est la participation des acteurs du territoire qui est considérée importante, soit pour défendre une vision du futur différent de celle promue à l'échelle nationale (Virage énergie, négaWatt) soit pour pousser concrètement des projets de la transition énergétique localement (Master Plan d'une 3^e Révolution Industrielle).

Jusqu'aujourd'hui en France la prospective nationale du Ministère de l'Ecologie – héritier du Ministère de l'Energie – s'impose de respecter les exigences et engagements européens et internationaux de la France en termes de prospective. Le règlement européen relatif au mécanisme pour la surveillance et la déclaration des émissions de gaz à effet de serre demande en effet que chaque Etat membre envoie tous les deux ans un exercice prospectif permettant le contrôle du respect des objectifs climat-énergie pour 2020.

Traditionnellement, même si le choix du consortium qui effectue le travail de modélisation pour le ministère est soumis aux règles des marchés publics, les scénarios institutionnels ont toujours été élaborés à l'aide des modèles Medpro et Poles sous l'égide du bureau d'étude Enerdata.

Sans mettre en question la qualité du travail fourni, et tout en reconnaissant l'importance d'une continuité entre différents exercices de scénarisation étatiques, il serait souhaitable d'associer une ou plusieurs autres équipes utilisant un autre modèle ou une autre approche méthodologique, pour comparer notamment l'impact des hypothèses et des sensibilités des paramètres de modélisation sur les résultats.

QUELQUES PISTES DE RÉFLEXION POUR ENRICHIR LA MODÉLISATION INSTITUTIONNELLE À L'ÉCHELLE NATIONALE

Proposer différents niveaux de lecture

→ Les scénarios développés par le bureau d'études Futur Facteur 4 (pour les régions Pays de la Loire et Nord-Pas de Calais) présentent les consommations énergétiques sous forme de deux décompositions : par secteur de consommation (transport, résidentiel etc.) et par service (alimentation, santé, confort résidentiel, loisir etc.).

Si l'un des objectifs d'un travail prospectif est de stimuler un débat sur les modes de consommation et de production compatibles avec un futur énergétique plus économe en énergie et moins émetteur de gaz à effet de serre, une telle approche est presque incontournable.

Il est, sauf pour des experts, impossible à partir d'une présentation « classique » des évolutions des consommations énergétiques industrielles et agricoles de déduire les changements en termes de modes de consommation (augmentation, substitution et diminution), l'impact de la mise en place de circuits courts, d'une relocalisation de certains branches etc.

Par ailleurs encore trop souvent ces secteurs sont modélisés à « production constante » ou en fonction d'une croissance économique exogène, comme si un changement des modes de vie ou l'adoption de choix plus sobres n'était pas une partie intégrante de la transition énergétique.

La multiplication des travaux prospectifs et des initiatives de recherche sur l'élément « modes de vie » des travaux prospectifs¹¹⁴ témoigne de cette prise de conscience.

Une meilleure intégration dans les travaux de scénarisation nationaux institutionnels des aspects des modes de vie avec différents niveaux de lecture permettra une meilleure appropriation de cet exercice par un public plus large.

Comment stimuler le débat ?

Il est évident que tant la forme que la méthode d'un scénario varient selon l'objectif du porteur de l'ouvrage. Si le but ultime est par exemple de répondre à une obligation réglementaire, la présentation des résultats sera forcément plus formelle que dans le cas d'une volonté de mobilisation d'acteurs de la société civile. Dans le cas des scénarios institutionnels français à l'échelle nationale, il est cependant dommage que le gouvernement ne saisisse pas cette obligation pour initier un travail plus large, plus à même de stimuler un débat sur le futur énergétique du pays. L'absence d'un travail prospectif étatique présentant plusieurs variantes de l'offre énergétiques ou des analyses de sensibilité sur des enjeux cruciaux est devenu patent lors du Débat national sur la transition énergétique de 2013, débat qui s'est basé sur des scénarios produits surtout par des acteurs de « plaidoyer » (associatifs ou industriels) utilisant des méthodologies différentes, ce qui rendait une comparaison et un débat éclairé sur les options difficiles. Ce manque a finalement amené au travail de comparaison, mené d'abord par

le groupe d'experts du débat national et ensuite par le bureau d'étude Carbone 4 (suite au marché publié par le ministère de l'écologie). L'existence de variantes portant sur l'évolution du mix énergétique et les trajectoires de consommations soigneusement calibrées sont un élément clé pour permettre une discussion sur les impacts en termes de coûts économique, social et environnemental des différentes options.

