



JUIN
2018

CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI ET APPROCHES METIERS ET FILIERES DES SCENARIOS D'ACTUALISATION DU MASTER PLAN POUR LA TRI/REV3 EN HAUTS-DE-FRANCE :

RAPPORT FINAL

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

En partenariat avec :



La préfecture et les services de l'État en région
Hauts-de-France

REMERCIEMENTS

Les membres du comité de pilotage :

Philippe VASSEUR, Mission REV3
Hervé PIGNON, ADEME Hauts-de-France
Didier COPIN, CCIR
Virginie RENAULT, Région Hauts-de-France
Ertgren SHEHU, SGAR
Valérie WEBER -HADDAD, ADEME Paris

Voir liste des entretiens en fin de document

Les contributeurs ADEME : Cédric ALVERA, Florent DUPUIS, Christophe ROGER, François BOISLEUX, Yannick PAILLET, Emmanuel TEYS, Eric VIDALENC, Marie TISON, Agnès JACQUES, Bruno FRIMAT, Hervé PIGNON, Valérie WEBBER-HADDAD.

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME : Thomas BLAIS ; IN NUMERI : Gérard GIE et Laurence HAEUSLER. 2018.

Scénarios REV3 Hauts-de-France : conséquences sur l'emploi et approches métiers et filières. 129 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Et sur le site du CERDD <http://www.cerdd.org/Parcours-thematiques/Ressources>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 17MAR000422

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par :



Coordination technique - ADEME : BLAIS Thomas
Direction/Service : DR Hauts de France



SOMMAIRE

Résumé	6
Abstract	6
Synthèse	6
1. Impact sur l'emploi des scénarios associés à REV3	13
1.1. Objectifs et méthode	13
1.1.1. Présentation générale de la méthode	13
1.1.2. Scénario de référence.....	18
1.1.3. Le traitement des filières vulnérables	19
1.2. Les énergies renouvelables	20
1.2.1. Champ des énergies renouvelables	20
1.2.2. Hypothèses retenues pour les énergies renouvelables.....	21
1.2.3. Résultats : emplois liés aux filières énergies renouvelables.....	24
1.3. L'amélioration énergétique du bâtiment	30
1.3.1. Champ de l'amélioration énergétique du bâtiment	30
1.3.2. Hypothèses retenues pour les filières bâtiment.....	31
1.3.3. Résultats : emplois liés aux filières bâtiment	33
1.4. Les transports	39
1.4.1. Champ des filières transport	39
1.4.2. Hypothèses retenues pour les filières transports.....	40
1.4.3. Résultats : emplois liés aux filières transport.....	43
1.5. Résultats d'ensemble	46
1.5.1. Résultats	46
1.5.2. Mise en perspectives et limites de la quantification	47
2. Regard sur la méthanisation	50
2.1. Contexte	50
2.2. Situation actuelle de la filière biogaz en Hauts-de-France	51
2.2.1. La production de biogaz.....	51
2.2.2. Investissements, coûts d'exploitation et emploi	51
2.2.3. Les freins ressentis au développement de la filière	54
2.2.4. Les acteurs de la filière méthanisation dans les Hauts-de-France	54
2.3. Perspectives sur l'activité et l'emploi de la filière à 2050	55
2.3.1. Evaluation du nombre d'emplois de la filière méthanisation.....	55
2.3.2. Les emplois impactés négativement par la croissance de la filière	58
2.3.3. Les activités impactées en aval de la filière	58
2.4. Les métiers et les compétences	58
2.4.1. Métiers liés aux investissements	58
2.4.2. Métiers liés à l'exploitation	59



2.4.3.	Métiers liés à la valorisation :	59
2.4.4.	Métiers de support à la filière :	60
2.4.5.	Les métiers spécifiques à la filière	60
2.5.	Les besoins de formation	61
2.5.1.	Peu de formations initiales dédiées à la méthanisation à but énergétique.....	61
2.5.2.	Les besoins de formations ou de réorientation	62
2.6.	Conclusion	63
Annexes	65
3.	Regard sur les matériaux de construction biosourcés	68
3.1.	Contexte, périmètre et situation de la filière en France.....	68
3.2.	Situation actuelle de la filière dans les Hauts de France	71
3.2.1.	Evolution récente de la construction / rénovation et situation actuelle dans les Hauts-de-France	71
3.2.2.	Situation actuelle de la filière des matériaux de construction biosourcés dans les Hauts-de-France	73
3.3.	Perspectives sur l'activité et l'emploi de la filière à 2050.....	74
3.3.1.	Perspectives de la construction	75
3.3.2.	Perspectives d'utilisation de matériaux de construction biosourcés.....	77
3.4.	Les métiers et les compétences	78
3.4.1.	La construction bois	78
3.4.2.	La paille et les matériaux isolants biosourcés	78
3.5.	Formation	79
3.5.1.	Structures de formation existantes	79
3.5.2.	Enjeux et orientations concernant la formation.....	80
4.	Regard sur la filière hydrogène et le stockage de l'énergie.....	81
4.1.	Contexte et périmètre.....	81
4.2.	Situation actuelle des deux filières dans les Hauts-de-France.....	82
4.2.1.	La filière hydrogène dans les Hauts-de-France	82
4.2.2.	Le stockage de l'électricité	84
4.3.	Perspectives sur l'activité et l'emploi de la filière à 2050.....	84
4.3.1.	Le stockage de l'électricité et la production d'hydrogène dans les scénarios.	84
4.3.2.	Les besoins de stockage de l'électricité excédentaire au pas journalier	85
4.3.3.	Les besoins de stockage inter-saisonnier ; le développement d'un écosystème hydrogène.....	88
4.3.4.	Récapitulatif des emplois pour le stockage et l'hydrogène mobilité	91
4.4.	Les métiers et les compétences	91
Annexes	94
5.	Regard sur la mobilité électrique.....	101
5.1.	Contexte et périmètre.....	101
5.2.	Situation actuelle de la filière	102



5.2.1.	Les effectifs globaux de la filière automobile dans les Hauts-de-France	102
5.2.2.	Les activités de construction automobile	103
5.3.	Perspectives sur les marchés et l'emploi à l'horizon 2050	104
5.3.1.	Les emplois liés aux véhicules électriques	105
5.3.2.	Les emplois liés aux bornes de recharge et à leur exploitation	106
5.3.3.	La deuxième vie des batteries	108
5.3.4.	Le recyclage des batteries	108
5.4.	Les métiers et les compétences	109
5.4.1.	L'entretien des véhicules automobiles électriques	109
5.4.2.	Les bornes de recharge	110
5.4.3.	Gérer la disparition des ventes de carburant, essence et diesel	110
5.5.	Conclusion	111
6.	Fiches de synthèse des « Regard sur »	112
6.1.	Impact emploi du stockage de l'électricité et de la filière hydrogène.....	112
6.2.	Impact emploi du développement des matériaux de construction biosourcés	114
6.3.	Impact emploi du développement de la méthanisation	116
6.4.	Impact emploi du développement de la mobilité électrique	118
	Références bibliographiques	120
	Liste des entretiens.....	123
	Index des tableaux et figures	124
	Sigles et acronymes.....	126



Résumé

L'ADEME Hauts-de-France en partenariat avec la Préfecture, le Conseil Régional, le Commissariat Spécial à la Réindustrialisation et la CCIR a entrepris d'explorer des scénarios de transition énergétique actualisant et étendant à l'ensemble de la Région les travaux initiés en 2013 par le Master Plan de la Troisième Révolution Industrielle sur le Nord-Pas de Calais.

Ce rapport, qui vient en complément de la « Proposition des scénarios énergétiques » élaborés par le consortium Energies Demain - Enerdata, présente les résultats d'une quantification des impacts sur l'emploi de ces scénarios, quantification effectuée avec l'outil TETE développé par le CIRED pour le Réseau Action Climat et l'ADEME. Afin d'identifier les problèmes de formation posés par la transition énergétique le rapport examine également de façon plus détaillée quatre filières spécifiques : méthanisation, mobilité électrique, stockage de l'électricité – hydrogène et matériaux de construction biosourcés.

Parmi les trois scénarios élaborés le scénario « autonomie régionale forte » est celui qui a le plus fort impact positif sur l'emploi, du fait du développement maximum des énergies renouvelables.

L'impact sur l'emploi du scénario « production optimisée et sobriété » est relativement limité du fait de la forte baisse de la construction tertiaire et des transports de passagers, résultat du développement du télétravail.

Dans le troisième scénario « autonomie régionale faible » la recherche d'autonomie énergétique exclut les grands équipements industriels ; le développement des énergies renouvelables est moins important et l'impact emploi est intermédiaire entre les deux scénarios précédents.

S'agissant du bilan des besoins de formation qui résultent de l'analyse des filières le principal constat est que le développement rapide de la méthanisation va se traduire à relativement court terme par un besoin de formation important d'ingénieurs méthaniseurs et de techniciens / exploitants. Pour les autres filières les besoins sont à plus long terme et semblent pouvoir en grande partie être satisfaits en interne ou de façon *ad hoc* par les fournisseurs des équipements.

Abstract

ADEME Hauts-de-France in partnership with the Préfecture, the Conseil Régional, the Commissariat Spécial à la Réindustrialisation and the CCIR has undertaken to explore energy transition scenarios extending the work initiated in 2013 by the Master Plan of the Third Industrial Revolution on Nord-Pas de Calais to the whole Region.

This report, which complements the "Energy Scenarios Proposal" prepared by the Energies Demain - Enerdata consortium, presents the results of a quantification of the impacts on employment of these scenarios, using the TETE tool developed by CIRED for the Climate Action Network and ADEME. The report also examines in more detail four specific domains to identify the training problems posed by the energy transition: methanization, electric mobility, electricity storage - hydrogen and bio-based building materials.

Amongst the three scenarios the "strong regional autonomy" scenario has the greatest positive impact on employment, due to the maximum development of renewable energies.

The impact on employment of the "optimized production and sobriety" scenario is relatively limited due to the sharp fall in non residential construction and passenger transport, which result of the development of teleworking.

In the third scenario of "weak regional autonomy", the search for energy autonomy excludes large industrial facilities; the development of renewable energies is less important and the employment impact is intermediate between the two previous scenarios.

With regard to the assessment of training needs resulting from the analysis of the four specific domains, the main conclusion is that the rapid development of methanization will translate in the relatively short term into a significant training need for engineers and technicians / operators specialised in methanization. For the other domains, needs are longer term and could be in part satisfied internally or on an ad hoc basis by equipment suppliers.




Synthèse



En 2013, à l'initiative du Conseil Régional et de la Chambre de Commerce et d'Industrie Régionale, la région Nord-Pas de Calais s'était dotée d'un Master Plan réalisé avec Jérémy Rifkin pour décliner concrètement la « Troisième Révolution Industrielle » (TRI) - aujourd'hui formalisée sous le nom de rev3.

En 2017 l'ADEME, en partenariat avec l'Etat, la Mission rev3, le Conseil Régional, et la Chambre de Commerce et d'Industrie Régionale, a entrepris un travail destiné à faire le point sur la dynamique en cours et à étendre cette dynamique à l'ensemble des Hauts-de-France. Dans une logique de co-construction ce travail est le fruit d'un dialogue avec les parties prenantes (entreprises, collectivités, institutions, associations, syndicats...) ayant participé et contribué, notamment lors d'une journée de mise en débat le 23 janvier 2018 à Lille.

Trois scénarios sont proposés comme autant de trajectoires nuancées mais dont les fondamentaux restent les mêmes : sobriété, efficacité énergétique et énergies renouvelables employées à divers degrés. Ils se distinguent aussi par leur degré d'autonomie énergétique sensiblement différent lié à des lectures du système économique régional. Ils s'inscrivent tous les trois, avec des logiques sensiblement différentes, dans l'ambition initiale du Master Plan : faire se croiser les courbes de production et de consommation d'énergie à l'échelle régionale à l'horizon 2050 ou, dit autrement, couvrir les besoins énergétiques régionaux par des énergies renouvelables locales.

-  Scénario « autonomie régionale faible » : dans ce scénario, qui joue le rôle de « scénario de base » les grandes installations industrielles qui s'inscrivent dans des systèmes économiques largement mondialisés et dont les évolutions sont d'abord issues de logiques nationales, voire internationales, ne sont pas prises en compte dans le calcul du degré d'autonomie énergétique de la région.
-  Scénario « autonomie régionale forte » : les grands consommateurs, décrits ci-dessus, sont réintégrés dans le périmètre de calcul et l'ensemble des besoins énergétiques régionaux est couvert en mobilisant la totalité des potentiels renouvelables possibles.
-  Scénario « production optimisée et sobriété » : les gisements d'énergies renouvelables sont moins largement mobilisés que dans le scénario « autonomie régionale forte » mais des réductions additionnelles de consommation permettent d'atteindre une couverture complète des consommations régionales par une production renouvelable locale.

Ces trois scénarios font l'objet du rapport « scénarios d'actualisation du master plan pour la troisième révolution industrielle en Hauts-de-France »¹.

Le présent rapport présente pour sa part les enjeux de ces scénarios en termes d'emploi. La dynamique de la Troisième Révolution Industrielle inscrit en effet les enjeux climatiques dans une logique de changement de modèle économique et de réponse au défi de l'emploi. En exposant les résultats d'un travail visant, de manière exploratoire, à quantifier les emplois de la Troisième Révolution Industrielle/rev3 et à ouvrir, pour quelques filières, la question des métiers et des compétences permettant de la mettre en œuvre, il s'agit de tisser les liens entre des options techniques, des politiques publiques et les besoins de ressources humaines et compétences dans les filières de la TRI.

Il s'agit également d'apprécier la capacité de l'économie régionale à tirer parti de ces options et des bénéfices en emplois qui en découleraient, ainsi que d'identifier les mises en situation de vulnérabilité de certaines filières afin d'amorcer une réflexion autour de trajectoires professionnelles vers des filières en développement.

Ce travail constitue un point d'étape sur la trajectoire qui doit conduire aux ambitions de 2050. La réflexion se poursuit sur les enjeux matières et ressources avec un travail similaire conduit sur les aspects d'économie circulaire pour tendre vers une vision enrichie de la transition énergétique et écologique s'inscrivant pleinement dans la lutte contre le changement climatique.

Enjeux de la TRI/rev3 en termes d'emploi

¹ Cf. « scénarios d'actualisation du master plan pour la troisième révolution industrielle en Hauts-de-France » ADEME juillet 2018



La quantification des emplois a été effectuée en s'appuyant sur un modèle développé par le CIRED² dans le cadre d'une expérimentation nationale de l'ADEME ayant donné naissance depuis à l'outil TETE (Transition Ecologique Territoires Emplois)³. Ce modèle a été choisi pour sa lisibilité et son accessibilité dans le but d'une amélioration au fil du temps ainsi que pour sa capacité d'adaptation aux problématiques régionales.

Son objectif est d'illustrer les impacts des différents scénarios et non pas d'arbitrer entre eux, ce qui impliquerait de prendre en compte l'ensemble des facteurs technico-économiques et sociaux.

Le périmètre de la quantification est celui de la transition énergétique et ne couvre pas toutes les filières de la Troisième Révolution Industrielle. Trois grands domaines sont abordés : la rénovation énergétique des bâtiments, l'amélioration de la mobilité sous l'angle énergétique et enfin le développement des énergies renouvelables.

Les résultats sont mis en regard d'un scénario tendanciel permettant de se fixer un point de référence. Ce scénario repose sur un taux de croissance annuel moyen de +0.8% par an entre 2015 et 2050, valeur retenue lors de l'élaboration du Master plan de 2013, et sur une hausse de 0,4% par an de la production par emploi.

Sur cette base, les résultats cumulés pour les trois secteurs étudiés représentent dans le scénario « autonomie énergétique faible » une augmentation cumulée d'environ 46 600 ETP⁴ soit 21 600 ETP de plus que le scénario tendanciel. L'augmentation cumulée monte à 67 700 ETP dans le scénario « autonomie régionale forte » qui mobilise la totalité du potentiel d'énergie renouvelable mais se réduit à 30 900 ETP dans le scénario « production optimisée et sobriété » du fait en particulier de la réduction de la mobilité des personnes et de la réduction des constructions de nouvelles surfaces du secteur tertiaire.

L'analyse détaillée de quelques filières permet par ailleurs d'identifier des résultats intéressants à l'horizon 2050 : méthanisation (de 300 à 11 000 emplois), matériaux biosourcés dans le bâtiment (de 500 à 7 000 emplois directs), électro-mobilité (jusqu'à 6 000 emplois directs), stockage de l'énergie et hydrogène (jusqu'à 7 000 emplois directs).

Au-delà des effectifs en jeu, ces résultats mettent en évidence des opportunités majeures à saisir en matière de formation et d'accompagnement des transitions professionnelles.

Les énergies renouvelables : un potentiel d'emplois important

Pour les énergies renouvelables, le potentiel d'emploi est compris entre 31 600 emplois (scénario de base) et 52 600 emplois (scénario autonomie régionale forte) en 2050.

Dans le scénario de base « autonomie régionale faible », les emplois liés au développement des énergies renouvelables seraient multipliés par quatre entre 2015 et 2050 avec une augmentation de 23 900 ETP, soit 22 800 ETP de plus que dans le scénario tendanciel. Au final le nombre total d'emplois dans les filières d'énergies renouvelables est de 31 000 ETP en 2050 (contre 7 000 en 2015).

En 2050 les emplois permanents sont de 20 700 ETP, dont 12 900 emplois directs dans l'exploitation, l'entretien, la maintenance ou l'approvisionnement des unités de production.

Cette croissance des emplois permanents est obtenue au prix d'investissements très importants. Entre 2015 et 2050 les dépenses d'investissement atteignent 71,9 milliards d'euros. En 2050 la valeur du parc de production des énergies renouvelables atteint 48,5 milliards d'euros.

² CIRED : Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

³ Téléchargeable gratuitement sur le site web : <https://territoires-emplois.org/>

⁴ Les emplois sont exprimés en « équivalents temps plein ». Sauf mention contraire les emplois indiqués sont les emplois directs et indirects ; les emplois induits sont exclus.

Les effets et emplois directs : les activités de production « directes » sont celles qui concernent des produits spécifiques à la filière. Pour l'éolien, il s'agit par exemple de la fabrication de mâts, de pales, de nacelles, de matériels de contrôle, d'études acoustiques, etc. Les emplois directs sont les emplois associés aux activités de production directes ;

Les effets et emplois indirects : les activités de production « indirectes » sont celles qui concernent la production fabrication de produits nécessaires à la fabrication des produits directs. Ces activités de production, pour l'éolien par exemple il peut s'agir de la production des résines servant à fabriquer les pales, ne sont pas spécifiques à la filière éolienne. Les emplois indirects sont ceux des activités de production indirectes ;

Les effets et emplois induits : les activités « induites » relèvent des interactions de la filière avec le reste de l'économie : effet d'entraînement par la dépense de consommation, les revenus supplémentaires générés (ou la perte de revenus) etc.

Une distinction importante est faite également entre les emplois liés aux investissements, qui dépendent des dépenses d'investissements engagées au cours d'une année et les emplois « permanents » - emplois d'entretien/maintenance et plus généralement de gestion/exploitation qui sont liés au parc d'installations et d'équipements en place



Ce sont les filières qui valorisent la biomasse (bois énergie et méthanisation) qui génèrent le plus d'emplois, notamment des emplois permanents (emplois de gestion, d'entretien, de maintenance et d'approvisionnement des équipements et installations).

Les emplois indiqués sont des emplois bruts : ne sont pas prises en compte les filières rendues vulnérables par le développement des énergies renouvelables sous l'impulsion de la TRI. Même si le lien avec les emplois des filières fossiles est réel, du point de vue politique, les arbitrages sur les moyens de production ayant les impacts les plus forts ne seront pas régionaux mais nationaux, voire internationaux.

Dans la mesure où les scénarios « autonomie régionale forte » et « production optimisée et sobriété » développent plus fortement les énergies renouvelables (notamment le PV et l'éolien), les résultats en emplois sont d'autant plus favorables.

– **VOLUME D'ETP EN 2050 DANS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES
SELON LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS :**



Regard sur la méthanisation : enjeux et perspectives pour la région Hauts-de-France

Les trois scénarios prévoient une production effective de 15 TWh à l'horizon 2050 pour 890 installations. Sur cette base on obtient plus de 11 000 ETP (dont 5 300 emplois permanents directs et 4 100 emplois permanents indirects) liés au développement de la filière.

Le développement de la filière porterait très majoritairement sur les unités destinées à l'injection de biogaz dans les réseaux. Les branches d'activité concernées sont celles relatives à la production et à l'acheminement des intrants (agriculture, gestion des déchets...).

En dehors des métiers de la filière, des évolutions de compétences sont à anticiper pour :

- Les techniciens biogaz, chauffage et techniciens de fluides dont l'expérience actuelle est celle des habitations et non des installations industrielles et agricoles.
- Les automaticiens qui installent, programment et assurent la maintenance des équipements.

Les emplois de la branche déchets seront majoritairement une substitution / un redéploiement des emplois actuels, les déchets étant déjà collectés et traités. Il faudra notamment gérer le transfert du compostage vers la méthanisation, et plus généralement les conséquences d'une augmentation vraisemblable de la valeur des bio-déchets les plus méthanogènes.

Regard sur l'hydrogène et le stockage de l'énergie

Le stockage de l'énergie est étudié en partant des besoins mis en évidence au niveau quotidien, hebdomadaire et inter-saisonnier. La solution de stockage par batteries en lien avec le développement de l'autoconsommation a été privilégiée pour répondre aux besoins de stockage infra-journalier des excédents de production de l'énergie photovoltaïque. Pour le stockage inter-saisonnier destiné à répondre aux pics de consommation hivernaux c'est la solution consistant à produire de l'hydrogène par électrolyse puis à restituer l'électricité par des piles à combustibles ou via la production de méthane alimentant des centrales gaz qui a été retenue et quantifiée en termes d'emplois⁵. On notera que le stockage hydrogène n'est nécessaire que dans les deux scénarios mobilisant fortement le potentiel d'énergie renouvelable.

La variante principale choisie pour la production d'hydrogène est une variante centralisée avec plusieurs sites d'électrolyse de plusieurs centaines de MW par site. A par ailleurs été intégré dans l'analyse une hypothèse de développement de l'usage de l'hydrogène dans la mobilité (40% de la flotte des poids lourds, bus et autocars). Au final, cet ensemble d'activités, y compris le stockage par batterie représenterait près de 7 000 ETP directs supplémentaires à l'horizon 2050 dans le scénario optimisé. Ce développement n'interviendrait toutefois à grande échelle qu'à partir des années 2030 2035, lorsque dans les scénarios « autonomie régionale forte » et « production optimisée » la part des énergies renouvelables intermittentes deviendra significative.

⁵ Dans les trois scénarios le système national des STEP est sensé répondre aux besoins de stockage inter-journaliers.



En tant que filière en devenir, les métiers concernés sont encore peu ou pas définis. Les interlocuteurs rencontrés ont mis l'accent sur les formations internes ou par les fournisseurs d'équipements (par exemple assemblage des électrolyseurs).

Pour le reste des emplois, il s'agit de renforcer des compétences de professions existantes telles que les électriciens, techniciens gaz dans des domaines plus spécialisés (travail sous tension, sécurité ...). S'il existe actuellement en région presque une centaine de formations de tous niveaux pour les électriciens et de façon générale pour la filière de l'installation électrique, le nombre de formation pour la filière hydrogène est beaucoup plus limité.

La rénovation énergétique des bâtiments : un vivier d'emplois à transformer

Dans le scénario « autonomie régionale faible », l'emploi dans le secteur du bâtiment augmente de 9 300 ETP entre 2015 et 2050, soit un gain net par rapport au scénario tendanciel de 2 800 ETP.

Dans les trois scénarios, l'objectif de rénovation complète au standard BBC du parc résidentiel et tertiaire à l'horizon 2050 se traduit par une forte croissance des emplois dans la rénovation (+12 000 emplois pour le secteur résidentiel et +12 300 emplois pour le secteur tertiaire en 2050 par rapport à 2015).

Le montant prévisionnel des investissements pour la rénovation du parc est de 71,7 Md€ pour le parc résidentiel et 41,2 Md€ pour le parc tertiaire.

Cette forte croissance est toutefois contrebalancée par la diminution des emplois dans la construction de bâtiments tertiaires. Cette diminution atteint 11 800 emplois entre 2015 et 2050 dans le « scénario de base » et le scénario « autonomie régionale forte » et 16 200 emplois dans le scénario « production optimisée et sobriété ». Elle résulte de la contraction de la construction tertiaire⁶ dans les trois scénarios : de 1,3 millions de m² par an en 2015 à 511 000 m² en 2050 dans les deux premiers scénarios et à 127 000 m² dans le troisième. Dans ces conditions le besoin de financement global du secteur tertiaire pour la rénovation et de la construction neuve resterait quasiment constant sur la période à environ 2,1 Md€/an.

Un autre facteur de diminution des emplois dans le secteur est le remplacement progressif mais massif des chaudières gaz et fioul par des modes de chauffage utilisant des énergies renouvelables. Ce remplacement se traduit par une baisse des emplois dans l'installation, l'entretien et l'approvisionnement en gaz de ces chaudières, baisse qui atteint 4 500 emplois entre 2015 et 2050. Cette baisse est toutefois plus que compensée par les emplois d'entretien, de maintenance et d'approvisionnement dans le domaine des équipements domestiques pour la production d'énergies renouvelables (+ 8 500 dans les trois scénarios).

– VOLUME D'ETP EN 2050 DANS LE SECTEUR DU BÂTIMENT SELON LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS :



Regard sur les filières des matériaux biosourcés

Bien que la région soit relativement bien positionnée et active dans le domaine, les scénarios n'abordent pas le développement de la filière des matériaux biosourcés⁷. On a choisi d'examiner l'impact sur l'emploi de deux hypothèses portant sur la pénétration des constructions neuves à ossature bois (20 et 40% à l'horizon 2050 à comparer aux 3 à 5% actuels) et celle des isolants à base de matériaux de construction biosourcés (20 et 40% à comparer aux 5 à 8% actuels au niveau France entière).

Dans ces conditions, on obtient des volumes d'emplois en 2050 qui varient de 1 000 à 2 000 ETP directs (contre 220 estimés en 2015) pour la construction bois et de 2 500 à 5 000 ETP directs (contre 350 en 2015) pour l'isolation faisant appel aux matériaux d'isolation biosourcés (y compris à base de paille).

Une partie de ces formations sera prise en charge par les fournisseurs ou les fabricants ; pour les autres

⁶ Pour le résidentiel, à la différence du tertiaire le périmètre des activités prises en compte n'intègre pas la construction neuve. Notamment car il n'y a pas d'hypothèses régionales spécifiques dans le scénario où celles-ci sont guidées par des orientations nationales (réglementation thermique)

⁷ Cette filière fera l'objet d'une analyse complémentaire dans la suite du travail sur l'économie circulaire.



(notamment les filières en cours de structuration, et moins industrialisées) il sera certainement nécessaire de développer des formations spécifiques (plus ciblées), dont certaines existent déjà (en plus des formations existantes sur les règles professionnelles)

Concernant les métiers et formations, on est sur un enjeu de transformation des emplois actuels. Les enjeux en volume sont réduits. L'acquisition de compétences concernera les ouvriers du bâtiment mais également les organismes de contrôle, les architectes et les maîtres d'œuvre. La sensibilisation des maîtres d'ouvrage en faveur des constructions bois et de l'utilisation de la paille est une condition du déploiement de ces filières.

Les transports et la mobilité : des vulnérabilités à anticiper

Dans le scénario « autonomie régionale faible », si le volume d'emploi dans les activités du secteur des transports augmente légèrement, cette augmentation est moindre que dans le scénario tendanciel (environ 4 000 ETP de moins à l'horizon 2050).

Du point de vue de l'emploi, les hypothèses sur la réduction de la mobilité et du parc de véhicules individuels conduisent à des vulnérabilités qu'il est nécessaire d'anticiper, notamment dans l'entretien et la réparation de véhicules (- 7 600 ETP) et le transport routier de fret (- 32 000 ETP). Ces réductions potentielles d'emplois sont compensées par l'adaptation aux nouveaux métiers des activités qui progressent sous l'impulsion du scénario TRI dont le transport collectif de passagers (+39 000 ETP) et les bornes de recharge des véhicules électriques (+8 000 ETP) sont les plus marquantes.

L'absence de scénarios explicites pour la construction des infrastructures de transport n'a pas permis d'intégrer les emplois liés à leur réalisation dans la quantification des emplois. Les impacts liés à la fabrication des équipements de transport automobile ou ferroviaire n'ont pas non plus été comptabilisés notamment du fait de l'impossibilité dans le cadre des scénarios d'anticiper la transformation des industries concernées.

– VOLUME D'ETP EN 2050 DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS SELON LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS :



Concernant l'emploi, l'effort de sobriété que représente le scénario « optimisé » par rapport aux deux autres renforce le besoin d'anticiper des transitions sur le marché du travail par des reconversions ou pour certaines par un double phénomène à la fois de destruction d'emplois et de création sur des profils d'emplois différents et plus qualifiés.

Regard sur l'électro-mobilité

A l'horizon 2050, près de 6 000 ETP directs pourraient être liés à l'utilisation des véhicules électriques particuliers (3 700 ETP) et de bornes de recharge (2 500 ETP) dans les métiers spécifiques.

L'électrification des véhicules n'entraîne pas une baisse importante des emplois d'entretien : quelques centaines d'emplois en moins par rapport aux véhicules à essence. Cette baisse serait largement compensée par les emplois générés par les activités liées à la « deuxième vie des batteries » pour le stockage (700 ETP).

Les activités qui disparaîtraient avec les changements de motorisation sont : le commerce de carburant, la fabrication de moteurs thermiques, d'embrayages, et autres fabrications liées aux moteurs thermiques. Cette activité devra être reconvertie, vraisemblablement vers la distribution de gaz, la recharge des véhicules électriques, éventuellement les échanges de batteries.

L'avènement des véhicules électriques n'apporte pas réellement de nouveaux métiers, excepté sur les gestions de flottes partagées et les systèmes d'auto-partage, mais entraîne la transformation de métiers existants. Les besoins les plus évidents concernent les électrotechniciens, qu'il s'agisse d'électrotechniciens spécialisés pour l'entretien des véhicules (environ 2 300 personnes) ou de techniciens d'équipement en infrastructures de recharge (entre 1 000 et 1 500 personnes).

Les limites de l'exercice



Le regard porté sur les emplois et les métiers met en évidence l'importance pour les Hauts-de-France d'avoir un « coup d'avance » en anticipant les transitions sur le marché du travail au service du maintien de l'emploi local à long terme et de l'atteinte des objectifs de la TRI.

Il convient cependant de ne pas oublier les limites de l'exercice. Celles-ci sont de natures différentes :

Méthode : lorsqu'il n'y a pas de production locale correspondant à une demande directe d'équipements l'outil ne prend en compte aucune production locale indirecte de composants ou fournitures ; les emplois liés localement à la production de produits destinés à la transition énergétique / écologique dans d'autres régions ou pays ne sont pas comptabilisés. Les emplois induits ne sont pas évalués, l'outil TETE n'étant pas conçu pour cela. Leur prise en compte impliquerait que soient évalués non seulement les effets des revenus distribués sur la consommation et la production – ce qui est relativement aisé - mais également les gains / pertes de pouvoir d'achat consécutifs aux modifications de consommation et aux changements de prix dans l'énergie, le logement et les transports.

Mise en œuvre : de nombreuses activités ne sont pas prises en compte, soit que leur développement s'inscrive dans des logiques nationales, voire mondiales des producteurs, et ne ressortent pas d'une approche TRI/rev3, soit qu'elles n'aient pas été traduites dans des indicateurs, soit enfin qu'il ait été impossible lorsque les indicateurs existaient de passer, faute de données, des indicateurs aux emplois. En particulier les « grands projets » n'ont pas été intégrés à la quantification, qu'il s'agisse des projets liés à la centrale de Gravelines : « grand carénage » et démantèlement, considérés comme non liés à REV3 ou du Canal Seine Nord Europe ou du RER Hauts-de-France, pour lesquels il existe une forte incertitude sur le montant et la décomposition des travaux ainsi que sur la part qui pourrait en être confiée aux entreprises locales.

L'exercice de quantification des emplois est une première application de l'outil TETE. L'approche demande la mobilisation de nombreuses données qui ne sont pas toujours disponibles : coût et décomposition des investissements, niveau et nature des dépenses d'entretien – maintenance pour une trentaine de filières et évolution sur la période, capacités locales de production des équipements, fournitures et matériaux spécifiques, présentes et futures, évolution de la productivité, etc. Plusieurs évaluations peuvent de ce fait être entachées d'incertitudes, voire d'erreurs qui sont de la seule responsabilité des prestataires.



1. Impact sur l'emploi des scénarios associés à REV3

1.1. Objectifs et méthode

L'objectif de l'étude est de quantifier et de qualifier l'impact sur l'emploi de la mise en œuvre des trois scénarios de transition énergétique associés à REV3 (troisième révolution industrielle étendue à l'ensemble de la région Hauts-de-France).

Les trois scénarios associés à REV3

Trois scénarios sont proposés qui se distinguent par leur degré d'autonomie énergétique :

Scénario « **autonomie régionale faible** » (scénario de base) : les grandes installations industrielles qui s'inscrivent dans des systèmes économiques largement mondialisés et dont les évolutions sont d'abord issues de logiques nationales voire internationales ne sont pas pris en compte dans le calcul du degré d'autonomie énergétique de la région.

Scénario « **autonomie régionale forte** » : les grands consommateurs, décrits ci-dessus, sont réintégrés dans le périmètre de calcul et la totalité des besoins énergétiques régionaux sont couverts en mobilisant l'ensemble des potentiels renouvelables possibles.

Scénario « **production optimisée et sobriété** » : les gisements d'énergies renouvelables sont moins largement mobilisés que dans le deuxième scénario, mais des réductions additionnelles de consommation permettent d'atteindre une couverture complète des consommations régionales par une production renouvelable locale.

L'étude comporte deux volets. Le premier est consacré à la quantification des emplois dans les différentes filières mobilisées ou affectées directement par les scénarios. Le deuxième examine quelques filières afin d'identifier les métiers les plus probablement touchés par les évolutions décrites par les scénarios ainsi que les potentiels de création de nouveaux métiers.

Cette partie présente les résultats du premier volet de l'étude, en mettant l'accent sur les résultats du scénario de base.

1.1.1. Présentation générale de la méthode

La quantification des emplois s'appuie sur une méthode développée par le CIRED et transformée en un outil dans le cadre d'une convention entre l'ADEME et le Réseau Action Climat (RAC). Cet outil s'appelle TETE pour Transition Ecologique Territoires Emplois⁸.

Le schéma ci-dessous synthétise la méthode suivie pour quantifier l'impact sur l'emploi des scénarios : en partant d'un scénario exprimé en unités physiques, et après valorisation et identification des activités concernées par les investissements et les dépenses courantes correspondantes, on s'efforce de déterminer l'emploi local direct en s'appuyant sur les « coefficients de localisation spécifiques », puis à partir de la demande indirecte l'emploi indirect. Les emplois induits liés aux effets de revenus sont exclus.

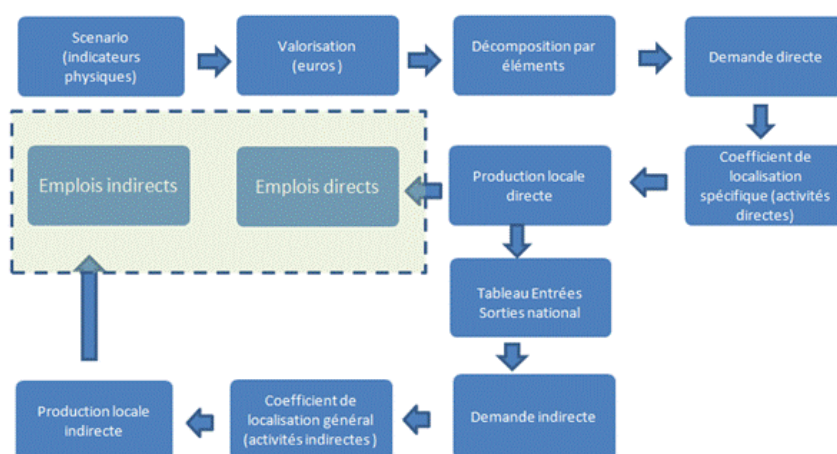


Figure 1. Schéma de la méthode CIRED

⁸ <https://territoires-emplois.org/>



Valoriser la demande liée au scénario

Chacun des scénarios est exprimé en quantités physiques (moyens à mettre en œuvre : MW, nombre d'unités, énergie produite, nombre de tonnes.km transportées, de logements rénovés, etc. ...). Dans de rares cas il est exprimé directement en euros, par exemple pour l'acquisition de matériel ferroviaire roulant.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Parc total (MW)	23	92	178	534	1247	1 959
Installations annuelles (MW)	1	17	17	76	88	147

Tableau 1. Exemple PV sur petites toitures

Dans le cas général il faut transformer ces indicateurs physiques en valeurs monétaires en les multipliant par des coûts / prix unitaires.

Les calculs sont faits à « niveau général des prix » constant et les coûts / prix des différents équipements et services sont maintenus constants sur l'ensemble de la période 2015 – 2050, à l'exception de quelques équipements ou services pour lesquels il a été possible de prendre en compte une baisse de leur prix relatif liée à des ruptures technologiques, à des économies d'échelle, etc. C'est par exemple le cas du solaire photovoltaïque avec une baisse de 35% du coût d'investissement unitaire entre 2015 et 2025

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Prix (€/W)	1,78	1,72	1,67	1,61	1,55	1,48	1,42	1,35	1,29	1,23	1,16
O&M (€/W)	0,044	0,043	0,042	0,040	0,039	0,037	0,035	0,034	0,032	0,031	0,029

source : Etude de la compétitivité et des retombées socioéconomiques de la filière solaire française (ADEME)

Tableau 2. PV sur petites toitures : évolution du prix du MW et des coûts d'O&M entre 2015 à 2025

On obtient ainsi la valeur de la demande qui résulte des programmes d'action REV3 (investissements et exploitation / mise en œuvre entretien et maintenance des installations et équipements).

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Demande liée aux investissements	1,6	25,5	20,0	88,0	102,8	170,7
Demande liée à l'exploitation	1,0	3,4	5,2	15,5	36,2	56,9
Total	2,6	28,9	25,2	103,5	139,0	227,6

Tableau 3. Demande directe associée au développement du PV sur petites toitures (M€)

Décomposer la demande et identifier les activités

La demande est décomposée – de façon plus ou moins détaillée selon les informations disponibles - en différents éléments ; en général il s'agit, pour la demande d'investissement : des équipements, des travaux de construction / installation et des études, et pour l'exploitation : des services d'entretien – maintenance et/ou de services spécifiques (cas des transports).

	%	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Panneau	32%	0,5	8,2	6,5	28,4	33,1	55,0
Onduleur	9%	0,1	2,2	1,8	7,7	9,0	14,9
Matériel électrique (câble, boîtier...)	14%	0,2	3,5	2,7	12,0	14,0	23,3
Structure	7%	0,1	1,7	1,3	5,8	6,7	11,2
Installation, pose électrique	9%	0,2	2,4	1,9	8,2	9,5	15,9
Installation, pose mécanique	11%	0,2	2,9	2,3	10,1	11,8	19,6
Raccordement	10%	0,2	2,5	2,0	8,7	10,1	16,8
Technico-commercial	8%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total investissement	100%	1,6	25,5	20,0	88,0	102,8	170,7
Opération-maintenance		1,0	3,4	5,2	15,5	36,2	56,9
Total		2,6	28,9	25,2	103,5	139,0	227,6

source de la décomposition : Etude de la compétitivité et des retombées socioéconomiques de la filière solaire française

Tableau 4. Décomposition de la demande directe liée au développement du PV sur petites toitures (M€)



La production locale et les emplois directs

Pour ces différents éléments on examine la capacité de l'économie régionale à satisfaire la demande directe. Même si cette part est déterminée en premier lieu par l'existence d'une capacité de production locale, elle dépend également de la propension des donneurs d'ordres à s'adresser aux entreprises locales ; elle est par ailleurs fonction du volume et de la nature de la demande ; elle est enfin susceptible d'évoluer au cours du temps avec le développement de l'appareil productif local ; des hypothèses sur ce point sont formulées dans certaines filières.

Les éléments de la demande directe peuvent être classés en plusieurs grandes catégories.

- a) Les produits des activités manufacturières**, de production d'équipements bien identifiés (ou de certains composants particulièrement importants) : aérogénérateurs (mâts, pales, nacelles ...), panneaux solaires, onduleurs, batteries, chauffe-eau solaires, appareils domestiques de chauffage au bois, pompes à chaleur, groupes électrogènes, transformateurs, etc.

Ces activités sont très spécialisées, relativement concentrées et le nombre d'unités sur le territoire des Hauts-de-France est réduit ; ces activités / entreprises sont aisément identifiables individuellement à partir des fichiers d'établissements de l'Insee et d'investigations complémentaires (sites des entreprises, consultations d'experts...). Il a été possible d'identifier des capacités de production locales pour un certain nombre de produits : appareils de chauffage au bois, pompes à chaleur, chaudières à gaz, construction ferroviaire ou automobile, bornes de recharge électriques, certains équipements de méthanisation, mâts d'éoliennes, etc.)

Pour les filières non représentées au niveau local et pour lesquelles une éventuelle implantation régionale dépend de facteurs nationaux ou internationaux (panneaux solaires, pales et nacelles d'aérogénérateurs, batteries, ...) dépassant la prise en considération du seul marché régional la production locale a été considérée comme nulle sur toute la période.

- b) Les produits des activités d'études et de construction** des installations et des infrastructures, de pose des équipements, de rénovation énergétique des bâtiments, bien que de plus en plus spécialisées par filière, sont *a priori* susceptibles d'être présentes en nombre sur l'ensemble du territoire régional ; il s'agit des études préalables, des études d'impact environnemental, des études techniques – géologie, énergie, bâtiment, etc. par filière ou de travaux d'installation d'équipements de chauffage, de climatisation, de raccordement électrique etc. La part locale peut varier selon le degré d'organisation et l'ancienneté du développement des filières et le niveau de spécialisation des études ou des travaux. On a considéré de façon générale que cette part était proche ou égale à 100%.
- c) Les produits des activités d'exploitation / maintenance** des installations et/ou des équipements ; par définition il s'agit d'activités locales, même si dans certains cas la complexité des interventions conduit à faire appel à des entreprises situées hors du territoire régional.

Exemple : hypothèses retenues concernant la part locale de la demande liée au développement du PV sur petites toitures

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Panneau	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Onduleur	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Matériel électrique (câble, boîtier...)	0%	5%	10%	15%	25%	25%
Structure	0%	5%	10%	15%	25%	25%
Installation, pose électrique	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Installation, pose mécanique	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Raccordement	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Technico-commercial	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Opération-maintenance	100%	100%	100%	100%	100%	100%

source : Etude de la compétitivité et des retombées socioéconomiques de la filière solaire française

Tableau 5. PV : part locale de la demande directe liée au développement du PV sur petites toitures (%)

On exclut, y compris à terme, la production locale, à une échelle significative, de panneaux PV, même à partir de modules importés. Bien qu'il existe en France quelques fabricants d'onduleurs aucun n'a pu être identifié dans la région Hauts-de-France. Pour le matériel électrique et le matériel de structure, plus



diversifiés, l'hypothèse est qu'une partie croissante de la demande pourra progressivement être satisfaite par des entreprises locales, compte tenu de la présence d'établissements d'entreprises importantes spécialisées dans la fabrication de matériel électrique et/ou la construction mécanique.

Pour l'installation, le technico-commercial et l'entretien-maintenance, l'hypothèse est que l'offre locale est capable de satisfaire la totalité de la demande : même lorsque des entreprises « non locales » interviennent elles ont des établissements locaux et les emplois sont considérés comme locaux.

Sur cette base on calcule la demande qui peut être satisfaite localement puis, en appliquant des ratios de production par emploi issus des comptes nationaux, les emplois directs correspondants.

Calcul de la demande pouvant être satisfaite localement

Exemple PV : demande directe liée au développement du PV sur petites toitures pouvant être satisfaite localement et emplois locaux associés

Dépense directe (millions d'euros)	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Fabrication produits métalliques	0,0	0,1	0,1	0,9	1,0	2,8
Produits informatiques, électroniques et optiques	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fabrication d'équipements électriques	0,0	0,2	0,3	1,8	2,1	5,8
Construction de réseaux électriques	0,3	4,9	3,8	16,8	19,7	32,7
Autres Travaux de construction spécialisés	0,2	2,9	2,3	10,1	11,8	19,6
Activités d'ingénierie, études	0,1	2,1	1,6	7,2	8,4	14,0
Total demande directe liée à l'investissement	0,6	10,2	8,2	36,8	43,0	74,9
Demande liée à l'entretien maintenance	1,0	3,4	5,2	15,5	36,2	56,9
Total de la dépense locale, par branche	1,6	13,6	13,4	52,3	79,2	131,8

calcul : application de la part locale à la demande directe résultant du scénario

Tableau 6. PV : demande locale directe liée au développement du PV sur petites toitures M€

Les hypothèses sur la capacité locale à satisfaire la demande issue du scénario se traduisent par de très faibles niveaux de production dans les industries manufacturières, la production locale liée aux investissements étant concentrée sur les activités de BTP et d'études. Par contre la demande liée à l'entretien – maintenance est considérée comme entièrement locale et donnera naissance à des emplois permanents.

