

## CHAPITRE 10 : SYNTHÈSE DU SCÉNARIO VIRAGE ÉNERGIE-CLIMAT PAYS DE LA LOIRE

### Table des matières

<b>CHAPITRE 10 : Synthèse du scénario virage énergie-climat Pays de la Loire.....</b>	<b>1</b>
1. Résumé.....	3
2. Introduction.....	4
3. Scénario d'adéquation entre besoins et production d'énergies renouvelables dans les Pays de la Loire de 2010 à 2050.....	4
3.1. Adéquation entre besoins et production d'énergies renouvelables dans les Pays de la Loire en 2050.....	4
3.2. Evolution des besoins et des production d'énergies renouvelables dans les Pays de la Loire de 2010 à 2050.....	8
4. Scénario de réduction des émissions de gaz à effet de serre des Pays de la Loire de 2010 à 2050.....	11
4.1. Méthode employée pour l'estimation des émissions de GES.....	11
4.2. Résultats.....	11
5. Discussion et conclusions.....	13

## Index des tableaux

Tableau 1. Estimation des besoins en énergie dans les différents secteur entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire. Les consommations d'énergie de l'agriculture d'Explicit sont sous-évaluées pour 1990, 1999 et 2006. Source : Explicit et Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	4
Tableau 2. Evolution de la répartition des énergies renouvelables selon les usages en Pays de la Loire entre 2010 et 2050 (TWh) - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	8
Tableau 3. Comparaison entre les apports ENR et le total des besoins entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	9
Tableau 4. Contenu moyen en gaz à effet de serre d'une unité d'énergie non-renouvelable consommée par chaque secteur d'activités des Pays de la Loire (Mt eq.CO2/Mtep) . Source : Explicit (2009).....	11
Tableau 5. Scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) des Pays de la Loire. Source : Explicit/Virage Energie-Climat Pays de la Loire.....	12

## Index des figures

Figure 1. Evolution des besoins en énergie dans les différents secteurs d'activités des Pays de la Loire entre 1990 et 2050. Les consommations d'énergie de l'agriculture d'Explicit sont sous-évaluées pour 1990, 1999 et 2006. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	5
Figure 2: Schéma des sources et flux d'énergie disponibles en Pays de la Loire en 2050 et mise en correspondance avec trois usages principaux : chaleur / mobilité / électricité spécifique - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire .....	7
Figure 3. Evolution de la répartition des énergies renouvelables selon les usages en Pays de la Loire entre 2010 et 2050 (TWh) - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	8
Figure 4. Écart entre production d'ENR et besoins d'énergie entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	9
Figure 5: Évolution du besoin en énergie et de l'apport des ENR entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.....	10
Figure 6. Scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) des Pays de la Loire. Source : Explicit/Virage Energie-Climat Pays de la Loire.....	12

## 1. Résumé

Les besoins en énergie pour le chauffage, les déplacements et l'électricité des Pays de la Loire en 2050 ont été estimés, après application des mesures de descente énergétique préconisées par le scénario Virage Énergie-Climat. Le potentiel régional de production d'énergie finale renouvelable a été évalué, en prenant en compte l'intermittence de certaines énergies renouvelables et les pertes d'énergie.

La comparaison par usage des besoins régionaux avec le potentiel d'énergie finale renouvelable montre que tous les besoins énergétiques des Pays de la Loire pourraient être couverts par des énergies renouvelables (ENR), produites sur le territoire régional en 2046. La région deviendrait exportatrice nette d'électricité renouvelable, à partir de 2047 et pourrait notamment contribuer à alimenter d'autres régions fortement consommatrices, mais au potentiel de production d'ENR limité (par exemple l'Île-de-France).

Ce scénario énergétique régional n'est possible qu'après la réalisation d'économies d'énergie très importantes dans tous les secteurs.

Le scénario Virage Énergie-Climat prévoit une diminution progressive de l'usage des énergies non renouvelables polluantes (fossiles et fissiles), qui seraient peu à peu remplacées par des énergies renouvelables produites dans la région. Les énergies non renouvelables disparaîtraient du mix énergétique régional en 2046, ainsi que toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine énergétique qu'elles engendraient.

Les émissions de GES non-énergétiques de l'agriculture et de la forêt diminuent parallèlement de 60 %, avec la mise en place de la transition alimentaire et agricole préconisée par Virage Énergie-Climat. Le système agricole et sylvicole durable qui se met en place, permet d'atteindre l'autosuffisance régionale pour l'alimentation humaine en 2050, et de fournir un tiers de l'énergie et des matériaux et molécules bio-sourcées aux autres secteurs d'activité régionaux.