Des analyses de sensibilités clairement identifiées et explicites, comme différents taux de croissance (voire leur absence), plusieurs trajectoires de taxe carbone ou des dynamiques divergentes en terme de rénovation (nombre de rénovations par période observée) etc. permettent d'apporter des informations aux débats et de préciser des enjeux de mise en œuvre.

Les scénarios développés par le bureau d'études Futur Facteur 4 (pour les régions Pays de la Loire et Nord-Pas de Calais) proposent par exemple 3 scénarios caractérisés par des taux de croissance économique annuel différents. Pour chaque secteur de consommation et chaque usage, l'impact spécifique de chaque trajectoire de croissance est précisé via un narratif traduit en variables de scénarisation (augmentation ou baisse de la consommation, du nombre de m² construits etc.). Cinq bouclages de l'offre électrique ont été modélisés pour un des trois scénarios représentant une base fructueuse de débat sociétal et politique des impacts de chacun de ces choix.

Différencier efficacité et sobriété énergétique

La différenciation entre mesures de sobriété et mesures d'efficacité énergétique est souvent ambiguë. Si les modélisateurs ont l'ambition que leurs trajectoires de consommation puissent se traduire en mesures politiques et en changement de comportement, il faut que les hypothèses d'économies d'énergies distinguent les différents éléments qui contribuent à la baisse de la consommation.

Cette différenciation est également importante car une amélioration d'efficacité énergétique d'une machine à laver ne s'induit pas de la même manière qu'un changement de modes alimentaires. L'un se déclenche via une approche réglementaire et normative et l'autre d'une manière individuelle via la sensibilisation et éventuellement une incitation financière. Concernant la mise en œuvre, les horizons temporels ne sont certainement pas les mêmes. La sobriété (ou le changement comportemental) se base en général sur les tendances observées et projette soit une certaine continuité soit une rupture. Dans le deuxième cas il est important d'indiquer qu'il s'agit d'un changement par rapport au passé et d'étayer cette hypothèse par un raisonnement.

L'étude de potentiels de 2013 de Virage énergie Nord-Pas de Calais : « Scénarios de sobriété énergétique et transformations sociétales » porte sur des économies d'énergie atteignables uniquement via des actions de sobriété. Cette approche est très intéressante car elle permet une distinction claire entre les deux leviers d'efficacité et de sobriété pour baisser de consommation. Ces deux niveaux peuvent ainsi être représentés de façon indépendante.

Une meilleure transparence des méthodologies et données

La seule publication officielle des scénarios institutionnels français de 2011 était une synthèse de 11 pages. Même si la publication d'une synthèse fait effectivement partie des éléments importants d'un travail de prospective, elle ne permet pas de comprendre la méthodologie, le fonctionnement et les limites des modèles utilisés, les jeux d'hypothèses de cadrage et par secteur et les éventuels arbitrages effectués suite à la consultation d'experts et de partie prenantes.

Un travail de prospective national devra contenir au moins les éléments suivants :

- une description de l'approche méthodologique ;
- la liste des hypothèses d'entrées exogènes (pour le cadrage global et par secteurs) et endogènes en précisant si certaines hypothèses peuvent être les deux (notamment pour la croissance économique) ;
- pour chaque secteur, la liste des variables d'entrée, la liste des variables qui impactent l'évolution de la demande et les impacts attendus des variables ou mesures ;
- une différenciation entre les potentiels (des économies d'énergie d'une mesure ou du développement d'une filière renouvelable etc.) et les hypothèses prises en compte dans le scénario sur ces thèmes ;
- si le scénario définit ses trajectoires en fonction de l'impact des mesures politiques et financières, une évaluation (en termes d'économies d'énergie et de réduction de gaz à effet de serre) de chaque mesure prise en compte dans le scénario et des effets croisés ;
- un bilan global en énergie finale et primaire et par secteur ;
- une description des modèles utilisés ;
- les résultats d'une éventuelle consultation.