Calcul des emplois locaux

On calcule les emplois directs locaux en appliquant à la demande locale les coefficients d'emplois par branche issus des comptes nationaux fournis dans l'outil TETE. Une des hypothèses de la quantification est que le ratio ETP/M€ diminue de façon uniforme et régulière de 0.4% par an pour toutes les activités.

	Branche d'activité	CE (ETP/M€) 2015
Panneau	Produits informatiques, électroniques et optiques	5,01
Onduleur	Produits informatiques, électroniques et optiques	5,01
Matériel électrique (câble, boîtier...)	Fabrication d'équipements électriques	3,16
Structure	Fabrication de produits métalliques, ...	6,23
Installation, pose électrique	Construction de réseaux électriques, ...	6,79
Installation, pose mécanique	Autres travaux de construction spécialisés	8,20
Raccordement	Construction de réseaux électriques, ...	6,79
Technico-commercial	Activités d'ingénierie, études	6,49
Opération-maintenance	Entretien de machines et équipements	5,37

Source : outil développé par le CIRED ; coefficients 2010 actualisé pour l'année 2015 sur la base de l'hypothèse d'évolution de la productivité ; ces coefficients peuvent être différents de ceux obtenus à partir des données les plus récentes des comptes nationaux mais ont été conservés pour garantir la cohérence avec les analyses input-output.

Tableau 7. PV sur petites toitures : coefficients d'emplois des activités concernées par la demande directe



Branche	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Fabrication produits métalliques	0	1	1	5	6	15
Fab. produits informatiques, électroniques et optiques	0	0	0	0	0	0
Fabrication d'équipements électriques	0	1	1	5	6	16
Construction de réseaux électriques	2	32	25	108	121	193
Autres Travaux de construction spécialisés	2	24	18	78	88	140
Activités d'ingénierie, études	1	13	10	44	49	79
Emploi direct local lié aux investissements	4	70	55	240	269	442
Opération - maintenance	5	18	27	78	176	266
Emploi direct local total	10	88	82	318	445	708

Tableau 8. PV petites toitures : emploi direct local

Demande locale et emplois indirects

Dans un deuxième temps, en partant de la demande directe satisfaite localement on détermine la demande locale indirecte, adressée aux sous-traitants et fournisseurs de tous rangs.

La demande locale indirecte est calculée par l'intermédiaire des Tableaux Entrées – Sorties, en tenant compte de la capacité des entreprises locales à satisfaire cette demande.

Le Tableau Entrées - Sorties de l'outil TETE décrit l'appareil productif national (production et consommations intermédiaires des branches) selon un découpage ad hoc en 99 branches. En appliquant à la demande locale directe la procédure développée par Leontief, on obtient la demande indirecte.

Pour calculer la demande indirecte locale, c'est-à-dire celle satisfaite par des entreprises locales, on utilise des coefficients de localisation par branche. A la différence de la part locale appliquée à la demande directe qui est spécifique aux équipements et activités des différentes filières, il s'agit d'un coefficient spécifique à chaque branche mais qui s'applique de la même façon à toutes les filières.

- Pour les différentes branches du secteur primaire et des industries manufacturières on retient comme coefficient de localisation la part des emplois de la région Hauts-de-France dans le total des emplois France entière. En l'absence de données de production qui croisent branches et régions cet indicateur est le seul qui permette d'approximer la part locale de la production pour les différentes branches d'activité.
- Pour les activités de production / distribution d'électricité, de gaz et d'eau, pour la gestion des déchets, la construction, le commerce et l'ensemble des activités de services on fait l'hypothèse que le coefficient de localisation des activités indirectes est de 100%.

On obtient ainsi dans un premier temps la demande totale (directe et indirecte) satisfaite localement, par branche, puis dans un deuxième temps les emplois correspondants, également par branche.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Demande totale (M€)	3	22	21	84	125	208
Emploi total (ETP)	16	143	132	517	725	1 156

Tableau 9. PV petites toitures : demande totale satisfaite localement et emplois associés

Quelques analyses rendues possibles par la quantification

Les données d'emploi peuvent être rapportées aux investissements, à la production d'énergie ; elles peuvent distinguer les emplois liés aux investissements de ceux liés au fonctionnement des installations. Le tableau ci-dessous présente quelques exemples des ratios qui peuvent être calculés.

Valeurs absolues		ratios	
Puissance du parc en 2050	1 959 MW		
Valeur du parc 2050 au coût de renouvellement	2 276 M€	ETP direct (fonctionnement) par M€	0,117
Production d'énergie	2 224 GWh	ETP total (fonctionnement) par M€	0,192
Emploi direct dans le fonctionnement	266 ETP	ETP direct (fonctionnement) par GWh	0,119
Emploi total dans le fonctionnement	438 ETP	ETP total (fonctionnement) par GWh	0,197

Tableau 10. PV petites toitures : ratios d'emplois par MW, GWh, M€ investis



1.1.2. Scénario de référence

Pour quantifier l'impact des scénarios REV3 on compare pour chaque domaine (ENR, Bâtiment et Transports) les résultats obtenus en termes d'emplois avec ce qui résulterait d'un scénario « tendanciel » dans lequel les filières suivraient à partir de l'année de base 2015 l'évolution générale de l'économie régionale.

Situation actuelle et évolution récente

Selon les données de l'Insee « PIB régionaux en volume 1990 -2015 » d'avril 2018 le Produit Intérieur Brut des Hauts-de-France était de 156,9 Md€ en 2015 (estimation semi définitive, valeur courante).

Depuis 25 ans, la croissance économique régionale est inférieure à la moyenne nationale. Le PIB régional a augmenté en moyenne de 1% par an entre 1990 et 2015, contre + 1,4% pour la France de province. Cette croissance n'atteint plus que 0,68% en moyenne annuelle entre 2010 et 2015, malgré le rebond de 2015 (+ 1,1% en volume par rapport à 2014).

Evolution récente du PIB régional

	2000	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PIB régional M€	136 957	144 984	148 819	147 289	147 838	148 306	149 982
	2000-2010		2010/2015				
taux de croissance annuel moyen	0,57%		0,68%				
source : Insee PIB régionaux en volume 1990 -2015 (base 2010)							

Tableau 11. Evolution du PIB en Hauts-de-France

En volume (base 2010) le taux de croissance annuel moyen a été de 0,57% sur la période 2000 -2010 et de 0,68% sur la période 2010-2015 ; sur l'ensemble de la période 2000 à 2015 le taux de croissance annuel moyen est de 0,61%.

Evolution de l'emploi régional

A partir des données citées de l'Insee sur le PIB régional on peut calculer la série de l'emploi régional et le PIB (en volume) par emploi.

Sur la période 2000 – 2015 le PIB (en volume) par emploi augmente de 0,44% par an

	2000	2005	2010	2015
Emploi moyen (milliers)	2 135,7	2 185,1	2 186,1	2 189,5
PIB (en volume) / emploi (k€/emploi)	64,1	66,4	66,3	68,5
	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2000-2015
Taux de croissance annuel moyen du PIB par emploi	0,69%	-0,01%	0,65%	0,44%
source : Insee PIB régionaux en volume 1990 -2015 ; série d'emploi calculée à partir du PIB en valeur et du PIB par emploi				

Tableau 12. Evolution de l'emploi et de la productivité en Hauts-de-France

Bien que le ratio PIB / emploi moyen soit différent dans sa construction du ratio Production / ETP qui est utilisé dans l'outil, on a considéré que son évolution pouvait être retenue pour rendre compte de l'évolution future du ratio production / ETP.

Elaboration du scénario de référence

Pour le scénario de référence, c'est à dire hors mise en œuvre des politiques, programmes et projets REV3, on retient le taux de croissance du Master Plan TRI, soit 0,8%, en légère progression par rapport à la période 2000/2015 et une augmentation de la productivité de 0,4%.

Tendanciellement l'emploi augmenterait de 0,4% par an (soit +15% en 35 ans) et le niveau en 2050 serait de 2,518 millions de personnes employées en progression de 328 000 par rapport à 2015.



Mise en perspective de l'évolution de l'emploi

Sur la période 2013-2050 selon les projections de l'Insee « *La population de la région Hauts-de-France augmenterait de 4,3 % sur l'ensemble de la période (contre + 12,5 % au niveau France entière), au rythme de + 0,1 % par an en moyenne (contre + 0,3 % France entière) ; sa croissance serait ainsi ralentie par rapport à la période antérieure (2008-2013) où elle atteignait + 0,2 % par an*¹.

Le phénomène principal serait le vieillissement de la population et la baisse de la population d'âge actif ; la population de 18 à 64 ans baisserait de 270 000 personnes et à taux d'activité global constant (estimé à 68,5%) la population active diminuerait de 185 000 personnes par rapport à 2013. Dans un tel scénario, compte tenu de l'hypothèse dans le scénario tendanciel d'une croissance annuelle moyenne de 0,4% de l'emploi, la population employée dépasserait la population active théorique en 2050.

pop 18 – 64 ans					
2013			2050		
Hommes	Femmes	total	Hommes	Femmes	total
1 798 037	1 836 653	3 634 690	1 691 093	1 674 054	3 365 147
taux d'activité		68,5%			(68,5%)
estimation population active		2 491 550			2 306 780
population en emploi		2 180 900			2 518 000

1.1.3. Le traitement des filières vulnérables

La mise en œuvre des scénarios peut rendre vulnérables certaines activités. Par exemple le développement des pompes à chaleur, des appareils indépendants de chauffage au bois, des chauffe-eau solaires, etc. entraîne la diminution de l'utilisation des chaudières à gaz pour le chauffage domestique, celui des transports collectifs la diminution du parc et de l'utilisation des véhicules personnels, etc.

Ainsi en restant dans le cadre des indicateurs décrivant les scénarios on peut mettre en évidence les filières directement touchées par la transition énergétique REV3 :

- les activités d'entretien du parc de véhicules particuliers,
- les activités liées au fret routier,
- les ventes de chaudières et la consommation de gaz des secteurs résidentiel et tertiaire

S'agissant plus spécifiquement des moyens de production de l'électricité dont l'avenir dépend de stratégies nationales, le Comité de pilotage de l'étude a opté pour leur exclusion du périmètre de l'étude. Cela concerne principalement le Terminal méthanier de Dunkerque, la Centrale Combinée Gaz de Bouchain ainsi que la centrale de Gravelines.

1.2. Les énergies renouvelables

1.2.1. Champ des énergies renouvelables

Filières suivies et objectifs retenus

La quantification en emploi porte sur six filières principales : éolien, solaire photovoltaïque, solaire thermique, énergie bois, pompes à chaleur et méthanisation. Ces six filières sont divisées en 14 sous filières. Le tableau ci-dessous présente les capacités de production ou les productions d'ENR à l'horizon 2050 dans les trois scénarios (autonomie régionale faible – scénario de base, production optimisée et sobriété, autonomie régionale forte) pour les filières retenues dans l'analyse des impacts emploi.

Filières	Unités	2015	2050		
			base	optimisée	forte
Eolien terrestre	MW	2 330	8 685	10 370	12 055
Eolien offshore	MW	0	1 000	4 000	4 000
EMR (lagon marémoteur)	MW	0	500	1 100	2 210
PV petites toitures	MW	23	1 959	3 213	6 999
PV grandes et moyennes toitures	MW	80	6 941	11 387	24 801
PV au sol	MW	21	2 500	2 500	2 500
Chauffe-eau solaires individuels	1000 m ²	211	1 836	1 704	1 836
Chauffe-eau solaires collectifs	1000 m ²	203	3 933	3 842	3 933
PAC géothermiques résidentiel	1000 logements	4,8	36,8	36,8	36,8
PAC aérothermiques résidentiel	1000 logements	119,3	906,1	906,1	906,1
PAC gaz résidentiel	1000 logements	57,1	689,1	689,1	689,1
Chauffe-eau Thermodynamique : résidentiel	1000 logements	66,3	739,6	739,6	739,6
PAC géothermiques tertiaire	Mm ²	0,29	13	12	13
PAC aérothermiques tertiaire	Mm ²	5,2	19	17	19
PAC gaz tertiaire	Mm ²	0,05	20	17	20
Chauffe-eau Thermodynamique : tertiaire	Mm ²	2,57	27	24	27
H ₂	TWh	0	0	16,6	23,2
Energie bois : ménage	1000 logements	206	580	580	580
Consommation de bois des ménages	ktep	382	353	326	353
Energie bois : industrie, tertiaire, réseaux	MW _{th}	1 120	617	605	617
Consommation de bois industrie, tertiaire, réseaux	ktep	280	154	151	154
Bois gazéification	GWh	0	4 012	4 332	4 012
Méthanisation - cogénération	MWe installés	72	93	93	93
Méthanisation - injection	nombre d'unités	17	654	654	654
EMR : énergies marines renouvelables ; PV : solaire photovoltaïque ; PAC : pompes à chaleur ; H ₂ : production d'hydrogène renouvelable					

Tableau 13. Filières et objectifs quantifiés selon les indicateurs de parc installé

Exclusions

Plusieurs filières qui entrent dans le bilan énergétique des scénarios ne sont pas traitées dans l'exercice de quantification des emplois. Il s'agit des filières chaleur fatale (industrielle ou des centrales électriques), biocarburants, gaz de houille ou de mine, géothermie basse énergie et électricité hydraulique, cette dernière filière étant très marginale.

S'agissant des biocarburants, les différents scénarios prévoient un développement relativement important de 313 à 525 ktep entre 2015 et 2050, mais ne précisent pas la part des différentes « générations », ni le type de biocarburant concerné (biodiesel ou bioéthanol). Dans les faits ces caractéristiques dépendront des politiques qui seront adoptées au niveau national et européen. Selon l'étude ADEME « marchés et emplois » en 2016 pour une production nationale de biocarburants de 2 500 ktep le nombre d'emplois directs (hors agriculture) était estimé à deux milliers. Toutes choses égales par ailleurs les 500 ktep prévus en 2050 représenteraient 400 emplois directs dans les unités de transformation.



S'agissant de la chaleur fatale industrielle et de celle liée à Gravelines ou aux centrales thermiques, le potentiel est très important⁹, cependant, comme pour la **récupération du gaz de houille ou de mine (grisou)**, le manque de référence permettant d'isoler l'emploi directement attaché à la valorisation de cette forme d'énergie n'a pas permis de l'inclure dans la quantification des emplois.

Géothermie basse énergie et électricité hydraulique : les volumes d'énergie renouvelable produite sont très faibles dans les trois scénarios : 94 GWh pour l'électricité hydraulique (soit de l'ordre de 1‰ de la production d'énergie renouvelable de la région dans le scénario de base) et 133 GWh pour la géothermie basse énergie (1,1‰). Les emplois potentiellement concernés par le développement de ces deux filières sont probablement inférieurs dans chaque cas à une centaine.

Gazéification du bois : le manque de référence et l'absence de données sur les capacités de production à mettre en place et les quantités de bois concernées n'ont pas permis d'intégrer la filière dans la quantification des emplois.

Le développement de la production d'hydrogène, rendu nécessaire dans les scénarios optimisé et autonomie forte par la place prépondérante prise par les sources d'énergie intermittentes dans le mix électrique à l'horizon 2050, a été partiellement intégré en s'appuyant sur l'indicateur de la valeur énergétique de l'hydrogène produit. La série des investissements dans les capacités de production n'est pas disponible. Seul le coût d'entretien / maintenance a été pris en compte pour l'analyse des emplois. La filière hydrogène fait l'objet de développements complémentaires (cf. partie 4 « Regard sur la filière hydrogène et le stockage de l'énergie »).

1.2.2. Hypothèses retenues pour les énergies renouvelables

Coût (investissements / exploitation)

Les coûts unitaires retenus pour les différentes énergies distinguent les coûts d'investissement, appliqués aux puissances ou aux nombres d'unités installées annuellement et les coûts d'opération / maintenance (O&M), appliqués aux parcs en fonctionnement.

Les coûts sont généralement maintenus constants, c'est-à-dire évoluant comme le niveau général des prix, sauf pour l'éolien, le photovoltaïque et le solaire thermique pour lesquels des études proposent des évolutions de prix relatifs sur la période 2015 – 2030.

Le tableau ci-dessous récapitule les coûts unitaires retenus (année 2015) et les hypothèses d'évolution.

Filières	investissement	O&M	évolution
Eolien terrestre	1,35 M€/MW	23 €/kW	-1 % ->2030
Eolien offshore	3,55 M€/MW	83 €/kW	-1,15 % ->2030
EMR	4,6 M€/MW	53€/kW	
H ₂	n.d.	16€/MWh	constant
PV petites toitures	1,83 €/W	0,25 % INV	-3,5 % ->2025
PV grandes et moyennes toitures	1,24 €/W	3 % INV	-3 % ->2025
PV au sol	1,1 €/W	3 % INV	-3 % -> 2025
Chauffe-eau solaires individuels	1 040 €/m ²	10€/m ²	-1 % ->2025
Chauffe-eau solaires collectifs	700 €/m ²	10 €/m ²	-1 % -> 2025
PAC géothermiques	2,2 €/W	200 €/PAC	constant
PAC aérothermiques et gaz	1 €/W	100 €/PAC	constant
Chauffe-eau thermodynamique	2 740 €/unité	100 €/unité	constant
Energie bois : ménages	1 140 €/unité	bois : 0,04 €/kWh	constant
Energie bois : industrie, tertiaire ...	680 €/kW	bois 66 €/t ; 13 €/MWh	constant
Méthanisation - cogénération	8 M€/MWe	0,7€/W	constant
Méthanisation - injection	0.4 M€/GWh	5 % INV	constant

source : diverses études ADEME, n.d : non disponible

Tableau 14. Coûts unitaires

⁹ Le gisement de chaleur fatale industrielle a été évalué à 17,6 TWh, dont de l'ordre de 7 TWh pourraient être récupérables, soit sous forme de chaleur pour les gisements à proximité des réseaux de chaleur, soit sous forme d'électricité pour les gisements à haute température. Une partie de ce gisement est déjà valorisé.



Les besoins de chaleur des secteurs résidentiel et tertiaire diminuent fortement au cours de la période¹⁰, cette diminution est traitée comme suit :

Pompes à chaleur et CET : les indicateurs des scénarios sont en nombre de logements ou en nombre de m² de bâtiment tertiaire équipés de pompes à chaleur ou de CET pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire. L'unité choisie dans l'outil TETE pour la valorisation des investissements est le coût en euros par Watt. Il a donc été nécessaire de passer des logements et des m² aux puissances en adoptant des hypothèses sur la réduction des puissances des équipements au cours du temps. La réduction de la consommation unitaire des ménages (et du secteur tertiaire) pour le chauffage et l'ECS serait de 70% entre 2015 et 2050 ; on répercute une partie de cette diminution sur la puissance des PAC et des CET ; en partant d'une puissance de 12 kW pour les PAC géothermiques, en 2015, on aboutit à une puissance moyenne de 7,2 kW en 2050 ; pour leur part les PAC aérothermiques passeraient de 6 kW à 3,6 kW. Les PAC gaz ont été assimilées aux PAC aérothermiques.

Appareils domestiques de chauffage au bois : l'unité choisie pour la valorisation des investissements est le prix unitaire d'un appareil ; on a choisi de laisser ce prix constant, en considérant que c'est la quantité de bois consommée qui détermine la quantité de chaleur ; pour les ménages les scénarios prévoient une diminution de la quantité de bois consommé par logement de 1,79 tep en 2015 à 0,28 tep en 2050.

Décomposition et activités concernées

En général la décomposition distingue uniquement les équipements, les études et l'installation ; pour l'éolien, le PV et la méthanisation des études sont disponibles qui permettent de décomposer plus finement les investissements ou la maintenance, ce qui permet d'affiner les coefficients de localisation.

Le tableau ci-dessous indique les principales activités concernées par les investissements et la maintenance en précisant les codes de la nomenclature d'activité (NAF) correspondants.

Intitulé	NAF *
Fabrication des équipements	
Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	A88.25
Produits informatiques, électroniques et optiques	A38.CI
Fabrication d'équipements électriques	A38.CJ
Fabrication de machines et équipements n.c.a.	A38.CK
Etudes, Installation	
Construction de réseaux électriques et de télécommunications	A88.42.22
Autre Génie civil	A88.42 reste
Travaux de construction spécialisés	A88.43
Etudes	
Activités d'architecture et d'ingénierie ; activités de contrôle et analyses techniques	A88.71
Exploitation / maintenance	
Réparation, installation et entretien de machines et d'équipements	A88.33

* Les activités sont repérées selon le niveau de la nomenclature (lettre pour le niveau 38) et chiffre pour le niveau 88. Certaines NAF au niveau 88 sont désagrégées pour construire le tableau Entrées Sorties en 99 branches (exemple A88.42.22 et A88.42.22 reste)

Tableau 15. Principales activités

Pour la méthanisation (cf. Partie 2 « Regard sur la méthanisation ») et la biomasse bois trois autres activités sont concernées.

Culture et production animale, chasse et services annexes	A88.01
Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	A88.38
Sylviculture et exploitation forestière	A88.02

Bois Dans les scénarios l'indicateur retenu pour le bois n'est pas la production mais la consommation. Pour calculer les emplois correspondants il faut faire des hypothèses d'une part sur la proportion de l'approvisionnement qui provient des circuits « professionnels », et qui se traduit par des emplois locaux de distribution et d'autre part sur de la part produite localement « en forêt », qui se traduit par des emplois locaux d'exploitation forestière.

¹⁰ La consommation d'énergie du secteur résidentiel passera de 47 à 24 TWh.



Les principales hypothèses sont les suivantes :

- la part de l’approvisionnement passant par des circuits professionnels augmente de 37% en 2015 à 80% en 2050.
- Sur la base des perspectives indiquées par l’Inventaire Forestier national¹¹ on a estimé que la part de la production régionale de bois « forêt » est de 79% de la consommation en 2015 mais seulement de 45% en 2050, le reste du bois consommé provenant soit d’importations, y compris d’autres régions, soit de bois « hors forêt » : haies bocagères, arbres d’alignement et d’ornement, les produits connexes des industries du bois et bois en fin de vie.

Coefficients de localisation

Coefficients de localisation des activités directes

Les entretiens avec des experts locaux (cf. liste en annexe) ont permis de valider les hypothèses sur les coefficients de localisation qui s’appliquent à la demande directe.

Les coefficients de localisation sont à considérer comme des hypothèses permettant d’illustrer les résultats en termes d’emploi : s’agissant des équipements nécessaires au développement des filières d’énergie renouvelable pour lesquels il n’existe pas de capacités de production locale, il serait illusoire de chercher à prévoir, même en procédant à une étude détaillée filière par filière, quelles pourraient être ces capacités à une échéance de 35 ans.

S’agissant des autres activités (études, installation des équipements et exploitation ou entretien/maintenance) le consensus est que les capacités de réalisation locales existent ou apparaîtront dès que la demande se manifesterait (sauf pour quelques activités très spécifiques).

	Equipements	Autres activités ...
Eolien terrestre	25% (mâts, autres équipements électriques) ; reste des équipements : 0%	100%
Eolien maritime	25% autres équipements électriques ; reste des équipements : 0%	Installation 50%
PV	Panneaux, onduleurs : 0% ; équipements électriques : 10 à 40%	100%
Chauffe eau solaire	équipements principaux : 10% ; annexes : 40 %	100%
PAC, CET	10%	100%
Bois ménage	10%	100%
Méthanisation - cogénération	25%	50 à 100%
Méthanisation - injection	40%	80 à 100%

Tableau 16. Coefficients de localisation spécifiques (par activité)

De façon générale les coefficients de localisation ont été maintenus constants ; une étude de sensibilité a été effectuée pour tester l’impact de leur progression au cours de la période (cf. ci-dessous : sensibilité des résultats).

Coefficients de localisation des activités indirectes

Ils s’appliquent aux activités indirectes et leur niveau, calculé par branche d’activité, est identique pour toutes les filières. Pour les branches d’activité jusqu’à la NAF 33 (agriculture, sylviculture, pêche, industries extractives et industries manufacturières) le coefficient est égal au ratio entre les emplois dans la région et les emplois France entière. Pour les autres activités (énergie et eau, commerce, transports, services aux entreprises, etc.) il est supposé égal à 100%, ce qui signifie que toute demande indirecte portant sur ces autres activités est supposée pouvoir être entièrement satisfaite par des producteurs locaux.

¹¹ Cf. [rapport sur les disponibilités forestières pour l’énergie et les matériaux à l’horizon 2035](#)



1.2.3. Résultats : emplois liés aux filières énergies renouvelables

Scénario de base : « autonomie régionale faible »

Les tableaux ci-dessous présentent l'évolution des emplois liés aux filières d'énergies renouvelables, telle qu'elle résulte du développement de ces filières selon le scénario de base (scénario d'autonomie régionale faible).

Les diverses catégories d'emploi	
Les emplois présentés sont comptabilisés en équivalent temps plein (ETP) : deux emplois à mi-temps sont comptabilisés pour un seul emploi ETP. Il s'agit de l'emploi total : salarié et non salarié.	
On ne s'intéresse qu'aux emplois locaux, c'est à dire aux emplois correspondant à des activités exercées sur le territoire régional, indépendamment de la localisation du siège social de l'entreprise.	
On distingue les emplois directs et les emplois indirects. Les emplois directs sont les emplois dans les activités directes de fabrication ou d'installation des équipements ainsi que dans les activités d'entretien / maintenance et plus généralement d'exploitation de ces équipements. Les emplois indirects sont les emplois pour la production locale des consommations intermédiaires de tous rangs des activités directes.	
On distingue également les emplois permanents et les emplois liés aux dépenses d'investissements. Les premiers correspondent aux emplois dans l'entretien, la maintenance et plus généralement l'exploitation des équipements / installations de production des ENR, les seconds sont les emplois mobilisés pour la réalisation des investissements (fabrication des équipements, études et installation ...).	

On présente successivement le total des emplois, les emplois directs et les emplois indirects, puis les emplois liés aux investissements et ceux liés à l'exploitation des installations. De courts développements sont également consacrés à la distribution des emplois entre les principaux secteurs de l'économie. Une étude de sensibilité sommaire examine l'impact d'autres hypothèses en ce qui concerne la part locale des activités directes.

Emplois locaux directs et indirects

Sous les hypothèses faites les emplois directs et indirects liés au développement des énergies renouvelables seraient multipliés par quatre entre 2015 et 2050 avec une augmentation de 23 900 emplois, soit 22 800 emplois de plus que dans le scénario tendanciel.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
éolien terrestre	2 406	4 541	4 997	2 458	1 455	1 398
éolien maritime	0	1 417	321	303	581	559
EMR	0	0	0	0	186	178
PV sol	9	309	329	353	622	690
PV grandes toitures	41	337	350	1 331	1 950	3 080
PV petites toitures	16	143	132	517	725	1 156
CESI	434	433	704	683	877	920
CESC	206	627	472	513	1 077	1 016
PAC géothermiques	226	221	888	991	1 068	1 497
PAC aérothermiques	1 587	1 693	3 065	3 802	3 687	4 839
CET	291	347	469	637	911	1 156
Bois ménages	1 550	1 758	2 220	2 600	2 956	3 356
Bois collectif	508	739	611	511	530	252
Production H ₂ par électrolyse	0	0	0	0	0	0
Biogaz cogénération	254	537	546	1 331	1 124	449
Biogaz injection	132	437	939	2 667	6 319	11 020
Total	7 660	13 540	16 043	18 696	24 068	31 565
Scénario tendanciel	7 660	7 810	7 970	8 130	8 460	8 810

Tableau 17. Emplois totaux liés au développement des ENR (scénario de base)



	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Eolien	2 406	5 958	5 318	2 761	2 222	2 135
Solaire	707	1 849	1 987	3 396	5 251	6 862
PAC	2 104	2 261	4 422	5 430	5 666	7 491
Biomasse	2 444	3 471	4 315	7 110	10 928	15 077
Total	7 660	13 540	16 043	18 696	24 068	31 565

Tableau 18. Résumé des emplois totaux liés au développement des ENR (scénario de base)

Ce sont les filières qui mobilisent de la biomasse (bois énergie et méthanisation) qui mobilisent le plus d'emploi (58% du total).

Elles intègrent en effet dans leurs emplois permanents les emplois liés à la production et à l'approvisionnement en bois (1 241 emplois), mais surtout à l'approvisionnement des unités de méthanisation en intrants (5 595 emplois), soit au total de l'ordre de 55% des emplois permanents de ces deux filières.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Eolien	474	997	1 810	1 747	2 222	2 135
Solaire	91	305	527	1 028	1 971	2 838
PAC	395	648	1 176	1 684	2 518	3 284
Biomasse	1 900	2 647	3 507	5 349	9 005	12 429
Total	2 860	4 597	7 020	9 808	15 716	20 686

Tableau 19. Emplois permanents liés au développement des ENR (scénario de base)

A partir des années 2030 - 2035 les emplois permanents directs et indirects l'emportent sur les emplois liés aux investissements qui restent quasiment stables sur la période 2020 - 2050, si l'on excepte le pic des années 2032 - 2035 lié à la réalisation du « lagon marémoteur ». Cette stabilité est spécifique au scénario de base dans lequel le développement des ENR ralentit en fin de période.

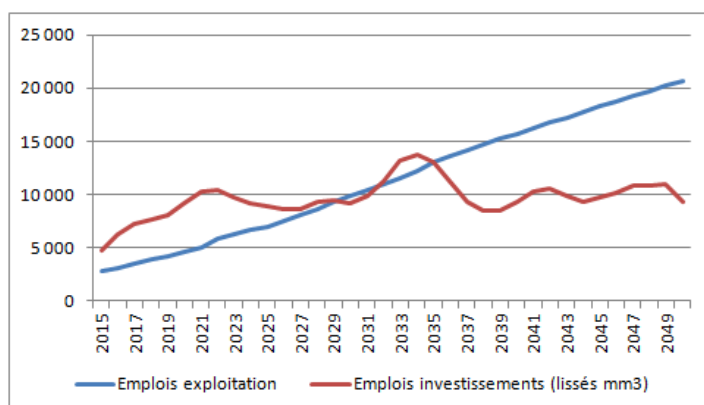


Figure 2. Développement des ENR : évolution des emplois - scénario de base)

La gestion, l'entretien, la maintenance et l'approvisionnement des installations de production des ENR représenterait près de 13 000 emplois permanents directs en 2050

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Eolien	288	605	1 098	1 060	1 348	1 295
Solaire	59	192	332	642	1 225	1 761
PAC	264	434	788	1 128	1 687	2 200
Biomasse	1 374	1 830	2 387	3 478	5 628	7 675
Total	1 984	3 060	4 605	6 308	9 888	12 931

Tableau 20. Emplois permanents directs liés au développement des ENR (scénario de base)



Récapitulatif des emplois par catégories

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Emplois liés aux investissements	4 800	8 942	9 023	8 888	8 352	10 879
dont emplois directs	2 771	4 811	5 203	5 306	5 077	6 579
dont emplois indirects	2 029	4 131	3 820	3 582	3 275	4 299
Emplois permanents	2 860	4 597	7 020	9 808	15 716	20 686
dont emplois directs	1 984	3 060	4 605	6 308	9 888	12 931
dont emplois indirects	876	1 537	2 415	3 500	5 828	7 755
Total	7 660	13 540	16 043	18 696	24 068	31 565
dont emplois directs	4 755	7 872	9 808	11 614	14 965	19 510
dont emplois indirects	2 904	5 668	6 235	7 082	9 103	12 054

Tableau 21. Développement des ENR (scénario de base) : emplois par catégories

Répartition par branches ou grands secteurs

L'outil TETE permet de ventiler les emplois par branche ou grand secteur d'activité.

S'agissant des emplois liés aux investissements, ils sont concentrés à 47% dans la construction et les services d'ingénierie. Les industries manufacturières pèsent peu (6%) ce qui s'explique en grande partie par la faiblesse de l'appareil de production local dans les équipements destinés aux énergies renouvelables. Pour une grande part le poids relativement important du commerce et des transports (25%), s'explique par les marges de distribution sur les équipements destinés aux ménages. Les emplois dans les autres services sont essentiellement des emplois indirects ; ils concernent les services comptables et de gestion, les services liés à l'emploi, le nettoyage, etc.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
ASP	1	2	2	2	2	2
Manufacturières	260	481	496	464	433	615
Entretien	31	60	57	89	92	137
Energie, eau, déchets	34	72	64	58	52	70
Construction	1 539	2 933	3 012	3 221	3 075	4 053
Ingénierie	637	1 690	1 268	909	809	1 051
Commerce transports	1 282	1 694	2 218	2 326	2 130	2 731
Autres services	1 015	2 010	1 906	1 819	1 760	2 219
Total	4 800	8 942	9 023	8 888	8 352	10 879

Tableau 22. Développement des ENR (scénario de base) emplois totaux liés aux investissements par branche

Dans les emplois permanents on retrouve les emplois agricoles et d'exploitation forestière et de gestion des déchets (32% des emplois permanents), les emplois d'entretien des équipements de chauffage domestiques (pompes à chaleur) sont classés avec les emplois d'installation en construction ; les emplois des autres services, essentiellement indirects : ils concernent les services comptables et financiers, les services liés à l'emploi, le nettoyage, etc.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
ASP	636	800	954	1 240	1 801	2 299
Industries manufacturières	16	31	51	71	117	153
Entretien	444	947	1 609	1 907	2 882	3 413
Energie, eau, déchets	58	273	524	1 244	2 815	4 350
Construction	356	615	1 112	1 636	2 558	3 405
ingénierie	28	45	70	101	163	217
Commerce, transports	297	478	711	969	1 531	1 980
Autres services	1 025	1 409	1 989	2 640	3 849	4 869
Total	2 860	4 597	7 020	9 808	15 716	20 686

Tableau 23. Emplois totaux permanents liés au développement des ENR (scénario de base) par branche

Les activités rendues vulnérables par REV3

L'augmentation des emplois qui ressort des tableaux précédents ne correspond pas obligatoirement à une création nette d'emplois, des diminutions d'emplois dans d'autres filières pouvant venir en déduction de l'augmentation des emplois liée aux filières décrites. C'est par exemple le cas des emplois liés à la



méthanisation dont l'augmentation se fera au détriment des emplois actuellement mobilisés dans le traitement des déchets (cf. partie 2 : regard sur la méthanisation).

Les activités qui seront impactées négativement par REV 3 sont la production d'électricité par les filières thermiques fossiles, y compris le nucléaire, ainsi que l'utilisation d'électricité et de gaz par les ménages (-75% sur le gaz et -25% sur l'électricité) et le secteur tertiaire (-75% sur le gaz et -35% sur l'électricité).

S'agissant de la production d'électricité nucléaire, l'arrêt puis le démantèlement de la centrale de Gravelines et l'éventuelle construction d'une nouvelle centrale sont des événements considérés comme indépendants du développement des ENR dans le cadre du scénario de base de REV3 : d'une part ces deux événements doivent intervenir au plus tard à la fin de la période examinée et d'autre part les décisions concernant Gravelines sont considérées comme relevant de leviers nationaux et non de la dynamique TRI/Rev3.

S'agissant de la consommation de gaz les activités en déclin sont la distribution et le commerce de gaz ; ces activités sont abordées dans la partie consacrée au bâtiment pour la part qui les concerne.

Parmi les autres activités pénalisées par le développement des énergies renouvelables on trouve la gestion des déchets : une partie des flux de déchets et plus spécifiquement les déchets organiques vont être déviés des installations actuelles vers la méthanisation ; on estime que les 62 plates-formes de compostage actuellement recensées dans la région emploient de 150 à 200 personnes.

Sensibilité des résultats

Les résultats dépendent des hypothèses formulées en ce qui concerne les coefficients spécifiques de localisation (coefficients qui expriment la capacité des entreprises locales à répondre à la demande directe découlant du développement des ENR dans le cadre de REV3).

Les hypothèses faites sont relativement conservatrices (cf. tableau 16). Pour les équipements principaux le coefficient est soit nul, soit égal à 10% lorsqu'une entreprise locale susceptible de répondre à la demande a été identifiée. Pour les équipements électriques et mécaniques annexes un coefficient de 25% est retenu en général.

Le tableau ci-dessous compare ces résultats avec ceux obtenus adoptant des hypothèses plus favorables : coefficient de localisation de 25% pour les équipements principaux et de 50% pour les équipements annexes.

Entre les deux jeux d'hypothèses l'emploi total lié aux investissements augmente de près de 1 600 emplois (+15%), dont logiquement près de la moitié dans les industries manufacturières (835 dont 816 emplois directs) et 42% dans les services (emplois indirects). Sans être négligeable l'impact d'un développement plus important des activités manufacturières de fabrication des équipements pour les ENR apparaît limité. En tout état de cause de telles activités ne pourraient se développer sur le seul marché régional ; l'exportation et les ventes dans les autres régions constituent un enjeu beaucoup plus important.

Emplois en 2050	H1	H2	Différence
ASP	2	3	1
Manufacturières	615	1 450	835
Entretien	137	151	14
Energie, eau, déchets	70	84	14
Construction	4 053	4 099	46
Ingénierie	1 051	1 068	17
Commerce transports	2 731	2 954	223
Autres services	2 219	2 658	439
Total	10 879	12 467	1 588

H1 : hypothèse fabrication régionale faible, H2 : hypothèse fabrication régionale plus développée

Tableau 24. Emplois liés aux investissements en 2050 selon deux jeux d'hypothèses

Emplois et investissements

Sur la base des investissements décrits dans le scénario et des coûts unitaires retenus le montant cumulé sur la période 2015 -2050 des dépenses annuelles d'investissements est de 71,9 Md€ sur la période 2015 – 2050 (soit de l'ordre de 2 Md€ par an). Sur ce montant, dans le scénario actuel, 26 % sont consacrés à l'énergie éolienne et aux EMR, 32% à l'énergie solaire (dont 22% au photovoltaïque), les autres sources, énergie thermique du milieu / géothermie (28,5%) et biomasse (13,5%) se partageant le solde.

Le montant des investissements intègre le renouvellement en fin de vie des moyens de production mis en place au cours des premières années et dont la durée de vie a généralement été fixée à 20 à 25 ans.



En 2050 la valeur du parc d'installations de production, aux prix de remplacement (prix de l'année 2050), est de 48,5 Mds d'euros.

Les emplois totaux liés à la gestion des installations atteignent 20 700, dont 12 900 emplois directs (y compris l'approvisionnement des installations de méthanisation et le bois énergie).

Sur la période 2015 -2050 la moyenne annuelle des emplois dans la réalisation est de 9 700.

ENR	Investissements cumulés 2015 - 2050 (M€)	Emplois pour l'investissement (moyenne annuelle)	Valeur du parc en 2050 (M€)	Emplois permanents en 2050
Eolien terrestre	12 035	1 499	10 379	1 398
Eolien offshore	4 773	310	3 059	559
EMR	2 013	321	2 013	178
PV au sol	2 662	217	1 760	406
PV grandes toitures	10 272	827	5 982	1 380
PV petites toitures	2 919	349	2 276	438
CESI	3 056	667	1 722	195
CESC	3 852	579	2 462	419
PAC géothermiques	3 731	794	3 201	430
PAC aérothermiques	14 538	2 114	7 509	2 220
CET	2 308	383	1 490	634
Bois ménages	1 959	394	1 293	2 831
Bois collectif	812	44	543	252
Méthanisation cogénération	1 832	279	481	408
Méthanisation injection	5 165	899	4 357	8 938
Total	71 927	9 676	48 527	20 686

La valeur du parc en 2050 est obtenue en multipliant le parc en activité en quantités physiques par les prix de l'année 2050 ; cette valeur dite de remplacement diffère de la somme des investissements sur la période du fait d'une part des installations arrivées en fin de vie en cours de période, d'autre part de l'évolution des prix ou de la diminution des puissances requises par logement ou m². Les emplois « permanents » sont les emplois totaux (directs et indirects) dans la gestion, la maintenance ou l'approvisionnement des installations en 2050. Les emplois dans l'investissement sont ici la moyenne annuelle des emplois dans la réalisation des investissements des différentes filières.

Tableau 25. Montants des investissements 2015-2050

ENR	investissements M€	valeur du parc 2050 M€	emplois permanents directs	emplois / M€
Eolien	18 820	15 451	1 295	0,08
Solaire	22 762	14 202	1 761	0,12
Pompes à chaleur	20 577	12 200	2 200	0,18
Biomasse	9 768	6 674	7 675	1,15
Total	71 927	48 527	12 931	0,27

Tableau 26. Tableau résumé des investissements

Sans surprise, c'est la valorisation énergétique de la biomasse qui crée le plus d'emplois permanents directs, liés à l'approvisionnement, l'entretien et l'exploitation des équipements et des installations, par million d'euros investi : un peu plus d'un emploi pour 1 M€ d'investissement. Les autres filières se caractérisent par une intensité capitaliste beaucoup plus élevée, de l'ordre de 5 à 10 M€ par emploi.

Les autres scénarios

Les deux autres scénarios se caractérisent par des niveaux d'investissements et de production des ENR plus élevés que dans le scénario de base : 102,5 TWh, soit +25% dans le scénario « production optimisée et sobriété » et 125,5 TWh, soit +53% dans le scénario « autonomie régionale forte ». Les résultats en termes d'emplois sont donc également plus élevés.

Scénario « production optimisée et sobriété »



En année finale 2050 les emplois du scénario « production optimisée et sobriété » sont supérieurs de 31,6% à ceux du scénario de base. Cela s'explique d'une part par des investissements plus importants au cours de l'année 2050 et d'autre part par un parc de production et une production plus élevés que dans le scénario de base.

Les investissements et les productions supplémentaires portent essentiellement sur les filières électriques : éolien terrestre (parc de 10,4 GW au lieu de 8,7 GW) ; éolien offshore (parc de 4 GW au lieu de 1 GW) ; EMR (parc – lagon marémoteur - de 1 GW au lieu de 0,5 GW) et solaire photovoltaïque (parc de 17 GW au lieu de 11,4).

Dans ces filières les investissements de l'année 2050 sont de 2,8 Md€, contre 0,9 Md€ dans le scénario de base et la valeur de remplacement du parc de 44,4 Md€ contre 25,5 Md€.

Les investissements varient peu ou pas du tout dans les autres filières, qu'il s'agisse de la valeur du parc (21,5 Md€ contre 23,1 Md€ dans le scénario de base) ou des investissements de l'année 2050 (1,37 Md€ contre 1,4 Md€ dans le scénario de base, la légère baisse s'expliquant par la diminution des investissements dans le solaire thermique et les PAC (-2 à 8%), du fait en particulier de la diminution des surfaces tertiaires.

C'est aussi dans les filières de l'électricité renouvelable que l'on retrouve la plus forte croissance des emplois.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Eolien	2 406	5 958	5 367	5 737	4 054	7 785
PV	66	1 176	1 212	3 352	5 069	7 570
EMR	0	0	0	0	386	392
Solaire thermique	641	1 056	1 141	1 156	1 902	1 857
PAC	2 103	2 254	4 165	5 107	5 266	6 901
Bois	2 058	2 509	2 819	3 085	3 439	3 523
Biogaz H ₂	386	974	1 548	4 240	8 342	13 524
Total	7 659	13 926	16 252	22 677	28 458	41 553

Tableau 27. Emploi total : scénario production optimisée et sobriété

Scénario « autonomie régionale forte »

Le scénario « autonomie régionale forte » se caractérise à la fois par des investissements encore plus importants que ceux du scénario « production optimisée et sobriété » dans les filières électricité renouvelable aussi bien en ce qui concerne le parc que les investissements de l'année finale.

Le parc est de 12,1 GW au lieu de 10,4 dans l'éolien offshore, de 2,2 GW au lieu de 1,1 dans les EMR, de 17 MW au lieu de 11,4 dans le solaire PV.

Si l'on met de côté la production d'hydrogène par électrolyse qui augmente encore pour atteindre 23,2 TWh les autres filières sont au niveau du scénario de base

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Eolien	2 406	5 302	6 229	6 163	5 490	8 056
PV	66	2 343	2 423	6 827	10 415	15 551
EMR	0	0	0	13 118	806	1 686
Solaire thermique	641	1 061	1 176	1 196	1 954	1 936
PAC	2 104	2 261	4 422	5 430	5 666	7 491
Bois	2 058	2 497	2 831	3 111	3 486	3 608
Biogaz, H ₂	386	974	1 553	4 297	8 664	14 320
Total	7 660	14 438	18 633	40 142	36 481	52 649

Tableau 28. Emploi total : scénario autonomie régionale forte

Dans ce scénario de gain d'emploi atteint 44 400 dont 24 400 emplois « permanents », directs (17 400) et indirects (7 000) chez les fournisseurs.