Le scénario Virage Énergie-Climat aboutit à une réduction globale des émissions de GES des Pays de la Loire de 83 % en 2050. Ceci permet d'aller au-delà de l'obligation légale de diminution de 75 % des émissions de GES en 2050, inscrite dans la loi sur l'énergie de 2005, et de contribuer de façon exemplaire à limiter le dérèglement climatique.

Le nouveau système énergétique, agricole et sylvicole préconisé par le scénario Virage Énergie-Climat permet surtout d'assurer une sécurité d'approvisionnement en énergie, nourriture, matériaux et molécules aux Pays de la Loire, tout en relocalisant largement les activités. Le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire est donc un scénario de non-regret, dont les multiples dividendes prépareront les Pays de la Loire à traverser dans de bonnes conditions les chocs énergétiques, climatiques et alimentaires qui s'annoncent.

## 2. Introduction

Les besoins en énergie pour le chauffage, les déplacements et l'électricité des Pays de la Loire en 2050 ont été estimés dans les chapitres précédents, après application des mesures de descente énergétique préconisées par le scénario Virage Énergie-Climat. Les contributions en termes de production de nourriture, de matériaux, d'énergie et de GES de l'agriculture et de la forêt ont été évalués dans le chapitre 6. Le potentiel d'énergie renouvelable (ENR) disponible pour satisfaire ces mêmes usages a enfin été estimé par usage dans le chapitre 7.

Le présent chapitre vise en premier lieu à comparer, usage par usage, la production et les besoins en énergie renouvelable des Pays de La Loire, afin d'établir le bilan énergétique du scénario Virage Énergie-Climat de 2010 à 2050. Le bilan d'émissions de gaz à effet de serre (GES) des Pays de la Loire est ensuite calculé sur la base de la proportion d'énergie non-renouvelable émettrice de GES présente dans le bouquet énergétique régional de 2010 à 2050, ainsi que des émissions de GES non-énergétiques de l'agriculture et de la forêt.

## 3. Scénario d'adéquation entre besoins et production d'énergies renouvelables dans les Pays de la Loire de 2010 à 2050

### 3.1. Adéquation entre besoins et production d'énergies renouvelables dans les Pays de la Loire en 2050

Après avoir chiffré les sources primaires et les flux d'énergie renouvelables disponibles en 2050, il s'agit maintenant de les mettre en correspondance avec les besoins en énergie finale, qui ont été établis pour les cinq principaux secteurs (habitat, transport, industrie et tertiaire et agriculture/forêt), après des économies d'énergie importantes.

Les autres chapitres du scénario VEC-PdL ont permis d'estimer les besoins pour les décennies à venir. Le tableau ci-dessous résume ces estimations :

Consommations d'énergie (TWh)	1990	1999	2006	2010	2020	2030	2040	2050	Evolution ref. 2010
Source	Explicit	Explicit	Explicit	VEC	VEC	VEC	VEC	VEC	VEC
Habitat	24	29	30	32	21	17	14	13	-59%
Transport	21	27	29	31	21	16	12	11	-65%
Industrie	12	13	16	16	12	10	9	9	-45%
Tertiaire	9	10	11	12	10	8	7	6	-53%
Agriculture	2	2	2	10	9	8	7	6	-38%
<b>Total (TWh)</b>	<b>68</b>	<b>81</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>73</b>	<b>58</b>	<b>49</b>	<b>44</b>	<b>-56%</b>
<b>Total (Mtep)</b>	<b>5.9</b>	<b>7.0</b>	<b>7.7</b>	<b>8.7</b>	<b>6.4</b>	<b>5.0</b>	<b>4.3</b>	<b>3.9</b>	<b>-56%</b>

Tableau 1. Estimation des besoins en énergie dans les différents secteur entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire. Les consommations d'énergie de l'agriculture d'Explicit sont sous-évaluées pour 1990, 1999 et 2006. Source : Explicit et Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