Cette liste ne représente que les éléments fondamentaux. Il serait ici souhaitable d'intégrer différentes variantes de consommation et d'offre accompagnées par des tests de sensibilité.

Par ailleurs pour une ouverture à un public plus large il est nécessaire de soigner la pédagogie de présentation et réfléchir sur des récits qui pourraient expliquer les trajectoires.

L'enjeu du respect des objectifs existants

Une question qui ne se pose pas uniquement dans le cadre de l'élaboration de scénarios non étatiques et régionaux mais aussi pour l'exercice prospectif du gouvernement est le respect des engagements climat énergie existants.

Le respect de certains objectifs comme la réduction de -38 % de la consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel en 2020 devient à l'heure actuelle de moins en moins probable au point qu'aucun scénario, hormis celui de la DGEC, ne prend plus en compte ce point de passage.

Il est compréhensible que le scénario officiel de la France « force » la trajectoire de consommation pour être cohérent aux engagements gouvernementaux, mais si cela se fait au détriment d'une prise en compte de la réalité des inerties et obstacles existants, un vrai débat ne peut pas se développer¹¹⁵. Il ne s'agit cependant pas uniquement d'enlever ce point de passage sans justification mais de montrer les mesures qu'impose un respect de l'objectif, par exemple un nombre et une performance de rénovations annuelles de logements ou un changement de combustible du parc d'autos. Il ne suffit pas de décréter l'objectif, il faudrait aussi évaluer politiquement et financièrement l'effort supplémentaire à mettre en œuvre. Globalement il y a un grand besoin d'évaluation de l'impact des mesures politiques et financières sur la consommation énergétique d'une manière individuelle et croisée. Il s'agit de la seule façon d'établir un lien argumentaire connecté entre les hypothèses et les résultats d'un scénario. Seule la somme des mesures mises en œuvre permet d'expliquer qu'une trajectoire est possible ou réaliste.

Concernant l'objectif de réduction à 50 % de la part du nucléaire dans la production électrique en 2025 par exemple, un effort de transparence important est nécessaire, notamment à cause du caractère polémique de ce sujet. L'enjeu du choix de trajectoire de production (et de consommation électrique) par exemple ne peut pas uniquement être un résultat d'une modélisation mais nécessite un débat plus large. Le débat s'est ainsi déporté récemment sur la traduction des productions en puissance installée des réacteurs, alors que le débat sur les fermetures a à peine commencé. Le nombre et les noms de réacteurs à fermer est un enjeu qui dépasse l'arène d'un travail prospectif. Celui-ci peut cependant proposer plusieurs trajectoires compatibles avec l'objectif en question afin d'alimenter les arbitrages politiques et économiques à mener.

Émissions liées à la consommation¹¹⁶ : un nouvel enjeu pour la scénarisation ?

La différence entre les deux approches de comptabilisation des émissions territoriale ou celle liée à la consommation (en prenant en compte les émissions importées via des produits de consommation moins les émissions exportées) est importante : en 2010, les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation des Français avaient augmenté de 11 % par rapport à 1990, tandis que le bilan officiel des émissions françaises affichait une diminution de 10 %¹¹⁷. La baisse des émissions territoriales françaises, entraînée à la fois par les politiques climatiques nationales et européennes et par la désindustrialisation, est donc largement compensée par les émissions importées d'autres pays. L'empreinte carbone par