1.3. L'amélioration énergétique du bâtiment

1.3.1. Champ de l'amélioration énergétique du bâtiment

Filières suivies et objectifs retenus

Dans le domaine du bâtiment, sur la base des scénarios formulés, le travail de quantification distingue cinq filières.

La rénovation des logements

L'objectif retenu dans les trois scénarios est la rénovation au standard BBC rénovation d'ici 2050 de la totalité du parc de logements (soit 2,1 millions de logements construits avant 2017 et existant encore en 2050). Le rythme annuel de rénovation passerait de 12 350 logements rénovés au cours de l'année 2015 à 75 100 logements en 2050.

Dans les scénarios de base et autonomie forte, la consommation d'énergie pour le logement passerait de 47,1 TWh à 30,5 TWh (-35%). Dans le scénario optimisé la diminution serait de 38,6% et la consommation s'établirait à 28,9 TWh, la baisse supplémentaire provenant d'une réduction des surfaces moyennes des logements et des bureaux.

La rénovation des bâtiments tertiaires

L'objectif retenu est la rénovation complète du parc de bâtiments tertiaires (soit 79,9 Mm² construits avant 2017 et existant encore en 2050) à l'horizon 2050 au standard BBC rénovation. Le rythme annuel de rénovation passerait de zéro m² rénové BBC en 2015 à 2,990 Mm² en 2050.

Dans les deux scénarios de base et autonomie régionale forte la consommation d'énergie du secteur tertiaire passerait de 24,8 TWh à 14,5 TWh (-42,0%). Dans le scénario optimisé la consommation d'énergie diminue plus fortement de 45,6% à 13,5 TWh du fait de la réduction des surfaces tertiaires (cf. ci-dessous).

Les dépenses de rénovation

La rénovation des bâtiments se limite ici à l'isolation du bâti (murs, toiture ...), au remplacement des ouvertures et à des actions diverses sur les systèmes énergétiques et thermiques (ventilation, régulation, gestion de l'électricité et de la chaleur ...).

Elle ne comprend pas les dépenses liées aux systèmes de chauffage ou d'eau chaude sanitaire à base d'énergie renouvelable (appareils de chauffage au bois, pompes à chaleur, solaire thermique, CESI ou CESC). Ces actions sont en effet traitées dans les énergies renouvelables. Elle ne comprend pas non plus le remplacement des chaudières standard par des chaudières à condensation qui est traité séparément (cf. ci-dessous).

La construction des bâtiments tertiaires

Un des traits caractéristiques des scénarios est la forte baisse de la construction neuve de bâtiments tertiaires ; entre 2015 et 2050 celle-ci passe de 1,3 Mm²/an à 511 000 m²/an (scénarios de base et autonomie régionale forte) et même 127 000 m²/an (scénario production optimisée et sobriété).

Le remplacement des chaudières au gaz et au fioul par des chaudières à condensation

La rénovation des logements et du tertiaire, le développement du recours aux énergies renouvelables pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire ainsi que le développement du chauffage urbain se traduiront par la diminution des systèmes de chauffage au gaz et au fioul.

Dans les trois scénarios le nombre de logements équipés de tels systèmes passe de 1,19 millions en 2015 (environ 50% des logements) à 139 000 en 2050 (à peine 6,5% des logements) et les surfaces de tertiaire de 57 Mm² à 12,8 Mm² (17% du parc) dans les scénarios de base et autonomie régionale forte (12,5 Mm² dans le scénario optimisé). Les installations annuelles varient très légèrement entre les trois scénarios ; elles décroissent régulièrement et s'établissent à un très faible niveau en 2050.

La consommation de gaz des bâtiments (hors agriculture et industrie) passerait de 27,9 TWh en 2015 à 6,9 TWh ou 6,6 TWh en 2050 (-75%). Compte tenu des progrès de la production de biométhane (13,1 TWh injectés dans le réseau en 2050 selon les trois scénarios) on peut faire l'hypothèse qu'il s'agirait en grande partie de biométhane. Un arbitrage sera cependant à faire compte tenu des progrès de l'utilisation de gaz dans les transports (9,9 TWh prévus en 2050).



Le chauffage urbain

Dans les trois scénarios, le nombre de logements raccordés au chauffage urbain passerait de 105 400 en 2015 à 437 100 en 2050 (de l'ordre de 15% du parc), et les surfaces de bâtiment tertiaire raccordées de 5,5 Mm² à 27,8 Mm² (34% du parc), dans les scénarios de base et « autonomie régionale forte » et à 24,8 Mm² dans le scénario « production optimisée et sobriété ». Les raccordements passeraient de 10 300 nouveaux logements desservis et 430 000 m² de locaux raccordés par an à 28 700 logements et 1,52 Mm² (1,33 Mm² dans le scénario optimisé).

Exclusions

Dans cet exercice le remplacement des équipements électriques et électroniques (lampes, électroménager, TIC) par des équipements plus performants n'est pas pris en compte.

Ne sont pas non plus pris en compte les investissements et les actions liées aux projets de rénovation urbaine et au développement des réseaux urbains « intelligents » sauf lorsqu'ils prennent la forme d'une des actions décrites ci-dessus. L'objectif de cette exclusion est d'éviter les doubles comptes avec les emplois dans la rénovation des bâtiments existants.

Bien qu'elle puisse représenter localement un enjeu important pour les collectivités locales la rénovation de l'éclairage public n'a pas été intégrée dans l'analyse. L'éclairage public n'intervient en effet que pour moins de 1% de la consommation énergétique régionale.

Enfin le logement neuf est exclu, dans la mesure où les emplois liés à d'éventuels surcoûts résultent non pas d'une action spécifique de la région mais d'une réglementation nationale. L'impact sur l'emploi d'un recours croissant pour la construction neuve (et la rénovation) à des matériaux biosourcés et en particulier au bois et à la paille est cependant examiné dans la partie 3 « Regard sur les matériaux de construction biosourcés ».

1.3.2. Hypothèses retenues pour les filières bâtiment

Coûts de la rénovation

Il n'y a pas de coût de la rénovation faisant consensus. Les estimations que l'on peut trouver sont cependant relativement convergentes.

Données Eco-PTZ

La SGFAGS (Société de Gestion des Financements et de la Garantie de l'Accession Sociale à la propriété) maintient une base de données sur les Eco-PTZ qui permet de calculer le coût moyen des actions ; ces données sont disponibles au niveau régional. La base de données n'indique pas la superficie moyenne des logements concernés ; on a retenu la superficie moyenne indiquée par l'Insee pour le Nord-Pas de Calais.

	toitures	murs	sous total	ouvertures	chauffage/ECS	Total
Nord Pas de Calais	7 900	9 400	17 300	12 100	7 000	36 400
Picardie	7 600	11 100	18 700	12 300	9 200	40 200
% indicatif	20,2 %	26,8 %	47,0 %	31,9 %	21,1 %	100%
€/m ²	84	99	183	128	74	385

Source : base de données Eco-PTZ de la SGFAGS

Tableau 29. Eco-PTZ : coût des interventions par logement pour l'année 2016 (euros /logement et euros/m²).

Données Effinergie

L'association Effinergie propose des coûts moyens pour des rénovations à la norme « BBC rénovation » dans le cadre de rénovations globales intégrant un objectif de performance énergétique défini et une optimisation technico économique.

	Toiture	Plancher	Murs	sous total	Ouvertures	Chauffage / ECS / ventilation	Total
€/m ² SHON	46	38	87	171	60	82	312

Effinergie

Tableau 30. Coûts moyens selon Effinergie (en euros par m²)

Pour une première estimation, on retiendra 350 €HT /m² pour les maisons individuelles et 370 €/m² pour les logements collectifs, la différence entre les deux types de logements étant affectée aux études et à la maîtrise d'œuvre. Ce montant, qui n'intègre pas le remplacement des systèmes de chauffage ou d'eau chaude



sanitaire correspond à de l'ordre de 30 000 € par logement. On notera que selon la dernière campagne OPEN, le coût d'une rénovation performante complète serait de 25 000 € par logement.

Faute de données suffisamment étayées permettant de le faire évoluer, le coût de la rénovation a été maintenu constant sur toute la période, bien qu'il existe de fortes présomptions d'une baisse des coûts à la faveur d'une massification / industrialisation de la rénovation (cf. par exemple étude Enertech de mars 2010 « Coûts des premières rénovations « basse consommation » en France » : Perspectives).

Pour la rénovation tertiaire on retient 500 €/m² (source Enertech).

Autres coûts

Pour la **construction tertiaire** le coût unitaire (1283 €/m²) est repris de l'outil TETE.

Chaudière à condensation : le prix est estimé à 4 400 € (source : ADEME « Etude sur les marchés et les emplois liés à l'efficacité énergétique dans le bâtiment »). Le coût de l'entretien / réparation est estimé à 119 €/an (même source).

Chauffage urbain :

- Installation : le coût unitaire est estimé à 0,75M€ par kilomètre (source : ADEME « étude marchés et emplois »), la longueur du réseau installé chaque année étant calculée sur la base du nombre de logements à partir d'un ratio tiré des enquêtes du Syndicat National du Chauffage Urbain -SNCU. Les m² de bâtiment tertiaire sont de la même façon transformés dans un premier temps en équivalent logement puis en longueur de réseau.
- Exploitation : le coût d'exploitation correspond au service de distribution de la chaleur ; le coût est estimé à partir des enquêtes du SNCU : la consommation est estimée à 12 MWh/logement/an et la part fixe, assimilée au coût de distribution, est de l'ordre de 40% ; le prix du MWh provient de la base PEGASE du SDES (100 €/MWh en 2016). Les surfaces tertiaires sont converties en « équivalent logement ». On obtient 480 €/an par logement ou équivalent logement ; l'activité correspondante a été affectée à la branche 35.3 « Production et distribution de vapeur et d'air conditionné ». Le ratio d'emploi est de 3,1 ETP/M€.

Ces coûts ont été maintenus constants sur l'ensemble de la période.

Décomposition et activités concernées

Les coûts d'investissements sont décomposés en différents produits sur la base de diverses études (ADEME : étude marchés et emplois, étude Perdurance 2009 sur les réseaux de chaleur ...). Cette décomposition sert à identifier les activités concernées par la mise en œuvre des différentes actions.

		rénovation		construction	réseaux	chaudières
		maisons	appart.			
Investissements		350 €/m ²	370 €/m ²	1283 €/m ²	0,75 M€/km	4400 €/unité
25	Fab. prod. métalliques					31%
28	Machines et équipements n.c.a.				22%	
33	Installation machines et équip.				22%	
41	Construction de bâtiments			100%		
42.21	Construction de réseaux pour fluides				44%	
43.29A	Travaux d'isolation	56%	42%			
43reste	Autres travaux de construction spécialisés	44%	51%			30%
46	Commerce de gros					39%
71	Ingénierie ...		7%		12%	
Exploitation		-	-	-		
43reste	Autres Travaux de construction spécialisés					119 €/an
35.3	Prod. distrib. vapeur et air conditionné				480 €/log	

Source : diverses études : marchés et emplois

Tableau 31. Décomposition des investissements

Productivité et coefficients de localisation

Ratios d'emplois

Les ratios d'emploi (ETP/ M€) utilisés sont ceux de l'outil TETE, calculés à partir des données de la comptabilité nationale.



Coefficients de localisation

Les coefficients de localisation spécifiques (ceux qui s'appliquent à la demande directe) retenus sont les suivants :

- Construction de bâtiments non résidentiels, activités d'isolation, travaux de construction spécialisés, construction de réseaux pour fluide, production distribution de vapeur et d'eau chaude, études et commerce : 100%
- Equipements pour réseau de chaleur : 50% ; la région emploie 3200 salariés dans la fabrication de tubes, tuyaux, profilés creux et accessoires correspondants en acier : Vallourec, Arcelor Mittal Tubular ...
- Fabrication des chaudières à condensation : 20% (fabricant AUER à Feuquières en Vimeu)

On notera que compte tenu de la décomposition retenue, la production des fournitures (matériaux isolants, ouvertures, système de ventilation et régulation ...) n'apparaît pas explicitement comme activité directe mais est prise en compte dans les activités indirectes. Toutefois compte tenu du traitement des activités indirectes dans l'outil TETE (coefficients par branche) il n'est pas possible d'introduire une participation spécifique des entreprises locales dans ces activités, bien qu'il existe des producteurs importants (Saint-Gobain à Aniche et Placoplatre – Le Meux, SINIAT à Rantigny...), plus quelques petits producteurs locaux d'ouvertures).

1.3.3. Résultats : emplois liés aux filières bâtiment

Discussion et révision des scénarios

Selon le bilan annuel du Bâtiment Durable de la Cellule Economique de la Construction des Hauts-de-France le nombre de rénovation BBC en 2015 n'était que de 871. Le nombre retenu dans les scénarios est de 12 350, ce qui correspondrait, compte tenu du coût moyen indiqué ci-dessus à un montant de 412 M€ de dépenses pour la rénovation des logements. Ce montant est inférieur à celui qui résulte de plusieurs sources concordantes qui vont dans le sens d'une activité de rénovation énergétique du logement relativement importante dans la région Hauts-de-France.

- Le dossier Insee « le logement en Nord-Pas de Calais depuis 20 ans » (février 2017), qui se base sur l'enquête logement de 2013, donne des informations sur la rénovation des logements : 6,1% des ménages du Nord-Pas de Calais (soit 104 000 ménages) ont déclaré avoir réalisé des travaux d'entretien et d'amélioration de leur habitat en vue de diminuer les dépenses d'énergie ou d'améliorer le chauffage. Le coût moyen des travaux est de 7 680 euros. Compte tenu du nombre de ménages concernés cela porterait le montant des dépenses liées aux travaux énergétiques à 770 M€ pour le Nord-Pas de Calais.
- Selon le bilan annuel 2015 « Bâtiment durable » réalisé par la CERC Nord-Pas de Calais et la CER Picardie (novembre 2016) le montant des travaux de rénovation énergétique des logements est compris entre 880 et 940 M€ en Nord-Pas de Calais, soit un ordre de grandeur compatible avec le montant proposé par l'Insee pour la dépense d'amélioration énergétique des logements en 2013, et entre 460 et 505 M€ de travaux en Picardie. Le total de la demande de travaux auprès des entreprises serait compris entre 1 340 et 1 445 M€.

On a retenu 1,3 Md€ comme valeur des travaux de rénovation des logements pour l'année de base 2015, hors équipements de chauffage ; compte tenu des hypothèses retenues cette valeur équivalait au coût de la rénovation complète de 41 000 logements, même si dans les faits la plupart des travaux de rénovation sont des travaux partiels. Cela permet, tout en respectant la valeur des travaux de rénovation donnée par les différentes sources, d'éviter une progression trop importante (triplement en 5 ans) de l'activité et des emplois.

La programmation corrigée porte principalement sur les années 2015-2022 ; à partir de 2023 le niveau des rénovations est semblable à celui des scénarios. On a maintenu l'objectif de rénovation complète du parc de logement pour 2050. Dans ces conditions l'emploi total lié à la rénovation des logements passerait de 16 650 en 2015 à 28 750 en 2050, soit une progression de 12 100 emplois, alors qu'elle aurait été de 23 600 en gardant le nombre de logements rénovés en 2015 selon les scénarios (12 350 logements).

Il est cependant possible que la progression soit plus forte : selon l'étude de l'Insee déjà citée sur le logement dans le Nord-Pas de Calais une part non négligeable des travaux est réalisée par les ménages eux-mêmes, soit seuls, soit en association avec un professionnel. Seulement 47% des ménages ont fait appel à un professionnel pour réaliser l'ensemble de leurs travaux énergétiques, 23% de ces travaux étant réalisés en commun par le ménage et un professionnel et 30% par le ménage seul.

Il n'a pas été possible de déterminer quelle part du montant des travaux estimé pour 2015 correspondait à



une auto production et ne se traduisait donc pas en emplois ; si cette part diminuait au cours de la période, l'augmentation des emplois serait plus importante.

Rénovation des bâtiments tertiaires

Les scénarios ne retiennent la rénovation d'aucun m² pour l'année 2015, ce qui est formellement exact, le niveau des rénovations BBC en 2015 étant très faible (4 opérations engagées pour une surface de 6 100 m²). Selon le Bilan annuel Bâtiment Durable seulement quatre opérations ont par ailleurs engagé une démarche de certification NF-HQE en 2015.

On notera cependant que l'étude ADeo Conseil - Sisife (Gisements et mutations d'emplois liés à l'économie verte en Nord-Pas de Calais) indique un chiffre de 541 000 m² rénovés en moyenne annuelle sur la période 2005-2012 pour un volume d'un millier d'emplois en 2011.

Selon la note sur l'activité du Bâtiment en 2016 de la CERC Hauts-de-France l'activité d'entretien rénovation de locaux non résidentiels a représenté un chiffre d'affaires de 2,4 Md€ en 2015. En 2009 selon les travaux des CERC sur le territoire de sept Maisons de l'emploi du Nord-Pas de Calais Picardie la part des travaux d'amélioration énergétique et de qualité environnementale sur le total des travaux d'entretien amélioration dans le secteur non résidentiel était en moyenne de 14%, soit de l'ordre de 11% après exclusion des équipements de chauffage. On fait l'hypothèse que sous l'effet des politiques publiques les travaux de rénovation du non résidentiel ont augmenté depuis la période 2005-2015 et que 12,5% de cette activité est consacré à la rénovation énergétique, ce qui semble une estimation prudente. Le montant des travaux de rénovation énergétique serait de 300 M€ et correspondrait à l'équivalent de la rénovation BBC de 600 000 m² (500 €/m²) On retient ce chiffre comme indicateur de l'activité de rénovation du bâtiment tertiaire pour l'année de base 2015, sans changer les objectifs, ni le niveau de l'année finale, qui sont identiques dans les trois scénarios.

Sous ces hypothèses l'emploi total (direct et indirect) lié à la rénovation des bâtiments tertiaires passerait de 3 700 à 16 050 entre 2015 et 2050, soit une progression de 12 300 emplois, au lieu d'une progression de 16 000 emplois si on avait retenu un niveau de rénovation nul en 2015.

Evolution des emplois liés à l'amélioration énergétique du bâtiment dans les scénarios « autonomie régionale faible » et « autonomie régionale forte »

Les deux scénarios sont identiques, et également très proches du scénario « production optimisée et sobriété » dont ils ne se distinguent au niveau des actions que par le nombre de m² de tertiaire construit et celui des superficies tertiaires rattachées à un réseau de chaleur.

L'emploi dans la rénovation du bâti augmente de 24 400 ETP mais cette progression est partiellement contrebalancée par la forte réduction d'une part des emplois dans la construction tertiaire, de 17 650 ETP en 2015 à 5 850 ETP en 2050 (moins 11 800 emplois) sous l'effet de la réduction du nombre de m² construits (- 62%) et d'autre part des emplois d'installation et d'entretien des chaudières à gaz ainsi que les emplois liés à la consommation de gaz (-4 490 emplois).

Globalement l'emploi dans les activités concernées est en 2050 légèrement supérieur à celui du scénario tendanciel.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Rénovation des logements	16 655	18 622	20 505	22 306	25 673	28 743
Rénovation bâtiment tertiaire	3 703	5 642	14 710	15 011	15 562	16 046
Construction tertiaire	17 653	17 304	9 541	9 352	6 092	5 854
Réseaux de chaleur	484	602	857	1 103	1 334	1 666
Chaudières à gaz et distribution gaz	5 235	5 301	3 410	2 651	1 945	748
Total	43 730	47 471	49 023	50 423	50 607	53 056
Scénario tendanciel	43 730	44 612	45 511	46 429	48 319	50 287

Tableau 32. Evolution de l'emploi lié au bâtiment – scénarios base et autonomie régionale forte



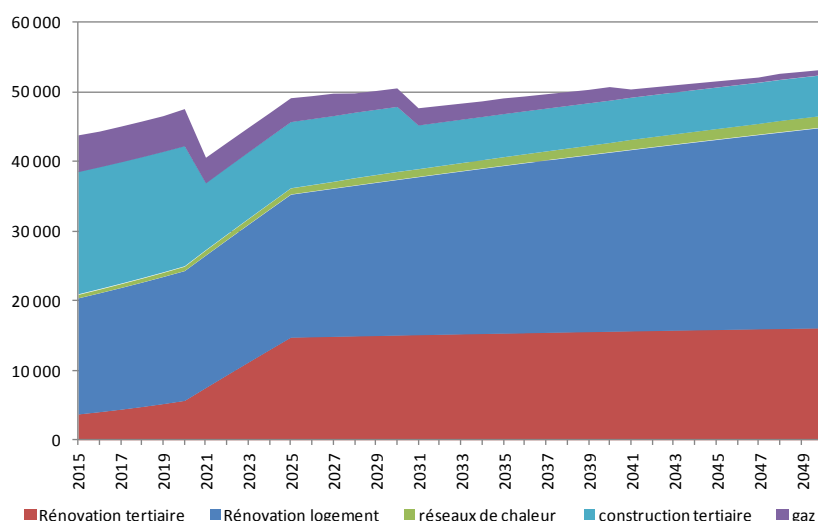


Figure 3. Evolution des emplois liés au bâtiment : scénarios de base et autonomie régionale forte

Les activités en déclin : les chaudières à gaz et la distribution de gaz

Le nombre total et les installations annuelles de chaudières à gaz à condensation sont deux indicateurs choisis pour illustrer les scénarios. L'évolution de ces deux indicateurs, de même que l'évolution des consommations de gaz pour le chauffage dans le secteur résidentiel et tertiaire met en évidence le remplacement progressif mais massif des chaudières par des modes de chauffage ENR.

Le parc de chaudières à gaz diminue fortement de 1,19 millions de logements et 57 Mm² de bâtiments tertiaires en 2015 à 139 000 logements et 12,8 Mm² en 2050. Les installations annuelles passent de 54 200 logements et 3 Mm² en 2015 à 8 300 logements et 700 000 m² en 2050. Cette diminution se traduit par une forte baisse des emplois dans l'installation et l'entretien.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Installation	2 279	2 379	944	624	775	312
Entretien	1 900	1 884	1 587	1 302	733	206
Total	4 179	4 263	2 531	1 926	1 508	518

Tableau 33. Emploi total associé à l'installation et l'entretien des chaudières à gaz

Cette estimation repose sur l'hypothèse que la totalité des ménages effectuent annuellement l'entretien de leur chaudière ; cette hypothèse demanderait à être vérifiée. Si elle n'était pas confirmée, la diminution des emplois dans l'entretien serait moins importante qu'indiquée ci-dessus.

La distribution du gaz est une autre activité qui se retrouvera en déclin du fait de la diminution de l'utilisation du gaz pour le chauffage ou l'ECS. L'emploi dans la distribution de gaz sera par ailleurs impacté par la mise en place des compteurs intelligents (Gazpar) dont l'installation devrait être généralisée d'ici 2022.

Comme indiqué précédemment la consommation de gaz dans le bâtiment résidentiel et tertiaire diminue fortement, 27,9 TWh en 2015 à 7 TWh en 2050 (-75%). Pour estimer l'impact de cette réduction de la consommation du secteur résidentiel et tertiaire on procède comme suit : la part de la consommation de ces secteurs dans la consommation totale de gaz de la région est approximativement de 40% (28 TWh sur un total de 70 TWh). Selon les données de l'ACOSS les emplois salariés dans la distribution et le commerce de combustibles gazeux (branche 35.2) étaient de 1015 en 2015. On fait l'hypothèse que 40% de ces emplois concernaient le secteur résidentiel et tertiaire et on fait suivre à ces emplois l'évolution de la consommation de gaz en prenant en compte l'évolution de la productivité.

Sans prendre en compte les emplois liés à l'injection de biométhane, traités dans la filière biogaz, les emplois directs associés à la distribution et au commerce du gaz passeraient de 406 à 88, et le total des emplois (y compris les emplois indirects) de 1055 à 230.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
--	------	------	------	------	------	------



Emploi direct	406	399	338	279	168	88
Emploi total	1 055	1 038	880	725	438	230

Tableau 34. Emploi total associé à la distribution du gaz

Cette baisse des emplois dans l'installation et l'entretien des chaudières à gaz et dans la distribution de gaz est plus que compensée par les emplois créés dans les différents types d'équipements de chauffage domestiques à base d'ENR.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Emploi chauffage au gaz	5 235	5 301	3 410	2 651	1 945	748
Emploi CESI	640	1 060	1 176	1 196	1 954	1 936
Emploi PAC / CET	2 104	2 261	4 422	5 430	5 666	7 492
Emploi Bois domestique	1 550	1 758	2 220	2 600	2 956	3 356
Total emploi chauffage ENR	4 294	5 079	7 818	9 226	10 576	12 784
Total de l'emploi dans le chauffage	9 529	10 380	11 228	11 877	12 521	13 532

Tableau 35. Emploi : bilan global du chauffage domestique et tertiaire

Réseaux de chaleur

Dans les deux scénarios le nombre de nouveaux logements raccordés par an passerait de 9 790 en 2015 à 28 720 en 2050. Dans le tertiaire les surfaces raccordées annuellement passeraient durant la même période de 430 000 m² à 1,52 Mm². Au total le nombre de logements desservis par des réseaux de chaleur serait multiplié par quatre à 437 100 et dans le tertiaire le nombre de m² par 5 à 28,8 Mm².

Sur cette base et avec les hypothèses formulées plus haut (cf. 1.3.2.1 coûts), on obtient les emplois suivants :

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Emploi total	484	602	857	1 103	1 334	1 666
dont investissements	117	119	176	231	206	303
dont emplois dans l'exploitation	367	483	681	872	1 128	1 363
dont emplois directs	172	226	318	407	527	636

Tableau 36. Emplois liés aux réseaux de chaleur

On notera que selon les données de l'ACOSS en 2015 les emplois salariés dans la production et distribution de vapeur et d'air conditionné (branche 35.30Z) sont beaucoup plus élevés que ceux auxquels on parvient ici : 1 607 salariés contre 172 emplois directs estimés.

Plusieurs explications peuvent être avancées pour expliquer cet écart : la branche 35.30Z couvre un ensemble d'activités plus large que la seule distribution de chaleur ; elle inclut également les emplois de production de chaleur (chaufferies biomasse ou autres) qui sont exclus ici. Elle inclut également la fourniture directe (hors réseaux) de vapeur, d'eau chaude, d'air et d'eau réfrigérés et la production de glace par les entreprises de services comme Dalkia ou Engie Energie Services. Cette fourniture aux entreprises, en particulier industrielles n'est pas non plus comptabilisée ici. Enfin le siège de Dalkia étant localisé dans les Hauts-de-France ses effectifs (environ 500 personnes) sont inclus dans les effectifs de la branche

Evolution récente de l'activité d'entretien rénovation

Bien que l'entretien-amélioration du bâtiment ne se limite pas à la rénovation énergétique, la comparaison entre l'évolution du montant des travaux d'entretien-amélioration du logement et l'évolution de l'activité de rénovation selon les scénarios peut apporter quelques indications intéressantes.

Selon la Cellule Economique de la Construction des Hauts-de-France, l'évolution du chiffre d'affaires de l'entretien – amélioration du bâtiment a baissé assez régulièrement entre 2008 et 2014, mais montre des signes de redressement depuis cette date.

Alors que le chiffre d'affaires et l'emploi dans les travaux de construction spécialisés diminuent régulièrement ils devraient selon le scénario voir la tendance s'inverser avec des taux de croissance de 2,7% en moyenne sur la période 2015-2050, mais 3,7% entre 2015 et 2020 et surtout 8,4% entre 2020 et 2025.

Le montant des dépenses

Sur la période, le total des dépenses de rénovation des logements atteint 71,7 Md€ soit de l'ordre de 2



milliards par an ; le total de la dépense de rénovation des bâtiments tertiaires est de 41 Mds (1,1 Md€/an).

	2015	2020	2025	2030	2040	2050	Somme 2015-2050	moyenne annuelle
Rénovation logement	1 335	1 522	1 710	1 898	2 273	2 649	71 701	1 992
Rénovation tertiaire	300	466	1 238	1 289	1 391	1 493	41 180	1 144
Construction tertiaire	1 719	1 719	967	967	655	655	33 085	919
Réseaux de chaleur	13	13	20	27	25	38	864	24
Chauffage gaz	263	280	113	76	99	41	3 644	101
Total	3 628	4 000	4 048	4 257	4 443	4 876	150 474	4 180

Tableau 37. Bâtiment : dépenses 2015 – 2050 en M€ – scénarios de base et autonomie régionale forte

A l'inverse, la réduction de la construction tertiaire dégage des montants qui peuvent être utilisés pour la rénovation : globalement la dépense de construction / rénovation du secteur tertiaire resterait quasiment constante

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Rénovation tertiaire	300	466	1 238	1 289	1 391	1 493
Construction tertiaire	1 719	1 719	967	967	655	655
Total M€	2 018	2 184	2 205	2 256	2 046	2 148

Tableau 38. Construction et rénovation du secteur tertiaire (M€) - scénarios de base et autonomie régionale forte

Emplois liés aux investissements, emplois permanents ; emplois directs et indirects

L'essentiel des emplois est lié aux investissements (travaux de rénovation des bâtiments, construction dans le secteur tertiaire). L'achèvement en fin de période de la rénovation complète du parc bâti pose la question du relai d'activités à trouver ; celui-ci pourrait se trouver dans les rénovations à des standards plus élevés que le label BBC.

Avec la diminution du chauffage au gaz les emplois permanents diminuent.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Emplois liés aux investissements	40 407	44 066	45 874	47 525	48 308	51 258
dont emplois directs	21 754	24 334	28 019	29 210	31 295	32 855
dont emplois indirects	18 653	19 732	17 855	18 315	17 013	18 403
Emplois permanents	3 323	3 405	3 148	2 898	2 298	1 799
dont emplois directs	1 849	1 886	1 719	1 557	1 208	863
dont emplois indirects	1 474	1 519	1 429	1 341	1 090	936
Total	43 730	47 471	49 023	50 423	50 606	53 056
dont emplois directs	23 603	26 220	29 738	30 767	32 503	33 717
dont emplois indirects	20 127	21 252	19 284	19 656	18 103	19 339

Tableau 39. Bâtiment : emplois par types - scénarios de base et autonomie régionale forte

Evolution de l'emploi par branche d'activité

Les emplois directs liés aux investissements (32 855 emplois en 2050) sont principalement dans les branches du bâtiment (36 443 emplois directs ou indirects). Compte tenu des hypothèses faites sur les capacités locales de fabrication des équipements et fournitures, une très faible part de ces emplois concerne les industries manufacturières. Pour près de la moitié les emplois indirects sont des emplois de services aux entreprises.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Total BTP	28 292	30 897	32 979	34 090	34 519	36 443



Autres travaux de construction spécialisés	14 096	15 507	17 101	17 494	17 734	18 411
Travaux d'isolation	7 444	8 765	12 160	12 929	14 357	15 660
Construction de bâtiments	6 646	6 515	3 592	3 521	2 294	2 204
Autres BTP	105	110	126	146	134	168
Industries manufacturières	567	613	645	674	670	722
Eau gaz électricité, vapeur, déchets	1 133	1 218	1 253	1 291	1 284	1 326
Services	13 730	14 734	14 136	14 357	14 124	14 555
commerce	3 222	3 449	3 021	2 998	3 020	3 010
transports	1 228	1 318	1 263	1 283	1 269	1 308
services liés à l'emploi	2 629	2 808	2 702	2 771	2 699	2 822
architectes, ingénierie	1 203	1 355	1 697	1 750	1 750	1 840
autres	5 448	5 803	5 454	5 556	5 386	5 575
Autres activités (ASP)	9	10	10	10	10	11
Total	43 730	47 471	49 023	50 423	50 607	53 056

Tableau 40. Bâtiment : évolution de l'emploi par branche : scénarios de base et autonomie régionale forte

Le scénario « production optimisée et sobriété »

Pour le domaine du bâtiment le scénario « production optimisée et sobriété » se distingue des deux autres scénarios. La principale différence porte sur la réduction plus forte de la construction tertiaire dans le scénario optimisé à partir de 2021 : 370 000 m² au lieu de 511 000 m² dans les deux autres scénarios, avec une réduction supplémentaire en 2031 à 127 000 m² par an.

En découle une réduction de l'extension des réseaux de chaleur ainsi que de l'installation des chaudières en direction des bâtiments tertiaires. La consommation de gaz diminue de -5,5% pour l'ensemble résidentiel et tertiaire par rapport aux deux autres scénarios.

Logiquement ce sont les emplois dans la construction tertiaire qui sont les plus affectés dans ce scénario (moins 4 400 emplois par rapport aux deux premiers scénarios). De ce fait dans ce scénario le total des emplois liés à la TRI/rev3 est inférieur au scénario tendanciel.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Rénovation logement	16 655	18 622	20 505	22 306	25 673	28 743
Rénovation tertiaire	3 703	5 642	14 710	15 011	15 562	16 046
Construction tertiaire	17 653	17 304	4 683	4 590	1 517	1 457
Réseaux	484	602	853	1 097	1 321	1 645
Chauffage gaz	5 235	5 298	3 397	2 633	1 928	732
Total	43 730	47 468	44 148	45 638	46 001	48 624
Scénario tendanciel	43 730	44 612	45 511	46 429	48 319	50 287

Tableau 41. Bâtiment : évolution des emplois –scénario production optimisée et sobriété



1.4. Les transports

1.4.1. Champ des filières transport

Filières suivies

Les indicateurs renseignés dans les scénarios sont les suivants.

- Consommation finale d'énergie pour les transports par énergie (essence, diesel, GPL, gaz et électricité) en GWh,
- Trafic de passagers par mode de transport (voiture particulière, auto-partage, bus-cars et ferroviaire) en Mdp.km (milliard de passagers kilomètres) et kilométrage annuel moyen par type de véhicule particulier (essence, diesel, GPL, gaz, électricité et différents types d'hybrides),
- Trafic de marchandises par mode (routier, ferroviaire et fluvial) en Mt.km (milliard de tonnes kilomètres),
- Parc et immatriculations annuelles de véhicules routiers (voitures particulières, véhicules en auto-partage, autobus, autocars, véhicules utilitaires légers - VUL et poids lourds) par type de motorisation (essence, diesel, GPL, gaz, électricité et différents types d'hybrides),
- Nombre de bornes de recharge pour véhicules électriques selon le lieu d'implantation (particulier, entreprises, parking et voirie),
- Nombre de stations GNV.

Ces indicateurs permettent de suivre l'évolution de l'activité de filières importantes en termes d'emploi : le transport collectif de passagers (transports ferroviaires et transports collectifs urbains et suburbains) et le transport de marchandises (routier, ferroviaire et fluvial).

Ils permettent également de suivre le développement des bornes de recharge électrique et de l'infrastructure GNV (investissements et maintenance - gestion), ainsi que, à travers le parc et le kilométrage parcouru, l'évolution des dépenses d'entretien - réparation des véhicules particuliers.

Faute d'indicateurs l'évaluation des impacts sur l'emploi effectuée ici ne prend pas en compte la réalisation et la gestion des infrastructures de transport et des services annexes (logistique, entreposage, ...).

La fabrication des équipements de transports n'est pas traitée¹² : il a été considéré que le développement et la transformation du pôle automobile régional n'était pas directement lié à la politique de transition énergétique mise en œuvre au niveau régional mais dépendait de facteurs nationaux voire internationaux.

Ces différents points sont développés dans les parties suivantes. L'impact du développement de la mobilité électrique fait en outre l'objet d'une analyse complémentaire (Cf. partie 5 : « Regard sur la mobilité électrique ») qui examine de façon plus détaillée l'impact sur l'emploi, les métiers et les formations et traite également, de façon succincte, la *deuxième vie* et le recyclage des batteries, non abordés ici.

Exclusions

Un certain nombre d'actions liées à la transition énergétique dans les transports ne sont pas décrites dans les scénarios, en particulier les investissements en infrastructures de transport et en logistique et leur gestion, soit les infrastructures de transport ferroviaire et fluvial, mais également les gares routières, les plates formes logistiques, les infrastructures en piste en cyclables. Un autre exemple est le projet du SMTIC d'Artois Gohelle pour un investissement évalué à 411 M€ (infrastructure plus 41 bus hybrides articulés et 6 bus à hydrogène).

D'autres actions sont décrites, et en particulier les immatriculations de voitures particulières par source d'énergie (essence, gazole, électricité, gaz ou encore hybride) mais les impacts en termes d'emploi n'ont pas été quantifiés.

Il est en effet apparu difficile de déterminer le rythme auquel l'industrie automobile locale pourrait s'engager dans la voie de l'électrification des véhicules et du passage au biométhane. Selon les informations recueillies auprès de l'ARIA, la filière serait en mesure de se reconverter sans difficultés particulières à condition que les conditions pour le développement du marché soient réunies (infrastructures d'avitaillement).

Bien qu'il existe des signes avant coureurs d'une transition : projet d'unité d'autobus électriques (BYD), production de VP hybrides (Toyota) et de VUL électriques (Kangoo ZE) on a considéré que les données disponibles ne permettaient pas de se prononcer sur le fait que la transition énergétique dans les transports

¹² Sauf très marginalement (bus électriques et matériel ferroviaire roulant) sur la base d'estimations partielles et incertaines des dépenses Cf. ci-dessous.



allait se traduire par un déclin des activités et donc des emplois ou au contraire une progression. Par ailleurs il est apparu évident que l'évolution de l'industrie automobile locale n'était en aucun cas déterminée par des scénarios de transition énergétique limités aux Hauts-de-France.

A titre purement illustratif on a estimé les emplois qui pourraient être liés au marché local des bus, cars, VUL et poids lourds électriques décrit dans les trois scénarios.

1.4.2. Hypothèses retenues pour les filières transports

Transports de passagers

Le trafic passager est une des filières où les trois scénarios se distinguent. La diminution du trafic est plus importante dans le scénario « production optimisée et sobriété » : le trafic passe de 86,8 Md.passagers.km en 2015 à 55,8 Md passagers.km en 2050 (-37%) alors qu'il ne diminue que de 16% dans les deux autres scénarios, à 74,2 Md passagers.km en 2050. On notera que la différence entre les scénarios n'affecte pas la répartition modale du transport de passager.

Comme conséquence des évolutions différentes du trafic passager, le parc de véhicules routiers destinés au transport de passagers diffère entre les deux premiers scénarios et le scénario « production optimisée et sobriété » : la réduction du parc de véhicules routiers (véhicules privés et en auto-partage, autobus et cars) est de l'ordre de 24% à 25% dans ce dernier scénario, quasiment proportionnelle pour toutes des catégories à la réduction du trafic passager par rapport aux deux autres scénarios.

Transport ferroviaire de passagers

Le montant des dépenses d'exploitation est estimé sur la base de l'indicateur exprimé en passagers.km. Dans les deux premiers scénarios l'indicateur passe de 3,7 Md passagers.km en 2015 à 9 Md passagers.km en 2050 soit une croissance moyenne de 2,6% par an. Sur la base des données des Comptes des Transports la dépense unitaire retenue est 213 € par 1000 passagers.km ; elle est gardée constante sur l'ensemble de la période ; le coefficient de localisation spécifique est de 100%. Le ratio ETP / M€ est de 9,3 (NAF 49.10Z transport ferroviaire urbain de passagers).

Transport par bus et cars

Les données ne séparent pas transport routier de passagers longue distance (cars « Macron ») et transport routier de passagers urbain et suburbain (par bus). Le montant des dépenses d'exploitation est estimé sur la base de l'indicateur exprimé en passagers.km. L'indicateur passe de 4,7 Md passagers.km en 2015 à 14,5 Md passagers.km en 2050, soit une croissance de 2,5% par an. Sur la base des données des Comptes des Transports la dépense unitaire retenue est 226 € par 1000 passagers.km ; elle est gardée constante sur l'ensemble de la période ; le coefficient de localisation spécifique est de 100%. Le ratio ETP / M€ est de 13,8 (NAF 49.31Z : transports urbains et suburbains de passagers)

Transports de fret

Il n'y a pas de différences entre les scénarios. Le transport de marchandises régresse légèrement (-0,3% par an) malgré la croissance de l'activité. Les parts du transport ferroviaire et fluvial progressent respectivement de 17% à 30,5% et de 5% à 18%, tandis que celle du transport routier régresse de 78% à 51,5%. Compte tenu des productivités différentes (tonne.km / ETP), l'emploi dans le transport de fret diminue.

Transport ferroviaire de fret

La production annuelle est estimée sur la base des tonnes.km et d'un chiffre d'affaires unitaire de 19 €/1000 t.km, calculé à partir des données des Comptes des Transports ; les prix sont considérés comme constants. Le ratio ETP/M€ de production retenu est celui de la branche 49.20Z – transport ferroviaire de fret (5,7 en 2015).

Transport fluvial de fret

La production annuelle est estimée sur la base des tonnes.km et d'un chiffre d'affaires unitaire de 48 €/1000 t.km, calculé à partir des données des Comptes des Transports ; les prix sont considérés comme constants. Le ratio ETP/M€ de production retenu est celui de la NAF 50 – transports par eau (1,15 ETP/M€ en 2015), repris de l'outil TETE. On note que le rapport entre les emplois totaux et les emplois directs est de 6.4, ce qui est improbable. Ces ratios devront être réexaminés ultérieurement ; les enjeux en termes d'emploi sont faibles. Les effectifs salariés du transport fluvial de fret en 2015 étaient de 266 selon l'ACOSS.

Transport routier de fret

La production annuelle est estimée sur la base des tonnes.km et d'un chiffre d'affaires unitaire de 290 €/1000 t.km, calculé à partir des données des Comptes des Transports : moyenne longue distance et proximité ; ce prix est considéré comme constant. Alors que pour les autres activités de transports l'hypothèse est qu'elles



sont effectuées à 100% par des entreprises locales, pour le transport routier de fret l'hypothèse est que l'activité est à 50% locale, ce qui serait à confirmer. Le ratio ETP direct / M€ retenu est celui de la branche 49.41A - transport routier de fret interurbain (7,37 en 2015). Les données disponibles ne permettent pas de distinguer transport routier de fret interurbain et transport routier de fret de proximité (49.41B).

Développement de l'infrastructure de recharge des véhicules électriques

Pour les bornes de recharge les indicateurs donnent l'évolution du parc nécessaire pour quatre catégories de bornes (particulier, entreprise, parking et voie publique). On en déduit les installations annuelles, compte tenu d'une durée de vie estimée à 20 ans.

Le calcul se fait en « borne équivalent », en pondérant chaque catégorie par son prix indicatif. Ce calcul pourra être révisé dès lors que l'on disposera de la décomposition des investissements et des dépenses de fonctionnement des diverses catégories de bornes (cf. Regard sur l'électro-mobilité en partie 5).

Le scénario « production optimisée et sobriété » diffère des deux autres scénarios : compte tenu du parc et de la mobilité plus faibles, le nombre de bornes y est réduit de 10% à 1,677 millions.

Installations annuelles : on considère les prix comme constants. La pondération du calcul en « bornes équivalent » est la suivante : 9 400€ pour une borne sur la voirie publique, 6 500€ pour une borne posée en entreprises ou en parking et 1 000€ pour une borne (wallbox) posée chez un particulier. La décomposition entre équipements et installation est de 69% - 31% ; le coefficient de localisation direct des équipements est de 10% passant progressivement à 80% du fait de l'existence d'un producteur local ; pour l'installation le coefficient de localisation direct retenu est de 100%.

Point de vigilance : on peut considérer que les prix relatifs de la partie équipements vont fortement baisser avec le développement dans tous les pays européens et mondiaux d'un marché de masse ; par ailleurs il n'est pas certain que le seul fabricant local d'équipement (DBT-CEV) soit en mesure de suivre la forte croissance du marché. La perte d'emploi dans la fabrication d'équipements électriques qui découlerait d'une division par deux du prix de la partie équipement (ou d'un moindre coefficient de localisation) serait de l'ordre de deux cents emplois directs (de 280 à une centaine) ; en termes d'emplois indirects totaux (y compris les sous traitants, fournisseurs ...) la baisse serait plus importante et atteindrait 380 emplois en 2050 (sur un total de 1800 emplois directs et indirects liés aux investissements).

L'autre point de vigilance, commun à de nombreuses filières est l'impact des exportations ; en 2015 DBT-CEV aurait exporté pour plus de 9 M€ soit 75% de sa production.

Exploitation : comme pour les installations on travaille « en borne équivalent » sur la base du coût pour une borne publique, estimé à 1300 €/an – hors électricité distribuée - et on considère que le prix est constant ; le coût d'exploitation est décomposé en cinq activités : maintenance (25% NAF : 33), contrôle technique (8% : NAF 71), communication (6% : NAF 61), consommation d'électricité (44% : NAF 351) et exploitation (17% : NAF 70). Les coefficients de localisation directe sont de 100% et le coefficient indirect est le coefficient général. On trouvera dans la partie 4 (Regard sur l'électro-mobilité) un calcul plus précis dont les résultats sont très proches.