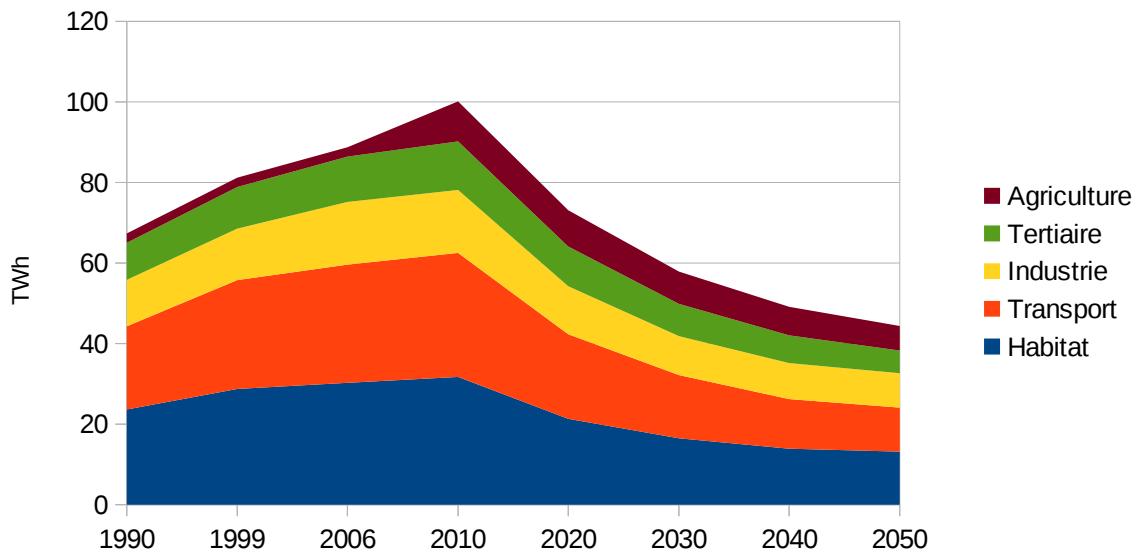


Figure 1. Evolution des besoins en énergie dans les différents secteurs d'activités des Pays de la Loire entre 1990 et 2050. Les consommations d'énergie de l'agriculture d'Explicit sont sous-évaluées pour 1990, 1999 et 2006. Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Les économies d'énergie sont ainsi la première brique de notre scénario, qui prévoit des réductions des consommations énergétiques allant de 38 % (agriculture et forêt) à 65 % (transports). L'économie d'énergie globale prévue en 2050 pour l'ensemble des activités de la région est de 56 %.

Le rapprochement entre besoins et énergie disponible nécessite de préciser la nature des besoins énergétiques afin de déterminer par quelle sorte d'énergie ils peuvent être satisfaits.

Nous avons ainsi distingué trois grandes catégories d'usage : thermique, mobilité et électricité, et défini pour chacune les vecteurs énergétiques susceptibles de les alimenter.

Usage 'thermique' : La production de chaleur, issue de quatre vecteurs secondaires énergétiques, est estimée à 21 TWh. Les sources prépondérantes pour l'énergie thermique sont le bois-énergie et le solaire thermique.

#### Usage 'mobilité' :

La mobilité suppose une combinaison plus complexe de sources primaires d'énergie de base. Les composés organiques (biogaz et agrocarburant) permettent d'alimenter les véhicules entraînés par moteur à combustion interne. Dans les décades à venir, nous estimons qu'une part croissante de véhicules sera motorisée électriquement, à partir de batteries électrochimiques ou de piles à hydrogène. Au total, nous obtenons une production totale d'énergie renouvelable dédiée à la mobilité de 11,3 TWh.

Usage 'Électricité spécifique' :

Les sources de base pour la production d'électricité sont l'éolien, le solaire photovoltaïque et l'hydraulique. Ces trois sources d'énergie sont complétées par un recours au biogaz. La production totale d'électricité spécifique de 23,5 TWh.

L'adéquation par usage entre production et besoins en ENR dans les Pays de la Loire est présentée dans la Figure 2. Cette figure résume notre démarche, avec notamment la prise en compte des pertes, dues au stockage/déstockage des ENR intermittentes.