114. Ademe (2013) : « Visions énergie climat 2030/2050 - Quels modes de vie pour demain ? » ; « Un travail énergétique et transformations sociétales » ; Virage énergie Nord-Pas de Calais (2014) « Scénarios pour une transition énergétique et sociétale » ; Ademe, MEDDE (2013) « Prospective des modes de vie à l'horizon 2050 », « Repenser les villes dans la société post carbone » ; Projet de création de visions des modes de vie à l'échelle de la planète en préparation de la COP21 : 4D « Our life 21 » ; Ademe (2014) « Quels impacts sur l'environnement aura la consommation des Français en 2030 ? »

115. A l'inverse, l'utilisation abusive de scénarios type « no-policy » destinés à l'AIE ou des scénarios issus du réseau RTE destinés à évaluer le risque d'approvisionnement sur le réseau, a pu conduire des hommes politiques à interpréter comme inéluctables les augmentations des consommations énergétiques qui sont intrinsèques à ce type d'exercice.

116. Pour plus d'information :

- RAC, Ademe, Citepa (2012) « Les émissions importées - Le passager clandestin du commerce mondial » ; 52 pages
www.rac-f.org/Les-emissions-importees-Le

- RAC (2014) « Réduire les émissions liées à la consommation – quelles mesures politiques ? » - 52 pages
www.rac-f.org/Reduire-les-emissions-liees-a-la

- RAC (2015) « Les émissions importées du secteur agricole et alimentaire en France »

117. D'après le Commissariat général au Développement durable, « L'empreinte carbone de la consommation des Français : évolution de 1990 à 2007 », collection Le Point sur, n° 114, mars 2012 (calculs Soes à partir de données Insee, Citepa, Agence internationale de l'énergie, Douanes).
Les dernières estimations pour 2010 ont été publiées dans : CGDD/Soes (2013) « Chiffres clés de l'environnement » ; Repères

habitant s'est stabilisée sur la période 1990-2010, (pour une augmentation de la population de 8% sur la même période) alors que le niveau moyen d'émissions de gaz à effet de serre par personne sur le territoire a diminué de 19%. Cette empreinte carbone représente en moyenne 11,6 tCO₂eq par personne, contre 7,7 t pour les gaz à effet de serre émis sur le territoire (soit 50% de plus par rapport à l'empreinte territoriale).

En quoi ce constat représente-t-il un enjeu pour la scénarisation? Plusieurs difficultés s'opposent à la possibilité de baser des scénarios français non plus sur l'inventaire territorial mais sur une comptabilisation à périmètre élargi.

Le plus important est le manque de données. Avoir accès à la totalité des informations sur les émissions induites sur la totalité des chaînes de production des biens importées par la France, voire pour une région, reste très difficile aujourd'hui, et demande un délai très long de mise à jour. De plus ces données restent entachées d'une grande incertitude. Il est donc pour le moment techniquement compliqué de baser un scénario sur un inventaire des émissions liées à la consommation. Par contre il est possible d'ajouter une réflexion complémentaire au scénario national territorial en proposant des trajectoires d'évolution des émissions importées. L'Angleterre a par exemple publié un tel scénario où l'empreinte des consommateurs anglais varie en fonction des engagements climatiques des pays qui exportent des biens de production vers le Royaume Uni¹¹⁸.

Une autre approche a été tentée dans le scénario négaWatt nationale 2011 qui relocalise l'équivalent de l'industrie nécessaire pour satisfaire la demande nationale en biens de consommation sur le territoire français.

La stratégie bas carbone de la France, dont la publication est prévue en 2015 doit intégrer l'enjeu des émissions liées à la consommation. Pour le moment la méthodologie n'a pas été précisée mais il serait préférable au niveau de la cohérence globale des outils prospectifs nationaux de construire un lien avec le scénario institutionnel français. Celui-ci devra donc aussi chercher une manière d'intégrer cet enjeu dans son périmètre, par exemple via la modélisation d'une variante de relocalisation.