Développement de l'infrastructure GNV

Le développement de l'utilisation du gaz y compris le biométhane dans les transports va se traduire par la création d'un réseau de stations de distribution. Le scénario « production optimisée et sobriété » diffère des deux autres scénarios : le nombre de stations de distribution de GNV serait de 1141 contre 1676 dans les scénarios d'autonomie régionale faible et d'autonomie régionale forte. De même que les bornes de recharge ces stations vont se substituer au réseau des stations distribuant des produits pétroliers ; cette substitution n'a pas été chiffrée.

Installations annuelles : les installations annuelles sont calculées à partir de l'évolution du parc sur la base d'une durée de vie de 20 ans. Le coût d'installation d'une station est considéré comme constant et est estimé à 700 k€ (source AFGNV). Il se décompose en équipements (500 k€ ; NAF 28), études (50 k€ ; NAF 71), génie civil (100k€ : NAF 42) et raccordement (50 k€ ; NAF 42.21). Le coefficient de localisation direct de la fabrication des équipements est fixé à 10% ; pour le génie civil, les études et les raccordements, le coefficient de localisation direct est de 100% ; le coefficient de localisation indirecte est le coefficient général.

Gestion / maintenance : sur la base d'un ratio calculé à partir des données disponibles pour les stations services, la dépense de gestion, entretien et maintenance est estimée à 224 k€/ an, correspondant à 1,2 ETP direct (le ratio de la NAF 33 réparation de machines et d'équipements est de 5,4 ETP/M€). Le coefficient de localisation directe est de 100% ; le coefficient de localisation indirecte est le coefficient général.

Point de vigilance : compte tenu de l'évolution de la productivité les quelques 1300 points de vente GNV



prévus en 2050 pour la région se traduisent par 2500 ETP. Il y a actuellement de l'ordre de 206 établissements spécialisés dans la vente au détail de carburants (NAF 47.30Z) dans les Hauts-de-France (soit 5,8% de l'ensemble France entière). Ils emploient environ un millier de salariés (soit 5,2% des effectifs France entière). Ces chiffres sont en diminution régulière. Cependant ils ne représentent qu'une fraction des stations services en activité. Selon l'UFIP il y avait 11 270 stations services en France en 2015, dont 55% de stations du réseau traditionnel et 45% dans les Grandes et Moyennes Surfaces. Le ratio serait d'une station service pour 2 900 véhicules particuliers. En appliquant ce ratio au parc automobile des Hauts-de-France, on obtient de l'ordre d'un millier de stations services. Ce chiffre correspond à ce que l'on obtient en consultant la base de données « Stations services en France » de Data.gouv.fr (environ 924 en 2014). Si la projection du scénario est correcte, le nombre de stations GNV serait supérieur en 2050 à celui des stations d'essence en 2015. Cette prévision demanderait à être vérifiée. Provisoirement on retiendra que le développement des stations GNV ne devrait avoir qu'un effet marginal sur les emplois en ce qui concerne l'exploitation. La construction des stations représenterait en moyenne 160 ETP directs, avec des pointes autour de 3 à 4 centaines en début et au milieu de la période. Les emplois indirects atteindraient 300 en moyenne sur la période avec des pointes à 700.

Le matériel ferroviaire roulant

Il n'y a pas d'indicateur qui suive les investissements en matériel ferroviaire roulant. Les montants annuels d'investissements sont estimés à partir de la valeur pour l'année de base 2015 estimée à 80% des dépenses d'investissement de la région pour les TER, soit 86 M€. Le montant évolue avec l'indicateur de trafic du scénario ; la décomposition est 100% en équipement de la branche d'activité 30.20Z construction de matériel ferroviaire roulant ; dans l'outil développé par le CIRED le ratio emploi ETP/M€ est de 1,7 soit celui de la branche A88.30 (fabrication d'autre matériel de transport), qui comprend la fabrication aéronautique et spatiale. Ce ratio est apparu très faible par rapport au niveau obtenu à partir des données ESANE de la NAF 30.20Z (construction de matériel ferroviaire roulant) : 3,3 en 2014. On a modifié les coefficients d'emploi direct et indirect ; compte tenu de la présence dans la région des deux principaux constructeurs le coefficient de localisation direct a été fixé à 100% ; le coefficient de localisation indirect est le coefficient général ce qui pourrait être trop faible compte tenu de l'importance de l'industrie ferroviaire régionale (nombreux sous traitants).

Les autobus, autocars, VUL et camions

Avec de légères différences les trois scénarios prévoient un progrès régulier de la part des véhicules au gaz qui représentent en 2050 entre 40 et 80% des parcs de ces catégories de véhicules. Le parc de bus électriques serait de quelques centaines en 2050, mais dans les différents scénarios les parcs de véhicules utilitaires légers et de camions électriques seraient respectivement de 32 000 et 10 000 et les ventes de 3 000 unités, principalement de VUL. L'hypothèse sur les coûts des bus est de 250 k€ ; 200 k€ a été retenu pour les camions et 20 k€ pour les VUL.

Il n'y a pas actuellement de fabrication de bus et cars dans la région mais le groupe chinois BYD prévoit d'installer une usine de montage de bus électriques ; l'usine MCA (Renault Maubeuge) produit des Kangoo ZE électriques ; on a fait l'hypothèse que la part locale de la production de ces véhicules électriques progresserait régulièrement de 10% en 2020 à 70% en 2050.

Entretien des véhicules

Il s'agit d'une activité impactée négativement par la transition énergétique, le nombre de véhicules particuliers passant de 3,08 millions à 2,03 millions dans le scénario « production optimisée et sobriété » et à 2,7 dans les deux autres scénarios. Le coût de l'entretien est calculé à partir des données du rapport « Analyse coûts bénéfiques des véhicules électriques » (CGDD juillet 2017). L'activité concernée est la NAF 45 Commerce et réparation d'automobiles et de motocycles et le coefficient d'emploi (ETP/M€) est de 7,6. Le coefficient de localisation est de 100%. L'entretien des autres véhicules routiers n'est pas actuellement intégré dans la quantification des emplois.

Les batteries pour véhicules électriques

Sur la base des immatriculations et du parc de véhicules électriques / hybrides et d'hypothèses sur la capacité des batteries par type de véhicules et d'un coût au kWh (320 €/kWh en 2015) on calcule le marché des batteries pour les véhicules neufs et en remplacement. Le remplacement a lieu au bout de cinq ans pour les batteries achetées entre 2015 et 2020, de huit ans pour les batteries achetées 2020 et 2025 et 10 ans pour les batteries achetées après 2030). Le prix diminue linéairement pour atteindre 200 €/kWh en 2020 puis 100 €/kWh en 2030 ; il reste ensuite constant (source étude CGDD 2017). La capacité des batteries est fixée à 37 kWh pour une voiture électrique et à 8 kWh pour une voiture hybride. Les autres catégories de véhicules électriques ne sont pas prises en compte.



Les batteries sont produites par les établissements de la NAF 27 (Fabrication d'équipements électriques) et le ratio ETP/ M€ est de 3,16 ETP/M€ en 2015. Il n'existe pas de fabricants de batteries dans les Hauts-de-France, mais une activité de R&D importante, qui peut déboucher sur la création de start-up. Cependant on a considéré que la décision de création d'une unité de production de batterie ne pouvait résulter que de considérations nationales, voire mondiales et dépendrait en réalité des perspectives d'exportation. Sur la base des immatriculations on évalue le marché local en 2050 à 45 000 batteries pour les véhicules électriques neuves et 145 000 batteries pour le remplacement (en supposant que la durée de vie passera à 10 ans). Bien qu'important ce marché est apparu insuffisant pour développer une production qui reste dominée par les pays asiatiques ; on fait donc l'hypothèse que la production locale est nulle. L'installation de ces batteries n'est pas comptabilisée ici (cf. partie 5 : Regard sur la mobilité électrique).

1.4.3. Résultats : emplois liés aux filières transport

Scénarios « autonomie régionale faible » et « autonomie régionale forte »

On présente les résultats en emploi en distinguant les filières en progression et les filières impactées négativement.

Filières en progression

Les transports collectifs de passagers gagnent 39 000 emplois, devant les nouvelles infrastructures d'avitaillement de véhicules (bornes de recharge électrique et stations GNV) : +12 200 emplois. Au total, avec le fret non routier et la fabrication d'équipements de transport liés au marché local et susceptibles d'être produits localement le gain est de 55 400 emplois. En suivant le scénario tendanciel le gain aurait été de 4 200 emplois.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Transport ferroviaire interurbain de passagers	9 816	11 980	13 611	15 172	17 823	20 938
Transport urbain suburbain de passagers	16 285	21 903	25 984	29 894	37 407	44 287
Transport ferroviaire de fret	548	537	817	1 086	1 493	2 053
Transport fluvial de fret	1 261	1 805	1 880	1 952	2 072	2 199
Bornes de recharge électriques	18	1 187	4 321	5 827	8 732	8 901
Stations GNV	8	1 359	1 338	1 723	2 695	3 350
Bus, cars, VUL et PL électriques	0	0	152	224	587	884
Matériel ferroviaire roulant	629	768	872	972	1 142	1 341
Total	28 566	39 538	48 975	56 851	71 952	83 954
Scénario tendanciel	28 566	29 142	29 729	30 328	31 564	32 849

Tableau 42. Transports : emplois dans les filières en progression : scénarios de base et autonomie régionale forte

Filières impactées négativement

Par contre deux filières sont fortement impactées négativement par la baisse du parc de véhicules particuliers et celle du transport routier de marchandises.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Transports routiers de fret	67 807	60 300	55 391	50 653	42 317	33 363
Entretien réparation des véhicules particuliers	19 144	16 355	15 277	14 235	12 789	11 524
Total	86 950	76 656	70 669	64 888	55 106	44 887

Tableau 43. Transports : emplois dans les filières en déclin : scénarios de base et autonomie régionale forte

Cette évolution très défavorable des deux filières résulte des évolutions retracées par les indicateurs.

Dans les trois scénarios, le transport de fret exprimé en tonnes.km, diminue de 9% sur la période ; cependant compte tenu des hypothèses sur la croissance du fret ferroviaire (+100%) et fluvial (+330%), le fret routier diminue pour sa part de 43% ; cette diminution alliée à la hausse tendancielle de la productivité, se répercute sur les emplois qui diminuent globalement de 34 400 (-50,8% par rapport à 2015).

Dans les scénarios examinés (« autonomie régionale faible » et « autonomie régionale forte ») le parc de véhicules particuliers décroît de 13% entre 2015 et 2050 et le kilométrage moyen pondéré de 21% ; le kilométrage total des véhicules particuliers baisse de 31,6% ; ces évolutions conjuguées à l'augmentation de la productivité se traduisent par une diminution importante du nombre d'emplois dans l'entretien



réparation des véhicules particuliers : moins 7 620 emplois.

Bilan global des impacts dans le domaine des transports

Globalement l'impact de la transition énergétique dans le domaine des transports, telle qu'elle est exprimée dans le scénario, même s'il est positif de 13 000 emplois dans l'absolu est négatif de 4 000 emplois par rapport au scénario tendanciel.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Filières en progression	28 566	39 538	48 975	56 851	71 952	83 954
Filières en déclin	86 950	76 656	70 669	64 888	55 106	44 887
Total	115 516	116 193	119 644	121 739	127 058	128 840
Scénario tendanciel	115 516	117 845	120 221	122 644	127 640	132 838

Tableau 44. Transports : bilan des emplois - scénarios de base et autonomie régionale forte

On notera que cette quantification est partielle, de nombreux impacts n'ayant pu être quantifiés à ce stade, soit par manque d'indicateurs (infrastructures), soit en l'absence d'une analyse plus détaillée, par exemple sur la transition de l'industrie automobile régionale vers la fabrication de véhicules électriques et/ou hybrides et plus généralement parce que le développement de l'appareil productif local dépend plus de décisions nationales voire mondiales des acteurs que, stricto-sensu, des investissements découlant directement des programmes TRI/rev3.

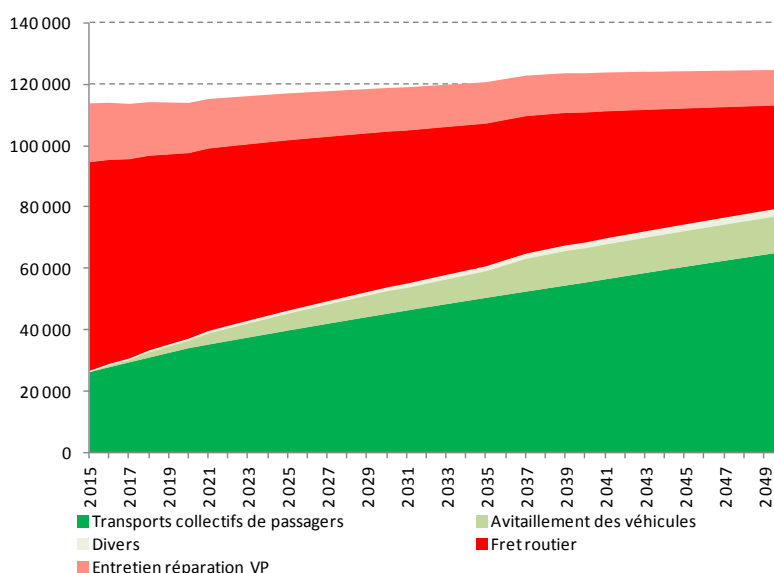


Figure 4. Evolution des emplois liés au transport : scénarios de base et autonomie régionale forte

Emplois liés aux investissements, emplois permanents ; emplois directs et indirects

Les seuls investissements pris en compte sont ceux qui concernent la mise en place des bornes de recharge électriques, l'installation des stations GNV et quelques équipements de transports ; les principaux investissements (infrastructures de transport, acquisition de véhicules particuliers et d'équipements de transports routiers etc.) ne sont pas comptabilisés.

Cette situation se reflète dans la répartition des emplois entre investissements et exploitation, qui est l'inverse de celle des emplois dans le bâtiment.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Emplois liés aux investissements	645	2 720	4 410	4 860	6 808	7 774
dont emplois directs	286	1 458	2 411	2 662	3 666	4 178
dont emplois indirects	358	1 262	2 000	2 197	3 142	3 596
Emplois permanents	114 872	113 474	115 233	116 879	120 251	121 066
dont emplois directs	76 111	76 805	78 845	80 775	84 761	87 359



dont emplois indirects	38 760	36 668	36 388	36 105	35 490	33 707
Total	115 516	116 193	119 644	121 739	127 058	128 840
dont emplois directs	76 398	78 264	81 256	83 437	88 426	91 537
dont emplois indirects	39 118	37 930	38 388	38 302	38 632	37 303

Tableau 45. Transports : emplois par types - scénarios de base et autonomie régionale forte

Scénario « production optimisée et sobriété »

Comme indiqué ce scénario se distingue des deux autres par une réduction plus importante du trafic passager : exprimée en termes de passagers.km en 2050 la diminution par rapport à 2015 atteint -37% au lieu de 16% ; elle se traduit en particulier par une baisse du parc de véhicules particuliers et donc de la dépense d'entretien réparation, du nombre de bornes de recharge et de stations GNV. Mais la baisse du transport de passagers affecte également la fabrication de matériel ferroviaire roulant.

	Scénario « production optimisée et sobriété						Autres scénarios
	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2050
Filières en progression							
Transports de passagers	26 102	32 683	35 801	38 782	44 065	49 116	65 225
Transport de fret ferroviaire / fluvial	1 809	2 342	2 698	3 038	3 565	4 253	4 253
Bornes de recharge électriques	18	1 036	5 955	8 155	7 986	8 264	8 901
Stations GNV	8	1 157	994	1 237	1 851	2 264	3 350
Bus, cars, VUL et PL électriques	0	0	152	223	581	869	884
Matériel ferroviaire roulant	629	744	792	837	918	1 007	1 341
Sous-total	28 566	37 962	46 390	52 272	58 968	65 772	83 954
Filières en déclin							
Transport de fret routier	67 807	60 300	55 391	50 653	42 317	33 363	33 363
Entretien véhicules particuliers	19 144	15 843	13 934	12 094	10 186	8 521	11 524
Sous-total	86 950	76 144	69 325	62 747	52 503	41 884	44 887
Total	115 516	114 106	115 716	115 019	111 471	107 656	128 840
Scénario tendanciel	115 516	117 845	120 221	122 644	127 640	132 838	132 838

Tableau 46. Transports : bilan des emplois - scénario production optimisée et sobriété

Globalement, du fait de la forte diminution de la mobilité des personnes par rapport aux deux autres scénarios le scénario « production optimisée et sobriété » se traduit par une diminution de 21 000 emplois dans les activités retenues. En 2050 le nombre d'emplois se retrouve inférieur de 25 000 à celui du scénario tendanciel pour les mêmes activités.



1.5. Résultats d'ensemble

1.5.1. Résultats

Globalement la progression des emplois liés aux trois scénarios confirme les traits caractéristiques de ces scénarios : par rapport au scénario « autonomie régionale faible » qui fait gagner 46 600 emplois par rapport à 2015 (soit 21 600 de plus que dans le scénario tendanciel), le scénario « autonomie régionale forte » se traduit par une plus forte croissance des emplois dans les ENR : 21 100 emplois.

	Scénario autonomie régionale faible						Croissance 2015 -2050		
	2015	2020	2025	2030	2040	2050	scénario	tendance	Ecart
ENR	7 660	13 540	16 043	18 696	24 068	31 565	23 900	1 100	22 800
Bâtiment	43 730	47 471	49 023	50 423	50 607	53 056	9 300	6 600	2 700
Transports	115 516	116 193	119 644	121 739	127 058	128 840	13 300	17 300	-4 000
Total	166 906	177 205	184 709	190 858	201 733	213 461	46 600	25 000	21 600

Tableau 47. Evolution de l'emploi total - scénario autonomie régionale faible

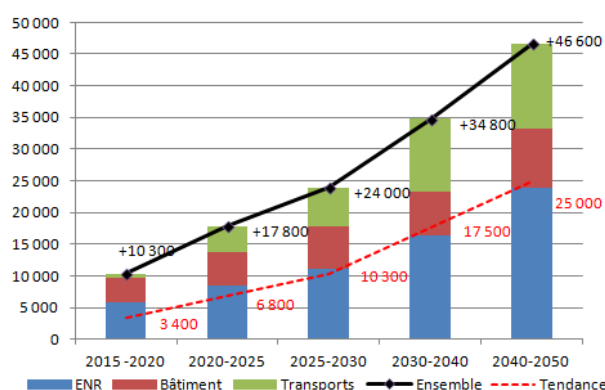


Figure 5. Variation de l'emploi par rapport à 2015 – scénario autonomie régionale faible

	Scénario autonomie régionale forte						Croissance 2015 -2050		
	2015	2020	2025	2030	2040	2050	scénario	tendance	écart
ENR	7 660	14 438	18 633	40 142	36 481	52 649	45 000	1 100	43 900
Bâtiment	43 730	47 471	49 023	50 423	50 607	53 056	9 300	6 600	2 700
Transports	115 516	116 193	119 644	121 739	127 058	128 840	13 300	17 300	-4 000
Total	166 906	178 103	187 300	212 305	214 146	234 545	67 600	25 000	42 600

Tableau 48. Evolution de l'emploi total : scénario autonomie régionale forte

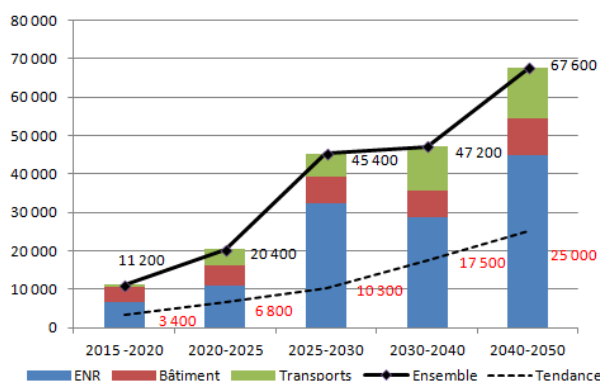


Figure 6. Variation de l'emploi par rapport à 2015 – scénario autonomie régionale forte

Malgré l'augmentation de la mobilisation des énergies renouvelables par rapport au scénario autonomie régionale faible, du fait de la forte diminution de la mobilité et de la réduction de la construction tertiaire le scénario « production optimisée et sobriété » se traduit par une diminution du nombre d'emplois par rapport aux deux autres scénarios. La diminution est de 15 700 ETP par rapport au scénario 1 et de 36 700 par rapport au scénario autonomie régionale forte. Le bilan global reste toutefois positif : +30 900 emplois par rapport à 2015 et +5 900 emplois par rapport au scénario tendanciel

	Scénario production optimisée et sobriété					croissance 2015 - 2050			
	2015	2020	2025	2030	2040	2050	scénario tendance	écart	
ENR	7 659	13 926	16 252	22 677	28 458	41 553	33 900	1 100	32 700
Bâtiment	43 730	47 468	44 148	45 638	46 001	48 624	4 900	6 600	-1 700
Transports	115 516	114 106	115 716	115 019	111 471	107 656	-7 900	17 300	-25 200
Total	166 905	175 500	176 115	183 334	185 930	197 833	30 900	25 000	5 900

Tableau 49. Evolution de l'emploi total – scénario production optimisée et sobriété

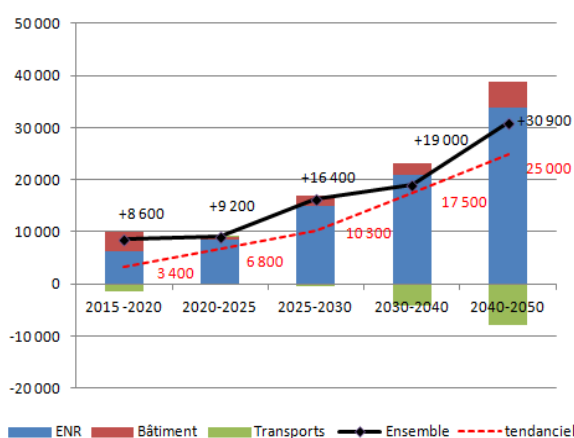


Figure 7. Variation de l'emploi par rapport à 2015 – scénario production optimisée et sobriété

	2050			
	2015	autonomie faible	optimisé et sobriété	autonomie forte
ENR	7 660	31 560	41 550	52 650
Bâtiment	43 730	53 060	48 620	53 060
Transports	115 520	128 840	107 660	128 840
Total	166 910	213 460	197 830	234 550

effectifs arrondis à la dizaine la plus proche

Tableau 50. Comparaison des trois scénarios – synthèse emploi en 2050

1.5.2. Mise en perspectives et limites de la quantification

Les développements suivants pointent quelques limites de la quantification dont les principales tiennent à l'impossibilité, compte tenu de l'approche adoptée, à rendre compte des synergies, y compris sur les exportations ainsi que des effets induits.

On rappellera que dans le Master plan de 2013 l'essentiel de la création d'emploi (160 000) provenait des effets de revenus induits par la baisse de la consommation d'énergie et des dépenses correspondantes.

Mise en perspective avec l'emploi dans les Hauts-de-France

Les emplois dans les filières étudiées ci-dessus en liaison avec la transition énergétique décrite par les scénarios TRI/rev3 (150 000 emplois en 2015) ne représentent que 7% de l'emploi de la région (2,18 millions d'emplois en 2014).



	milliers		
A - Agriculture, sylviculture et pêche	44,9	0,7	1,5%
B-E - Industrie (sauf construction)	316,7	4,2	1,3%
dont C - Industrie manufacturière	286,6	2,3	0,8%
F - Construction	132,2	30,8	23,3%
G-J - Commerce ; transport ; hébergement et activités de restauration ; information ...	502,8	103,1	20,5%
K - Activités financières et d'assurance	57,9	4,0	7,0%
L - Activités immobilières	18,7	0,4	1,9%
M_N - Activités spécialisées, scientifiques et techniques ; services administratifs ...	245,8	20,3	8,3%
O-Q - Administration publique, défense, éducation, santé humaine et action sociale	757,1	1,9	0,3%
R-U - Arts, spectacles et activités récréatives ; autres activités de services ; ménages	104,3	1,6	1,5%
TOTAL - Total - ensemble des activités	2 180,40	166,9	7,7%

source Eurostat

Tableau 51. Emploi régional par grande branche et emplois dans les filières (2015)

Limites de la quantification

L'approche suivie présente plusieurs limites.

a) Lorsqu'il n'y a pas de production locale correspondant à une demande directe il n'y a pas non plus de production locale indirecte

Exemple : l'hypothèse est qu'il n'y a pas de production locale de panneaux photovoltaïques, de pales d'aérogénérateurs ... de ce fait même s'il y a des entreprises locales qui produisent des composants ou des fournitures utilisées par des fabricants non locaux de panneaux, de pales à des fabricants « non locaux » (nationaux ou étrangers) leurs emplois ne seront pas comptés.

Cette première limitation tient en partie au caractère très agrégé de la décomposition des filières imposée par le niveau d'agrégation du TES. Elle pourrait cependant être partiellement palliée par une description plus fine des filières.

b) Les emplois liés à la production locale de produits destinés à la transition énergétique / écologique dans d'autres régions ou pays ne sont pas comptabilisés.

Exemple : lorsque la région Ile de France commande pour 10 Md€ de matériel de transport à Bombardier et Alstom cette commande ne se traduit pas dans les emplois comptabilisés ; il en est de même lorsque l'usine du Meux d'Enercon fabrique des mâts pour des éoliennes qui seront installées dans une autre région.

Il ne faut donc pas confondre les résultats présentés avec, par exemple, les emplois dans ce que l'on appelle les « éco-activités » (cf. SDES et Insee Analyses Hauts-de-France n°49 (20/06/2017) « Des effectifs salariés en légère hausse dans les activités vertes »

Il résulte de ce qui précède que dans la mesure où TRI/rev3 est une stratégie globale de transformation de l'économie de la région qui repose également sur le développement de capacités locales pour l'exportation (exemple des « trains du futur » ...), l'approche retenue manque un peu sa cible.

c) De nombreuses activités ne sont pas prises en compte, soit que leur développement s'inscrive dans des logiques nationales voire mondiales des producteurs, soit qu'elles n'aient pas été traduites dans des indicateurs, soit enfin que lorsque les indicateurs existaient il ait été impossible faute de données de passer des indicateurs à des emplois. Ceci concerne aussi bien les filières / activités impactées positivement par les programmes TRI/rev3 que certaines filières impactées négativement.

d) Les emplois induits ne sont pas évalués, l'outil TETE n'étant pas conçu pour cela. Leur prise en compte impliquerait que soient évalués non seulement les effets sur la consommation et la production des revenus distribués – ce qui est relativement aisé - mais également les gains / pertes de pouvoir d'achat consécutifs aux modifications de consommation et aux changements de prix dans l'énergie, le logement et les transports.

e) Aucune analyse technico économique n'est faite pour apprécier le caractère réaliste ou non des résultats en termes d'emploi qui dépend principalement des scénarios et des indicateurs qui les expriment. De même la disponibilité de la main d'œuvre et l'adéquation entre les besoins de main d'œuvre et les capacités de formation n'est étudiée que pour quelques filières qui font l'objet d'un examen spécifique dans les parties suivantes.

f) Les grands projets



Plusieurs « grands projets » d'un montant supérieur à 1 Md€ sont susceptibles d'impacter fortement l'emploi mais n'ont pas été intégrés à la quantification.

Deux de ces projets concernent la centrale de Gravelines et n'entrent pas dans le scénario REV3 :

- le « grand carénage » de Gravelines, commencé en 2012 et destiné à durer jusque vers 2028. On estime que sur un budget total de 3 à 4 Md€, un quart pourrait être réalisé par des entreprises locales. Un « comité d'ancrage territorial » a été mis en place afin de faciliter leur participation.
- le démantèlement après une durée d'exploitation maximum de 60 ans sera engagé au plus tard en 2045. Le coût est estimé par EDF à 350 M€ par tranche mais pourrait être supérieur selon la mission d'information de l'Assemblée nationale

Ces deux projets ont été considérés comme non liés à REV3.

Il existe par ailleurs des « grands projets » régionaux qui s'inscrivent pleinement dans la démarche TRI/rev3.

- Le Canal Seine Nord Europe ; d'un montant estimé à 4,5 Md€ aux conditions de 2016. Il bénéficie d'un engagement ferme de la Région et son financement a franchi récemment une étape décisive. La réalisation devrait s'étaler sur 5 à 6 ans, à partir de 2019 -2020, et mobiliser de l'ordre de 3 200 emplois directs et 4 600 emplois indirects chaque année pendant la période 2020-2025. Selon les informations recueillies les entreprises locales seraient bénéficiaires de 1/3 des travaux.
- Le RER Hauts-de-France (ex Réseau Express Régional Grand Lille) : d'un montant dans sa configuration actuelle d'environ 2 Md€ sa période de réalisation n'est pas fixée. Une hypothèse de réalisation sur trois ans se traduirait par la mobilisation de l'ordre de 3100 emplois directs et 4100 emplois indirects.

L'incertitude en ce qui concerne les montants et la décomposition des travaux ainsi que sur la part qui pourrait en être confiée aux entreprises locales a conduit à ne pas les intégrer dans la quantification. On notera que le type d'activités concernées, essentiellement des travaux publics, n'entre pas directement en conflit avec les emplois prévus dans les secteurs de la rénovation des bâtiments ou/et du développement des énergies renouvelables mais relève d'une programmation spécifique aux travaux publics.

g) Approche expérimentale

L'exercice de quantification des emplois est une première application de l'outil TETE développé par le CIRED pour le Réseau Action Climat et l'ADEME pour quantifier les impacts sur l'emploi des scénarios de transition énergétiques au niveau local. L'approche demande la mobilisation de nombreuses données qui ne sont pas toujours disponibles : coût et décomposition des investissements, niveau et nature des dépenses d'entretien –maintenance pour une trentaine de filières et évolution sur la période, capacités locales de production des équipements, fournitures et matériaux spécifiques, présentes et futures, évolution de la productivité, etc. Plusieurs évaluations peuvent de ce fait être entachées d'incertitudes, voire d'erreurs qui sont de la seule responsabilité des prestataires.



2. Regard sur la méthanisation

2.1. Contexte

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse de la filière de la méthanisation. Cette filière est très largement favorisée dans le mix énergétique proposé pour les Hauts-de-France, avec environ 800 nouvelles unités à construire d'ici 2050.

Après un point sur l'état actuel de la méthanisation dans les Hauts-de-France, cette note propose une quantification des emplois directs et indirects concernés, les emplois directs étant répartis par branche d'activité. On précise ensuite ces emplois par nature de métiers et par niveau de diplôme. La quantification est réalisée comme dans la première partie en s'appuyant sur l'outil TETE. L'analyse des métiers s'appuie sur une étude bibliographique ainsi que sur la série d'entretiens réalisés.

La production de biogaz est réalisée par différentes filières : ISDND, STEP, méthanisation sur déchets industriels, méthanisation dite « à la ferme » dans une unité agricole, méthanisation dite « centralisée » quand les intrants proviennent de plusieurs sources, méthanisation à partir de biodéchets des ménages.

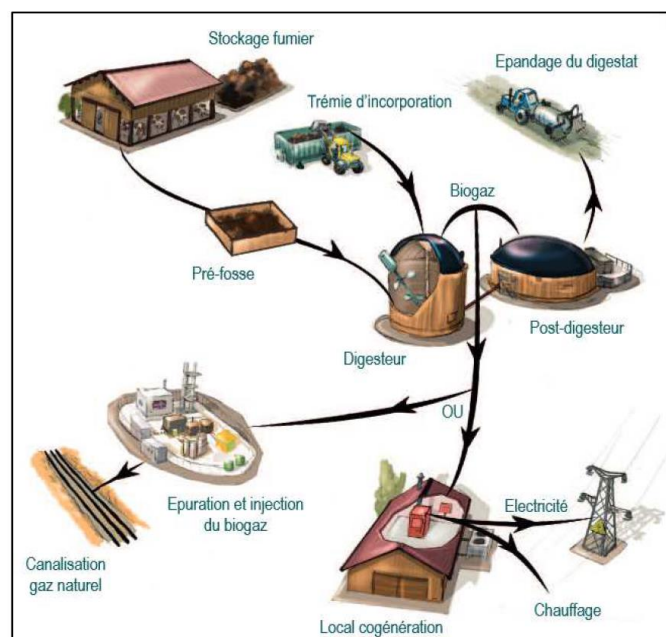


Figure 8. Schéma de la méthanisation

Trois modes de valorisation du biogaz coexistent actuellement : la valorisation thermique, la cogénération, avec vente de l'électricité, l'injection du biométhane dans les réseaux de gaz naturel. Le mode de valorisation du biogaz est lié à l'ancienneté de la filière et aux conditions de vente de l'électricité ou du gaz.

Depuis 2013, la méthanisation agricole connaît une dynamique suite à l'adoption du plan Energie Méthanisation Autonome Azote (EMAA), avec pour objectif la mise en place de 1000 méthaniseurs à la ferme d'ici 2020, contre 90 en 2012. L'ADEME finance les projets de méthanisation à travers le Fonds Déchets depuis 2007.

Les IAA valorisent le biogaz principalement sous forme thermique, la chaleur étant autoconsommée dans le process industriel. Les ISDND, qui ont l'obligation de récupérer le biogaz produit dans la décharge, peuvent le valoriser sous forme thermique (réseau de chaleur) ou électrique.

Les unités agricoles ont été incitées à la méthanisation dans le cadre du plan EMAA. Ce plan a été accompagné d'une adaptation du tarif de rachat de l'électricité. Depuis 2015, les aides de l'ADEME à la filière se font soit à travers le Fonds Chaleur, pour les unités valorisant la chaleur ou avec injection de biogaz dans les réseaux de gaz, soit à travers le Fonds Déchets, pour les unités avec valorisation en cogénération. Les unités agricoles récentes sont principalement dédiées à la cogénération.

Dans les unités centralisées, le mode de valorisation était également la cogénération. Depuis septembre 2016, le dispositif de soutien de la filière méthanisation a évolué. Les méthaniseurs de plus de 500 kW sont soutenus par appels d'offres tandis que les méthaniseurs de moins de 500 kW sont soutenus par un tarif



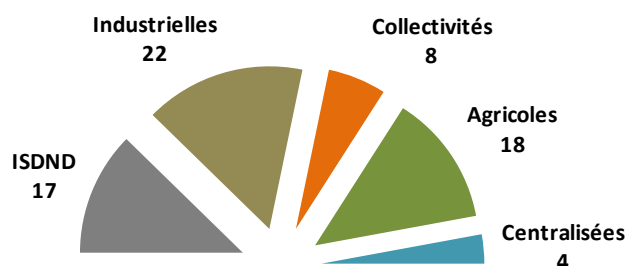
d'achat de l'électricité garanti pendant 20 ans. Cette évolution réglementaire conduit les grands projets à se tourner vers l'injection de biométhane, possible dans les réseaux de gaz naturel depuis 2011.

L'injection avec vente du méthane issu du biogaz est encore peu fréquente en France (35 unités), mais connaît un fort démarrage dans les Hauts-de-France (7 unités raccordées en juin 2017 selon le SDES, 8 en octobre selon GrDF).

2.2. Situation actuelle de la filière biogaz en Hauts-de-France

2.2.1. La production de biogaz

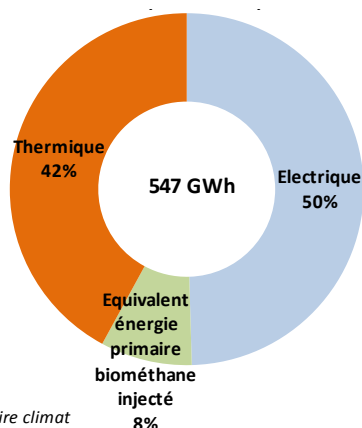
Début 2016, selon l'observatoire régional du climat, les Hauts-de-France comptent 69 unités de production de biogaz.



Source : observatoire régional du climat

Figure 9. Nombre d'unités de production de biogaz par nature en Hauts-de-France

Les unités les plus nombreuses sont les plus anciennes, les IAA. Les unités agricoles ont progressé de façon importante depuis 2013, 18 unités de ce type produisent du biogaz, à partir des déchets de leur exploitation.



Source : observatoire climat

Figure 10. Énergie produite à partir du biogaz en Hauts-de-France (estimation)

En 2016, 547 GWh ont été produits à partir du biogaz, soit environ 0,3% de la consommation finale d'énergie des Hauts-de-France. La moitié de l'énergie est produite sous forme électrique (environ 271 GWh), 42% sous forme thermique (230 GWh).

Les unités agricoles en cogénération sont de petites unités, produisant en moyenne environ 600 000 m³ de biogaz par an et par ferme (source SINOE). Les IAA qui valorisent la chaleur sur site, sont déjà des unités plus conséquentes, avec une production moyenne de 1,2 millions de m³ de biogaz par an et par installation. La production des installations centralisées peut aller jusqu'à 18 millions de m³ par an.

2.2.2. Investissements, coûts d'exploitation et emploi

La quantification des emplois s'appuie sur des hypothèses de coûts et de décomposition des coûts de la méthanisation. Les données retenues reposent sur différentes études dont les principales sont les suivantes :

- [1] ESA-ADEME- « Analyse économique et financière d'unités de méthanisation en France et perspectives de développement de la filière biogaz. » Y. COURTOIS. 2016
- [2] ADEME – « Suivi technique, économique, environnemental et social d'installations de



méthanisation » - Mai 2014

- [3] ADEME Bourgogne - Méthanisation en Bourgogne - Impact sur l'emploi et sur les flux économiques au niveau régional et national. Analyse sur quatre installations de méthanisation. Juin 2015.

Concernant l'injection, les données de coût global proviennent de l'analyse de 3 installations dans l'étude [1], du site de GrDF (en prenant en compte en plus une part de 10% de ces coûts pour les études) et des entretiens, les 3 sources fournissant des résultats comparables¹³.

Valorisation	Type d'unité	Investissements	Unité	Source
Cogénération	Petite méthanisation	10 765	M€/MW	[1]
	A la ferme	7 491	M€/MW	[1]
	Petit collectif	9 207	M€/MW	[1]
	Grand collectif	9 564	M€/MW	[1]
	Centralisées	7 199	M€/MW	[1]
Injection	10 GWh	0,5	M€/GWh	[1]
	130 m ³ /h	0,33 à 0,39	M€/GWh	Entretiens
	150 m ³ /h	0,37	M€/GWh	cegibat.grdf.fr
	500 m ³ /h	0,17	M€/GWh	cegibat.grdf.fr

Tableau 52. Ratios d'investissements selon différentes sources

Poste d'investissement	Injection	Taux de marché local	Cogénération	Taux de marché local
Etudes	13 %	100 %	10 %	100 %
Equipements	37 %	40 %	38 %	20 %
Génie civil	34 %	100%	35 %	100 %
Montage des équipements	8 %	60 %	9 %	30 %
Raccordement	8 %	100 %	8 %	100 %
Ensemble	100 %		100 %	
Coût total	0,36M€/GWh.an		8 M€/MWe	

Tableau 53. Les coûts d'investissements retenus pour la méthanisation

Ces coûts sont des moyennes, retenues à partir des moyennes observées pour les installations semblables. Dans le cas de la cogénération, on a retenu des coûts moyens proches de ceux observés dans des unités agricoles dans la source [1]¹⁴, les scénarios prévoyant une part très importante de cogénération dans ces unités. Cette étude a été retenue, car elle s'appuie sur les données de 80 unités de méthanisation, dont 53 unités de méthanisation à la ferme.

Coûts d'exploitation	Injection	Taux de marché local	Cogénération	Taux de marché local
Gestion des substrats	27 %	100 %	13 %	100 %
Production des cultures	14 %	100 %	12 %	100 %
Gestion du digestat	8 %	100 %	9 %	100 %
Maintenance	10 %	80 %	17 %	60 %
Salaires, consommables, frais fixes	41 %	100 %	49 %	100 %
Ensemble	100 %		100 %	
Coût total	0,8 €/MWh.an		0,7M€/MWe	

Tableau 54. Décomposition des coûts d'exploitation en méthanisation et part d'emploi local

Les répartitions et coûts ci-dessus sont issus de la source [1]. Les coûts de l'injection sont susceptibles de davantage de variations que ceux de la cogénération, la filière étant plus récente (3 installations de ce type seulement dans l'étude [1]). La répartition des coûts d'exploitation de cogénération s'appuie sur les installations « à la ferme », en supposant qu'elles seront majoritaires dans cette catégorie. Les taux d'emplois locaux s'appuient sur les réponses aux entretiens.

¹³ 0,38 M€/GWh et 0,36M€/GWh pour des installations de 150m³/h et 100m³/h, 0,17M€/GWh pour une installation de 500 m³/h, y compris 13% pour les études, entre 0,33M€/GWh et 0,39M€/GWh pour une installation de 130m³/h dans les entretiens, 0,48M€/GWh coût maximal pour une installation en injection de 125m³, source [1].

¹⁴ 7491€/kWe pour les installations à la ferme et 9207€/kWe pour le petit collectif.



L'outil TETE utilise des ratios ETP/production. La production liée aux investissements est cohérente avec les montants investis. La production liée aux activités d'exploitation est la recette liée à l'activité de méthanisation, vente d'énergie ou de gaz et éventuellement recettes de traitement des déchets.

Dans le cas de la cogénération, la recette, hors celle liée au traitement des déchets et amputée de la maintenance, est évaluée à 1,268€/MW (source [1] pour la méthanisation à la ferme), dans le cas de l'injection, elle est évaluée à 0,112€/MW.

Une dépense de 40M€ en 2015

Dans la suite du document, l'impact de la filière méthanisation sur l'emploi est étudié en excluant les ISDND (qui ne font pas de méthanisation), ainsi que les installations de production de chaleur, les scénarios ne prévoyant pas d'évolution sensible pour ces installations.

Les investissements liés à la méthanisation correspondent à la construction des unités en cogénération et en injection. Si l'on suppose que le coût d'investissement d'une unité en cogénération est approximativement de 8€/W et que 2MW ont été réalisés en 2015, les investissements en cogénération se seraient élevés à 16M€ pour cette année.

En tenant compte à la fois des investissements, des coûts d'exploitation et maintenance, pour la cogénération et l'injection, les dépenses s'élèveraient en 2015 à 40M€ dans les Hauts-de-France.

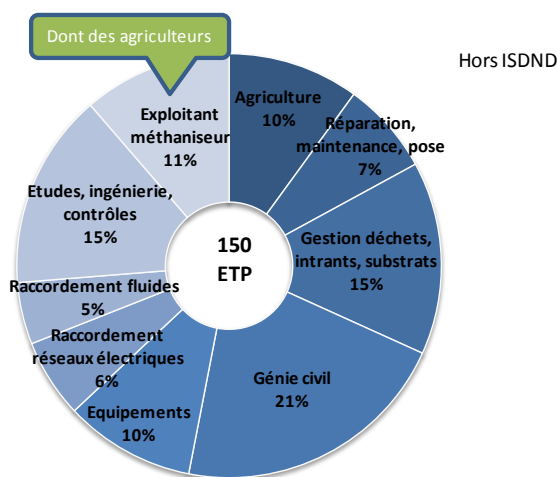
Pour 300 ETP directs et indirects

En 2015, les emplois nécessaires à la filière méthanisation sont évalués à 140 ETP directs et environ 300 ETP en incluant les emplois indirects.

Les emplois directs correspondent aux activités décrites précédemment :

- Phase d'investissements : études, conception, et construction des installations, fabrication des équipements
- Phase d'exploitation-maintenance : transports et suivi des intrants, cultures intermédiaires spécifiques, emplois sur site, gestion des digestats, maintenance et réparations, contrôles.

Les emplois indirects sont ceux nécessaires à la production des unités de méthanisation, dans des activités non listées ci-dessus, comme les activités de soutien aux entreprises, assurances, comptabilité, ainsi que des activités aux liens plus indirects, vente ou production des camions, ventes et production des consommables, ...



Source : IN NUMERI, d'après le modèle CIRED

Figure 11. Répartition des emplois directs par branche en 2015

En 2015, compte tenu du faible nombre d'unités de méthanisation dans le champ de l'étude (une trentaine, en excluant les ISDND et les IAA qui ne produisent que de la chaleur), les emplois directs sont principalement dédiés à la construction de nouvelles unités, emplois de génie civil et de raccordement et études et construction des équipements. Les activités agricoles concernent la production d'éventuelles cultures complémentaires. Les exploitants méthaniseurs sont majoritairement les chefs d'entreprises agricoles en



cogénération.

Les estimations ci-dessus prennent pour hypothèses que les emplois de génie civil et d'études sont des emplois locaux, alors que les équipements ne sont construits qu'à 20% par des sociétés locales pour la cogénération et à 40% pour l'injection (plusieurs acteurs locaux dans la préparation du biogaz pour l'injection).

2.2.3. Les freins ressentis au développement de la filière

Actuellement, compte tenu des incertitudes tarifaires concernant l'électricité, beaucoup de projets ne se font plus en cogénération, mais en injection. Si on ne compte pour l'instant que 7 unités raccordées au réseau de gaz naturel, les files d'attente du raccordement en injection s'allongent : 35 unités ont déposé un dossier de raccordement au 31 mars, 43 au 30 juin 2017¹⁵. En octobre, GrDF compte 8 unités connectées et 48 dossiers de réservation de capacité ont été déposés. Les délais de raccordement seraient d'environ 6 mois.