Tableau des sources et flux d'énergie en 2050 avec usages

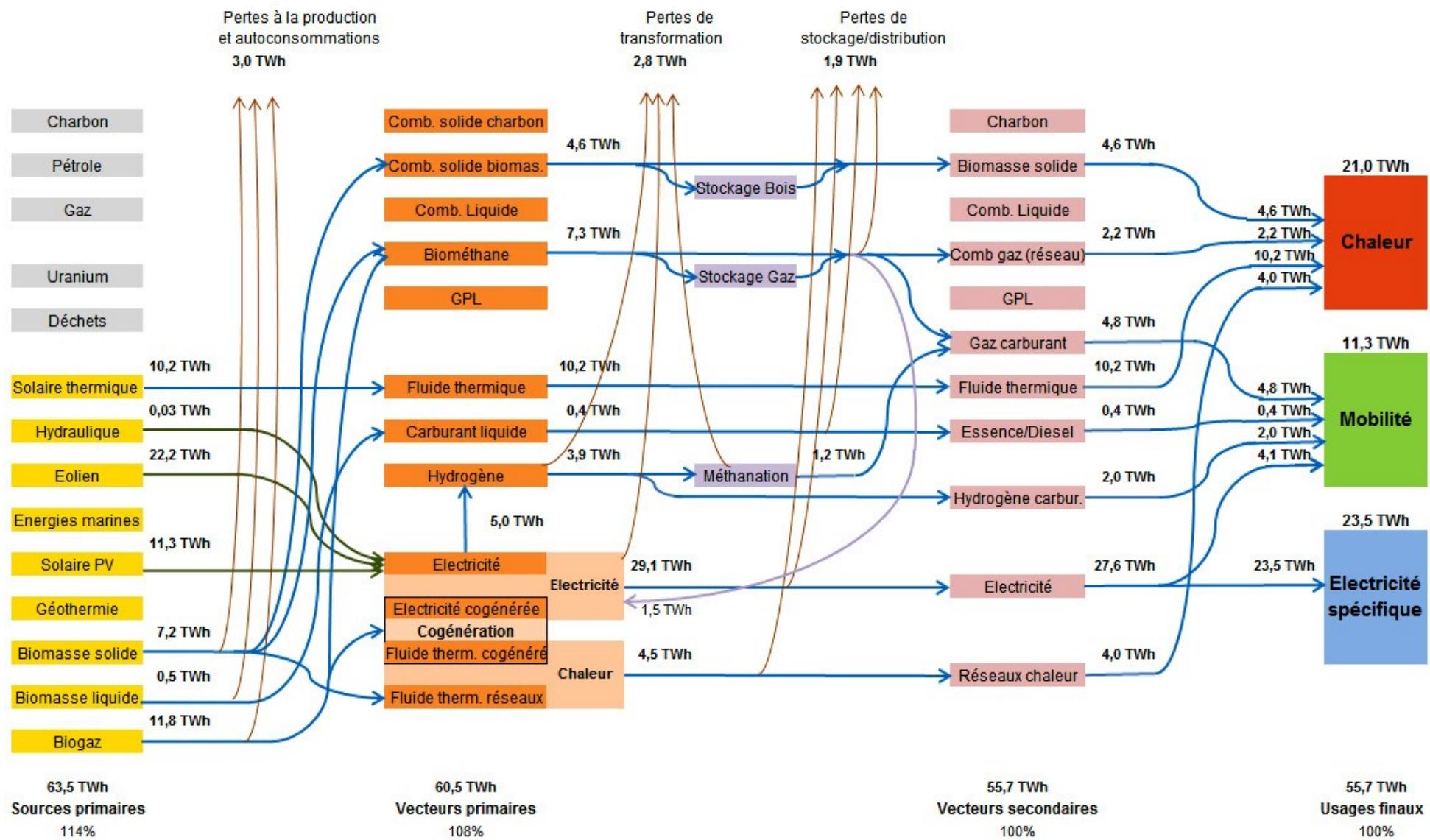


Figure 2: Schéma des sources et flux d'énergie disponibles en Pays de la Loire en 2050 et mise en correspondance avec trois usages principaux : chaleur / mobilité / électricité spécifique - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire

### 3.2. Evolution des besoins et des production d'énergies renouvelables dans les Pays de la Loire de 2010 à 2050

Le Tableau 2 et la Figure 3 présentent l'évolution de la contribution des énergies renouvelables par usages au cours des prochaines décennies.

Usages	2010	2020	2030	2040	2050
Total Chaleur	3,7 TWh	6,2 TWh	9,5 TWh	15,0 TWh	21,0 TWh
Total Mobilité	0,0 TWh	0,1 TWh	0,9 TWh	3,7 TWh	11,3 TWh
Total Electricité	0,6 TWh	4,3 TWh	8,6 TWh	15,0 TWh	23,5 TWh
<b>Total Energies</b>	<b>4,3 TWh</b>	<b>10,7 TWh</b>	<b>19,0 TWh</b>	<b>33,8 TWh</b>	<b>55,7 TWh</b>

Tableau 2. Evolution de la répartition des énergies renouvelables selon les usages en Pays de la Loire entre 2010 et 2050 (TWh) - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire

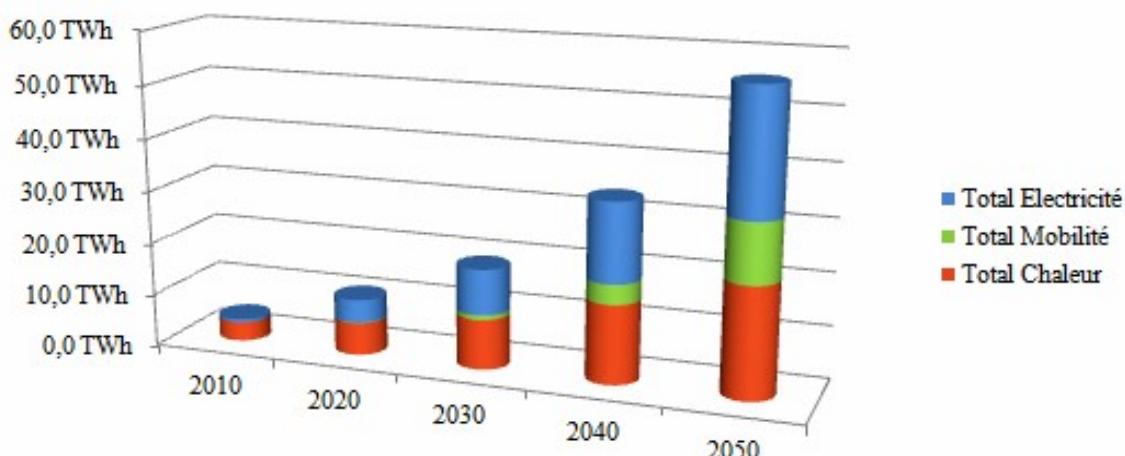


Figure 3. Evolution de la répartition des énergies renouvelables selon les usages en Pays de la Loire entre 2010 et 2050 (TWh) - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire

Il apparaît naturellement que les sources permettant de satisfaire aux besoins de chaleur et d'électricité spécifique se révèlent abondantes ; les sources correspondant aux besoins de mobilité sont plus difficiles à mettre en œuvre.

L'étape suivante consiste à comparer le total des apports d'énergies finales provenant des énergies renouvelables et l'ensemble des besoins énergétiques des Pays de la Loire décade par décade (Tableau 3, Figure 4).

	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Total Apports EnR</b>	4.30 TWh	10.69 TWh	19.04 TWh	33.76 TWh	55.75 TWh
<b>Total Besoins</b>	104.96 TWh	84.38 TWh	67.74 TWh	54.13 TWh	45.05 TWh
<b>Solde (énergies non-renouvelables)</b>	<b>-100.7 TWh</b>	<b>-73.7 TWh</b>	<b>-48.7 TWh</b>	<b>-20.4 TWh</b>	<b>10.7 TWh</b>
<b>% d'énergie non renouvelable</b>	<b>96%</b>	<b>87%</b>	<b>72%</b>	<b>38%</b>	<b>0%</b>

Tableau 3. Comparaison entre les apports ENR et le total des besoins entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire

### Ecart entre production d'EnR et besoins d'énergie

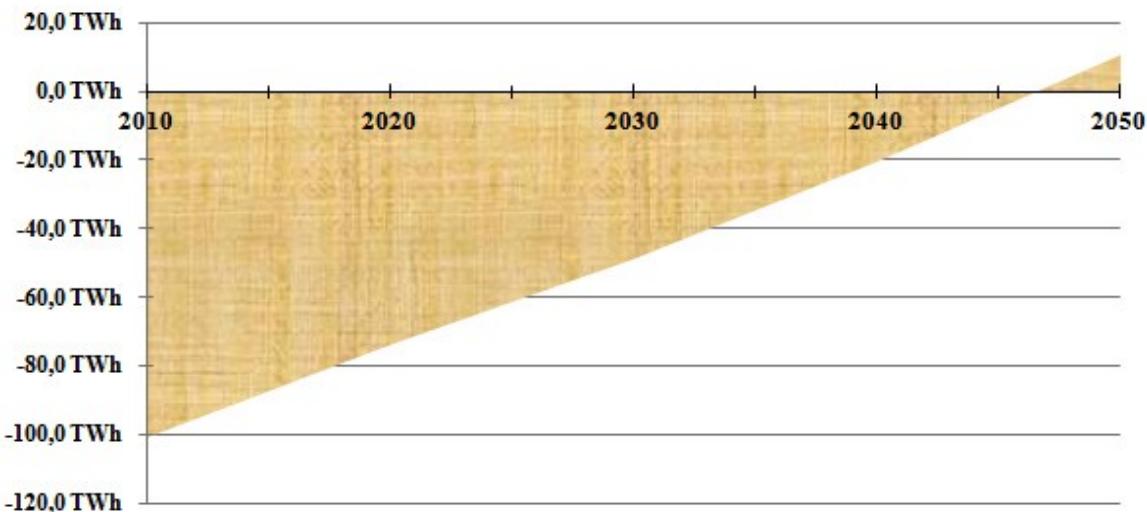


Figure 4. Écart entre production d'EnR et besoins d'énergie entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire.