118. Committee on Climate Change (2013) «Reducing the UK's carbon footprint and managing competitiveness risks»

119. Mathy, Sandrine (2014) «Les objectifs du millénaire et la Conférence climatique de Paris 2015 - Pour un Mécanisme de mise en Convergence du Climat et du Développement (MCCD)», Cahier de recherche EDDEN n° 7/2014

120. www.bmub.bund.de/N49897/

121. www.gov.uk/government/publications/updated-energy-and-emissions-projections-2014

122. www.developpement-durable.gouv.fr/scenarios-a-l-horizon-2020-2030.html

123. www.umweltbundesamt.de/publikationen/energieziel-2050

124. www.bundesregierung.de/Content/Archiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.html

La COP amène le monde à Paris

2015 est l'année de la COP21 à Paris. A cette occasion on doit s'interroger sur l'importance des hypothèses de cadrage (prix de pétrole mais aussi les enjeux de la relocalisation, etc.). La question se pose également : de quelle manière s'inscrit le Facteur 4 français dans un objectif mondialisé d'augmentation maximale 2° C de la température mondiale? Des recherches sur l'équité climatique¹¹⁹ qui prennent en compte la totalité ou une partie de la responsabilité historique des pays industriels pour les émissions de gaz à effet de serre pondérée ou pas par la capacité d'agir (richesse, ressources etc.) montrent en se basant sur le dernier rapport du GIEC que le facteur 4 pourrait ne plus être adapté...

Au-delà de la question de savoir si l'objectif climatique 2050 est suffisamment ambitieux, l'ajout d'un volet explicite sur les hypothèses du scénario national par rapport à l'évolution du monde (dans les limites dans lesquels cela est possible pour un exercice national) permettra de créer un lien avec cet événement qui occupera largement la sphère publique « climat-énergie ».

Et ailleurs? Exemples de travaux prospectifs dans d'autres pays européens

Les scénarios allemands et anglais en réponse à la réglementation européenne sont publiés entièrement sur les sites des ministères respectifs. On y trouve des descriptions détaillées des hypothèses et des méthodologies. Le rapport du scénario allemand représente 260 pages¹²⁰, et celui du Royaume Uni 51 pages, accompagné par 7 Annexes¹²¹. La France n'a publié qu'une synthèse de 11 pages¹²².

Dans le cas allemand, c'est l'agence environnementale (Umweltbundesamt) – l'équivalent de l'Ademe – qui a fait avancer le débat en publiant plusieurs scénarios 100% d'électricité renouvelable pour 2050¹²³. Même si le scénario 2050 de l'Ademe reste ouvert quant au mix de 2050, son positionnement par rapport aux économies d'énergie a permis de cadrer la discussion sur les objectifs à long terme dans le débat national sur la transition énergétique où manquait une position du gouvernement.

Contrairement au gouvernement français, le gouvernement allemand s'est engagé en présentant son concept de la transition énergétique (Energiekonzept 2010¹²⁴ qui a été complété 9 mois plus tard suite à la catastrophe de Fukushima par la décision de sortie du nucléaire à l'horizon de 2022).

En conclusion, il est temps que les pouvoirs publics et le gouvernement publient également leur concept d'un futur énergétique cohérent. Les objectifs de moyen et long terme existants ou inscrits dans le projet de loi sur la transition énergétique ne donnent encore que des morceaux d'un puzzle dont le motif reste opaque et donnant lieu à des interprétations divergentes. ■



RAC-F Réseau Action Climat-France

Réseau Action Climat-France
2 bis, rue Jules Ferry
93 100 Montreuil
tel : 01 48 58 83 92
fax : 01 48 51 95 12
infos@rac-f.org
www.rac-f.org

Le Réseau Action Climat-France (RAC-F) est une association spécialisée sur le thème des changements climatiques, regroupant 16 associations nationales de défense de l'environnement, de la solidarité internationale, d'usagers de transports et d'alternatives énergétiques.
Le RAC-F est le représentant français du Climate Action Network (CAN) fort de 900 associations membres dans le monde.
Toutes les informations sur www.rac-f.org

Les associations membres du Réseau Action Climat - France :