Les entretiens ont mis en évidence certaines difficultés éprouvées par les acteurs locaux pour promouvoir l'implantation de nouvelles installations de méthanisation. Ces difficultés ont déjà été observées dans d'autres régions.

Parmi les freins ressentis par les professionnels, les freins « administratifs » au sens large tiennent une bonne place, qu'il s'agisse des délais liés au permis de construire, au règlement sanitaire départemental, au classement ICPE ou au raccordement. Selon certains professionnels, les contraintes administratives actuelles ne permettraient pas d'exploiter plus de 15 nouveaux projets par an dans la région. Ces contraintes sont d'autant plus difficiles à gérer que le contexte réglementaire évolue très vite, trop vite pour la durée de vie des projets, de 3 ans en moyenne entre les premières démarches et études et le raccordement.

Le deuxième obstacle tient aux difficultés de financement. Les banques demandent un apport propre, y compris les subventions, relativement élevé (jusqu'à 30%) que les porteurs de projet peuvent avoir du mal à constituer. Les difficultés de financement se combinent avec les difficultés liées au petit nombre d'offres d'assurances adaptées, c'est-à-dire incluant une assurance contre les risques environnementaux.

L'acceptabilité sociale est également évoquée, avec une poussée des réactions de type Nimby dans les Hauts-de-France. Les craintes du voisinage sont relatives aux odeurs, à la fréquence de passage de camions chargés de déchets, ainsi qu'à la sécurité, fuites de gaz et explosions.

Enfin, les compétences nécessaires ne sont pas toujours disponibles, en particulier du fait de la jeunesse de la filière. Ce point sera évoqué en détail plus loin.

2.2.4. Les acteurs de la filière méthanisation dans les Hauts-de-France

Les acteurs impliqués dans la filière méthanisation recouvrent différentes branches d'activité. On distingue les activités concernées par la construction des unités de méthanisation et celles liées à son fonctionnement.

Les activités directement impliquées au stade de l'investissement recouvrent :

- l'accompagnement du projet, le développement du projet,
- la conception et l'ingénierie, conception technique et évaluations des flux entrants et de l'énergie produite en fonction de la nature du projet, les expertises techniques,
- les activités de génie civil et de terrassement, pose des canalisations, création des fosses d'attente pour les intrants,
- la vente, la fabrication et l'installation des équipements pour le méthaniseur et pour la valorisation du biogaz, moteur pour l'électricité, épuration pour l'injection, chaudière pour la valorisation thermique, ...
- le raccordement dans le cas de la cogénération ou de l'injection du gaz.

Pendant la durée de vie de l'unité de méthanisation, le fonctionnement fait appel aux activités suivantes :

- Exploitation de l'unité : gestion administrative et commerciale, contrôle du process de méthanisation, sécurité, ...
- Collecte et transport de déchets en cas de déchets extérieurs ;
- Fournisseurs de cultures intermédiaires, si recours à des cultures spécifiques ;
- Réparation et maintenance des appareils,
- Laboratoire d'analyses pour le suivi des qualités biologiques,
- Bureaux d'études, experts, en cas de modification des intrants,

¹⁵ Source : SDES – Tableau de bord : biométhane injecté dans les réseaux de gaz



- Organismes de contrôles et de sécurité,
- Gestion des digestats s'ils ne sont pas épandus sur site.

A ces acteurs techniques s'ajoutent les fonctions « support » comme les assureurs et les organismes de recherche ou de conseil.

Un premier recensement des acteurs appartenant à ces filières et présents en Hauts-de-France a été réalisé en s'appuyant sur l'annuaire METHANIA et sur l'annuaire de l'ATEE. Les nombres d'acteurs ne sont pas toujours mentionnés, du fait du manque d'exhaustivité du recensement quand les activités sont peu spécifiques à la méthanisation (comme le génie civil).

Etudes, expertises, analyses, ingénierie, développement de projet

Une vingtaine de bureaux d'études et de laboratoires réalisent des études environnementales, de développement, de la maîtrise d'ouvrage. Ce sont de petites structures, de quelques dizaines de salariés. La structure la plus importante est le laboratoire LDAR, Laboratoire Départemental d'Analyses et de Recherches de l'Aisne, avec 150 personnes.

Ces sociétés regroupent actuellement près de 500 salariés, mais aucune n'a d'activité exclusivement dédiée à la méthanisation.

Un technocentre de la méthanisation devrait compléter ces ressources d'expertise.

Équipementiers et maintenance

Une vingtaine de sociétés inscrites dans les annuaires de méthanisation ont des activités d'installation, de fabrication ou de réparation d'équipements que l'on trouve dans les unités de méthanisation : purification du biogaz, chaudières, robinetteries, canalisation, cuves, pompes hydrauliques, ...

Ces équipementiers peuvent être des ateliers de quelques personnes jusqu'à des entreprises de taille intermédiaire de plus de 100 salariés. Ces activités représentent environ 600 emplois. Comme précédemment, leurs activités dépassent généralement le cadre de la méthanisation.

Dans les faits, deux équipementiers détiennent la quasi-intégralité du marché des méthaniseurs, un belge et un allemand.

Toutefois, la situation est plus favorable pour l'injection que pour la cogénération. En effet, un acteur majeur des systèmes d'épuration du biogaz se situe dans les Hauts-de-France, Chaumeca.

Les spécialistes de la gestion des déchets

Enfin, les annuaires recensent également quelques spécialistes de la gestion des déchets, pour proposer un service de gestion des digestats, ainsi que des producteurs de déchets pour la méthanisation.

Le génie civil

Très peu d'entreprises de génie civil ou de canalisations sont répertoriées dans les annuaires. De nombreux autres artisans sont susceptibles d'intervenir dans le cadre de la construction d'une unité de méthanisation. Pour mémoire le CA des entreprises de travaux publics de terrassement dans les Hauts-de-France est d'environ 300 M€.

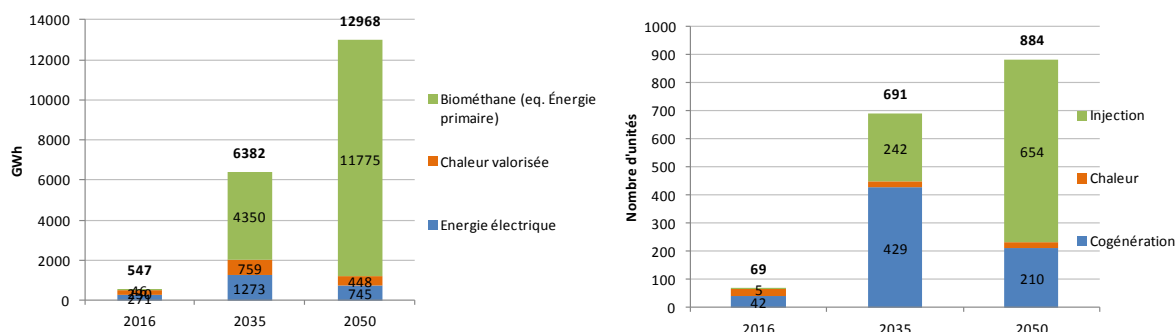
2.3. Perspectives sur l'activité et l'emploi de la filière à 2050

2.3.1. Évaluation du nombre d'emplois de la filière méthanisation



Les scénarios TRI/rev3

S'agissant des perspectives de développement de la méthanisation les trois scénarios sont identiques.



Source : Energies Demain

Figure 12. Evolution de la production énergétique à partir du biogaz selon l'énergie produite et nombre d'installations

Les scénarios TRI/rev3 prévoient de créer des installations permettant de produire 15 TWh d'énergie primaire à l'horizon 2050, pour une production effective de 13TWh, en incluant la cogénération, mais surtout l'injection de biométhane.

Ces évolutions représentent une augmentation sensible des emplois correspondants, à la fois pour la réalisation des investissements et pour l'exploitation et la maintenance des unités. Concernant les investissements, les scénarios supposent qu'entre 2015 et 2035, il faudra construire +/- 20 unités par an pour la cogénération – essentiellement des petites unités à la ferme – et 12 unités d'injection par an, essentiellement des unités de 25 GWh centralisées.

Impact du scénario TRI sur les emplois

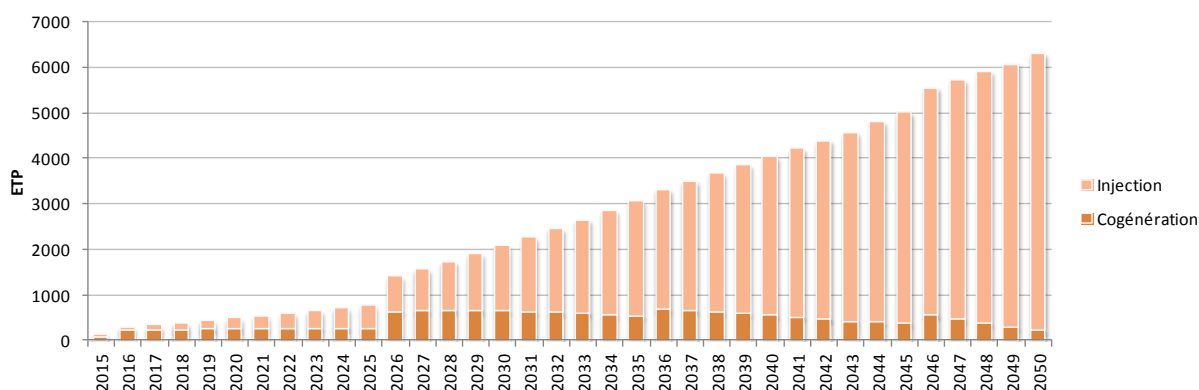


Figure 13. Evolution des emplois directs liés à la méthanisation d'ici 2050

Le graphique ci-dessus montre l'évolution des emplois directs liés à la méthanisation d'ici 2050. La croissance des emplois est continue jusqu'en 2050, s'appuyant à la fois sur la construction des nouvelles unités et l'augmentation du parc à exploiter et maintenir.

Dans cette présentation, **les emplois directs incluent** :

- Pour les investissements, les emplois liés au développement du projet, aux études préliminaires et de conception, à la construction et à la pose des équipements, au terrassement et au raccordement.
- Pour l'exploitation, les emplois d'exploitation sur le site de méthanisation, les emplois de collecte et transports et préparation des déchets, les emplois de production des inter-cultures, les emplois de réparation et maintenance des équipements et les emplois de gestion du digestat.



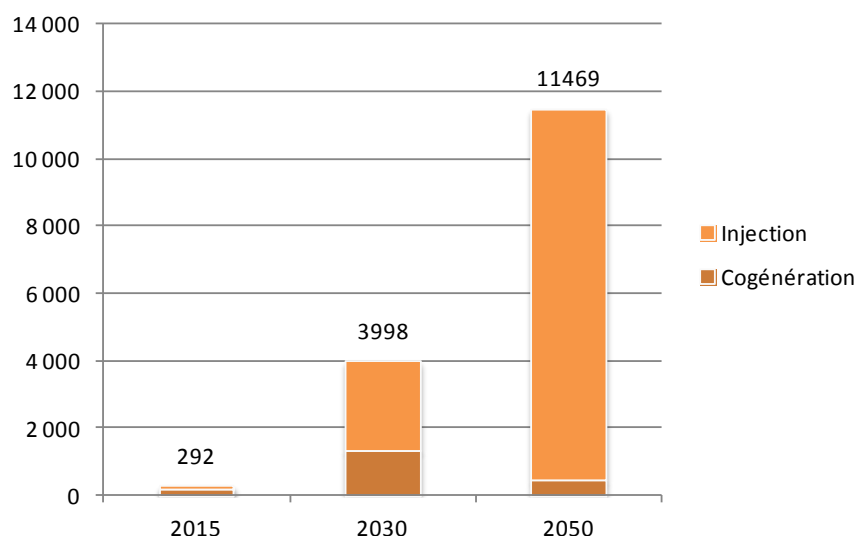


Figure 14. Evolution des emplois directs et indirects liés à la méthanisation dans les Hauts-de-France d'ici 2050

Les emplois indirects incluent les emplois liés aux consommations intermédiaires des activités directes : assurances, banques, comptabilité, logiciels et matériels informatiques, fabrication des camions et équipements pour la collecte et le transport des déchets, production d'énergie, fabrication des composants et production des matières premières utilisées dans la fabrication des équipements ...

Si l'on prend en compte les emplois indirects, ce sont plus de 11 000 emplois qui pourraient être liés à la méthanisation selon les scénarios TRI /rev3, à condition de valoriser l'intégralité des substrats disponibles.

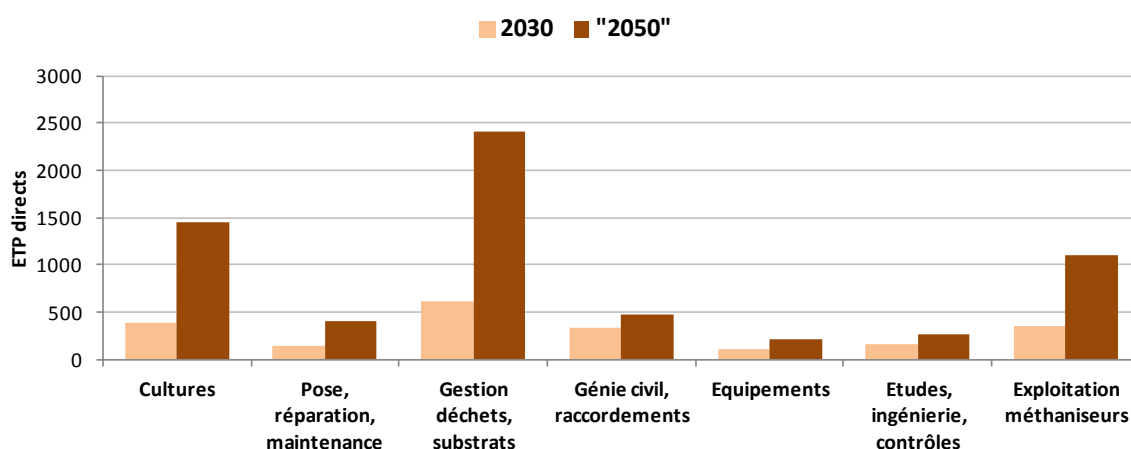


Figure 15. Branches d'activité des emplois directs relatifs à la méthanisation

Si en 2015, les emplois concernent essentiellement la construction des unités (60% des emplois directs), au fur et à mesure de la maturation de la filière, les emplois liés à l'exploitation et à la maintenance des unités prennent une place prépondérante. Les principales branches d'activité concernées sont l'agriculture et la gestion des déchets.

Dans le graphique ci-dessus, les emplois dits « exploitation de méthaniseurs » sont occupés par les agriculteurs dans le cas de la cogénération « à la ferme », par les exploitants méthaniseurs dans les unités en injection, principalement centralisées. En 2050, cela représente environ 1 000 ETP, dont 100 ETP pour la cogénération et 1 000 pour l'injection, soient 17% des emplois directs.

A l'horizon 2050, 38% des emplois directs se situeraient dans le secteur de gestion des déchets, gestion des intrants ou épandage du digestat, 23% dans l'agriculture. Le secteur de la pose, réparation et maintenance des équipements représenterait 7% des emplois directs (en incluant la maintenance des installations existantes et la pose des nouveaux équipements).



2.3.2. Les emplois impactés négativement par la croissance de la filière

Les activités impactées par la croissance de la filière méthanisation sont essentiellement les activités de gestion des déchets en concurrence avec la filière sur le gisement de biodéchets.

Il s'agit essentiellement du compostage. Actuellement, 62 plates formes de compostage sont recensées dans SINOE, pour environ 150 à 200 emplois. Ces emplois pourraient être supprimés par le recours à la méthanisation ou reconvertis dans le cadre d'une transformation des sites de compostage en sites de méthanisation.

L'activité de compostage requiert également la collecte et le transfert des déchets vers l'unité de compostage, ainsi que le transport du compost vers les lieux de valorisation. Le recours massif à la méthanisation suppose une réorganisation de ces circuits, mais ces activités seront toujours nécessaires pour alimenter les méthaniseurs et valoriser le digestat. Il y aura substitution par la gestion des déchets liée à la méthanisation.

2.3.3. Les activités impactées en aval de la filière

En aval de la filière, les réseaux de gaz et d'électricité devront accueillir l'énergie produite.

Dans le cas du gaz, il est possible que cela nécessite des transformations du réseau. Même si l'injection massive de biométhane est possible grâce au maillage serré de la région Hauts-de-France, le réseau actuel ne permet pas obligatoirement de collecter le gaz produit dans toutes les zones. Les transformations les plus simples concernent le renforcement du réseau, de manière à accueillir les quantités injectées.

Si le producteur de biogaz se situe en fin de réseau, dans les zones rurales, le biométhane injecté ne pourra pas être consommé en aval, en particulier au cours des périodes de faible consommation. Des recherches sont en cours pour évaluer les possibilités d'injecter le gaz « à rebours » du réseau. Le flux de gaz est obtenu grâce à des compressions effectuées tous les 200 km approximativement. Pour que le gaz aille « à rebours », on peut imaginer des interruptions temporaires des compresseurs amont, de la compression avant injection par le producteur. Ces techniques ne sont pas maîtrisées pour l'instant, mais elles supposent à la fois du matériel et de l'intelligence supplémentaires.

Les nouveaux raccordements se font après des études de débit et de consommation locale. Actuellement, une équipe de GrDF est dédiée aux études et conseils liés à l'injection de biogaz dans le réseau.

La production de biométhane en lieu et place du gaz naturel accompagnera le développement des véhicules fonctionnant au gaz naturel. Pour l'instant, GrDF estime que seules les flottes dédiées, bus et camions, fonctionneront au gaz, les véhicules particuliers seront en priorité des véhicules électriques. Les bornes de distribution seront prévues en fonction de ces usages, proches des flottes dédiées.

2.4. Les métiers et les compétences

La liste ci-dessous reprend les différents métiers liés à la filière méthanisation, tels qu'ils apparaissent à travers l'enquête de l'ATEE¹⁶ et tels qu'ils sont repris dans le rapport du CEREQ¹⁷. La liste a été complétée en indiquant les diplômes nécessaires et les remarques des experts interrogés.

2.4.1. Métiers liés aux investissements

- 1. Développeurs de projet de méthanisation** : Moteurs pour l'initiation et la construction d'un projet de méthanisation dit « territorial ». Dans le cas des projets agricoles, c'est l'agriculteur porteur de projet qui joue ce rôle.
 - Identification des terrains et des gisements organiques,
 - Contractualisation avec les agriculteurs pour l'approvisionnement et l'épandage des digestats,
 - Mise en cohérence des souhaits de chaque acteur autour du projet,
 - Sensibilisation, information auprès des élus, des citoyens, des pouvoirs publics,
 - **Diplômes: bac+3 à bac+5**
- 2. Bureaux d'études en méthanisation**
 - Conception des unités de méthanisation,
 - Dimensionnement des éléments techniques,
 - Estimation des flux énergétiques et matière pour la faisabilité économique, technique et réglementaire du projet de méthanisation.
 - **Diplôme : ingénieur méthanisation. Bac +5**

¹⁶ « L'emploi dans la filière biogaz française de 2005 à 2020 : Etude 2014 ». ATEE - Club Biogaz : Juin 2014

¹⁷ « La filière méthanisation ». Stéphane MICHUN CEREQ Etudes N°5. Décembre 2016



3. **Maître d'œuvre et Assistants à Maîtrise d'Ouvrage (AMO)**
 - Constitution des cahiers des charges et évaluation des offres,
 - Coordination de l'ensemble des interventions des fournisseurs d'équipements et de génie civil pour respecter les échéanciers,
 - Mise en cohérence de l'ensemble des travaux à effectuer sur une unité de méthanisation.
 - **Diplôme : bac + 3 à bac +5**
4. **Artisans et génie civil, voiries et réseaux pour l'installation d'unités (entreprise locale)**
 - Réalisation des travaux de génie civil, voirie pour construire les unités de méthanisation.
 - terrassement, électricien, pose de canalisations, coulage du béton
 - **Diplôme : ouvrier qualifié / chef de chantier – Bac pro – BTS**
5. **Équipementiers pour les digesteurs**
 - Fourniture des équipements de type pompe, cuve inox, agitateur, membrane, etc. pour l'unité de méthanisation.
6. **Équipementiers pour la production d'électricité**
 - Fourniture des équipements de type moteur / alternateur / système de récupération de chaleur / récupération des fumées.
7. **Constructeurs de systèmes d'épuration du biogaz et de contrôle de la qualité**

Fabricants d'équipements spécifiques pour l'épuration ainsi que des dispositifs de contrôles.

À titre d'illustration, aujourd'hui, 4 chromatographes sont nécessaires pour contrôler les différents paramètres de la qualité du biométhane.

2.4.2. Métiers liés à l'exploitation

1. **Exploitants de méthaniseurs : agriculteur, industriel ou autre**

Ils ont un rôle de réception des déchets, de pilotage du méthaniseur, de maintenance sur l'unité de méthanisation et d'évacuation des digestats. Il faut gérer les camions qui arrivent, les factures, les contrats, le stockage des intrants, la qualité du biogaz qui va permettre le fonctionnement des moteurs, l'entretien des moteurs (huile...), les réparations, les ventes d'énergie, la relation avec le voisinage, les visites d'installation, les rapports avec l'administration et l'évacuation du digestat, plus le nettoyage du site. Temps déclaré pour une unité agricole en cogénération : 2 à 3 h par jour. Peut être 1 ETP pour des unités plus importantes

 - **Diplôme : bac + 3 à Bac +5**
2. **Nutritionnistes experts en méthanisation**

C'est la personne qui règle les flux d'intrants du méthaniseur pour une production optimale en fonction de la qualité méthanogène du gisement, en tenant compte du fait que les intrants évoluent. Le nutritionniste intervient pendant le fonctionnement du méthaniseur, alors que l'ingénieur-méthaniseur intervient davantage en amont.

 - **Diplôme : biologiste, ingénieur agronome**
3. **Collecteurs de bio-déchets pour la méthanisation**
 - Logistique pour acheminer les bio-déchets collectés sur le territoire à l'unité de méthanisation : chauffeur, manutention
 - **Qualification : ouvrier non qualifié**
4. **Centre de déconditionnement des bio-déchets**
 - Déconditionnement des déchets organiques de type supermarché : viande périmée en barquette, yaourts, invendus de fruits et légumes ou autres déchets organiques emballés.
Opérations automatiques : technicien pour le suivi.
5. **Laboratoires d'analyse**
 - Caractérisations de déchets (Matière Sèche, Matière Organique), le potentiel méthane, Réalisation des mesures des indicateurs de suivi d'un méthaniseur (AGV, DCO, % CH4 dans le biogaz).
 - **Diplômes : technicien supérieur, chimiste (bac+2 et bac+5)**

2.4.3. Métiers liés à la valorisation :

1. **Gestionnaires de réseau d'électricité**
 - Gestion du raccordement des installations et l'équilibrage des réseaux.
 - EDF : techniciens, ingénieurs
2. **Gestionnaires de réseau de distribution**
 - Gestion des équipes qui réalisent le suivi des affaires, les études d'injection, l'ingénierie, le suivi des chantiers de raccordement et d'injection, l'exploitation et la maintenance des postes d'injection.
 - GrDF : techniciens, ingénieurs
3. **Stations de biométhane carburant**



Constructions de réservoirs et distributeurs spécifiques

4. Transport de gaz

Conditionnement – transport.

Qualification : Chauffeur

2.4.4. Métiers de support à la filière :

1. Instituts de recherche en méthanisation

- Recherche de nouveaux procédés en méthanisation, de nouveaux types de gisements de biomasse (micro-algues, prétraitement de ligno-cellulose),
- Évaluation environnementale,
- Simulations de co-digestion de différents types de déchets.

2. Associations, chambres d'agriculture, administration...

- Aide aux porteurs de projets dans l'élaboration de leur faisabilité technique et économique,
- Promotion de la filière.

2.4.5. Les métiers spécifiques à la filière

Dans son étude, le CEREQ concluait que le seul métier spécifique à la filière méthanisation était celui d'ingénieur – méthaniseur. Les professionnels interrogés confirment le caractère très particulier de cette activité, mais signalent également deux autres métiers qui méritent d'être cités : le nutritionniste spécialisé en méthanisation et l'exploitant d'unités de méthanisation. Cette dernière fonction ne concerne que les unités centralisées, puisqu'elle est prise en charge par les exploitants agricoles dans les unités de méthanisation à la ferme.

Les ingénieurs méthaniseurs

Comme précisé plus haut, ce sont les ingénieurs qui conçoivent les unités de méthanisation, de manière à optimiser les rendements en fonction des flux d'intrants envisagés. Ils peuvent également occuper des fonctions de conseil. Les personnes qui occupent ces postes actuellement sont des ingénieurs agronomes qui ont acquis une expérience en méthanisation au cours de leur carrière. L'ENSAIA à Nancy propose des DU de mise en œuvre d'une unité de méthanisation.

Les investissements prévus demandent approximativement une cinquantaine de postes de ce type d'ici 2020 et jusqu'à 170 postes au plus fort des investissements, entre 2030 et 2035 dans le scénario actuel.

Les nutritionnistes experts en méthanisation

Les nutritionnistes experts en méthanisation interviennent en cours d'exploitation, notamment en cas de modification des flux d'intrants. Ce sont des biologistes. Si les laboratoires d'analyse biologique ne manquent pas, les compétences pour l'interprétation des résultats n'est pas toujours présente.

Toutefois, les interventions des nutritionnistes sont par nature peu fréquentes, une ou deux fois par an pour une installation. Cela correspond à quelques postes d'experts dans la région Hauts-de-France (moins d'une dizaine). Actuellement, des bureaux d'études belges sont compétents pour intervenir.

Les exploitants méthaniseurs

Ce sont les personnes responsables de l'exploitation des unités de méthanisation. Dans les sites en cogénération « à la ferme », il s'agit de l'exploitant agricole. L'étude [1] évalue à 2 ou 3 heures par jour le temps passé par les fermiers pour gérer la méthanisation. Les sites en injection sont des unités plus importantes et l'on suppose que leur gestion demande un emploi à temps plein, soit environ 300 postes à l'horizon 2050.

Les métiers les plus proches sont les métiers d'exploitants de STEP, qui mettent également en jeu la production et la valorisation du biogaz. Mais dans le cas de la méthanisation, le premier objectif (et première source de recettes) est la production d'énergie et pas le traitement des déchets. L'approvisionnement du méthaniseur n'étant jamais assuré à 100%, il faut gérer l'arrivée des intrants et assurer une production régulière et de qualité de biométhane.

Actuellement, très peu de personnes ont une formation complète sur le sujet. Les DUT les plus proches sont les DUT de Génie biologique, option génie de l'environnement. Une formation de ce type se situe à Boulogne.

Quelques formations professionnelles sont proposées, notamment par l'Office International de l'Eau à Limoges.



Les métiers en tension

Les entretiens auprès des professionnels ont permis de repérer les compétences qui manquent à l'heure actuelle pour mener à bien dans de bonnes conditions l'expansion de la méthanisation. Ces tensions concernent les compétences suivantes :

- Les nutritionnistes, « les personnes susceptibles d'interpréter correctement les résultats des analyses ».
- Les techniciens biogaz et chauffage, techniciens des fluides : « les chauffagistes sont souvent appelés pour réaliser les circuits de distribution de chaleur, mais leur compétence concerne surtout les habitations, pas les installations industrielles ».
- Les automaticiens : techniciens qui installent, programment, règlent ou dépannent des équipements automatisés, ceux qui règlent les ouvertures et fermetures automatiques des vannes de passage d'une cuve à l'autre, les systèmes d'alarme.
- Soudeur : « ces compétences manquent comme beaucoup de compétences industrielles ».
- Exploitant – méthaniseur : actuellement, très peu de personnes maîtrisent l'intégralité des connaissances à la fois techniques, réglementaires et commerciales nécessaires à l'exploitation d'un méthaniseur.

Concernant les ingénieurs méthaniseurs, les avis divergent. Certains estiment que leur nombre est suffisant, d'autres qu'il y a des difficultés à trouver des ingénieurs formés en Hauts-de-France. Notons qu'au niveau national, le CEREQ n'avait pas identifié de difficultés concernant cette profession.

2.5. Les besoins de formation

2.5.1. Peu de formations initiales dédiées à la méthanisation à but énergétique

Les besoins de formation sont surtout des compléments de formation, soit à ajouter dans les formations initiales, soit des formations continues complémentaires. Selon le CEREQ¹⁸, « Les formations initiales dédiées à la méthanisation demeurent rares. En revanche, les modules de présentation des enjeux et principes de la méthanisation ont tendance à se multiplier au sein de formations portant sur les énergies renouvelables, la gestion des déchets ou la conduite d'une exploitation agricole. »

Toujours selon le CEREQ, « en Nord-Pas-de-Calais, plusieurs formations supérieures comportent un module consacré à la méthanisation : le DUT Chimie (IUT de Béthune), la Licence professionnelle « Energie, génie climatique et développement durable » (IUT de Valenciennes et ISTV), la Licence professionnelle Environnementaliste (ISA). Ainsi que le master Environnement, spécialité « Expertise et traitement en environnement » (ULCO et Université d'Artois), le master professionnel Chimie, spécialité « Chimie, énergie, environnement » (Université d'Artois et Université de Lille 1), le master professionnel Environnementaliste (ISA), le DEUST « Environnement et déchets » (Université de Lille 1), le mastère spécialisé « Performance énergétique et énergies renouvelables » (Ei Cesi), le diplôme d'ingénieur chimiste de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie et le diplôme d'ingénieur spécialité « Energies, systèmes électriques et automatisés » (HEI). »

Citons également le DUT « Génie biologique, option génie de l'environnement », situé à Béthune¹⁹.

Les attentes de la filière concernent aussi et surtout les formations continues. Les formations proposées actuellement sont des formations courtes, de quelques jours, proposées notamment par Office International de l'Eau (à Limoges), les chambres d'agriculture, l'ADEME, les bureaux d'études spécialisés. Les formations de l'OIE étaient initialement destinées aux exploitants de STEP et d'installations de gestion des déchets (ISDND).

Le club ATEE biogaz recense les formations liées au biogaz²⁰. Ces formations courtes sont destinées à des publics variés : certaines sont orientées essentiellement vers les besoins des agriculteurs, d'autres s'adressent plus largement à l'ensemble des exploitants d'unités de méthanisation ou aux techniciens intervenant sur ces unités. Enfin, certaines formations sont destinées plus spécifiquement aux accompagnants, dans les collectivités ou les chambres consulaires.

Parmi les 19 formations recensées comme actives en 2017, une seule se situait dans les Hauts-de-France, destinée aux agriculteurs « Investir dans les énergies renouvelables : focus sur la méthanisation », organisée

¹⁸ « Transition écologique et énergétique – La filière méthanisation » Stéphane MICHUN – CEREQ Etudes N°5. Décembre 2016.

¹⁹ Source : ONISEP - <http://www.onisep.fr/Ressources/Univers-Formation/Formations/Post-bac/DUT-Genie-biologique-option-genie-de-l-environnement>

²⁰ <http://atee.fr/biogaz/liste-des-formations-li%C3%A9es-au-biogaz>



par un centre de gestion agréé. Notons toutefois que des formations existent dans des départements proches, dans la Meuse ou l'Île de France.

2.5.2. Les besoins de formations ou de réorientation

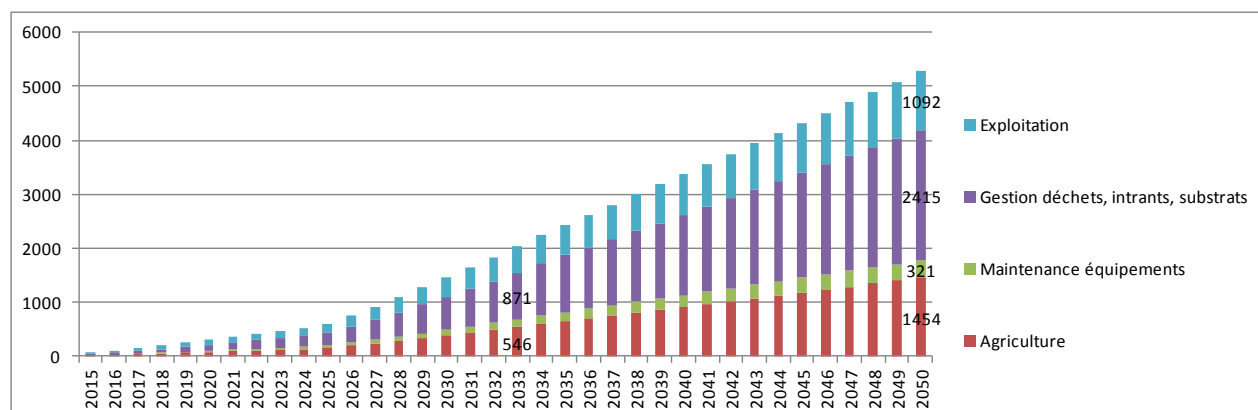


Figure 16. Evolution des emplois directs liés à l'exploitation des unités de méthanisation, par type d'emploi

Il est possible d'évaluer approximativement les effectifs de certains groupes de métiers à l'horizon 2050 à partir des résultats du modèle utilisé pour la quantification en emplois.

Concernant l'exploitation des installations :

- Environ 1 100 emplois se situeraient sur les unités d'exploitation, dont 100 sur les unités de méthanisation à la ferme en cogénération.
- Environ 300 emplois seront dédiés au suivi, à la réparation et la maintenance effectués par des entreprises extérieures. Cette estimation suppose que la maintenance continue à être effectuée par des équipementiers situés en-dehors de la région.
- Environ 2 400 emplois seront liés à la gestion des déchets : collecte et préparation des intrants, gestion du digestat.
- Enfin 1400 emplois seraient confortés dans le secteur de l'agriculture, liés aux cultures intermédiaires.

Par rapport aux emplois actuels en Hauts-de-France, les emplois dans l'agriculture représentent 8% des emplois actuels de l'agriculture et les emplois dans la gestion des déchets, plus de 20% des emplois actuels de la branche d'activité « collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération ».

Remarque : Notons que ces emplois s'appuient sur des configurations d'intrants proches des configurations actuelles. Or, les hypothèses de production d'énergie ci-dessus supposent l'existence de cultures intermédiaires. Il est possible que la filière méthanisation maintienne davantage d'emplois dans l'agriculture que les chiffres ci-dessus, au détriment d'emplois dans la collecte et gestion de déchets.

Redéploiement des emplois liés à la gestion des déchets

Les emplois de la branche déchets seront majoritairement une substitution / un redéploiement des emplois actuels, les déchets étant déjà collectés et traités. Néanmoins des études plus fines des évolutions de postes et des reconversions nécessaires semblent à prévoir, compte tenu du nombre d'emplois concernés, qui pourraient être plus élevés que l'estimation ci-dessus. En particulier, les ratios pris en compte ne comprennent vraisemblablement pas le déconditionnement des biodéchets des grandes surfaces.

Il faut évaluer notamment le transfert du compostage vers la méthanisation, et plus généralement les conséquences d'une augmentation vraisemblable de la valeur des biodéchets les plus méthanogènes. La concurrence sur cette ressource commence déjà à se faire sentir à proximité de la frontière belge.

700 agriculteurs et exploitants méthaniseurs à former d'ici 2035

Mais le premier enjeu semble être la formation des exploitants méthaniseurs, puisqu'environ 700 personnes devraient être formées d'ici 2035 : 400 exploitants agricoles et 250 responsables d'unités de méthanisation centralisées (regroupement d'agriculteurs ou modèle plus diversifié d'approvisionnement). Or, d'après les déclarations des professionnels, les profils complets n'existent pas actuellement.

Notons que le nombre d'installations en cogénération est divisé par 2 à l'horizon 2035, ce qui pose le problème de la reconversion éventuelle des installations de cogénération.



A l'horizon 2050, le besoin est de 900 exploitants méthaniseurs, mais seulement de 200 pour les exploitants agricoles qui gèrent des unités en cogénération.

Les entretiens ont montré que les agriculteurs qui s'orientent vers la méthanisation ont un profil spécifique, ce sont généralement des ingénieurs. Les formations sont adaptées à cette catégorie de public.

Les emplois dédiés au suivi, à la réparation et la maintenance des équipements se situeraient autour de 300 emplois en 2050, en incluant les analyses de laboratoire, le suivi biologique, les visites de sécurité, la maintenance elle-même. Ces emplois pourraient être plus nombreux si toute la maintenance était réalisée par des entreprises des Hauts-de-France, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Mais les informations disponibles actuellement ne permettent pas une estimation fine de la répartition de ces emplois dans les différentes professions.

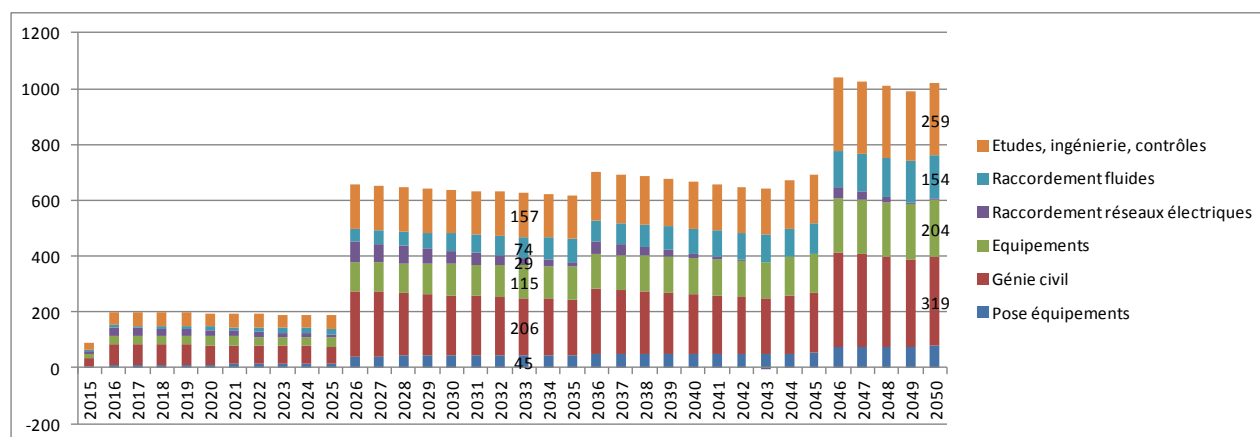


Figure 17. Evolution des emplois directs liés aux investissements en méthanisation, par type d'emploi

Les emplois directs liés aux investissements dans les unités de biométhane sont loin d'être aussi nombreux que les emplois liés aux exploitations. Ils ne dépassent pas 1 000 emplois sur la période. Les estimations s'appuient sur le scénario construit par Energies Demain, complété par des estimations de repowering (à partir de 2036).

Entre 200 et 300 postes d'études et d'ingénierie d'ici 2030

Selon les années, les postes d'études et de conception représentent entre 150 et 260 ETP. Cela inclut les développeurs de projet, les ingénieurs méthaniseurs et l'AMO (AMO nécessaire dans les projets les plus importants). Les compétences nécessaires au bon déroulement des projets de méthanisation peuvent s'acquérir avec l'expérience (notamment dans les bureaux d'études). Les professionnels comptent également sur le futur technocentre pour proposer des formations aux futurs ingénieurs méthaniseurs.

En fonction des éléments précédents, on peut estimer les besoins de formations d'ingénieurs méthaniseurs à une dizaine chaque année d'ici 2035.

Certaines compétences manquantes dans le génie civil

Dans le scénario actuel, les emplois de génie civil ne dépassent pas 200 à 300 chaque année. Les artisans et entreprises présentes dans les Hauts-de-France peuvent largement répondre à ce niveau de demande. Ce sentiment est également celui des professionnels actuels.

Cela n'empêche pas des besoins concernant certaines compétences spécifiques : électromécanicien, technicien des fluides, automaticien.

Concernant les emplois de pose d'équipements, rappelons qu'ils sont envoyés par les équipementiers. Leur formation est donc assurée par ces derniers.

2.6. Conclusion

Le développement de la méthanisation dans les Hauts-de-France devrait présenter un impact positif sur l'emploi, avec plus de 6 000 emplois directs et 11 000 emplois directs + indirects à l'horizon 2050. Les activités impactées négativement (compostage et autres modes de gestion des déchets organiques) n'ont qu'un faible poids en comparaison. Toutefois, une réorganisation des flux de déchets organiques en amont et des digestats en aval sera nécessaire. Mais celle-ci ne diminuera pas les emplois rattachés, au contraire.



Les nouveaux métiers et nouvelles compétences liés à la méthanisation portent sur :

- la conception du système, technique et économique, avec le dimensionnement optimal des unités et l'évaluation des flux énergétiques obtenus à partir des intrants prévus,
- le suivi technique et économique des installations, leur adaptation optimale en cas de modification des intrants, la sécurisation des approvisionnements et des débouchés.

Le métier d'ingénieur méthaniseur correspond à la phase de conception du système, ainsi qu'à du conseil et de l'expertise dans les phases de suivi. Le métier dédié au suivi technique et économique des installations est celui de l'exploitant de l'installation. Dans le cas des unités agricoles, il s'agit des exploitants agricoles eux-mêmes. Les entretiens ont mis en évidence l'importance de la formation des agriculteurs (et par extension celle de tous les exploitants) pour une bonne compréhension des processus biologiques à l'œuvre au cours de la méthanisation, cette bonne compréhension étant la condition pour réaliser les bons choix au cours de l'exploitation.

Il ne semble pas, en l'état actuel d'avancement des entretiens, que de nouveaux métiers apparaissent concernant la fabrication et la réparation des équipements. Les métiers liés à la pose et la réparation des équipements seront vraisemblablement amenés à se développer, avec des compléments de formation sur les spécificités de la méthanisation. Les métiers en tension dans d'autres régions sont électromécanicien, technicien biogaz et chauffage, technicien de fluides. Les entreprises des Hauts-de-France relèvent également des difficultés concernant les compétences d'automaticien, voire de soudeurs.

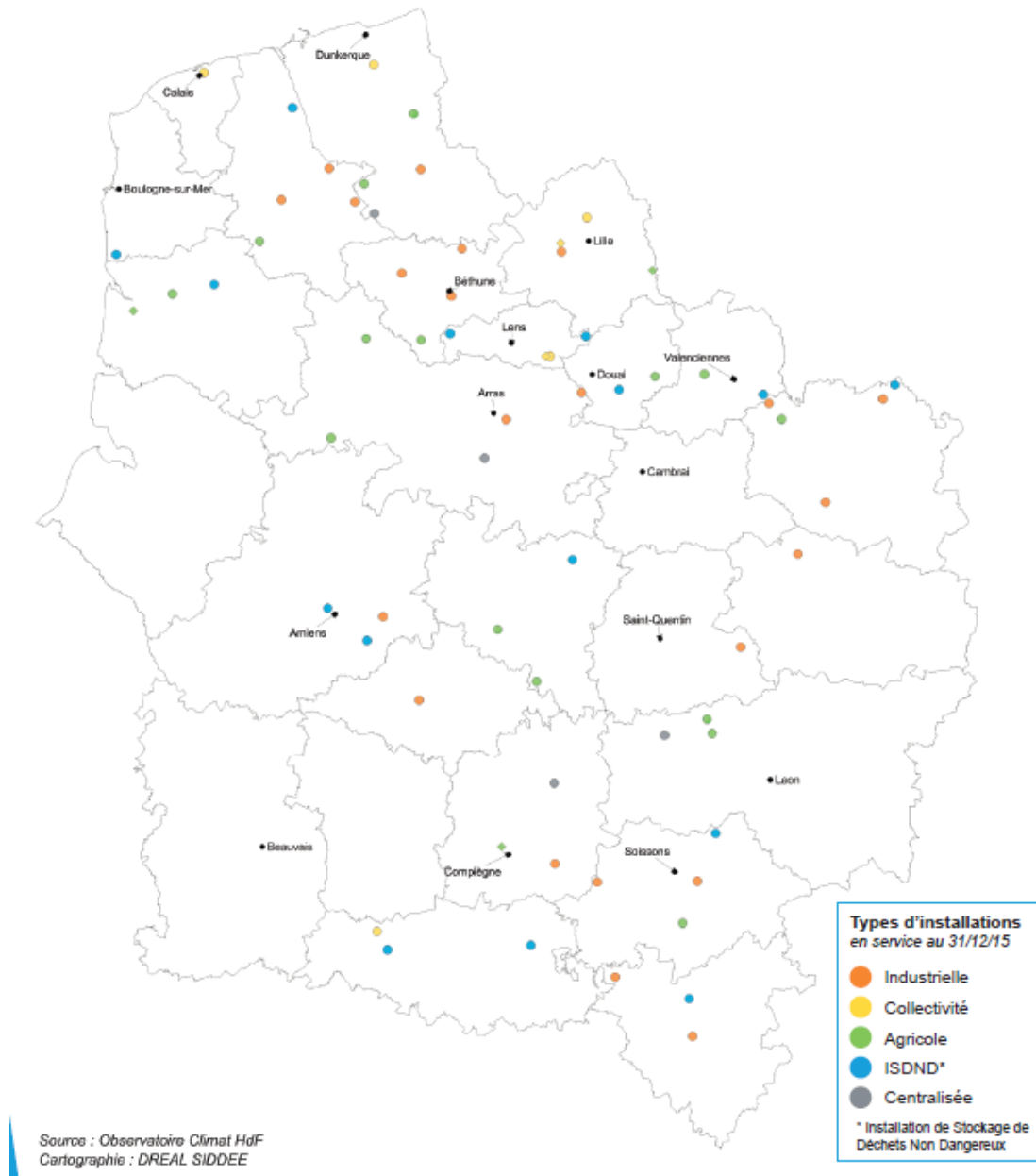
Les autres métiers/emplois qui devraient se développer avec la méthanisation concernent la collecte, la préparation (épuration, déconditionnement) et le transport des biodéchets. Des emplois pourraient être liés éventuellement aux cultures intermédiaires (prévues dans le scénario actuel), si les conditions climatiques le permettent.