Ces résultats montrent qu'il est possible dans les Pays de la Loire de satisfaire des besoins énergétiques maîtrisés avec uniquement des énergies renouvelables, à condition de mettre en place une politique volontariste de transition énergétique.

La Figure 4 montre que, dans trente trois ans, la région peut atteindre l'équilibre 'production ENR/besoins d'énergie'. Ce résultat devrait nous inciter à nous s'orienter sans tarder vers la transition énergétique, en soutenant le développement des différentes filières d'énergie renouvelables dans notre région.

Le graphique ci-dessous résume les aspects énergétiques du scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire pour les quatre décennies à venir.

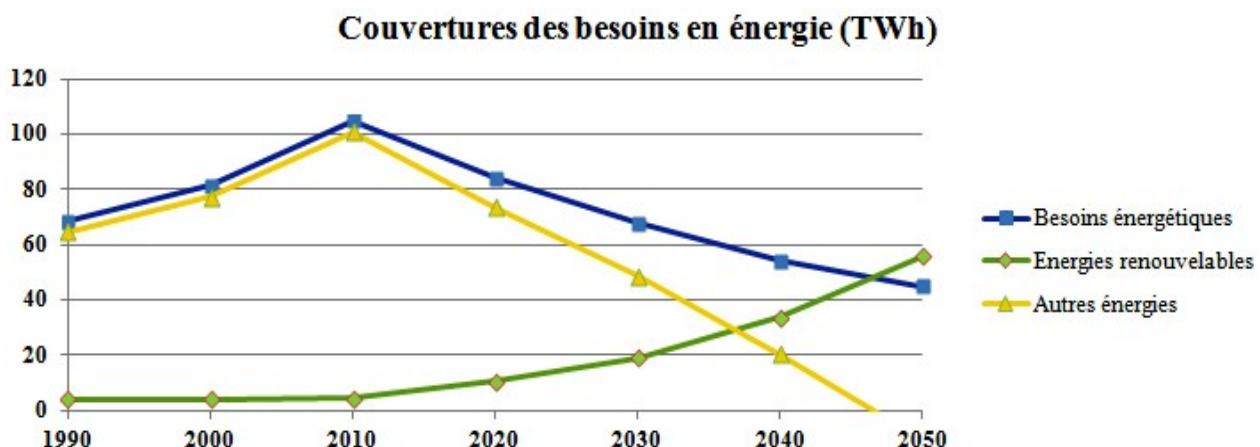


Figure 5: Évolution du besoin en énergie et de l'apport des ENR entre 2010 et 2050 en Pays de la Loire - Source : Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire

Le besoin en énergie diminue à partir de 2010/2012, suite à la mise en œuvre des actions d'économie d'énergie. La production des ENR augmente rapidement, suite à l'application de mesures volontaristes de transition énergétique, ce qui permet de réduire progressivement l'utilisation des énergies non-renouvelables polluantes, qui disparaissent finalement du bouquet énergétique régional en 2046.

Ces résultats démontrent que les énergies renouvelables peuvent couvrir la totalité des besoins énergétiques des Pays de la Loire à partir de 2046. Dès lors, l'usage des énergies fossiles et donc les gaz à effet de serre, qui y sont liés, disparaîtront. Parallèlement, et conformément aux conclusions du scénario négaWatt2011, le recours à l'énergie électronucléaire s'avérera totalement inutile, car les Pays de la Loire produiront suffisamment pour subvenir à leurs besoins au plus tard en 2032.

En 2050, les énergies renouvelables permettront même de satisfaire entièrement les usages de mobilité. Les besoins en 'Chaleur' seront alors également largement couverts par les énergies renouvelables.

Bien qu'une part de l'électricité produite soit dédiée à la mobilité, un excédent de 10,7 TWh pouvant permettre de répondre à des usages d'électricité spécifique sera disponible. Cet excédent de production d'électricité pourra subvenir aux besoins de régions voisines déficitaires en énergie électrique (par exemple l'Île-de-France).