Enfin, les emplois fragilisés sont ceux liés au déclin de filières de gestion des déchets concurrentes, comme le compostage. Mais ces emplois devraient pouvoir trouver une place dans les nouvelles installations de méthanisation.



Annexes

Les sites de production de biogaz dans les Hauts-de-France



Bureaux d'études techniques ou environnementales, ingénierie, laboratoires, suivi biologique, Contrôle

Nom	Activité	Année	CA (k€)	dont exports	Production	Valeur ajoutée	EBE	Effectifs
AES DANA (Société Nouvelle)	Installateur méthanisation sèche et liquide	2016	6 030	0	1 888	2 168	388	50
AGENCE NOEL	Maitrise d'ouvrage, Rédaction du cahier des charges, Suivi des travaux	2015	234	0	234	149	36	4
AIRELE GROUPE AUDDICE Environnement	Bureau d'études environnementales	2016	3 327	2	3 296	2 220	157	37
ANVIXED SARL	Contrôle non destructifs et par émission acoustique	2015	12	0	12	4	-5	1
BIO'LOGIC ASSISTANCE	Ingénierie, études techniques	2012	36	0	36	20	-4	1



BUREAU FACE B	Agence d'architecture	2014	213	0	213	130	16	5
CORROSIA	Contrôle et inspection de la protection anticorrosion des structures							1
ERAS INGENIERIE	Ingénierie, études techniques	2016	43 715	4 017	43 715	29 886	2 391	40
FEREST ING.	Spécialiste en économie d'énergie et environnement	2016	1 115	0	1 125	752	5	14
FERTIGAZ	Ingénierie, études techniques (Redressement judiciaire)	2014	258	0	258	88	-224	4
FRANCE EVAPORATION SAS	Ingénierie, études techniques	2016	11 145	2 990	10 302	2 919	1 004	18
HEXA INGENIERIE	Domaines de la construction et de l'environnement	2015	4 596	0	4 284	3 145	65	46
KALEA	Ingénierie, études techniques	2016	270	0	270	216	17	3
KDE ENERGY FRANCE	Développement de centrales d'énergies renouvelables	2014	674	145	-1 276	-1 615	-2 210	5
LDAR (Département de l'Aisne)	Laboratoire biologique. Évaluation des intrants et digestats							150
SARL SYLVAIN DUVAL	Aménagements durables périphériques des sites industriels et ICPE	2012	121	0	106	48	5	2
SOCOR	Laboratoire d'analyses environnementales agréé et accrédité	2016	5 647	249	5 650	3 008	306	63
VERDI	Ingénierie, études techniques	2016	4 057	0	4 057	1 961	413	25

Équipementiers, fabricants, installateur, maintenance

Nom	Activité	Année	CA (k€)	dont exports	Production	Valeur ajoutée	EBE	Effectifs
CH4 SYSTEMES	Méthanisation par voie sèche continue							
CHAUMECA (Gohin)	Équipements aérauliques et frigorifiques industriels							47
D+ROBINETTERIE	Fournitures pour la plomberie et le chauffage	2014	409	1	26	110	-13	3
DELTA NEU	Amélioration de la qualité de l'air en milieu industriel	2016	34 661	4 996	34 743	11 008	-562	151
ECODAS	Fabrication de machines spécialisées	2014	6 129	0	6 035	2 304	1 266	20
HYDRAULIQUE ENGINEERING SYSTEMES HES	Postes et tuyauteries/canalisations destinées au domaine du gaz et des systèmes hydrauliques et de lubrification	2016	2 054	91	622	620	19	15
SARASIN ACTOR	Motorisation de robinetterie industrielle	2016	3 639	955	3 618	804	-34	22
SARL J. DEFOSSE INDUSTRIES	Fabrication et installation de structures et parties de structure métalliques	2016	1 140	0	1 140	738	179	12
SAS PENEZ-HERMAN	Centrale à béton et spécialiste de l'aménagement extérieur	2008	15 550	150	3 780	3 560	1 890	31
PETRUS	Tôles ondulées cintrées, silo grain et céréales et de matériel de ventilation, cuve à eau ou citerne de récupération d'eau de pluie	2016	3 339	0	3 339	1 000	668	9
PROTECHNIK	Fourniture de bras de chargement dôme et source, d'escalier abattable							2
COMESI	Conception, fabrication d'équipements de levage	2005	345	0	342	151	51	0
C.M.I	Appareil chaudronné de grande dimension. Conception, fabrication, réhabilitation, maintenance.	2014	1 529	0	1 535	672	57	15
MECARESO	Réseau d'entreprises de métallurgie, dont une à Lille	2016	1 305	0	31	95	-6	180



CEGELEC NORD INDUSTRIE- ACTEMIUM	Électricité, Automatismes, Instrumentation et tuyauterie	2015	29 333	0	40 307	19 752	-963	139
EDHD SAS HYDRO- MAINTENANCE	Réalisation et maintenance de pompes hydrauliques.	2015	15 162	993	6 659	5 676	365	100
POLE MOTEURS INDUSTRIELS	Machines tournantes, moteur électriques pompes, vitesse variable	2015	2 614	63	897	1 079	130	15
SDN	Atelier rembobinage moteur, réducteurs, courroies, roulements, paliers, pompes, câblage, variation de vitesse	2016	1 657	0	1 655	680	52	15
Total : 18 entreprises								284



3. Regard sur les matériaux de construction biosourcés

3.1. Contexte, périmètre et situation de la filière en France

La rénovation des bâtiments est un axe central de la Troisième Révolution Industrielle telle qu'elle est formulée dans le Master Plan de 2013. Les scénarios élaborés dans le cadre des études REV3 prévoient ainsi la rénovation complète des bâtiments résidentiels ou tertiaires à l'horizon 2050, et l'impact emploi de ces politiques a été intégré dans l'analyse d'ensemble des scénarios (partie 1). Par contre, la construction neuve des logements au standard BBC a été exclue de cette analyse d'ensemble dans la mesure où elle résulte d'une politique nationale et ne constitue pas un axe fort de la troisième révolution industrielle.

La rénovation des bâtiments est également envisagée comme devant faire progresser l'usage des éco-matériaux, le savoir-faire des artisans, les filières courtes et la région Hauts-de-France a prévu (cf. les 10 projets structurants adoptés en décembre 2017) de développer la bio-économie afin, à partir de la valorisation de biomasses agricoles, de bio-déchets, etc., de produire différents types de bio-ressources nécessaires à la transition d'activités régionales vers un modèle circulaire. Il s'agit en particulier de répondre aux demandes croissantes de l'ensemble du secteur manufacturier et en particulier du BTP pour des produits ayant un impact environnemental et énergétique le plus réduit possible. La constitution d'un réseau de « parcs d'activité REV3 » est ainsi pensée comme devant faciliter l'utilisation d'éco-matériaux, avec par exemple la réalisation de bureaux entièrement en « structure bois ».

Dans ce contexte il est apparu au Comité de pilotage des études REV3 qu'une analyse spécifique autour des impacts sur l'emploi, les métiers et les besoins de formation du développement d'une filière matériaux de construction biosourcés (MCB) aurait tout son intérêt et que cette analyse permettrait d'aborder également la construction neuve.

L'absence dans les scénarios d'indicateurs décrivant l'évolution de l'utilisation des matériaux de construction biosourcés ne permet cependant pas de s'appuyer sur la quantification des emplois présentée dans la première partie. Ainsi pour sa partie quantitative, ce « regard » est un travail exploratoire se limitant à indiquer des ordres de grandeurs et des tendances des emplois et des compétences impactés par le développement de l'utilisation des matériaux de construction biosourcés.

Cette partie est découpée comme suit :

- présentation générale du périmètre (matériaux biosourcés et activités retenus) et situation en France,
- la situation actuelle de la construction / rénovation et de la production des matériaux de construction dans les Hauts-de-France
- les perspectives de la filière des matériaux de construction biosourcés dans la région Hauts-de-France
- premiers éléments sur les emplois, métiers et besoins de formation liés à la filière des matériaux de construction biosourcés (production et utilisation dans la construction)
- premier inventaire des capacités de formation existantes.

Les matériaux de construction biosourcés

Selon la définition réglementaire des matériaux biosourcés fournie par l'arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé », on considère comme matériau biosourcé l'ensemble « des matériaux dont les matières premières sont d'origine végétale ou animale ». Ces matériaux, qui peuvent être utilisés pour la construction ou la rénovation de bâtiments, couvrent une large gamme de produits de construction, allant de la laine isolante aux panneaux, en passant par les bétons et les produits en vrac.

Issus d'une matière renouvelable ils offrent de nombreux avantages, environnementaux mais aussi sociaux et humains.

- réduction des émissions de gaz à effet de serre et stockage du carbone,
- faibles besoins en énergie grise,
- possibilité de productions locales adaptées aux territoires,



Bois	Bois d'œuvre (charpente) ; isolants en panneaux/rouleaux ; béton de bois ; fibre de bois en vrac ; blocs de bois-béton ; granulats en vrac ; panneaux.
Ouate de cellulose (papier recyclé)	Isolants en vrac ; isolants en panneaux.
Chanvre	Isolants en panneaux/rouleaux ; isolants en vrac ; béton de chanvre ; mortiers et enduits ; laine.
Lin	Isolants en panneaux/rouleaux ; sous couches minces ; linoleum ; laine.
Paille	Isolants en panneaux ; bottes ; terre-paille ; béton.
Miscanthus	Produits en cours de développement (mortiers, bétons, panneaux)

Tableau 55. Type de matériaux de construction biosourcés

Les matériaux de construction biosourcés (MCB) comprennent également le coton recyclé – Métisse® et la laine de mouton (Isolants en vrac, isolants en panneaux/rouleaux) mais aussi les poudres de coquillages... Ces MCB ne seront pas examinés ici.

Mélangés à des liants (chaux...) les MCB peuvent être utilisés comme des bétons et servir à la confection de blocs porteurs ou non pour le montage des murs, ou encore être banchés ou projetés et utilisés comme enduits. Les MCB peuvent également servir d'isolants de remplissage, en vrac ou en panneaux.

Le mémento de Fibre Recherche Développement [FRD « panorama des marchés »](#) : fibres végétales techniques matériaux (hors bois) de 2016 fournit des indications sur les volumes théoriques disponibles de fibres végétales techniques et de granulats au niveau France entière.

	lin fibres	Chanvre	paille de céréales	palle de colza	lin oléagineux	total
Fibres (cm)	6	6.1			0.8	12.9
Granulats	139	6.2		1 à 9		146 à 154
Paille brute			4.6			4.6
Total	145	12.3	4.6	1 à 9		163 à 172

source France Agrimer citée par Panorama 2016 FRD en milliers de tonnes de matière brute par an

Tableau 56. Type de fractions produites et valorisées en matériaux

Ce sont ainsi 163 à 172 milliers de tonnes de fibres végétales techniques qui seraient valorisées en matériaux, provenant quasi exclusivement de cultures dédiées : lin fibres et chanvre (97 %). Pour 92 % ce sont des granulats qui sont valorisés principalement dans le domaine des panneaux de particules (95 %) et secondairement (5 %) dans le domaine des bétons. Les fibres sont valorisées sous forme de pièces thermo compressées pour l'automobile (50 %) ou d'isolants souples (49 %) et de plastiques injectés automobile (1 %).

			mise sur le marché	% bio
Matériaux biosourcés	isolants	Ouate de cellulose vrac	50 000 t	90 %
		Isolants rigides / semi rigides, fibres de bois	114 à 143 000 t	80 %
		Isolants souples (lin chanvre)	9 500 à 11 700 t	80 – 85 %
Panneaux techniques biosourcés		Panneaux agglomérés (anas de lin)	330 000 t	90 – 95 %
		Panneaux de paille de céréales compressées	< 4000 t	90 – 95 %
		bétons biosourcés, enduits, mortiers, blocs/parpaings	100 à 160 000 t	20 à 50 %

Source : France Agrimer : [enjeux de la valorisation des matériaux biosourcés](#).

Tableau 57. Volume de matériaux mis sur le marché (2012) (y compris à base de bois)

Les quantités de MCB produites et utilisées dans la construction apparaissent limitées par rapport à l'utilisation totale de matériaux de construction. Selon FranceAgrimer les bétons biosourcés représenteraient 100 à 160 000 t alors que les utilisations de bétons classiques dépassent 110 Mt selon le mémento FRD 2016 (18 Mt de granulats produits en béton, 25 Mt de bétons de chantier et 70 Mt de béton prêt à l'emploi). Pour leur part les matériaux isolants biosourcés ne représenteraient, selon le président de [l'Association Syndicale des industries des isolants végétaux](#), que 5 à 8% du marché total de l'isolation dominé à 70% - 85% sur le segment de la rénovation énergétique des logements existants par les laines minérales et les isolants synthétiques (source : OPEN 2015).



La construction bois

Selon l'enquête nationale construction bois de 2017²¹ le chiffre d'affaires des entreprises ayant une activité de construction bois²² serait de 3,6 Md€ pour 27 410 salariés ; cela représente 3% du chiffre d'affaires et des effectifs du bâtiment France entière. Le marché est centré sur la construction neuve (2,7 Md€ dont 1,6 Md€ pour le logement). La part « bois » de l'activité s'élève à 1,7 Md€ et 12 820 emplois. Le nombre de maisons individuelles construites en bois est de 12 435 en 2016, ce qui représenterait 8,7% du marché des maisons individuelles, tandis que 8 960 logements collectifs (4% du marché) et 9 930 extensions – surélévations (27% du marché) ont été construits en bois cette même année. Au total la part de la construction bois dans le secteur résidentiel atteint 7%.

Ce pourcentage est plus important dans le bâtiment tertiaire : 16,7% (3,194 Mm²).

L'enquête note un mouvement de professionnalisation des entreprises avec une augmentation des entreprises proposant une offre globale. L'ossature bois est le système le plus utilisé (84%) dans la construction bois.

51% des entreprises présentes sur le marché de la construction bois réalisent également des travaux d'isolation thermique par l'extérieur pour un marché de 185 M€. Ces travaux sont souvent liés aux travaux d'extensions-surélévations.

Le Codifab a publié les résultats des études de l'Observatoire de la Construction neuve concernant la [part de marché du bois dans la construction](#). Ces résultats sont basés sur le fichier des permis de construire déposés et acceptés en 2015 et des interview des maîtres d'ouvrages et des architectes. Ils donnent des parts de marché du bois dans la construction neuve inférieures à celles de l'enquête Afcobois.

	Tertiaire		Logement	
	%	quantités m ²	%	quantités m ²
Ossature/structure	4,5	739 000 (en surface plancher)	3,4	1 036 000 (en surface plancher)
Remplissage	4,7	495 000 (en surface façade)	6,6	175 000 (en surface façade)
Revêtement	7,0	743 000 (en surface façade)	6,0	1 560 000 (en surface façade)
Couverture *	12,0	1 486 000 (en surface toiture)	9,3	337 000 (en surface toiture)
Plancher	-	-	3,8	1 155 000 (en surface plancher)

* Pour les logements support de toiture terrasse

Tableau 58. Part de marché des solutions bois (année 2015) hors lamellé-collé

Cet ensemble de résultats va dans le sens d'une participation actuellement assez limitée de la construction bois dans l'ensemble de l'activité de construction ; cette part semble toutefois augmenter assez régulièrement.

La construction en paille

La paille est le plus souvent utilisée dans la construction en remplissage d'une ossature bois ; la technique des caissons préfabriqués emplies de paille en atelier est en développement. Les travaux en cours portent sur le développement de l'isolation thermique par l'extérieur en paille et de la botte de paille comme élément structurel.

Il n'existe pas de véritables statistiques sur la construction en paille, la paille jouant le rôle d'élément de remplissage ; le réseau français de la construction en paille (RFCP) recense plusieurs milliers de bâtiments en paille sur le territoire français. Le marché se développerait fortement depuis quelques années avec environ 500 nouveaux bâtiments chaque année. A la différence du lin ou du chanvre, mais les usages ne sont pas les mêmes, le principal avantage est la disponibilité de la paille de céréales, même si cette disponibilité est problématique dans certaines zones, en particulier urbaines. Certains handicaps initiaux commencent à être levés avec l'adoption de règles professionnelles et l'acceptation croissante par les assureurs et bureaux de contrôle, dès lors que la mise en œuvre est le fait de professionnels formés (Formation Pro-Paille) aux règles professionnelles).

²¹ Cf. <http://afcobois.fr/>

²² Dans l'enquête la construction bois désigne les techniques de construction à base de bois : ossature bois, poteau-poutre, panneaux massifs et bois massif empilé ; sont exclus les travaux d'isolation thermique par l'extérieur ainsi que les travaux de charpente/



La production des autres MCB

Chanvre

Sur les 12 000 hectares de chanvre cultivés en France chaque année, environ 15 % sont valorisés dans le secteur du BTP. Les fibres sont utilisées dans la fabrication de laines et de feutres isolants, la chènevotte dans la constitution des bétons et d'enduits. Il existe cinq unités de transformation employant de 70 à 100 emplois directs.

Lin

La France est le premier producteur mondial de lin. 95% de sa production est exportée, principalement vers la Chine, où sont localisées de nombreuses usines de transformation (filature et tissage). Il existe en France 24 unités de teillage employant de l'ordre de 1 500 personnes.

Miscanthus

Le miscanthus est une plante herbacée vivace qui peut se cultiver sur des terres polluées et qui n'entre pas en concurrence avec les cultures alimentaires ; sa production a récemment commencé à se développer et plusieurs industriels s'intéressent à la production de blocs parpaings en béton de miscanthus.

3.2. Situation actuelle de la filière dans les Hauts de France

3.2.1. Evolution récente de la construction / rénovation et situation actuelle dans les Hauts-de-France

Activité de construction neuve et de rénovation

La construction de logements

Après quatre ans de baisse la construction de logements dans les Hauts-de-France s'inscrit de nouveau en hausse depuis deux ans

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
logements	27 000	29 500	26 500	24 300	22 000	20 300	22 600	24 300
superficies m ²	2 494 600	2 707 400	2 445 600	2 215 200	1 914 900	1 752 800	1 892 500	2 046 600
superficie moyenne	92,4	91,8	92,3	91,2	87,0	86,3	83,7	84,2

source : SDES Nombre et surface de plancher des logements commencés (cumul sur 12 mois à décembre)

Tableau 59. Nombre de logements mis en chantier dans les Hauts-de-France

Le mouvement de réduction des surfaces moyennes se stabilise ; la superficie moyenne en 2017 est de 84,2 m², du fait en particulier de la baisse de la superficie des logements collectifs : 61m² contre 111 m² dans les maisons individuelles qui représentent de l'ordre de 45% des logements commencés.

Construction neuve tertiaire

Le même mouvement de reprise est perceptible dans la construction non résidentielle avec une très forte croissance des surfaces mises en chantier en 2016 et 2017.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mm ²	1,33	1,41	1,33	1,27	1,22	1,12	1,32	1,38

Tableau 60. Surfaces tertiaire mises en chantier (date réelle hors agricoles, industrielles et artisanales)

Rénovation

Les indications dont on dispose sont celles des Cellules Economiques Régionales de la Construction (CERC) : en 2016 le chiffre d'affaires de la rénovation des logements aurait été de 3,2 Md€ et celui de la rénovation des bâtiments tertiaires de 2,4Md€ (Cf. ci-dessous).

Activité totale du secteur du bâtiment dans les Hauts-de-France

Le réseau CERC effectue chaque année une [estimation du chiffre d'affaires du bâtiment par région](#). Selon cette source en 2016 le chiffre d'affaires du bâtiment de la région Hauts-de-France aurait été de 8,7 Md€, ce qui en ferait la septième région française en termes de chiffre d'affaires. Le chiffre d'affaires aurait progressé de 2,4 % en 2017 à 8 950 M€.



Le tableau de bord Emploi formation du BTP en Hauts-de-France²³ élaboré par la CERC et le CCCA-BTP des Hauts-de-France donne la décomposition suivante

	CA (M€)
Logements neufs	1 837
Locaux neufs	1 263
Total neuf	3 100
Entretien rénovation logements	3 192
Entretien rénovation locaux	2 444
Total entretien rénovation	5 636
Total général	8 737

Tableau 61. Répartition du chiffre d'affaires du bâtiment année 2016

Les emplois dans le bâtiment

Suivant en cela l'activité de construction, les effectifs salariés dans la construction ont baissé régulièrement au cours des dernières années, passant de plus de 114 000 salariés en 2008 à moins de 95 000 en 2016. Les effectifs de l'activité travaux d'architecture (NAF 71.11Z) ont suivi une évolution similaire.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Construction	17 986	16 920	16 764	16 725	15 769	15 121	14 740	13 646	13 441
Travaux Spécialisés.	96 308	92 342	92 788	91 123	87 780	85 209	81 967	79 306	78 873
Total	114 294	109 262	109 552	107 848	103 549	100 330	96 707	92 952	92 314
dont GO (1)	51 686	48 436	48 181	47 900	45 475	43 974	42 341	39 783	39 403
dont SO (2)	62 608	60 826	61 371	59 948	58 074	56 356	54 366	53 169	52 911
Architecture	2 331	2 273	2 337	2 283	2 263	2 160	2 009	1 949	1 916

(1) Gros œuvre ici : 41.20, 43.99, 43.91, 43.31, 43.12A, 43.29A ; (2) Second œuvre par différence

Tableau 62. Hauts-de-France Evolution de l'emploi dans le bâtiment

Sur l'ensemble des 104 500 salariés du BTP en Hauts-de France (mars 2017) la répartition par groupes de métiers de production est la suivante²⁴.

Technique et encadrement de chantiers	15,1
Administratif et commercial	15,8
Métiers de production	73,6
Orientation Bâtiment (a)	38,8
Orientation TP (b)	9,2
Divers	25,6
Total	104,5

(a) maçonnerie, carrelage, menuiserie, charpente bois, couverture ...

(b) conduite et mécanique d'engins, construction d'ouvrages d'art, de route, ouvrier VRD ...

Tableau 63. Emploi par groupe de métiers (milliers)

L'âge moyen des salariés est de l'ordre de 40 ans ; 22 000 salariés (20% de l'effectif) ont moins de 30 ans.

Etablissements RGE

Selon le rapport de la CERC sur la construction durable le nombre d'établissements RGE en Hauts-de-France était de 5 000 fin janvier 2018. Après une forte croissance entre mi-2014 et mi-2016, de 1 000 à 4 500, le rythme des qualifications stagne depuis 2017 autour de 5 000.

Energies renouvelables		Efficacité énergétique	
Qualisol	54	Eco artisans	1 457
Qualibois	527	Pro de la performance énergétique	684
QualiPV	40	Qualibat mention EE	4 120
Qualipac	231	Qualibat mention RE	0
Qualiforage	2	Qualifelec mention EE	52
Qualibat mention ENR	125		

Tableau 64. Répartition des établissements par signes RGE à fin 2017

²³ Cf. [tableau de bord Emploi formation du BTP en Hauts-de-France](#)

²⁴ Idem



Matériaux de construction

Le secteur de la production et du commerce des matériaux de construction (y compris le bois) occupe une douzaine de milliers de salariés dans les Hauts-de-France.

Matériaux construction	effectif 2016	évolution 2008-2016
Minéraux (NAF 08.12Z, 23.32Z, 23.5, 23.6, 23.99Z)	4 648	-13 %
Bois (NAF 16.10, 16.21Z, 16.23Z)	1 793	-12 %
Commerce du bois et des matériaux de construction (NAF 46.13Z, 46.73A)	5 994	-18 %
Ensemble production distribution de matériaux de construction	12 435	-15 %

source ACOSS

Tableau 65. Effectifs du secteur des matériaux de construction

Suivant l'activité de la construction, les effectifs salariés ont diminué (-13% dans la production et -18% dans le commerce).

Les activités de production de matériaux de construction sont légèrement moins représentées en Hauts-de-France que dans l'ensemble de la France : alors que sur l'ensemble des activités, les Hauts-de-France représentent 8,2 % des salariés, ce pourcentage tombe à 7,2% pour les matériaux de construction minéraux mais à peine 5% pour le ciment et le béton prêt à l'emploi et 5,1% pour le bois.

Sur la base des ratios production / emploi des activités et des effectifs dans la région le chiffre d'affaires des activités de production des matériaux de construction en Hauts-de-France serait le suivant en 2015/2016.

Matériaux de construction minéraux	1,36 Md€
Matériaux de construction bois	0,37Md€
Marges commerciales	1,50 Md€
Total	3,23 Md€

Tableau 66. Chiffre d'affaires estimé du secteur des matériaux de construction

Le ratio moyen production par emploi serait de 310 k€ / ETP dans les matériaux de construction minéraux, avec toutefois des variations importantes entre les différents produits (plus faible pour les briques) et de 200 k€ pour les activités liées à la transformation du bois (160 k€ pour la fabrication de charpentes et autres menuiseries).

Bien qu'active dans la promotion des matériaux de construction biosourcés à travers divers organismes (CD2E, CODEM, Chambre Régionale d'Agriculture ...) la région n'occupe une place particulière, par rapport à d'autres régions françaises, que pour le lin et plus marginalement le chanvre ; elle est en retard en ce qui concerne la construction bois et probablement en ce qui concerne la construction paille.

3.2.2. Situation actuelle de la filière des matériaux de construction biosourcés dans les Hauts-de-France

Bois

Selon l'enquête nationale construction bois de 2017 citée précédemment l'activité de construction bois dans les Hauts-de-France ne concernerait que 55 entreprises et ne représenterait que 46M€ de chiffre d'affaires. Avec 2,8% du chiffre d'affaires national (1,7 Md€) les Hauts-de-France se situeraient en dernière position parmi les régions françaises.

Le nombre de maisons individuelles du secteur diffus construites en bois en 2016 est de 195 soit 2% du total des maisons individuelles construites dans le secteur diffus en France (9 680). La région est la dernière de toutes les régions françaises tant en niveau qu'en pourcentage. La situation est meilleure pour les logements collectifs (725 logements construits et 6,2% de parts de marché) pour lesquels la région est en cinquième position en niveau et quatrième en pourcentage. Aucun chiffre n'est disponible au niveau régional pour les autres types de construction (secteur groupé, tertiaire, extensions-surélévations ...).

Les activités liées au bois (hors exploitation forestière) occupent des effectifs réduits dans la région. Il n'est en outre pas possible de faire la part de ce qui concerne la production de bois pour la construction (gros œuvre, hors portes et fenêtres) et le reste.



activités (NAF et intitulés)	établissements	effectifs
16.10A Sciage et rabotage du bois, hors imprégnation	17	221
16.10B Imprégnation du bois	16	111
16.21Z Fabrication de placage et de panneaux de bois	6	209
16.22Z Fabrication de parquets assemblés	1	8
16.23Z Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries	93	1 244
Effectifs bois (1610, 1621, 1622 et 1623)	133	1 793

source ACOSS

Tableau 1. Effectifs dans les activités de transformation du bois 2016

Bien que les possibilités de mobilisation supplémentaire de la ressource ne soient pas négligeables, la difficulté principale est de déterminer la croissance possible de la production de bois pour la construction. L'inventaire forestier (cf. la feuille de l'IF 39) indique que la croissance possible des utilisations de bois d'ici 2035 est de 287 000 m³ en ce qui concerne le bois d'œuvre, pour une production 2015 de 582 946 m³. La croissance possible serait de près de 50%. Actuellement une grande partie de la production est exportée sous forme de grumes avant toute transformation. Il est impossible de déterminer quelle serait la croissance des activités d'exploitation forestière et de transformation du bois qui serait produite par le développement de la construction bois.

Paille

Selon la fiche de CD2E consacrée à la construction paille il existe 35 professionnels formés et une cinquantaine de maisons construites ou en cours ainsi que 23 projets de bâtiments tertiaires.

On considère qu'une maison de 100 m² nécessite 500 bottes de paille soit 10 tonnes, soit encore la production de 2,5 ha. La ressource de paille globalement disponible dans la région, après prise en compte des autres utilisations, est estimée à 1 Mt, ce qui permettrait de construire 100 000 maisons par an. Il peut toutefois exister des problèmes de disponibilité sur certaines zones ou départements.

Chanvre

La culture du chanvre est relativement marginale dans les Hauts-de-France, avec de l'ordre de 80 ha, principalement dans l'Aisne. La production locale, environ 560 t (7t/ha) est transformée dans les départements limitrophes (Aube et Seine et Marne) ou en Belgique. Il y aurait 4 distributeurs de produits, (isolants et chènevotte), 2 associations de promotion et 9 professionnels formés « Construire en chanvre ». Il y aurait également un producteur de blocs de béton de chanvre.

Lin

Avec 21 630 ha cultivés en Lin et une production de 132 100 tonnes les Hauts-de-France sont la deuxième région linière française. Toutefois selon fiche « lin » du CD2E il y a peu de ressources mobilisables dans le bâtiment, les coproduits étant déjà valorisés dans d'autres usages.

Miscanthus

Le miscanthus est actuellement peu cultivé dans les Hauts-de-France : de l'ordre de 300 hectares, dont 250 ha pour un unique cultivateur dans la Somme. Le rendement est de l'ordre de 12 tonnes de matière sèche à l'hectare. Pour l'instant la production est essentiellement utilisée comme combustible pour le chauffage. Un travail d'expérimentation pour des parpaings de miscanthus est en cours en Ile-de-France, qui mobilise de grandes entreprises du secteur des matériaux de construction.

De façon générale, à l'exception du miscanthus seule une partie de la plante est utilisée pour produire des matériaux de construction, généralement un sous-produit (coproduit) (paille, anas, chènevotte ...) de l'utilisation principale (blé, huile, textile ...). Pour le chanvre des enquêtes faites auprès des agriculteurs il apparaît que le facteur déterminant est la possibilité de valoriser l'ensemble de la plante, ce qui suppose l'existence d'un marché / de débouchés industriels (de transformation) pour les autres parties.

3.3. Perspectives sur l'activité et l'emploi de la filière à 2050

Il n'a pas été possible d'établir des perspectives sur la production des matériaux de construction biosourcés dans les Hauts-de-France : le développement des filières lin et chanvre dépend de l'évolution de l'affectation des superficies agricoles et devrait rester limité. Le miscanthus est susceptible de se développer sur de nouvelles superficies sans entrer en concurrence avec les autres productions agricoles ; cependant l'ampleur éventuelle de son développement futur dans la région n'a pas fait l'objet d'études publiées.



Les seuls matériaux de construction biosourcés susceptibles d'être produits de façon importante dans la région sont la paille de céréales (ou d'oléagineux) et le bois. S'agissant de la paille de céréales des actions sont en cours pour définir les meilleurs conditionnements (bottes, rouleaux et panneaux) et tester les matériels de production. Même s'il n'est pas exclu qu'une filière de fabrication se développe autour de ces équipements la quantification de l'impact sur l'emploi de ces activités est apparue trop incertaine.

Dans ce qui suit on se limitera à essayer de quantifier l'impact sur l'emploi des utilisations des matériaux de construction biosourcés sous deux angles : la construction bois et les utilisations de matériaux d'isolation biosourcés.

3.3.1. Perspectives de la construction

Les trois scénarios TRI/rev3 formulés s'inscrivent dans des orientations visant entre autres à :

- Limiter les besoins (réduction des surfaces moyennes des logements : 8% entre 2015 et 2050 et des surfaces tertiaires totales),
- Améliorer l'efficacité énergétique : amélioration des performances énergétiques des bâtiments neufs (BEPOS dès 2022) et accélération du nombre de rénovation BBC jusqu'à atteindre une rénovation complète du parc en 2050.

Construction neuve

Résidentiel : dans les trois scénarios la construction de logements resterait stable sur la période 2020 – 2050 au rythme de 21 840 logements par an ; par contre la superficie moyenne des logements baisserait légèrement de 92,6 m² en moyenne à 86,2 m² en 2050.

Tertiaire : la décroissance de la construction est très vive dans le scénario « production optimisée et sobriété » : de 1,34 Mm² au cours des dernières années – hors locaux agricoles et industriels - à 0,127 Mm² en 2050, avec deux sauts importants entre 2020 et 2021, de 1,34 Mm² par an à 0,37 Mm² et entre 2030 et 2031, de 0,37 Mm² par an à 0,127 Mm². Dans les deux autres scénarios la réduction est moins forte : de 1,34 Mm² par an à 0,753 Mm² entre 2020 et 2021 et de 0,753 Mm² par an à 0,511 Mm² entre 2030 et 2031.

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Surfaces tertiaires	1,34	1,34	0,37	0,37	0,13	0,13	0,13	0,13
Logements	1,71	1,97	1,96	1,94	1,93	1,91	1,90	1,88
Total	3,05	3,31	2,33	2,31	2,05	2,04	2,03	2,01

Tableau 2. Evolution du nombre de m² construits - scénario optimisé (Mm²)

Rénovation

Résidentiel l'objectif est la rénovation totale du parc au standard BBC résidentiel et non résidentiel en 2050, les rénovations BBC complètes se substituant progressivement aux rénovations « par morceaux ».

A partir de 2020 le rythme de rénovation augmente régulièrement ; il passe de 30 783 logements par an à 75 070 par an en 2050.

Tertiaire l'objectif est également la rénovation de la totalité du parc de bâtiments tertiaires aux normes BBC. Le rythme de rénovation passe de 933 000 m² par an en 2020 à 2,99 Mm² par an en 2050.

Chiffre d'affaires

Construction neuve : le chiffre d'affaires de la construction neuve est calculé sur la base des coûts suivants : logement coût de construction moyen indicatif d'environ 1100 €/m²²⁵ et coût moyen de 1300 €/m² pour les bâtiments de bureau²⁶. On suppose en l'absence d'indications contraires que ces coûts vont rester constants en termes relatifs, c'est-à-dire que les prix de la construction neuve suivront l'évolution de l'indice général des prix. On obtient un chiffre d'affaires de la construction neuve de 3,6 Md€ supérieur de 15% à l'estimation de la CERC (tableau 62)

Rénovation : la valeur des travaux de rénovation énergétique est calculée (cf. partie 1) sur la base des prix unitaires suivants : 350 € / m² pour les maisons individuelles, 370 €/m² pour le collectif et 500 €/m² pour le tertiaire. Ces coûts ne varient pas au cours de la période, bien que certaines études (cf. [Enertech 2016](#)) fassent l'hypothèse que les coûts de la rénovation sont susceptibles de baisser sensiblement. On obtient un

²⁵ Source : Conseil Supérieur de la construction et de l'efficacité énergétique – rapport définitif du groupe de travail « coûts de la construction » MAJ 27 juillet 2016 moyenne des coûts pour les bureaux et les locaux d'enseignement. Niveau France entière

²⁶ Cf. note précédente



chiffre d'affaires de la rénovation de l'ordre de 1,6 Md€ en 2015 pour le résidentiel et le non résidentiel.

Ces montants ne tiennent pas compte des autres travaux d'entretien-amélioration des bâtiments : selon les estimations de la CERC (cf. tableau 62) le montant total des travaux d'entretien amélioration est de 5,6 Md€. On a considéré que ces autres travaux ne mettaient pas en œuvre de matériaux d'isolation.

		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Construction	logement	1 881	2 167	2 152	2 136	2 120	2 104	2 088	2 073
	tertiaire	1 741	1 741	481	481	165	165	165	165
	Sous Total	3 622	3 909	2 632	2 617	2 285	2 270	2 254	2 238
Rénovation	logements	1 335	1 522	1 710	1 898	2 086	2 273	2 461	2 649
	tertiaire	300	423	1 125	1 171	1 217	1 263	1 309	1 355
	Sous Total	1 634	1 945	2 835	3 069	3 302	3 536	3 770	4 004
Total (M€)	Total	5 256	5 854	5 467	5 685	5 588	5 806	6 024	6 242

Tableau 3. Perspectives de chiffre d'affaires du bâtiment

Globalement le chiffre d'affaires du bâtiment, tel qu'il est reconstitué ci-dessus augmente peu sur la période, la forte augmentation des travaux de rénovation étant en grande partie compensée par la très importante diminution de la construction neuve dans le secteur non résidentiel.

A partir de 2025, une fois passée la forte diminution de la construction neuve du secteur tertiaire, le chiffre d'affaires global suit une progression assez régulière de 0.5% par an en moyenne.

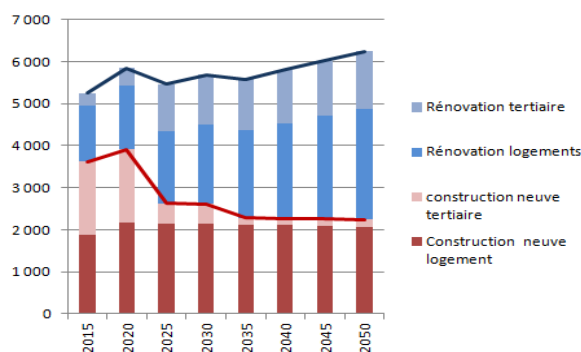


Figure 18. Chiffre d'affaires de la construction et la rénovation 2015 - 2050

Perspectives de la demande des matériaux de structure et des matériaux d'isolation

S'agissant des travaux de rénovation, la part des travaux d'isolation des parois opaques, seule partie des travaux potentiellement concernée par les matériaux de construction biosourcés (matériaux isolants), est estimée à 55% (ratio sur base Enertech utilisé dans l'outil TETE de quantification des emplois). Selon ESANE la part des consommations intermédiaires dans la valeur des travaux d'isolation est de 60% ; on retient 40% comme part des matériaux d'isolation proprement dits au sein des consommations intermédiaires, soit 24% comme part des matériaux d'isolation dans la rénovation.

S'agissant de la construction neuve, on retient 6% comme part des matériaux d'isolation et 13% comme part des matériaux de structure, y compris charpente²⁷.

Globalement, à techniques de construction identiques et sous les hypothèses indiquées en ce qui concerne les ratios, la demande de matériaux de construction (structure y compris charpente) et d'isolation liée aux scénarios de construction neuve et de rénovation serait la suivante en millions d'euros.

M€	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Matériaux d'isolation	608	700	867	923	1 014	1 125
Matériaux de structure	468	506	406	403	359	355
Total	1 076	1 206	1 273	1 326	1 373	1 480

Tableau 4. Demande de matériaux de construction et d'isolation 2015 -2050

²⁷ Il existe très peu de données sur la répartition des coûts moyens de construction selon les composantes et la nature (matériaux, main d'œuvre ...). Les estimations s'inspirent [du site Livios](#).



3.3.2. Perspectives d'utilisation de matériaux de construction biosourcés

On ne dispose d'aucun indicateur sur l'évolution prévisionnelle de l'utilisation des matériaux de construction biosourcés sur la période 2015-2050 dans les Hauts-de-France.

On fait **deux hypothèses** sur la part des matériaux de construction biosourcés à l'horizon 2050 :

- **20% (respectivement 40%) des constructions neuves seront à ossature bois** (à comparer aux 3 à 5% actuels)
- **et 20 % (respectivement 40%) des isolants seront à base de matériaux de construction biosourcés** (cette proportion serait de 5 à 8% au niveau France entière selon des sources concordantes (cf. Association Syndicale des Industries de l'Isolation Végétale).

Marché et emplois de la construction bois

Selon l'enquête Afcobois citée ci-dessus le chiffre d'affaires 2016 de la construction bois (France entière) est de 1,6 Md€ pour 21 400 logements et 3,2 millions de m² de bâtiments tertiaires, soit un total d'environ 5 Mm², en retenant 80 m² par logement et en tenant compte que le chiffre d'affaires intègre une part de travaux d'extension-surélévation.
Le coût unitaire serait de 320 euros par m². Les emplois sont de 12 820, ce qui donne une production (construction bois) de 131 k€ par emploi en équivalent temps plein, légèrement inférieur au ratio de la NAF 49.31A (travaux de charpente) : 156 k€/emploi ETP.

Sous les hypothèses indiquées (20 ou 40% de construction neuve à l'horizon 2050) et compte tenu des perspectives pour la construction neuve en m² (scénario « production optimisée et sobriété »), le marché de la construction neuve en bois et les emplois engagés dans la construction bois seraient les suivants :

		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Nombre total de m ²	Mm ²	3,05	3,31	2,33	2,31	2,05	2,04	2,03	2,01
Chiffre d'affaires M€	20 %	29	42	38	50	58	76	99	129
	40 %	29	46	47	67	87	125	179	257
Emplois ETP	20 %	223	317	292	381	444	578	753	981
	40 %	223	350	356	513	660	949	1364	1961

Coût de la construction bois au m² : 320 € ; ratio 131 k€/emploi ; hypothèse de croissance exponentielle de la part de la construction bois entre 2015 (3%) et 2050 (20 ou 40%)

Tableau 5. Perspectives de la construction bois

Compte tenu de la forte baisse de la construction tertiaire dans le scénario le marché de la construction bois diminue entre 2020 et 2025 (hypothèse 20% en 2050).

L'emploi direct dans la construction bois passerait de 223 en 2015 à un ou deux milliers (selon l'hypothèse retenue 20 ou 40%). Ces emplois viendraient s'ajouter aux effectifs actuels de charpentiers. Selon les statistiques PCS (professions et catégories socioprofessionnelles) des DADS ceux-ci seraient au nombre de 900 en 2015.

Emplois dans l'utilisation des MCB pour la rénovation

S'agissant des matériaux isolants biosourcés la production locale est actuellement peu significative ; seule l'utilisation de la paille est susceptible de se développer.

Pour les travaux d'isolation faisant appel aux matériaux biosourcés on part des emplois directs de l'isolation (NAF 4329A) au sein des emplois liés à la rénovation des bâtiments dans les scénarios REV3 (tous les scénarios ont le même nombre d'emplois en ce qui concerne l'isolation) et on applique le % de matériaux biosourcés pour obtenir le nombre d'ouvriers utilisant des matériaux isolants biosourcés.

On obtient 443 personnes en 2015 et 3123 (hypothèse 20%) et 6247 (hypothèse 40%) en 2050.

	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Emplois ETP dans l'isolation (scénarios)	7 384	8 703	12 112	12 881	14 315	15 617
20% de MCB en 2050	443	620	1 025	1 295	2 411	3 123
40% de MCB en 2050	443	685	1 250	1 743	3 330	6 247

Tableau 6. Evolution des effectifs en charge de l'isolation avec des matériaux biosourcés.



On notera que compte tenu de l'hypothèse de croissance exponentielle de la part des MCB dans l'isolation retenue pour atteindre les 20 ou 40 %, l'essentiel de la croissance se situe dans les dernières années, ce qui semble cohérent avec le rythme probable de développement de l'utilisation des MCB dans l'isolation.

3.4. Les métiers et les compétences

3.4.1. La construction bois

Les emplois des entreprises de la construction bois se répartissent entre trois grandes activités (source enquête Afcobois). 46 % des emplois en construction bois sont dédiés à la mise en œuvre (pose sur chantier) ; la part des emplois dédiés à la fabrication (en atelier ou sur chantier) est de 32 % tandis que la conception technique, qui intègre le bureau d'études et les métreurs atteint 22 %.

Les métiers et les compétences de la construction bois existent déjà et le site de la FFB sur les métiers et les formations propose une description de certains métiers spécifiques liés à la construction bois :

Le charpentier bois : Il conçoit, fabrique et pose la charpente bois sur tout type de bâtiment. Pour les charpentes traditionnelles, ce sont principalement des produits de sciage qui sont utilisés. Les charpentes sont généralement fabriquées en atelier. Pour les bâtiments plus importants, on utilise le lamellé collé car il permet de plus grandes portées. Le charpentier doit savoir dessiner, avoir le sens de l'espace et être habile. Il peut travailler sur des constructions neuves ou restaurer des charpentes anciennes.

Le constructeur bois : Il réalise l'ensemble du clos et du couvert d'une maison ou d'un bâtiment à ossature bois. Son champ d'activité est très large : réalisation des murs avec incorporation des menuiseries extérieures, charpente, planchers... La préfabrication de plus en plus poussée permet de réduire les temps d'intervention sur chantier et d'améliorer la qualité des ouvrages.