## 4. Scénario de réduction des émissions de gaz à effet de serre des Pays de la Loire de 2010 à 2050

### 4.1. Méthode employée pour l'estimation des émissions de GES

- **Etape 1.** Synthèse des émissions de GES historiques par secteur d'activité. Les émissions de GES énergétiques sont tirées de Explicit (2009). Les émissions de GES de l'agriculture et de la forêt ont été recalculées avec l'outil agRiGES élaboré par VEC, car les estimations d'Explicit n'étaient pas cohérentes pour ce secteur.
- **Etape 2.** Calcul des émissions de GES énergétiques de 2010 par secteur d'activité. Ces émissions ont été obtenues en multipliant les consommations énergétiques des différents secteurs estimés par VEC (Tableau 1), par le pourcentage d'énergie non-renouvelable dans le bouquet régional (Tableau 3) et le contenu moyen en GES d'une unité d'énergie non renouvelable consommée par les différents secteurs d'activité des Pays de la Loire donnée par Explicit (2009) (Tableau 4).

Mt eq CO2/Mtep	1990	1999	2006
<i>Source</i>	<i>Explicit</i>	<i>Explicit</i>	<i>Explicit</i>
Habitat	1.9	1.8	1.7
Transport	3.1	3.1	3.1
Industrie	2.2	2.0	1.8
Tertiaire	2.1	2.1	2.1
Agriculture			
<b>Total</b>	<b>4.2</b>	<b>3.9</b>	<b>3.5</b>

Tableau 4. Contenu moyen en gaz à effet de serre d'une unité d'énergie non-renouvelable consommée par chaque secteur d'activités des Pays de la Loire (Mt eq.CO2/Mtep) . Source : Explicit (2009).

- **Etape 3.** Extrapolation des émissions de GES de 2010 à 2050. Les émissions de GES par secteur d'activité sont extrapolées linéairement entre les estimations de 2010 et les objectifs en 2050. L'évolution des émissions de GES par secteur est ensuite calculée par rapport aux émissions de 1990, année de référence pour les protocoles internationaux de réduction des émissions de GES (Kyoto) et de la loi sur l'énergie de 2005.

### 4.2. Résultats

Les résultats du scénario Virage Energie-Climat de réduction des émissions de gaz à effet de serre des Pays de la Loire de 2010 à 2050 est présenté ci-dessous (Tableau 5, Figure 6).

## Scénario Virage Énergie Climat Pays de la Loire

Mt eq CO2	1990	1999	2006	2010	2020	2030	2040	2050	Evolution ref. 1990
Source	Explicit/V EC	Explicit/ VEC	Explicit/ VEC	VEC	VEC	VEC	VEC	VEC	VEC
Habitat	3.9	4.5	4.5	4.8	2.8	1.8	0.8	0.0	-100%
Transport	5.7	7.4	8.0	8.4	5.0	3.1	1.3	0.0	-100%
Industrie	2.2	2.2	2.4	2.4	1.6	1.1	0.5	0.0	-100%
Tertiaire	1.7	1.9	2.1	2.2	1.6	1.1	0.5	0.0	-100%
Agriculture	11.1	11.2	10.4	10.4	8.9	7.3	5.8	4.3	-62%
<b>Total GES</b>	<b>24.5</b>	<b>27.1</b>	<b>27.4</b>	<b>28.1</b>	<b>19.8</b>	<b>14.3</b>	<b>8.8</b>	<b>4.3</b>	<b>-83%</b>
<i>dont GES énergétiques</i>	<b>13.4</b>	<b>15.9</b>	<b>17.0</b>	<b>17.7</b>	<b>11.0</b>	<b>7.0</b>	<b>3.0</b>	<b>0.0</b>	<b>-100%</b>
<i>dont GES non énergétiques</i>	<b>11.1</b>	<b>11.2</b>	<b>10.4</b>	<b>10.4</b>	<b>8.9</b>	<b>7.3</b>	<b>5.8</b>	<b>4.3</b>	<b>-62%</b>

Tableau 5. Scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) des Pays de la Loire.

Source : Explicit/Virage Energie-Climat Pays de la Loire.

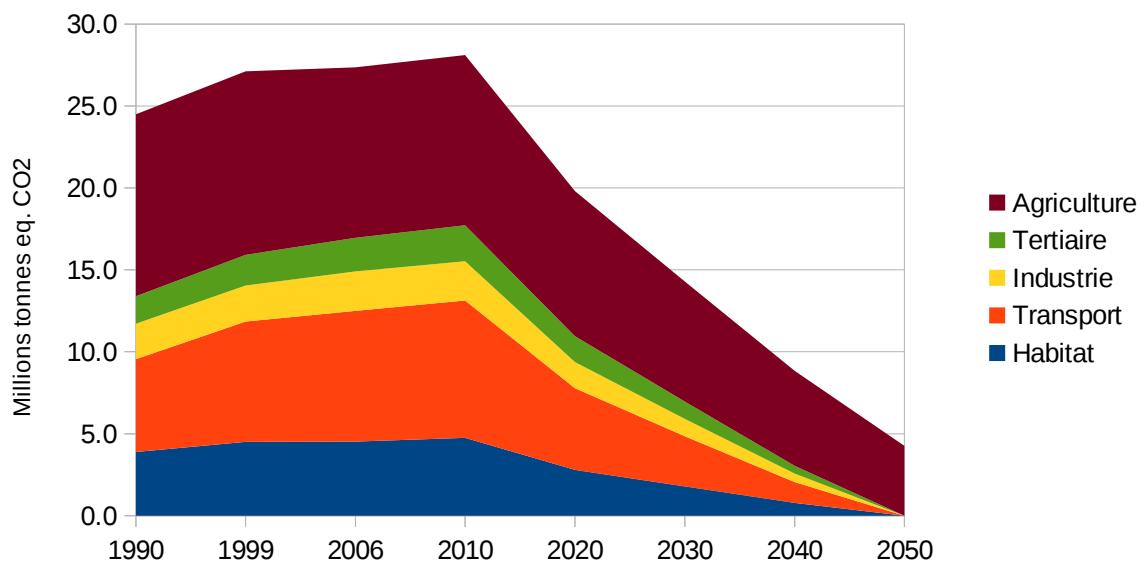


Figure 6. Scénario d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) des Pays de la Loire.  
Source : Explicit/Virage Energie-Climat Pays de la Loire.

Les énergies non renouvelables disparaîtront du bouquet énergétique régional en 2046, ainsi que toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine énergétique qu'elles engendreraient. Les émissions de GES non-énergétiques de l'agriculture et de la forêt diminuent parallèlement de 62 %, avec la mise en place de la transition alimentaire et agricole décrite dans le chapitre 6.

Le scénario Virage Énergie-Climat aboutit à une réduction globale des émissions de GES des Pays de la Loire de 20 % en 2020 et 83 % en 2050. Ceci permet d'aller au-delà de l'obligation légale de diminution de 75 % des émissions de GES en 2050, inscrite dans la loi sur l'énergie de 2005, et de contribuer régionalement de façon exemplaire à limiter le dérèglement climatique global.

## 5. Discussion et conclusions

En avril 2013, le scénario Virage Energie-Climat est le seul scénario officiellement publié offrant une vision prospective de l'avenir énergétique et climatique des Pays de la Loire. Il indique une direction claire permettant de se conformer à l'obligation réglementaire d'une réduction des émissions de GES régionales de 75 % en 2050 (« facteur 4 »). Il n'est donc pas un scénario de rupture utopiste, mais une vision du futur crédible et désirable.

L'impact social et économique du scénario Virage Energie-Climat n'est pas (encore) précisément chiffré. Les prévisions de l'effet net sur l'emploi du scénario négaWatt national (Quirion, 2013)<sup>1</sup>, dont notre scénario est inspiré, laissent cependant penser que le scénario VEC pourrait contribuer à créer un nombre très significatif d'emplois dans la région dès 2020-2030. Si les Pays de la Loire lançaient une politique volontariste de transition énergétique, des emplois seraient en effet directement créés dans les secteurs du bâtiments (rénovation énergétique), des transports en commun et du fret, et des énergies renouvelables. Mais des emplois seraient également indirectement créés du fait de la réduction progressive des achats d'hydrocarbures, qui dégagerait des ressources financières nouvelles pour relancer d'autres secteurs d'activité.

Le nouveau système énergétique, agricole et sylvicole préconisé par le scénario Virage Énergie-Climat permettrait surtout d'assurer une sécurité d'approvisionnement en énergie, nourriture, matériaux et molécules aux Pays de la Loire, tout en relocalisant largement les activités. Le scénario Virage Énergie-Climat Pays de la Loire est donc un scénario de non-regret, dont les multiples dividendes prépareront les Pays de la Loire à traverser dans de bonnes conditions les chocs énergétiques, climatiques et alimentaires qui s'annoncent.

---

<sup>1</sup> <http://www.negawatt.org/etude-emplois-economie-p120.html>