De même le site du C2rp ¹ propose également des descriptions de métiers liés à la construction bois, avec les références à la nomenclature ROME ; cf. par exemple la description (pôle emploi) du métier « **Réalisation – installation d'ossature bois** ROME F1503)

Définition

Dessine les plans, usine et assemble les structures de constructions en bois (charpentes, coques de bateaux, ossatures de maisons en bois, ...) manuellement ou à l'aide de machines à bois selon les règles de sécurité.

Peut effectuer la mise en place et le montage final des structures réalisées sur site.

Peut coordonner une équipe et diriger une structure.

Accès à l'emploi métier

Cet emploi/métier est accessible avec un diplôme de niveau CAP/BEP à Bac+2 (BTS) en construction bois, charpente bois, construction bois et habitat, ...

Conditions d'exercice de l'activité

L'activité de cet emploi/métier s'exerce au sein d'entreprises du bâtiment, de chantiers navals, d'établissements publics, de collectivités territoriales, des armées, en contact avec des clients et différents intervenants (architecte, autres corps d'état du bâtiment gros œuvre, ...). Elle peut impliquer des déplacements (pose sur site, chantier embarqué...).

Elle s'exerce en atelier, sur chantier, en hauteur, en environnement poussiéreux et implique la manutention de charges et l'utilisation d'outils coupants.

Le port d'équipements de protection (harnais, chaussures de sécurité, ...) est requis.

(1) Cf. <http://www.metiers.c2rp.fr/famille-Metier/92/...>

3.4.2. La paille et les matériaux isolants biosourcés

La production végétale

Les chambres d'agriculture ont un rôle de structuration de la filière amont mais il n'y a pas *a priori* de métiers, ou de compétences nouvelles à acquérir : la partie production agricole n'est pas celle qui posera le plus de problème de formation (disponibilité des ressources), dès lors que les autres aspects (débouchés pour la valorisation de la totalité de la plante) sont réglés.



La transformation industrielle (production des matériaux de construction biosourcés)

Pour la paille, un des freins est la fabrication des bottes adaptées à la construction, soit pour le remplissage des ossatures bois soit comme isolant ; des expérimentations d'équipements sont en cours et il faudra former les agriculteurs à leur utilisation. Peut-être est-il envisageable de produire ces équipements localement.

Pour le chanvre et le lin, la transformation (MCB) se fait en dehors de la région et il n'y a pas, au dire des personnes rencontrées, de volonté de développer prioritairement de nouvelles compétences locales.

La distribution des matériaux de construction biosourcés

Il existe déjà des réseaux de distribution pour certains isolants à base de chanvre, de ouate de cellulose ... ; le principal frein identifié concerne la paille ; le CODEM, le CD2E jouent un rôle de mise en correspondance des agriculteurs et des utilisateurs ; ces structures de commercialisation sont à développer sous le double plan technique et commercial. Les métiers et les compétences nécessaires sont peu différents de ceux des structures de distribution des matériaux de construction traditionnels, dès lors qu'une formation sur les conditions d'utilisation a été dispensée aux distributeurs (cf. formation)

L'utilisation dans la construction

Les entretiens n'ont pas fait apparaître de nouveaux métiers. Il s'agira plutôt de l'acquisition de compétences complémentaires / diversification par exemple sur la mise en œuvre de ces matériaux dans la construction. L'enjeu principal est celui de diffuser des formations pour permettre aux professionnels de la construction d'acquiescer les compétences spécifiques (règles professionnelles) liées à l'utilisation des isolants biosourcés : connaissances des caractéristiques thermiques, contrôle de l'hygrométrie ...

Cette acquisition de compétences nouvelles sera nécessaire non seulement pour les ouvriers du bâtiment mais également pour les autres métiers par exemple les organismes de contrôle, les architectes, les maîtres d'œuvre.

3.5. Formation

3.5.1. Structures de formation existantes

Voie scolaire et apprentissage

Selon le [tableau de bord emploi formation](#) du BTP en Hauts-de-France réalisé par la CERC l'effectif en formation dans les filières du BTP est stable en ce qui concerne la voie scolaire, autour de 11 000 personnes par an, mais en diminution pour ce qui concerne les contrats d'apprentissage (de 6 400 en 2011/2012 à 4 700 en 2016/2017).

	Niveau V	Niveau IV (niveau BAC)				NIV III (bac +2)	TH	Total
	CAP	MC	BP	BAC Pro	BTN	BTS		
Bois (menuiserie, charpente)	1 004	0	150	1 036	0	90	0	2 280
Maçonnerie	1 273		176	843	0		0	2 292
Autre second œuvre	4 031	190	390	2 741	109	430	11	7 902
TP, conduite d'engins	348	6	0	232	0	8	56	650
Encadrement	0	0	0	265	0	367	12	644
Etudes géométriques ...	0	0	0	526	1 080	239	29	1 874
Total	6 656	196	716	5 643	1 189	1 134	108	15 642
Pourcentage par niveau	43 %	1 %	5 %	36 %	8 %	7 %	1 %	100 %
					51 %			

MC : mention complémentaire ; BTN baccalauréat technologique ; TH titre homologué ; BTS brevet de technicien supérieur

Tableau 7. Effectifs en Formation 2016/2017

Formations supérieures

De nombreux établissements d'enseignement supérieur dispensent des formations dans le domaine du génie civil et de la construction, y compris des BTS spécialisés construction bois



Organisme	Niveau Bac +2	Bac +3	Bac +5 et plus
HEI Lille			diplôme d'ingénieur
Université du Littoral	LP métiers du BTP	DUT génie thermique et énergie	
Ecole polytechnique Lille 1	-	licence génie civil	diplôme d'ingénieur master génie civil
Ecole centrale Lille	...	licence génie civil	diplôme d'ingénieur master génie civil
Mines de Douai			masters spécialisé BEPOS, Béton ; diplômes d'ingénieur génie civil
Université valenciennes	DEUST	Licence génie civil, LP bâtiment et construction	Master génie civil
BTS Systèmes constructifs bois et habitat			
BTP CFA	Hesdigneul lès Boulogne		
Lycée Jean Prouvé	Lille		
Lycée prof. A Béhat	Lens		
Lycée Le Corbusier	Soissons		
cf. également l'IUT de Béthune, le Lycée professionnel des TP (Bruay), l'Université compagnonnique d'Arras, l'IUT d'Amiens, UP JV, le BTP CFA St Omer, UniLaSalle Beauvais, l'UT de Compiègne ...			

Tableau 8. Exemples de formations supérieures dans le BTP en Hauts-de-France

3.5.2. Enjeux et orientations concernant la formation

Une partie des formations à l'utilisation des matériaux de construction biosourcés sera prise en charge par les fournisseurs ou les fabricants ; pour les autres (notamment pour les filières en cours de structuration) il pourra s'avérer nécessaire de développer des formations spécifiques, et plus ciblées, dont certaines existent déjà, en plus des formations existantes sur les règles professionnelles.

Les intervenants insistent sur l'importance d'agir sur l'ensemble de l'écosystème de la construction, des maîtres d'ouvrage / donneurs d'ordre jusqu'aux architectes / bureaux d'études, et non pas seulement sur la production / distribution des matériaux ou leur mise en œuvre. Un des maillons importants est celui des bureaux de contrôle technique qui conditionnent la délivrance des assurances.

S'agissant des emplois et de la formation il faut distinguer les différents maillons de la filière : production industrielle des matériaux biosourcés / mise en œuvre des matériaux dans la construction / accompagnement des maîtres d'ouvrage / performance des matériaux / suivi des normes et de la réglementation / économie de la construction et prix des MCB ...

C'est toute une chaîne de valeur qu'il faut faire connaître et dont il faut former les acteurs potentiels. Selon une des personnes interviewées les matériaux biosourcés sont absents ou insuffisamment présents dans les modules de formation actuels, y compris les modules FeeBat. Il faudra donc développer de nouveaux modules, ainsi que la communication à travers des « opérations-pilotes » de prescripteurs publics ou semi publics. Cf. [Etude Nomadéis](#) pour la DREAL : matériaux de construction biosourcés : enquête sur les perceptions, pratiques et attentes des entreprises artisanales en région Nord-Pas de Calais (2015).

Il existe déjà de nombreuses actions de formation ; la [formation « Pro-Paille »](#) porte sur les Règles Professionnelles de la Construction Paille – CP2012 et permet d'aborder aussi bien les aspects théoriques que pratiques de ce mode de construction (5 jours de formation) ; il existe également une formation de plus courte durée (3 jours).

Le CD2e propose une formation chanvre de deux jours plus une journée pratique optionnelle : « Formation Chanvre dans la construction ».

Il existe également des formations de formateurs ainsi que dans le cadre européen des projets de formations longues diplômantes ; au niveau régional le CD2E est reconnu comme structure de formation par le [réseau français de la construction paille](#) (RFPC) et représentant régional du réseau

Une action importante est celle de la sensibilisation et de l'accompagnement des maîtres d'ouvrage, (agents de l'Etat, des collectivités locales, organismes du logement social ...) ; des actions sont déjà entreprises en ce sens.



4. Regard sur la filière hydrogène et le stockage de l'énergie

4.1. Contexte et périmètre

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse des filières stockage de l'énergie et hydrogène. Ces filières ne sont pas traitées en tant que telles dans les scénarios et n'ont de ce fait pas été intégrées dans la quantification générale des emplois. Leur examen ici repose donc en grande partie sur des hypothèses propres à la réflexion sur l'emploi.

Dans un premier temps il était prévu d'étudier la filière hydrogène comme un des éléments participant au stockage (inter saisonnier) des excédents de l'électricité produite par les énergies renouvelables ; il est apparu que la production et l'emploi de l'hydrogène dépassaient cette seule fonction, qui n'avait par ailleurs que peu d'applications à grande échelle prévisible avant 10 à 20 ans.

L'étude aborde donc d'une part le stockage de l'électricité issue des ENR, en esquissant la place qui pourrait revenir à l'hydrogène dans ce stockage et d'autre part les autres aspects de la filière hydrogène en particulier en tant que vecteur énergétique de la mobilité.

L'hydrogène figure dans plusieurs des 10 grands projets liés à la création, en décembre 2017, de la mission rev3.

- **Projet n° 6. TER Rev3 : travailler avec l'industrie ferroviaire régionale sur un plan de remplacement progressif des matériels par des rames fonctionnant à l'hydrogène.**
 - Ce projet propose de travailler avec notre industrie ferroviaire pour mettre en place une dynamique menant en premier lieu au remplacement progressif des rames diesel et électrique de desserte régionale (TER) par des rames, construites en région, fonctionnant à l'hydrogène.
 - Cette démarche est en lien étroit avec l'objectif de réduction des émissions de GES de la région, le déploiement d'une production d'hydrogène et la construction du réseau de distribution correspondant.
 - Elle s'attachera à faire progresser la validité environnementale du cycle complet de production de l'hydrogène, de transport et de fabrication et d'usage des motrices et des rames. Le projet évaluera en même temps les apports possibles des plateformes numériques dans l'usage, la maintenance, voire la conduite des rames.
- **Projet n°7 Mettre en place une filière hydrogène permettant notamment d'apporter des capacités de stockage aux énergies renouvelables.**
 - On sait que le développement des énergies électriques renouvelables est toujours fragilisé par l'absence de capacités de stockage. Les études faites pendant le Master Plan en 2013 avaient montré un réel potentiel régional pour le photovoltaïque, ainsi que pour d'autres sources de production d'énergies électriques comme les énergies marines. Les mêmes études ont souligné l'importance de développer simultanément des capacités de stockage.
 - Toutes ces raisons, jointes à des évolutions techniques actuelles significatives, militent pour un projet de mise en place d'une filière hydrogène forte en région, en coordination complète avec les développements des énergies électriques renouvelables.
 - Il s'agit à terme de produire, de transporter et de délivrer de l'hydrogène comme un des vecteurs de l'énergie en région, donc d'une nouvelle infrastructure et des moyens techniques et industriels associés.
 - On cherchera aussi à y réintégrer les productions d'hydrogène fatal qui existent en plusieurs points de la région.

D'autres projets comportent un élément lié à l'hydrogène qui apparaît ainsi comme un élément central de la stratégie de mise en œuvre de REV3.

Dans un premier temps on fait le point sur l'état actuel de la filière hydrogène dans les Hauts-de-France, puis on examine les possibilités de développement des deux filières dans les Hauts-de-France. On propose ensuite une quantification des emplois concernés Enfin on esquisse une réflexion sur les compétences La quantification est réalisée comme précédemment en s'appuyant sur le modèle du CIREN. L'analyse des métiers s'appuie sur une étude bibliographique et des entretiens.



4.2. Situation actuelle des deux filières dans les Hauts-de-France

4.2.1. La filière hydrogène dans les Hauts-de-France

La production d'hydrogène en France est de l'ordre de 925 000 tonnes, dont 507 000 tonnes de production « captive », 317 000 tonnes de coproduction et seulement 101 000 tonnes de production marchande, c'est-à-dire destinée à être vendue. L'essentiel de cette production se fait selon le procédé dit de reformage du gaz naturel qui produit en même temps de l'ordre de 9 tonnes de CO₂ par tonne d'hydrogène. Le prix actuel de l'hydrogène est de l'ordre de 1,5 € le kilo. Le contenu énergétique de l'hydrogène est de 33 kWh par kg.

Il existe une petite production d'hydrogène « vert » par électrolyse de l'eau. Cette technologie permet, lorsque l'électricité utilisée est décarbonée, d'éliminer la production de CO₂, ce qui – en l'absence de technologies « compétitives » de capture stockage du CO₂ -, constituera un avantage important au fur et à mesure de l'augmentation du prix du carbone et pourrait permettre de rendre la filière électrolyse compétitive.

L'hydrogène est actuellement principalement, sinon uniquement, utilisé dans l'industrie : production d'ammoniac et d'engrais, industrie pétrolière, etc.

La région Hauts-de-France est dotée d'un réseau de transport de l'hydrogène et d'une station de liquéfaction (Air Liquide à Waziers). Air Liquide exploite depuis 1966 un réseau dans le Nord de la France, la Belgique et les Pays-Bas qui a été construit à partir de 1938. Ce réseau - d'une longueur de 240 km et d'une capacité totale annuelle estimée à environ 250 millions de Nm³ - transporte de l'hydrogène vers 14 sites industriels des secteurs de la chimie, de la pétrochimie et des gaz. Il est constitué de deux branches :

- La première relie l'unité de liquéfaction de Waziers (Nord) à la station d'Isbergues (Pas de Calais) et aux stations situées près de Zeebrugge et Anvers en Belgique.
- La seconde débute près de Maubeuge en France et se poursuit vers une station près de Charleroi en Belgique. Cette ligne est connectée à la première partie du réseau dans la région d'Anvers et se prolonge aux Pays-Bas, jusqu'au port de Rotterdam/Rozenburg. Source Afhypac (fiche transport hydrogène)

Les projets hydrogène dans la région

Projet GRHYD

Le projet GRHYD est le premier démonstrateur « Power to Gas » en France. Il a pour objectif d'évaluer et valider la pertinence technique et économique d'une nouvelle filière utilisant un composé de gaz naturel et d'hydrogène sur les volets habitat et transport. Utilisant pour la production d'hydrogène l'électricité produite par des sources renouvelables variables (éolien et photovoltaïque) il offre en particulier un débouché à leurs surplus potentiels de production. Il comprend deux volets :

- Volet habitat :
 - Ce volet vise à étudier la faisabilité technico-économique de l'approvisionnement d'une centaine de maisons ; la principale contrainte est liée au réseau de gaz qui ne peut accepter plus de 20% d'hydrogène en volume (7% en énergie).
 - Le projet comprend un électrolyseur capable de produire 10 Nm³/h. En puissance « entrante » la capacité est de 50 kW électriques ; le ratio retenu est de 0,6 kWh thermique en hydrogène pour 1 kWh d'électricité consommée.
 - Le projet comprend également une capacité de stockage de 5 kg H₂ qui a une double fonction : réserve pour l'approvisionnement mais surtout stockage de l'hydrogène produit pendant les périodes de surplus de production électrique et de faible consommation. Le procédé de stockage testé est le stockage sous forme solide (hydrures).
- Volet mobilité
 - Ce volet a pris du retard du fait des aspects réglementaires sur le choix des normes à appliquer (normes GNV ou normes hydrogène) ; il vise à remplacer les bus diesel de la Communauté économique de Dunkerque lorsqu'ils arrivent en fin de vie par des bus susceptibles d'utiliser l'Hythane® (20% H₂ – 80% Gaz Naturel). On pourrait atteindre à terme 50 à 100 bus (IVECO qui est le constructeur majeur de bus GNV a rejoint le projet).
 - Ce volet sera moins orienté vers l'absorption des 'surplus' d'ENR, mais plutôt sur l'utilisation directe d'ENR (hydrogène « vert »). La taille de l'électrolyseur est de 80 kgH₂ par jour, environ 900 Nm³/j, ou encore 2,6 MWh / jour.

Projet H2V



Le projet prévoit sur la zone de Dunkerque 5 unités d'électrolyse pour une puissance totale de 500 MW. Chaque unité est constituée de 40 électrolyseurs de 2 MW = 80MW + 20 MW d'auxiliaires (pompes, compresseurs, refroidissement).

Le coût serait de 450 M€, dont la moitié pour les électrolyseurs eux-mêmes. Les électrolyseurs seront fournis par la société NEL asa (Norvège).

La construction de la première des cinq tranches pourrait commencer en 2020 sur un site de 25 hectares loué par le Grand Port maritime de Dunkerque. La production annuelle sera de 70 000 tonnes d'hydrogène. S'il est possible de récupérer du CO₂ des usines voisines, la production de 55 000 tonnes de gaz de synthèse par le procédé de méthanation serait envisageable.

70 000 tonnes correspondent à 770 MNm³ d'hydrogène (1 kg = 11 Nm³), soit avec les données des électrolyseurs NEL (consommation de 3,8 à 4,4 kWh d'électricité par Nm³) de l'ordre de 2,9 à 3,4 TWh de consommation d'électricité et pour 400 MW, de l'ordre de 7 500 à 8 000 heures de fonctionnement dans l'année. L'électricité consommée sera exclusivement de l'électricité « verte ».

Engie

Engie, qui participe au projet GRHYD, a dans la région plusieurs autres projets ; quatre d'entre eux qui s'inspirent de ses solutions EffiH2 (production d'hydrogène pour une utilisation locale : site industriel, station pour véhicules hydrogène...) ont valu à la Région d'être labellisée Territoire Hydrogène. Leur déploiement effectif dépendra en grande partie des progrès des énergies renouvelables dans la région, ainsi que du développement des usages de l'hydrogène ; de ce point de vue les actions en cours avec la CUD sont essentielles et pourraient permettre le développement des utilisations dans la mobilité, la logistique et la manutention portuaire.

Pour l'instant les solutions « hydrogène renouvelable » n'apparaissent pas compétitives avec l'hydrogène obtenu par exemple par reformage. Cependant la situation devrait évoluer rapidement et la compétitivité pourrait être atteinte en moins de cinq ans.

Cela dépendra en grande partie du mode et du coût de l'approvisionnement en énergie renouvelable utilisé pour la production de l'hydrogène vert. Dans les conditions actuelles les projets hydrogène ne sont pas compétitifs s'ils se limitent à valoriser pendant quelques heures par jour ou quelques mois par an les surplus l'électricité verte ; ils doivent au contraire fonctionner en quasi continu en achetant de l'électricité verte au réseau.

Projets liés à la mobilité

Mis à part le projet GRHYD, il existe un projet de transports collectifs faisant appel à l'hydrogène : récemment le SMTC d'Artois Gohelle a lancé un appel d'offres pour l'assistance à la définition et la mise en œuvre d'une expérimentation des bus à hydrogène (6 bus BHNS). Le SMTC va acheter 41 bus hybrides articulés et 6 bus à hydrogène. La construction d'une station hydrogène pour l'approvisionnement des 6 bus a été attribuée fin mai à Engie.

Par ailleurs plusieurs autres projets ont été formulés en lien avec la mobilité hydrogène (St-Gobain, MEL, Auchan, Communauté d'Agglomération du Douaisis...)

A ce stade, en l'absence de bilan des projets en développement la principale incertitude est la rentabilité des technologies sous le double aspect des rendements et des coûts de production.

Situation de la région par rapport aux autres régions (AFHYPAC) :

Dans le dernier bilan de l'AFHYPAC « l'hydrogène dans les territoires », les Hauts-de-France peinent à apparaître sur le même plan que la région Auvergne Rhône Alpes, la Normandie ou l'Occitanie qui disposent déjà d'écosystèmes structurés avec une multiplication d'acteurs et d'initiatives en particulier en R&D pour la Région Auvergne Rhône Alpes.

Si elle compte plusieurs entreprises spécialisées dans les pompes, réservoirs ... en particulier du fait de la présence des pôles nucléaire, automobile et ferroviaire, la région ne semble pas abriter d'entreprises spécialisés dans les équipements liés à l'hydrogène, qu'il s'agisse des électrolyseurs ou des piles à combustibles. L'Unité de catalyse et de chimie du solide (UCSS) du CNRS, associée à l'université de Lille et de nombreux partenaires industriels mènent de nombreux projets de recherche sur l'hydrogène avec le soutien de la région.



4.2.2. Le stockage de l'électricité

Enjeux

Le développement des énergies renouvelables variables (essentiellement énergie éolienne et photovoltaïque) rend nécessaire une nouvelle gestion de l'approvisionnement électrique, les périodes de production des ENR variables ne coïncidant pas obligatoirement avec les périodes de consommation. Le stockage de l'électricité sous une forme ou une autre (énergie mécanique, chimique...) pendant les périodes de production excédentaire et son déstockage pendant les périodes de production déficitaire apparaît comme une des solutions nécessaires pour exploiter au mieux la variabilité des ENR éolienne et photovoltaïque. Cette solution est déjà utilisée à une large échelle dans le monde à travers les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) qui permettent de limiter le recours aux procédés de production les plus coûteux pendant les périodes de pointe.

A ces besoins de stockage directement liés au développement des ENR on doit ajouter les besoins liés à la stabilisation des réseaux en fréquence et tension, à leur optimisation et au besoin de mettre en place des réserves pour pallier les aléas de la production.

Situation dans les Hauts-de-France

Projets

Le seul projet de stockage d'électricité d'envergure identifié pour les Hauts-de-France est le projet Ringo. Ce projet prévoit le déploiement sur plusieurs sites d'une capacité de stockage / déstockage de 100 MW aboutissant à la création d'une « ligne virtuelle » permettant d'éviter de développer le réseau là où cela n'est pas rentable. Bien qu'ayant, compte tenu de sa taille (100 MW), un impact important sur le marché des moyens de stockage par batteries, ce type de projet n'est pas appelé à se généraliser. Il devrait rester à court – moyen terme confiné à quelques situations particulières de congestion du réseau. A horizon prévisible, mais cela peut changer avec le développement des énergies renouvelables, la construction de nouvelles lignes restera, en règle générale, la solution la plus économique (logique de foisonnement des aléas grâce au réseau maillé).

La R&D

Animateur du RS2E (Réseau de stockage électrochimique de l'énergie) qui regroupe trois centres de transfert technologique associés à une quinzaine d'industriels et à 17 unités du CNRS, le laboratoire de réactivité et chimie des solides (LRCS) unité mixte du CNRS et de l'Université de Picardie Jules Verne (Amiens), se concentre sur l'amélioration des batteries rechargeables ; lithium-ion, lithium-ait, sodium-ion ... ainsi que sur le stockage de l'hydrogène ou les cellules photovoltaïques.

Basé à Lille le pôle MEDEE (Maîtrise Energétique des enchaînements électriques) est un réseau d'acteurs français et européens rassemblant à la fois des grands groupes, des PME innovantes, des laboratoires et des universités. Ce pôle travaille entre autres sur la mobilité basée sur les électro technologies innovantes et vise en particulier le développement de procédés de stockage d'énergie à plus forte autonomie et plus longue durée de vie.

4.3. Perspectives sur l'activité et l'emploi de la filière à 2050

4.3.1. Le stockage de l'électricité et la production d'hydrogène dans les scénarios.

On considère généralement que les besoins de stockage liés à la variabilité des énergies renouvelables sont de trois types principaux

- Les besoins journaliers principalement liés au décalage entre les heures de production du PV et la période de forte consommation.
- Les besoins inter-journaliers qui visent à pallier le fait que les ENR électriques variables peuvent ne pas produire pendant plusieurs jours (périodes sans vent, périodes sans soleil) ou encore que la demande est plus faible lors des fins de semaine.
- Les besoins inter-saisonniers : le déficit de production du photovoltaïque pendant les mois d'hiver qui sont la période de demande maximale impose que des surplus de production d'été soient stockés pour être utilisés pendant l'hiver.

La quantification de ces besoins est une opération complexe qui doit prendre en compte non seulement la demande moyenne d'une période (journalière, hebdomadaire, mensuelle ...) mais également les demandes de pointe et plus généralement les courbes de charge et de production. De façon générale la meilleure



réponse aux problèmes de stockage est d'agir sur la courbe de demande, en limitant autant que faire se peut les périodes de pointe de consommation.

Les besoins de stockage peuvent être réduits d'une part à travers le lissage de la consommation journalière (gestion active de la demande par exemple pour les chauffe-eau électriques), d'autre part grâce à un mix optimisé entre le photovoltaïque (plus productif en été) et l'éolien (plus productif en hiver), enfin en profitant de l'interconnexion des réseaux au niveau européen. Compte tenu du décalage des pointes de consommation entre les pays cette interconnexion permet une meilleure réponse à la demande.

Stockage hebdomadaire

A partir de l'étude ADEME 100 % ENR pour le stockage hebdomadaire les trois scénarios TRI/rev3 prévoient de recourir aux Stations de Transfert de l'Energie par Pompage (STEP) du réseau national. Cet aspect n'est pas développé ici, le développement de STEP dans la Région Hauts-de-France apparaissant a priori exclu. On notera cependant que le recours aux STEP amène à introduire les possibilités d'interconnexion comme solution aux problèmes de variabilité des ENR régionales.

4.3.2. Les besoins de stockage de l'électricité excédentaire au pas journalier

Les besoins de stockage de l'électricité excédentaire au pas journalier résultent du décalage entre les heures de production et la période de forte consommation.

Puissance photovoltaïque installée

Le tableau ci-dessous présente les puissances photovoltaïques installées dans le scénario « production optimisée et sobriété ». Ce scénario a été choisi pour illustrer cette partie dans la mesure où il s'agit d'un scénario intermédiaire en ce qui concerne le développement du solaire photovoltaïque.

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Petites toitures	23	129	261	852	1 442	2 033	2 623	3 213
Grandes toitures, ombrières	80	457	926	3 018	5 110	7 202	9 294	11 387
Centrales au sol	21	540	1 187	1 450	1 712	1 975	2 237	2 500
Total (MW)	124	1 126	2 374	5 319	8 265	11 210	14 155	17 100

Tableau 9. Puissance photovoltaïque installée (scénario production optimisée et sobriété)

Les solutions envisageables

Les trois scénarios font l'hypothèse que l'équilibre journalier entre l'offre et la demande sera assuré d'abord par le transfert des consommations de certains appareils électriques vers les heures de production excédentaire et de faible demande ; cette solution est déjà partiellement mise en œuvre avec les chauffe-eau électriques à accumulation pilotables.

Une autre solution consiste à moduler la recharge des véhicules électriques aux heures de forte production excédentaire et de faible demande, ainsi que de se servir de la capacité de stockage offerte par les batteries des véhicules électriques pour répondre aux pics de consommation. Cela suppose la généralisation des chargeurs bidirectionnels et pilotables, intégrés à des smart grids, mais surtout de régler les problèmes de rémunération des services fournis par les propriétaires des batteries (particuliers ou constructeurs) en contrepartie de l'usure /dégradation de leurs batteries.

Selon le scénario ces deux technologies offriraient des capacités de stockage / déplacement de 557 MW pour les chauffe-eau électriques, quel que soit le scénario et de 393 MW (scénarios d'autonomie régionale faible et d'autonomie régionale forte) ou 523 MW (scénario production optimisée et sobriété) pour les batteries des véhicules électriques. Ces solutions ne requièrent pas d'investissements ou de dépense de fonctionnement autres que la généralisation des smart grids.

Scénario production optimisée et sobriété	Chauffe eau électriques	557
	Véhicules électriques	523
	Besoins complémentaires	1 287
Scénario autonomie régionale forte	Chauffe eau électriques	557
	Véhicules électriques	393
	Besoins complémentaires	1 491
Scénario autonomie régionale faible (de base)	Chauffe eau électriques	557
	Véhicules électriques	393
	Besoins complémentaires	828

Tableau 10. Puissance des moyens de stockage journalier (MW)



Les besoins complémentaires dépendraient des scénarios : 828 MW dans le scénario « autonomie régionale faible », 1287 MW dans le scénario « production optimisé et sobriété » et 1 491 MW pour le scénario « autonomie régionale forte ».

On fait ici l'hypothèse que le développement de l'autoconsommation couplé à du stockage par batterie permettra de satisfaire une grande partie des besoins de transferts entre les heures de production non pilotable excédentaire (journée pour le photovoltaïque) et les heures de consommations non déplaçables (soirée et début de matinée pour la consommation domestique).

Proposition de déploiement de la filière

Le stockage à mettre en place dans le cadre du scénario « production optimisée et sobriété » (1287 MW) est réparti entre les différents systèmes photovoltaïques au prorata des puissances installées. Sur la base des données disponibles sur la taille moyenne des différents systèmes (SDES) on retient les puissances unitaires suivantes pour les différentes catégories de photovoltaïque : petites toitures (systèmes individuels) : 4,5 kW ; grandes toitures : 50 kW et centrales au sol : 1 MW.

On obtient le parc d'installations de stockage suivant en 2050.

	Puissance totale	Puissance unitaire	nombre
Petites toitures	242	4,5	53 746
Grandes toitures	857	50	17 140
Centrales au sol	188	1000	188
	1 287		71 074

Tableau 11. Parc indicatif des installations de stockage en 2050 (MW et nombre)

A titre indicatif on a réparti le nombre de systèmes à mettre en place entre les différentes périodes en s'appuyant sur les puissances PV installées et en tenant compte d'un remplacement au bout de 10 ans (moyenne entre des systèmes neufs et des batteries en seconde vie).

	2015-20	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Petites toitures	356	442	2 331	2 417	4 306	4 392	6 281
Grandes toitures	114	141	743	771	1 373	1 401	2 003
Centrales au sol	8	10	12	14	16	18	20
Total	478	593	3 086	3 202	5 695	5 811	8 304

Tableau 12. Scénario optimisé : nombre de batteries à installer annuellement

La montée en puissance se produirait entre 2025 et 2030 avec plus de 3 000 systèmes de stockage installés par an ; à partir de 2035 ce chiffre monterait à près de 6000.

Les marchés et les emplois liés aux batteries pour le stockage journalier

Installation

Selon les déclarations de la représentante d'une des sociétés qui commercialisent les systèmes de batteries destinées à l'autoconsommation, le temps de travail nécessaire à l'installation du système de stockage serait d'une journée (hors installation photovoltaïque elle-même). Selon d'autres sources commerciales le coût de l'installation représenterait de l'ordre de 1 500 €.

Le ratio du chiffre d'affaires par salarié de la NAF 43.21 (installation électrique) est de 176 k€/salarié en équivalent temps plein par an, soit environ 800 € par jour (base 220 jours par an). Le coût de 1500 € pour l'installation correspondrait à deux jours de travail. Au-delà du travail direct de pose (une journée) il faut prendre en compte les autres emplois (administratif, commercial ...). Dans la NAF 43.21 le ratio des effectifs « ouvrier » sur le total de salariés est de 0,5. On obtiendrait ainsi de l'ordre de 1600 € pour l'installation. Les deux estimations convergent donc et on retiendra 2 jours de travail par installation pour un système individuel (domestique).

Sur la base du nombre de systèmes PV équipés de stockage installés annuellement, tels qu'indiqués ci-dessus et de 2 jours pour un système domestique (4.5 kW), 5 jours pour un système moyen (50 kW) et 10 jours pour un grand système (1 MW et au-dessus) le nombre total d'emploi aux échéances indiquées et le nombre d'emplois à former par an pendant les périodes intermédiaires seraient les suivants :



	2015-20	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Nombre journées	1 358	1 687	8 497	8 826	15 636	15 964	22 775
ETP	6	8	39	40	71	73	104

Tableau 13. Nombre d'emplois pour l'installation des batteries stationnaires

Comme on le voit, sous ces hypothèses (8% des MW solaires équipés de systèmes de stockage selon le scénario « production optimisée et sobriété ») le nombre de personnes à former est relativement réduit : une centaine en plusieurs dizaines d'années.

On notera que si la totalité des systèmes photovoltaïques individuels (petites toitures) étaient équipés d'un système de stockage (scénario d'autoconsommation), le nombre d'installations serait de l'ordre de 50 000 par an en année finale (y compris les remplacements), correspondant à de l'ordre de 500 ETP.

La fabrication des batteries

Une batterie est constituée d'accumulateurs. On exclut des calculs qui suivent la fabrication de ces accumulateurs : il n'y a pas aujourd'hui de perspective tangible de développement d'une production régionale, et si cette production devrait se développer, les seuils sont tels (le projet d'unité de fabrication de batteries Northvolt-ABB, prévoit la production de 32 GWh de batteries par an et d'employer 2000 à 2500 personnes) que l'installation d'une telle unité est impossible à programmer.

On retient par contre la production (montage, assemblage, incorporation de l'électronique, etc.) des batteries elles-mêmes à partir des accumulateurs.

Pour estimer l'emploi correspondant, on part de la valeur des batteries et on applique les ratios de production par emploi en équivalent temps plein.

Le coût des batteries (hors pose) est estimé à 320 €/kWh en 2015 (selon étude CGDD 2017), puis 200 €/kWh en 2020 et 100 €/kWh en 2030. On retient un ratio de 5 kWh/kW ce qui donne un coût des batteries au kW de 1 500 € en 2015 puis 1 000 € en 2020 et 500 € à partir de 2030.

On considère dans ce qui suit que ce sont principalement les accumulateurs dont le prix baissera tandis que la partie valeur ajoutée ne diminuera que faiblement. La part de l'assemblage resterait de l'ordre de 200 €/kW.

Puissance (MW)	2015-20	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Petites toitures	2	2	10	11	19	20	28
Grandes toitures	6	7	37	39	69	70	100
Centrales au sol	8	10	12	14	16	18	20
Total (MW)	15	19	59	63	104	107	148
Valeur de l'assemblage (M€)	3,1	3,8	11,9	12,7	20,8	21,6	29,7

Tableau 14. Puissance des batteries et valeur de l'assemblage

Pour passer de la valeur de l'assemblage à l'emploi on retient le ratio de la NAF 27.20Z (Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques), soit 245 k€/ETP en 2015 (+0.4% par an).

	2015-20	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Valeur M€	3,1	3,8	11,9	12,7	20,8	21,6	29,7
Nombre ETP	12	15	47	49	78	80	107

Tableau 15. Emploi dans l'assemblage des batteries

En équivalent temps plein, sous les hypothèses faites, l'emploi direct dans l'assemblage et l'installation des batteries correspondant aux 1 287 MW cumulés en 2050 serait de l'ordre d'une centaine en 2030 et de 200 en 2050.

	2015-20	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Installation	6	8	39	40	71	73	104
Assemblage	12	15	47	49	78	80	107
Total	18	23	86	89	149	153	211

Tableau 16. Emploi dans l'assemblage des batteries



4.3.3. Les besoins de stockage inter-saisonnier ; le développement d'un écosystème hydrogène

Même après lissage et transferts des consommations il resterait d'importants surplus de production non pilotables (sauf arrêt des installations) au cours des mois d'été, alors que la consommation est maximale en hiver.

Sur la base des études ADEME « mix électrique 100% renouvelable » et ADEME – GRT gaz – GRDF sur « l'hydrogène et la méthanation comme procédé de valorisation de l'électricité excédentaire » la solution retenue dans les scénarios consiste à transformer l'électricité excédentaire en hydrogène par électrolyse. Il s'agit de transférer des surplus de production électrique de l'été pendant lequel ils ne sont pas utilisés à l'hiver.

La solution consiste à (re)produire de l'électricité à partir de l'hydrogène soit par combustion directe soit par méthanation pour alimenter des centrales au gaz, soit encore par des piles à combustibles stationnaires. Compte tenu des rendements des diverses transformations (électrolyse puis reconversion en électricité) la rentabilité de ces diverses solutions est encore incertaine.

Le coût de la transformation de l'électricité excédentaire en hydrogène par électrolyse est en effet fortement dépendant de la durée de fonctionnement des électrolyseurs. Il semble qu'en dessous de 3 000 à 4 000 heures de fonctionnement le coût de production de l'hydrogène devienne prohibitif.

Il n'est pas possible dans le cadre de ce rapport de se prononcer de façon définitive sur ces points à un horizon aussi éloigné que 2050 ; on notera que dans les scénarios la conversion des surplus d'électricité en hydrogène ne prend réellement de l'ampleur qu'à partir de 2030.

On examine ci-dessous diverses configurations pour la production de l'hydrogène et dans la partie suivante les utilisations potentielles de l'hydrogène dans la mobilité.

Les options de production d'hydrogène par électrolyse

Rappel de la production d'hydrogène dans le scénario « production optimisée et sobriété ».

	2025	2030	2035	2040	2050
Production de H ₂ par électrolyse (GWh)	461	1 799	3 956	6 963	16 562

Tableau 17. Production d'hydrogène par électrolyse

Un paramètre déterminant en ce qui concerne l'impact sur l'emploi de la production d'hydrogène est le caractère centralisé ou non de la production. Comme on l'a indiqué en présentant les projets actuellement en cours – mais l'examen des projets d'autres régions irait dans le même sens – deux modèles existent :

- Un modèle centralisé, illustré par le projet H2V de 400 MW qui consommerait à lui seul de l'ordre de 3 TWh d'électricité. Fonctionnant de façon quasi continue (7000 h / an) il ne pourrait pas s'approvisionner en électricité uniquement à partir des excédents de production régionaux. La hausse du prix du carbone (contribution énergie climat) pourrait rendre ce modèle rentable à moyen terme. Sans spécialement viser le stockage de la production excédentaire d'électricité il pourrait lui apporter une contribution partielle.
- Un modèle décentralisé qui pourrait absorber au niveau local des excédents de production liés à des parcs éoliens terrestres et/ou des installations solaires de moyenne et grande puissance. La rentabilité économique d'un tel modèle n'est pas démontrée, compte tenu en particulier du nombre limité d'heures auquel pourrait fonctionner le système ; du point de vue technico-économique deux problèmes sont à résoudre : les modalités du stockage de l'hydrogène et de sa (re)conversion en électricité pour satisfaire les périodes de forte demande.

Les impacts sur l'emploi du modèle centralisé qui offre a priori de meilleures conditions de rentabilité sont examinés ci-dessous. L'annexe présente les impacts sur l'emploi du modèle décentralisé.

Marchés et emplois liés au développement du stockage par électrolyse

On se fixe pour objectif de produire les quantités d'hydrogène indiquées dans le scénario « production optimisée et sobriété » soit 16,6 TWh.

On prend pour base les paramètres d'unités « de type H2V », dont les caractéristiques sont les suivantes : 400 MW de capacité des électrolyseurs, 450 M€ de coût d'investissement, 70 000 tonnes d'hydrogène produites (2,3 TWh) pour 200 emplois).



L'objectif de production est atteint avec la mise en place de 2 868 MW (soit environ 7 unités de 400 MW) entre 2025 et 2050. On détermine l'évolution du parc en fonction de l'évolution de la production, puis les installations annuelles moyennes par période de cinq ans.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Production H ₂ GWh	461	1 799	3 956	6 963	11 179	16 562
Parc d'électrolyseurs MW	80	312	685	1 206	1 936	2 868
Installations annuelles *	16	56	90	134	190	254

* y compris remplacement au bout de 10 ans

Tableau 18. Parc et installations annuelles d'électrolyseurs : modèle centralisé

L'assemblage des électrolyseurs

La production de cellules d'électrolyse semble une activité exclue pour les besoins d'une seule région comme les Hauts-de-France, d'autant qu'il existe déjà plusieurs fabricants français installés dans d'autres régions (AREVA H2 Gen aux Ulys, McPhy Energy dans la Drôme).

Par contre l'assemblage des électrolyseurs à partir des cellules peut être envisagé. On retient les ratios du projet H2V. Ce projet prévoit d'assembler les électrolyseurs achetés au Norvégien NEL Asa. 40 personnes (techniciens, mécaniciens et électriciens) seront mobilisées pour assembler chaque tranche de 100 MW. On retient le ratio de 2,5MW par ETP et par an.

Le coût des électrolyseurs est de l'ordre de 0,6 M€/MW ; si la part de l'assemblage est de 20% cela correspond à un chiffre d'affaires de 300 k€ /ETP, légèrement supérieur au ratio de la NAF 33.20D (Installation d'équipements électriques, de matériels électroniques et optiques ou d'autres matériels : 306 k€ de chiffre d'affaires par équivalent temps plein en 2015).

L'installation des électrolyseurs

On part du rapport entre le coût des électrolyseurs proprement dits et le coût total de l'investissement pour le projet H2V, soit 56% ; le coût de l'installation (bâtiment, installation proprement dite des électrolyseurs et des annexes, raccordement aux réseaux divers ...) serait de 0,44 M€ /MW. On retient ce coût et on applique au montant obtenu le ratio de la NAF 33.20D (Installation de machines et d'équipements industriels) pour obtenir les emplois.

On obtient les **emplois d'assemblage et d'installation** suivants

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Puissance installées annuelles (MW)	16	56	90	134	190	254
Emplois (en ETP)	43	147	233	344	480	630

Tableau 19. Emplois dans l'assemblage et l'installation des électrolyseurs : modèle centralisé

La gestion des électrolyseurs

Pour calculer le nombre d'emplois pour la gestion des électrolyseurs on prend comme base le ratio « H2V » soit 200 emplois pour 400 MW (1 emploi pour 2 MW).

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Parc d'électrolyseurs (MW)	80	312	685	1 206	1 936	2 868
Emplois (en ETP)	40	156	343	603	968	1 434

Tableau 20. Emplois dans l'exploitation des électrolyseurs : modèle centralisé

L'estimation du nombre total d'emplois directs liés à la production d'hydrogène par électrolyse dans le modèle centralisé est ainsi la suivante.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Production H ₂ GWh	461	1 799	3 956	6 963	11 179	16 562
Parc d'électrolyseurs MW	80	312	685	1 206	1 936	2 868
Installations annuelles *	16	56	90	134	190	254
Emplois installation et assemblage	43	147	233	344	480	630
Emplois exploitation, gestion	40	156	343	603	968	1 434
Total	83	303	576	947	1 447	2 064

Tableau 21. Emploi direct total dans la production d'hydrogène par électrolyse : modèle centralisé



Utilisation de l'hydrogène pour la mobilité

Les scénarios ne décrivent pas explicitement le développement de la mobilité à base d'hydrogène, que ce soit pour le transport routier, ferroviaire ou autre. Les développements ci-dessous tentent donc de fixer des ordres de grandeur pour illustrer quel pourrait être l'impact d'un développement de la mobilité hydrogène.

On ne se prononce pas sur la compétitivité à terme de la mobilité hydrogène par rapport à la mobilité électrique par batterie, sachant d'une part que les stations de distribution sont très onéreuses et que la consommation exprimée en équivalent électrique est plus élevée pour la filière hydrogène que pour la voiture électrique avec batterie.

Compte tenu de la spécificité des besoins, la consommation la plus importante proviendra des autocars, bus et poids lourds, pour lesquels l'électrification par batterie est peu adaptée. Sur la base de 10 kg / 100 km²⁸ si 40% du parc de bus, autocars et poids lourds (50 000 en 2050) est équipé de piles à combustible et parcourt 100 000 km / an en moyenne la consommation représenterait 200 000 tonnes de H₂ par an, équivalent à 6,6 TWh.

En prenant en compte quelques véhicules particuliers (flottes captives, taxis ...), les VUL et les autres modes de transport la consommation d'hydrogène mobilité pourrait représenter 250 000 tonnes par an ce qui absorberait environ 10 TWh d'électricité.

Les stations de distribution

Le développement de la mobilité hydrogène suppose la mise en place d'un réseau de stations ; le nombre de véhicules hydrogène étant selon l'hypothèse faite ici proche de celui des véhicules GNV/biométhane on retient un nombre de stations comparables soit de l'ordre de 1 500. Cela correspond à une distribution moyenne de l'ordre de 500 kg par jour. Le coût d'une station est de l'ordre de 6 000 €/kg/jour²⁹ on obtient un investissement unitaire de 3 M€ par station.

On adopte une croissance exponentielle pour le développement des stations hydrogène pour arriver à 1500 stations en 2050 ; de ce fait l'essentiel de la croissance se fait les dernières années.

	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Nombre moyen de stations installées par an	9	9	18	39	84	159
Coût installation (M€)	27	27	54	117	252	477

Tableau 22. Investissements pour les stations de distribution de l'hydrogène

Emplois dans l'installation des stations

On part des coûts d'investissement et d'un ratio chiffre d'affaires par emploi en équivalent temps plein obtenu en faisant la moyenne entre les ratios de la NAF 332 installation d'équipements (226 k€/ETP) et la NAF 4399 (travaux de construction spécialisés n.c.a. 244 k€/ETP).

	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Nombre moyen de stations installées par an	9	9	18	39	84	159
Montant (M€)	27	27	54	117	252	477
Emplois (ETP)	113	110	216	460	970	1 801

Tableau 23. Emplois dans l'installation des stations de distribution

Emplois dans la gestion des stations

On prend comme hypothèse qu'il faut de l'ordre de deux emplois par station de distribution, pour un chiffre d'affaires de l'ordre de 1 M€.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Chiffre d'affaires	46	92	184	383	766	1531
Nombre de stations	45	90	180	375	750	1 500
Emplois	90	180	360	750	1 500	3 000

Tableau 24. Emplois dans la distribution d'hydrogène mobilité

²⁸ cf. fiche AFHYPAC n° 9.2.1

²⁹ Le coût de la nouvelle station d'Orly est plus élevé (2 M€ pour 200 kg H₂/jour)



Autres utilisations

Les autres utilisations de l'hydrogène (solde entre la production totale et la consommation mobilité) sont les utilisations industrielles, l'utilisation en mélange avec le gaz naturel et/ou le biométhane (Hythane® du projet GRHYD) et enfin la méthanation. On ne dispose pas de données et de ratios permettant de positionner la demande pour ces diverses utilisations. S'agissant de la méthanation l'étude pour l'ADEME, GRTgaz et GRDF citée indique qu'à l'horizon 2050 les coûts de production de la filière méthanation s'étagent entre 92 et 113 €/MWh alors que ceux de la filière hydrogène sont de 56 à 60€. L'étude ne prend cependant pas en compte la plus grande facilité d'utilisation du méthane (réseau et usages existants).

4.3.4. Récapitulatif des emplois pour le stockage et l'hydrogène mobilité

Globalement dans le modèle centralisé, le stockage par batteries et la filière hydrogène pourraient – sur les activités identifiées – se traduire par la création de plus de 7000 emplois, essentiellement dans l'assemblage et l'installation des batteries et des électrolyseurs à partir de composants importés, ainsi que dans l'exploitation et la gestion des électrolyseurs et des stations de distribution d'hydrogène.

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Assemblage	23	75	94	146	175	234
Installation	156	269	445	808	1 428	2 408
Gestion	130	336	703	1 353	2 468	4 434
Total	309	679	1 241	2 306	4 071	7 076
Batteries	23	86	89	149	153	211
Electrolyse	83	303	576	947	1 447	2 064
Hydrogène mobilité	203	290	576	1 210	2 470	4 801
Total	309	679	1 241	2 306	4 071	7 076

Filières rendues vulnérables

Les activités en déclin du fait du développement des filières de stockage et de mobilité hydrogène seraient les suivantes :

- Conséquences du stockage par batteries pour l'autoconsommation : la seule conséquence « négative » pour l'emploi dans d'autres filières du développement de cette filière serait la baisse de l'achat de l'électricité aux distributeurs ; cela peut se traduire par une baisse de chiffre d'affaires mais la baisse en termes d'emploi paraît très hypothétique et est certainement très faible par rapport aux impacts d'autres politiques (mise en place de Linky).
- Conséquences de la production d'hydrogène par électrolyse : s'agissant de la production pour le stockage inter-saisonnier il peut y avoir une perte d'emploi dans les moyens de production de pointe ; par exemple la Centrale de Bouchain (575 MW, 3 TWh, 46 salariés directs et de l'ordre de 50 salariés indirects) pourrait perdre sa justification.
- Hydrogène mobilité : c'est certainement le développement de cette filière qui aura le plus d'impact négatif avec la baisse des emplois dans les réseaux de distribution de combustibles du fait de la réduction des consommations de combustibles fossiles (cf. également développement de l'électromobilité).

4.4. Les métiers et les compétences

Compte tenu de la faiblesse actuelle de l'activité des filières concernées il n'existe pas dans la littérature de description des métiers spécifiques liés à leur développement.

Les interlocuteurs rencontrés ont mis l'accent sur les formations internes ou sur par les fournisseurs d'équipements (par exemple assemblage des électrolyseurs).

Pour le reste des emplois il s'agit de renforcer des compétences de professions existantes (électriciens ...) dans des domaines plus spécialisés (travail sous tension, sécurité ...).

Il existe dans les Hauts-de-France de nombreuses formations pour les électriciens et de façon générale la filière de l'installation électrique.

Pôle emploi répertorie ainsi 97 formations Electricité bâtiment autour des Hauts-de-France

- 36 Au niveau CAP/BP,



- 13 au niveau BAC Pro (technicien en électricité ; Bac pro des métiers de l'électricité : lycée technique Soissons, Saint-Quentin, AFPA, PROMEO, GRETA,
- 13 au niveau DUT (génie électrique)/ BTS (électrotechnique) dans la quasi-totalité des universités de la région plus PROMEO en Picardie),
- 18 au niveau ingénieur (Ingénieurs systèmes électriques, master systèmes électriques) dans la quasi-totalité des universités, PROMEO, CNAM.

Par contre les formations identifiées pour la filière hydrogène sont plus limitées : quelques formations supérieures intègrent l'hydrogène dans leurs programmes tels que l'université du Littoral et de la Côte d'Opale et l'Ensiame. Au niveau Bac on peut noter le lycée Saint Joseph de Saint-Martin-Boulogne.

Université de la côte d'Opale Ecole d'ingénieur du Littoral
<http://www.eilco-ulco.fr/cycle-ingenieur-genie-industriel/>

En dernière année, les élèves ingénieurs suivent un tronc commun en Management Industriel et, en fonction de leur projet professionnel, choisissent un des deux parcours de professionnalisation suivants :

Le parcours Production d'énergie qui a pour objectif la connaissance des différents moyens de production d'énergie principalement électrique (énergies renouvelables – éolien, solaire, hydraulique, géothermique, biomasse... – énergie nucléaire, énergie fossile) ainsi que des principes fondamentaux de production à partir d'une source de chaleur. La gestion de l'énergie électrique y est également abordée (stockage, transport, distribution, maintenance et sécurité des centrales de production, économie d'énergie).

Lycée Saint Joseph Boulogne-sur-Mer
<http://www.st-jo.com/>

Le lycée Saint-Joseph, aussi appelé lycée Saint-Jo, est un établissement français privé d'enseignement secondaire et supérieur, situé à Saint-Martin-Boulogne près de Boulogne-sur-Mer dans le Pas-de-Calais.

Le label Lycée des Métiers des Energies, du Numérique et de l'Automation a été obtenu en 2016 : au travers de ses trois pôles Energies, Numérique et Automation, le lycée Saint Joseph s'inscrit dans la démarche liée à la Troisième Révolution Industrielle impulsée par la région Nord Pas de Calais. Compétition de véhicules hydrogène organisée en 2017

Ensiame (valenciennes) Université de Valenciennes et du Haut Cambresis
<http://www.univ-valenciennes.fr/ensiame/page-daccueil-ensiame>

L'École nationale supérieure d'ingénieurs en informatique, automatique, mécanique, énergétique et électronique est l'une des 210 écoles d'ingénieurs françaises habilitées à délivrer un diplôme d'ingénieur. 1000 étudiants : Formation en mécanique et énergétique débouchés éventuels vers la filière hydrogène ...

Electrolyseurs

Pour l'instant compte tenu du niveau d'avancement des projets les profils d'emplois ne sont pas encore définis.

Compte tenu de l'importance des traditions industrielles dans la région les initiateurs des projets ne pensent pas rencontrer à court terme des problèmes de recrutement importants pour les emplois envisagés.

Le pré-assemblage des électrolyseurs pourra être fait sur place ; pour une tranche de 100 MW il mobiliserait de l'ordre de 40 personnes pendant un an ; il s'agira de techniciens, mécaniciens et électriciens qui recevront une formation de la part du fournisseur.

Le personnel formé dans l'assemblage pourra ensuite être intégré à la production d'hydrogène.

Batteries

La situation est la même s'agissant de l'installation des batteries pour les systèmes de stockage.

S'agissant de l'installation de ces systèmes, qui mobilisera peu d'emplois, la formation interne des vendeurs de système sera la règle.

Il n'a pas été possible de collecter des informations sur l'assemblage des batteries ; on notera que depuis plusieurs années les exigences de formation pour les salariés intervenants sur les systèmes électriques ont été renforcées : à compter du 1er janvier 2018, l'employeur doit former ses salariés aux TST (travaux sous tension) dans un organisme de formation agréé. Pour les salariés réalisant déjà des TST sur les installations électriques, l'employeur devra les former (recyclage) dans un organisme agréé TST avant le 1er janvier 2020.



Des entreprises, des groupements professionnels (FIEEC, Chambre Syndicale des Entreprises d'Équipement Électrique - CSEEE) ou des organismes de formation (Formapelec...) proposent des stages spécifiques de mise à niveau pour les travaux sous tension sur batteries spécifiques aux "installations" formations de type TST.

Ces exigences s'appliqueront aux électriciens impliqués dans les activités concernées.

De façon générale les besoins de formation ne se poseront à une échelle significative que dans de nombreuses années avec l'éventuelle massification des systèmes énergétiques esquissés (stockage hydrogène) ; dans la plupart des cas il s'agira plus d'anticiper et d'accompagner une évolution des métiers et un renforcement des compétences que de nouveaux métiers en tant que tel. Ce que les formations existantes semblent en situation d'assurer en ce qui concerne tant la formation de base que la transmission des nouvelles compétences.



Annexes

Résumé des entretiens.

Les entretiens ont permis d'éclairer les problèmes de formation sans toutefois apporter d'éléments quantitatifs

Entretien 1

Il n'est pas sûr que le développement d'une filière hydrogène se traduira par de nouveaux emplois ; si tel est le cas il s'agira plutôt d'emplois dans les services (entretien et maintenance des véhicules hydrogène, stations hydrogène, transport de l'hydrogène ...) et éventuellement dans les secteurs traditionnels de compétence des Hauts-de-France et en particulier la fabrication des équipements de transports et de leurs composants.

Il est par contre jugé peu probable que la région développe une filière de production d'électrolyseurs ou de piles à combustibles. D'autres régions françaises sont déjà sur les rangs. En particulier Auvergne Rhône Alpes (Mc Phy) mais aussi la région Ile de France avec AREVA H2 Gen (production d'électrolyseurs PEM aux Ulis. Il n'y a pas de fabricants français comparables aux grands producteurs mondiaux (de plus en plus l'apanage des constructeurs automobiles ou des fabricants d'électrolyseurs) dans le domaine des piles à combustible (hormis à une moindre échelle SymbioCell qui produit des prolongateurs d'autonomie pour véhicules électriques en région Bourgogne Franche Comté pour les Kangoo fabriquées à l'usine MCA de Maubeuge).

La transformation des emplois dépendra du segment mais elle prendra la forme d'un complément de compétences sur les emplois et des métiers existants : utilisation, entretien, réparation, maintenance des équipements utilisant l'hydrogène au lieu des autres vecteurs énergétiques (produits pétroliers, gaz naturel comprimé ou liquéfié, électricité ...). Dans ce cadre un certain accent pourrait être mis sur la sécurité ...

Les emplois sont à rechercher dans l'installation et les études d'implantation de stations et ou d'unités de production, éventuellement dans l'assemblage des électrolyseurs à partir des cellules (H2V prévoit 40 emplois dans l'assemblage des stacks fournis par SEM ; cela paraît réaliste, faisable techniquement

L'Air Liquide a un savoir-faire particulier dans la chaîne de l'hydrogène : le pôle de Dunkerque et plus largement du Nord de France pourrait avoir un rôle spécifique avec les usines de Waziers et de Frais Marais ...

Il faudrait faire le point sur les savoir faire spécifiques : si on ne construit pas de piles à combustible on peut former des gens pour la maintenance et la définition des spécifications des systèmes dans l'optique des équipements de transport.

Le type de formation c'est l'électrochimie, les gaz, les électrolyseurs, la filtration, la liquéfaction, la compression... etc. Il faut constituer un écosystème de formation sur le plan territorial qui soit prêt à fonctionner lorsque la massification aura lieu ...

On pourrait s'inspirer de la formation de la filière Electrochimie et procédés pour l'énergie et l'environnement (EPEE) à l'INP Grenoble : qui couvre l'éco-conception et l'éco-industrie, les énergies décarbonées (accumulateurs, batterie, pile à combustible), la déconstruction et le traitement et recyclage des déchets.

Entretien 2

Pour l'instant compte tenu du niveau d'avancement du projet les profils d'emplois ne sont pas encore définis ; cependant H2V ne pense pas rencontrer des problèmes de recrutement importants pour les 200 emplois prévus à terme sur le site, compte tenu de l'importance des traditions industrielles dans la région.

Pré-assemblage des électrolyseurs

Il sera fait sur place et mobilisera de l'ordre de 40 personnes par an ; il s'agira de techniciens, mécaniciens et électriciens qui recevront une formation de la part de NEL (éventuellement sous forme d'un stage).

Actuellement le schéma est le suivant : pré assemblage d'une tranche de 100 MW par an, pendant cinq ans ; à la fin le personnel engagé dans le pré assemblage pourra soit être intégré à l'unité de production d'hydrogène soit continuer le travail de pré assemblage d'autres unités d'électrolyse si des contrats de vente sont conclus.

L'impact sur l'emploi pourrait être plus important sur les activités « aval » : la distribution (stations de recharge, emplissage de bouteille ...) et utilisation de l'hydrogène, la recherche, l'exportation par bateaux.

Entretien 3

Fonctionnement

On se place en aval de la production d'ENR, qui n'est donc pas abordée ici.

Les installations expérimentées sont « conteneurisées » ; actuellement 1 conteneur de 20 pieds pour la production de H₂ et un autre pour le dispositif d'injection (le stockage est à part). Ce sont des installations qui fonctionnent 'en automatique' et ne demandent pas de personnel permanent ; les interventions humaines sont limitées à la maintenance, y compris préventive (1 à 2 jours par an) et aux cas de dysfonctionnements, donc très peu d'emploi (de technicien qui pourraient certainement être formés en interne par ENGIE INEO.



Investissement

Les équipements actuellement testés sont fabriqués par AREVA H2 Gen (électrolyseurs PEM) et McPhy Energy (stockage solide) dans leurs usines situées en dehors des Hauts-de-France (les Ulis pour AREVA H2 Gen et La Motte Fanjas pour McPhy Energy. Il est peu probable que la production soit « rapatriée » en Hauts-de-France.

Les principaux emplois seraient donc ceux liés à l'installation des équipements ; il s'agit de travaux de BTP classiques (terrassment, raccordement ...) assez peu spécialisés et pour lesquels on pourrait faire appel à des entreprises locales, y compris les représentations régionales de grands groupes). Les temps sont relativement limités de l'ordre de quelques personnes pendant quelques mois (soit pour le type de projet considéré au maximum 1 équivalent temps plein), sans spécialisation spécifique par rapport aux BTP habituel.

D'autres emplois concerneraient les études (avant projet et ingénierie projet) des nouvelles installations : recueil des conditions locales concernant la production d'électricité renouvelable et sa demande, les besoins de gaz habitat, mobilité ..., ainsi que l'expertise du réseau local de distribution...

Cela peut demander quelques personnes à temps partiel par projet ; pour l'instant le projet a fait appel à ENGIE INEO (centre de Normandie), ENGIE et GRDF (Paris) et le CEA (Grenoble). Il serait envisageable que des bureaux locaux se spécialisent si le volume de travail le justifiait (spécialisation en ingénierie hydrogène ...). On comptera ½ équivalent temps plein ...

Globalement les métiers concernés sont des électriciens, automatismes, ingénieur d'études gaz ... Les formations éventuelles peuvent être dispensées par les entreprises (équipementiers : AREVA H2Gen, McPhy Energy)

Entretien 4

Il est difficile à caractériser quantitativement et qualitativement

Il s'agit de production très automatisées et les projets sont livrés « clés en main ». Dans une phase de développement pour un projet – de taille petite ou moyenne – on ne peut guère prévoir que quelques fractions d'emplois dans les études amont (avant projet, ingénierie) et dans l'entretien, ainsi que dans l'installation (raccordement aux réseaux).

Les formations correspondantes peuvent être assurées par les fournisseurs ou les exploitants spécialisés.

Le principal impact en termes d'emplois serait plutôt à rechercher dans les emplois indirects, qu'il s'agisse des emplois dans des activités dont la compétitivité serait améliorée par l'utilisation d'hydrogène (activités portuaires, mobilité ...) ou des activités liées à la fabrication d'équipements (de maintenance, de transports...) utilisant l'hydrogène. Pour l'instant il n'y a pas d'évaluation de ce type d'emploi. Ils seraient en tout état de cause inclus dans les filières correspondantes (portuaires, logistique, mobilité, équipements de transport).

Entretien 5

Il est probable que la multiplication de petites unités de production locales permettra de développer de nombreux emplois locaux (installation, entretien, maintenance, réparation...). Les emplois seront plus dans les services que dans la fabrication : il faudra apprendre les compétences de gestion des services qui se développeront autour du stockage ;

Un paramètre important sera le niveau de décentralisation des solutions ou des systèmes mis en place : le nombre d'emplois ne sera pas le même pour 2 MW centralisés et pour 2 MW décentralisés localisés auprès de nombreux producteurs ; c'est actuellement impossible à prévoir.

La région Hauts-de-France et EDF ont conclu, le 8 mars, un [nouveau partenariat pour une stratégie énergétique à la fois créatrice d'emploi et durable](#).

Ce partenariat comprend trois volets dont un volet sur la filière nucléaire Grand Carénage – NUCLEI- et Conditions d'installation d'un EPR NM à Gravelines – NB ce point est considéré par le comité de pilotage de l'étude comme « hors scénario REV3 ».

Le deuxième volet vise à soutenir l'emploi et la formation dans le secteur énergétique en Hauts-de-France : intégration des actions EDF dans les dispositifs régionaux (Proch'Emploi, alternance et développement du [Campus Dalkia](#) de formation aux métiers de l'énergie.

Le troisième volet concerne la réflexion engagée dans le cadre de CORREI qui doit permettre d'accompagner la transition énergétique des Hauts-de-France.

Les travaux en cours doivent permettre de mieux quantifier les nouveaux emplois ainsi que les compétences liés en particulier à la production décentralisée des ENR ; comment les compétences et les profils vont progressivement de transformer.

Il y a déjà une certaine pénurie d'électriciens ; des entreprises font état de difficultés de recrutement. Les compétences à acquérir dans l'électricité sont plus compliquées que dans le thermique par exemple or tous les systèmes en développement ont maintenant une part en augmentation d'éléments ou de composants électriques / électroniques ou encore d'informatique et d'automatisme ; ces compétences doivent être acquises massivement : il y a des opportunités à saisir par exemple dans l'entretien des parcs éoliens, mais aussi par exemple sur la mobilité électrique. EDF réfléchit avec la Région dans le cadre d'un Observatoire des qualifications.



Entretien 6

Dans la chaîne de valeur l'impact en termes d'emploi est très variable

Production des systèmes de stockage (conception, construction ...). Ce sont des opérations « one shot » une fois que le système est mis en place il faut passer à un autre projet, chercher d'autres marchés dans la région ou à l'extérieur ; cela peut représenter un nombre d'emplois important. A titre de repère, selon les études que RTE a mené sur sa propre activité, avec un montant d'achats régional 2016 de 106 millions d'euros auprès des entreprises des Hauts-de-France, RTE est au cœur d'un écosystème qui représente près de 3 000 emplois et mobilise 577 fournisseurs régionaux dont 374 PME (chiffres cités dans le document « Bilan électrique Hauts-de-France 2016 »). Pour les batteries actuelles (type lithium-ion) les pays d'Asie ont un avantage important qu'il sera difficile de rattraper compte tenu de conditions économiques plus favorables, de normes environnementales moins strictes ... Il faudrait que les efforts européens (projets d'usines de production de batteries Northvolt-ABB, TerraE Holding, Daimler ...) débouchent rapidement pour pouvoir concurrencer les producteurs asiatiques.

Exploitation Maintenance

Il y a d'autant plus d'emplois que les systèmes présentent des risques ou sont complexes : par exemple si ils mettent en jeu des fluides, des machines tournantes (exemples volants d'inertie...). Les systèmes qui mettent en jeu des batteries ont très peu d'emplois de maintenance ; la surveillance est très automatisée.

S'agissant plus spécialement de RTE il y a des programmes de formation en interne axés en particulier sur les opérations de maintenance en « milieu risqué » (sécurité de manipulation des objets ...).

Parmi les autres remarques sur l'emploi : Insister sur le caractère local des emplois de maintenance et de remplacement des batteries, possibilité de développer une activité de récupération / recyclage local, métiers de la logistique

Les Hauts-de-France ont une carte à jouer avec des centres de recherche performants sur de nouvelles technologies développées par exemple par le Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie –RS2E (cf. LCRS et Cluster « Autonomie Energétique » d'Amiens) – et la présence d'une filière automobile importante. A terme la création d'une filière (batteries Sodium – ion ...) est envisageable.



Production d'hydrogène : le modèle décentralisé

Un paramètre déterminant en ce qui concerne l'impact sur l'emploi de la production d'hydrogène est le caractère centralisé ou non de la production. Il a semblé utile de compléter l'examen du modèle centralisé présenté ci-dessus par une analyse exploratoire d'un modèle décentralisé.

Un tel modèle décentralisé serait tourné vers l'absorption au niveau local des excédents de production liés à des parcs éoliens terrestres et/ou des installations solaires de moyenne et grande puissance. La rentabilité économique d'un tel modèle n'est pas démontrée, compte tenu en particulier du nombre limité d'heures auquel pourrait fonctionner le système.

L'hypothèse faite pour illustrer le système de production décentralisée à mettre en place serait d'associer à chaque parc éolien (329 actuellement pour une puissance cumulée de 3,3 GW, soit 10 MW en moyenne par parc, et vraisemblablement, en supposant un doublement de la puissance moyenne des parcs, entre 700 et 800 en 2050 pour une puissance totale de 14,4 GW dans le scénario production optimisée et sobriété, un électrolyseur d'une puissance d'entrée de l'ordre de 20 MW. On retient 7,5 TWh comme production d'électricité excédentaire disponible pour les électrolyseurs (20% de la production des aérogénérateurs). Avec un rendement des électrolyseurs de 80% (hypothèse 2050), cela permettrait de produire 6 TWh d'hydrogène sur les 16,6 TWh projetés dans le scénario. Chaque système produirait 240 tonnes d'hydrogène (8 GWh avec un ratio de 33 MWh par tonne) ce qui représente un volume de 6 000 m³ (ratio de 25 m³ par tonne sous 700 bars) à stocker ou transporter.

On peut faire une hypothèse similaire pour les systèmes solaires de moyenne puissance et les centrales au sol. Les puissances envisagées en 2050 dans le scénario production optimisée et sobriété de 11,4 GW pour le photovoltaïque sur les grandes toitures et de 2,5 GW pour les centrales au sol. On fait l'hypothèse qu'un quart des grandes toitures serait équipé de moyens de production d'hydrogène. On retient 20% comme ratio de la production excédentaire disponible pour la production d'hydrogène. Sur la base de 1 GWh/MW on obtient 1,07 TWh de production électrique excédentaire mobilisable pour l'électrolyse. Cela permettrait la production de 0,84 TWh d'hydrogène.

En retenant une puissance moyenne de 50 kW pour les grandes installations et de 1 MW pour les centrales au sol il faudrait installer en une vingtaine d'année de l'ordre de 57 500 systèmes pour les grandes toitures et 2 500 pour les centrales au sol. Chaque système associé à une grande toiture produirait 8 MWh d'hydrogène (0,8*0,2*0,05 GWh), soit 240 kg et 6 m³ d'hydrogène sous 700 bars. Chaque système associé à une centrale au sol produirait 20 fois plus, soit 4,8 tonnes et 120 m³ d'hydrogène.

La mise en place de ces systèmes décentralisés se heurte d'une part à la capacité de stockage de l'hydrogène à mettre en place et d'autre part à l'incertitude sur les utilisations de cet hydrogène. Cette incertitude est liée d'une part au transport (l'hydrogène produit est-il stocké et utilisé sur place, injecté dans un réseau ou transporté vers les lieux d'utilisation ?), et d'autre part au mode de (re)conversion de l'hydrogène en électricité pour répondre aux périodes de forte demande.

Comme le montre l'étude ADEME portant sur l'hydrogène et la méthanation comme procédé de valorisation de l'électricité excédentaire la rentabilité économique des filières est incertaine.

L'hydrogène : une question d'utilisation ...

La conversion des excédents d'électricité en hydrogène pose le problème de l'utilisation de cet hydrogène, c'est à dire de la reconversion de l'hydrogène en électricité.

Comme indiqué ci-dessus cette reconversion peut se faire soit par combustion directe (rendement très faible) soit par le biais de centrales CCG alimenté en méthane issu de la méthanation de l'hydrogène, soit enfin par le biais de piles à combustibles stationnaires.

On fait l'hypothèse que la solution pile à combustible stationnaire sera retenue à l'horizon 2050. Chacune des unités identifiées ci-dessus serait donc équipée d'un électrolyseur « réversible » et d'une capacité de stockage.

Des prototypes de piles à combustibles réversibles ont été mis au point par le CEA et sont produites et commercialisées par la société Syllfen qui met en œuvre la technologie à oxydes solides à haute température (reversible Solid Oxide Cells ou rSOC) développée au CEA depuis plus de 12 ans, dont l'implémentation réussie sur une installation pilote en 2014 a constitué un record de performance mondiale en électrolyse.

Ce processeur d'énergie, appelé aussi électrolyseur réversible ou pile à combustible réversible, apporte de nouvelles fonctionnalités : (i) il fonctionne comme un électrolyseur pour stocker de l'électricité sous forme d'hydrogène puis (ii) comme une pile à combustible pour produire électricité et chaleur à partir de cet



hydrogène ou de (bio)-gaz.

On peut prévoir que si la mobilité hydrogène se développe fortement – ce qui est, avec les véhicules électriques à batteries et les véhicules biométhane un des axes de développement des constructeurs automobiles la R&D sur les piles à combustible, puis leur fabrication à grande échelle permettront d'améliorer les performances et de réduire les coûts.

Cette solution outre qu'elle est un véritable stockage / déstockage d'électricité présente l'avantage d'éviter d'avoir à transporter l'hydrogène – opération coûteuse – puisque celui-ci est stocké où il a été produit et sera (re)converti en électricité.

Sans se prononcer sur la faisabilité technico-économique de cette solution, dont le rendement global est faible, à l'horizon 2050, on retiendra dans ce qui suit, pour fixer les idées :

la mise en place à l'horizon 2050 de 500 systèmes de grande taille composés d'électrolyseurs « réversibles » de 20 MW et d'une capacité de stockage unitaire de 240 tonnes d'hydrogène³⁰ associés à 2/3 des parcs éoliens, de 2000 systèmes de taille moyenne (1 MW) associés à 70% la moitié des centrales photovoltaïques au sol et de 100 000 systèmes de petite taille (50 kW) associés à la moitié des grandes toitures.

La production décentralisée d'hydrogène

Sur la période 2020 – 2050 le système de production esquissé consiste en 750 électrolyseurs de 20 MW (parcs éoliens), 2500 électrolyseurs de 1 MW (centrales au sol) et 57 500 électrolyseurs de 50 kW (grandes toitures). Ces derniers électrolyseurs sont plus ou moins similaires aux électrolyseurs du projet GRHYD. A la différence de ce projet toutefois une partie des électrolyseurs serait « réversible » et fonctionnerait comme une pile à combustible stationnaire pour produire de l'électricité. Même si ces électrolyseurs sont plus coûteux on a admis que leur fabrication n'étant pas assurée localement les ratios d'emplois (assemblage, installation) ne seraient guère différents.

Est à prévoir en outre la mise en place de capacités de stockage de l'hydrogène produit pendant plusieurs mois ; les coûts et les emplois correspondants n'ont pas été chiffrés faute de données.

Les capacités à installer par an ont été estimées sur la base de la montée en puissance de la production d'hydrogène et de l'évolution du parc dans le scénario optimisé et en tenant compte d'une durée de vie de 10 ans. On distingue les électrolyseurs de grande et moyenne puissance (éolien et centrales au sol) et les électrolyseurs de petite puissance.

Puissance	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Eolien	84	242	391	545	765	973
Centrales au sol	14	40	79	131	207	293
Total MW	97	283	553	918	1 446	2 054

Tableau 25. Electrolyseurs : capacité moyenne à installer par an (éolien et centrales au sol)

Grandes toitures	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Puissance MW	4	12	24	39	62	88
Nombre	334	969	1 897	3 148	4 959	7 041

Tableau 26. Electrolyseurs : nombre moyen à installer par an (grandes toitures)

Les emplois

La fabrication des systèmes

En retenant les capacités indiquées, et en s'appuyant sur les ratios retenus dans la présentation du modèle centralisé.

	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
MW	177	283	553	998	1446	2054
Emplois en ETP	71	113	221	399	579	821

Tableau 27. Emplois dans l'assemblage des électrolyseurs

Pour les petits électrolyseurs selon les informations recueillies il s'agit de systèmes livrés clefs en main et leur fabrication n'engage pas d'emplois locaux.

³⁰ Ce qui est peut être la contrainte la plus forte.



L'installation des systèmes

Electrolyseurs de grande taille : on part des ratios du modèle centralisé ; le coût de l'installation (bâtiment, installation proprement dite des électrolyseurs et des annexes, raccordement aux réseaux divers) serait de 0,44 M€ /MW. On a obtenu le ratio de la NAF 33.20 (Installation de machines et d'équipements industriels) pour obtenir les emplois.

	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
MW	177	283	553	998	1 446	2 054
Montant M€	78	124	243	439	636	904
Emplois en ETP	345	550	1 077	1 943	2 816	3 998

Tableau 28. Emplois dans l'installation des grands électrolyseurs

S'agissant des **petits électrolyseurs** on retient les ratios indiqués par le projet GRHYD. Comme indiqué il s'agit de systèmes clefs en main et leur installation exige peu d'autre travail que la préparation du terrain et le raccordement aux réseaux divers

Sur cette base on calcule les emplois engagés dans l'installation des systèmes de petite taille seraient les suivants :

	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
BTP	334	969	1 897	3 148	4 959	7 041
Etudes, projets ...	167	485	948	1 574	2 479	3 521
Total	501	1 454	2 845	4 722	7 438	10 562

Tableau 29. Emploi dans l'installation des petits électrolyseurs

La gestion des installations de production d'H₂

Grandes installations

Pour calculer le nombre d'emplois dans les grandes installations de production d'hydrogène (production centralisée plus installations couplées avec les parcs éoliens et les centrales au sol) on prend comme base le ratio « H2V » soit 200 emplois pour 400 MW (1 emploi pour 2 MW). On adopte pour les électrolyseurs non permanents un ratio plus faible (1 emploi pour 8 MW) pour tenir compte du fait que les installations ne fonctionnent pas toute l'année mais à peu près un quart du temps (hydrolyse et reconversion). On compte sur le « foisonnement » des installations pour que cela se traduise par des emplois « permanents ».

Eolien / sol	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Nombre de MW	887	2 301	4 580	8 157	12 623	18 300
ETP	261	438	723	1 320	1 878	2 588

Tableau 30. Emplois dans l'exploitation des « grands » électrolyseurs

Petites installations

Selon les informations recueillies les petites unités d'électrolyse sont des installations « conteneurisées » ; il s'agit d'installations qui fonctionnent « en automatique » et ne demandent pas de personnel permanent ; les interventions humaines sont limitées à la maintenance et aux cas de dysfonctionnements. Il y a donc très peu d'emploi. On peut estimer ces emplois à 1/10^{ème} d'ETP par an et par installation.

Le cheminement 2015 2050 est calé à la fois sur la production d'hydrogène et sur l'évolution du parc des installations en grandes toitures et des centrales au sol.

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Puissance PV (scénario optimisé)	1 000	2 100	4 500	6 800	9 200	11 500	13 900
Production H ₂ (GWh)	0	460	1 800	3 960	6 960	11 180	16 560
Nombre de systèmes H ₂ (milliers)	0	6	17	27	38	49	59
Emploi (1/10 ^{ème} ETP par installation)	0	582	1 654	2 726	3 799	4 871	5 944

Tableau 31. Emplois dans la gestion des « petits électrolyseurs

Récapitulatif des emplois



	2025	2030	2035	2040	2045	2050
assemblage électrolyseurs	71	113	221	399	579	821
installation						
grands électrolyseurs	345	550	1 077	1 943	2 816	3 998
petits électrolyseurs	501	1 454	2 845	4 722	7 438	10 562
Total	846	2 004	3 922	6 665	10 254	14 560
maintenance ...						
grands électrolyseurs	261	438	723	1 320	1 878	2 588
petits électrolyseurs	582	1 654	2 726	3 799	4 871	5 944
Total	843	2 092	3 449	5 119	6 749	8 532
Total général	1 760	4 209	7 592	12 183	17 582	23 913
assemblage	71	113	221	399	579	821
installation	846	2 004	3 922	6 665	10 254	14 560
maintenance	843	2 092	3 449	5 119	6 749	8 532
Total	1 760	4 209	7 592	12 183	17 582	23 913

Tableau 32. Récapitulatif des emplois : modèle décentralisé



5. Regard sur la mobilité électrique

5.1. Contexte et périmètre

La mobilité électrique fait des adeptes, même si le marché actuel reste un marché de niche, en France comme dans les Hauts-de-France. Les constructeurs étoffent leurs offres, depuis les petites citadines - jusqu'aux onéreuses berlines, affichant plus de 500 km d'autonomie.

A l'horizon 2050, les trois scénarios prévoient, en remplacement des véhicules à essence/diesel, un parc composé de véhicules électriques, de véhicules gaz et de véhicules hybrides gaz. La figure ci-dessous présente l'évolution du niveau et de la composition du parc des véhicules particuliers (véhicules privés et auto-partage) selon le scénario « autonomie régionale faible » ; le scénario « autonomie régionale forte » est identique, alors que le scénario « production optimisée et sobriété » se caractérise par une diminution de 25% du parc en année terminale par rapport aux deux autres scénarios et un renforcement de la part des véhicules électriques.

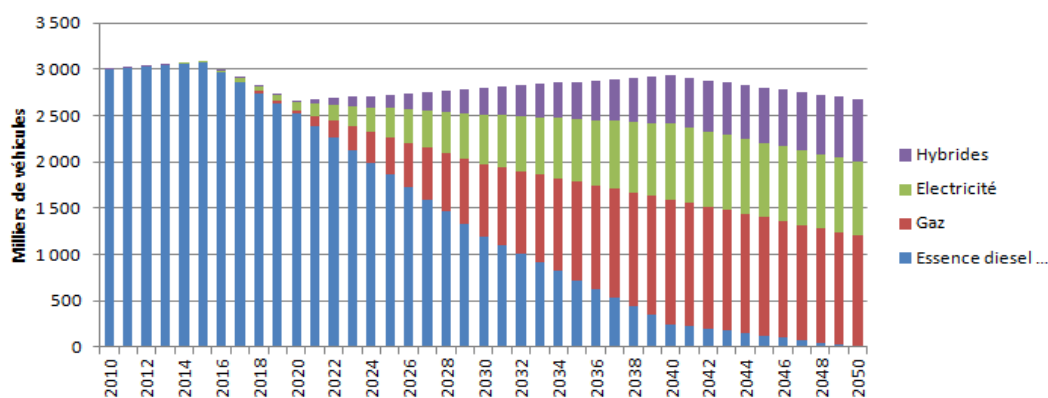


Figure 19. Evolution du parc de véhicules particuliers

Entre 2016 et 2050, le nombre de voitures électriques devrait ainsi passer de 4 000 unités à plus de 800 000, en incluant les véhicules en auto-partage. Le parc de véhicules hybrides gaz est également prévu en progression, avec près de 700 000 unités.

Les véhicules électriques ne se limitent pas aux voitures particulières. Le scénario prévoit également des VUL électriques (32 000 en 2050), ainsi que quelques centaines de bus et une dizaine de milliers de camions électriques.

Il conviendrait enfin d'ajouter les deux roues électriques (VAE, scooters) non décrits dans les scénarios.

L'électrification des transports de passagers a déjà commencé. Amiens se dote de 43 bus à haut niveau de services entièrement électriques (fabricant Irizar). Selon différents articles de presse l'Usine Nouvelle, Flixbus va ouvrir la première ligne d'autocars longue distance 100% électrique entre Paris et Amiens (fabricant Yutong).

Dans le cadre de son objectif de « mobilité propre » pour 2025 (deux tiers de bus électriques et un tiers de bus gaz) la RATP (parc de 4 600 autobus en 2016) a lancé un appel d'offres pour la fourniture potentielle de 1 000 autobus électriques, dont 250 fermes. Elle a annoncé un partenariat avec ENEDIS pour convertir les deux-tiers de ses centres à l'électrique. Chaque centre bus disposera d'environ 10 MW, les bus seront rechargés pendant la nuit. Des expérimentations se font également avec recharge partielle en bout de ligne.

On notera que le groupe chinois BYD, un des premiers fabricants mondiaux de bus électriques, ouvre une usine de montage près de Beauvais. Renault produit des Kangoo électriques à Maubeuge. Les emplois liés à ces productions sont examinés dans la partie générale du rapport (Cf. 1.4).

Le passage des moteurs thermiques aux moteurs électriques aura des conséquences, en termes de chiffre d'affaires ou d'emplois sur de nombreuses activités :

- Sur la filière automobile traditionnelle : constructeurs automobiles et constructeurs de camions, bus et tramway, leurs sous-traitants,
- Les activités d'entretien des véhicules : les concessionnaires et garagistes,
- Les stations-services,



- La filière des deux roues : les constructeurs de vélos électriques, motos électriques, les réparateurs de vélos et de motos,
- Les réseaux de véhicules en libre-service, voitures et deux-roues électriques,
- Les fabricants de batteries,
- Les équipements nécessaires à la recharge des véhicules : bornes de recharge, systèmes de paiement, éventuellement des services d'échanges de batteries, poses de box individuelles chez les particuliers.
- Le réseau électrique, qui doit faire face à une demande accrue pour les recharges,
- Les filières du recyclage : recyclage des VHU, recyclage des batteries, démantèlement des stations-services et récupération - recyclage.des équipements ...

La liste ci-dessus fait ressortir une seule filière réellement nouvelle, celle liée aux bornes de recharge et aux services associés.

Parmi ces activités, certaines sont « régionales » au sens de la localisation des emplois et/ou de leur impulsion par les politiques régionales liées à REV3, d'autres sont « nationales », voire « internationales ». La construction automobile s'inscrit clairement dans des stratégies et politiques mondiales et sa transformation et les mutations correspondantes de l'emploi sous l'effet de l'électrification sont exclues de l'analyse.

Les activités « locales », au sens de l'emploi et du processus de décision sont principalement les métiers de la commercialisation et de la maintenance : concessionnaires, garagistes et stations-services, entretien des vélos et deux-roues, poses de bornes de recharge, maintenance des bornes, collecte et recyclage des VHU et batteries, contacts clientèle chez les distributeurs d'électricité, etc.

Ces activités et les métiers correspondants seront examinés ci-après de manière détaillée. Des encarts de contexte concerneront les autres filières.

5.2. Situation actuelle de la filière

5.2.1. Les effectifs globaux de la filière automobile dans les Hauts-de-France

Situation actuelle des activités liées à la fabrication, au commerce et à l'entretien des véhicules automobiles, cycles et motocycles.

	2007	2010	2015	2016
45.11Z Commerce de voitures et de véhicules automobiles légers	18 773	17 809	15 459	15 494
29.32Z Fabrication d'autres équipements automobiles	13 707	11 221	10 192	12 293
29.10Z Construction de véhicules automobiles	19 285	16 173	13 427	10 513
45.20A Entretien et réparation de véhicules automobiles légers	6 176	6 607	6 815	7 014
45.32Z Commerce de détail d'équipements automobiles	3 201	3 302	3 456	3 574
45.31Z Commerce de gros d'équipements automobiles	2 724	2 577	2 539	2 545
29.20Z Fabrication de carrosseries et remorques	2 872	2 432	2 239	2 226
29.31Z Fabrication d'équipements électriques et électroniques automobiles	1 289	1 383	1 772	1 752
45.19Z Commerce d'autres véhicules automobiles	1 158	1 118	1 032	1 048
47.30Z Commerce de détail de carburants en magasin spécialisé	1 393	1 243	1 100	1 087
27.20Z Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques	1 515	1 165	921	914
45.20B Entretien et réparation d'autres véhicules automobiles	839	759	652	672
45.40Z Commerce et réparation de motocycles	963	871	649	662
30.91Z Fabrication de motocycles	969	648	589	601
33.17Z Réparation et maintenance d'autres équipements de transport	78	72	99	99
30.92Z Fabrication de bicyclettes et de véhicules pour invalides	190	85	31	31
Total	75 132	67 465	60 972	60 525

Source : ACOSS effectifs au 31 décembre

Tableau 33. Effectifs de la filière des véhicules particuliers dans les Hauts-de-France (2007 2016)



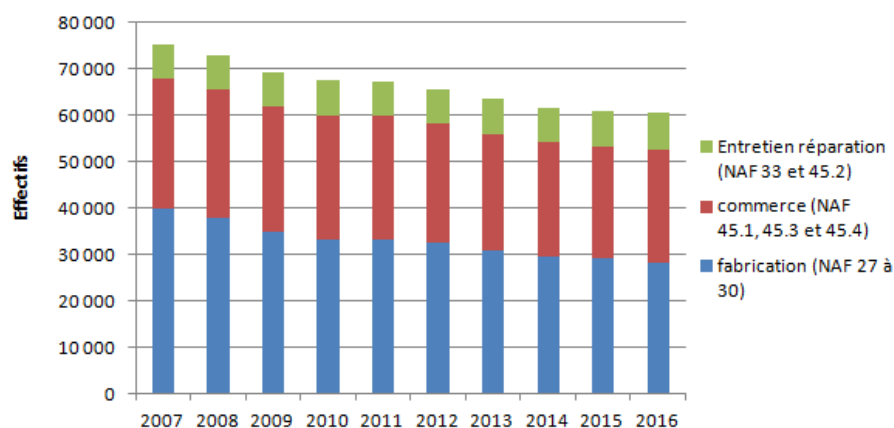


Figure 20. Evolution des effectifs de la filière des véhicules automobiles, cycles et motocycles

En 2016, la filière des véhicules automobiles, cycles et motocycles occupe un peu plus de 60 000 personnes dans les Hauts-de-France (effectifs en fin d'année, hors stagiaires, apprentis, intérimaires...). La filière a perdu près de 20% de ses effectifs en 10 ans. Le recul concerne en premier lieu les activités de fabrication (-29%) mais la distribution est également concernée (-13%) ; seul l'entretien réparation des véhicules automobiles légers progresse (+10%).

La transformation du parc automobile, que ce soit vers des véhicules électriques ou vers des véhicules au gaz naturel intervient dans un contexte de recul général des emplois dans l'industrie et dans l'automobile en particulier. Néanmoins, les Hauts-de-France demeurent la troisième région française pour l'industrie automobile, derrière l'Est et l'Île de France.

5.2.2. Les activités de construction automobile

Le moteur électrique est généralement considéré beaucoup plus simple que le moteur thermique : moins de pièces, des pièces moins complexes, des réglages plus simples. Alors que le cœur de métier des constructeurs se situe actuellement dans le moteur, la valeur ajoutée des automobiles devrait être transférée vers la batterie. Le prix de la batterie représenterait entre 30% et 40% du prix final de la voiture. Des éléments mécaniques disparaissent : boîte de vitesse, voire transmission si l'on équipe chaque roue d'un moteur indépendant.

Face à ce défi technologique et industriel, les stratégies des constructeurs ne semblent pas totalement arrêtées. Les pure players de la mobilité électrique, comme Tesla et Bolloré (Bluecar, Bluebus) s'appuient sur des technologies internes de batteries et maîtrisent (pour l'instant) l'intégralité de la chaîne de valeur, hors les matières premières.

Les constructeurs traditionnels se tournent plutôt vers l'achat de cellules aux grands fabricants asiatiques. Renault, par exemple, se fournit chez LG. Certains constructeurs automobiles estiment que la construction de batteries n'est pas leur cœur de métier et relève des équipementiers mais d'autres ont des projets importants de production de batteries (cf. par exemple les projets de Daimler).

Concernant la fabrication des voitures elles-mêmes, elle est réalisée dans deux types de sites : les « sites d'assemblage, carrosserie-montage » et les « sites de mécanique ». Seuls les sites de mécanique seront touchés. Il y aura reprogrammation des chaînes de montage et cela demande « une formation de certaines unités de travail qui vont fabriquer les éléments ». Mais ce n'est pas « une complète reconversion ».

Néanmoins, les annonces concernant l'impact sur l'emploi du passage du moteur thermique au moteur électrique sont globalement pessimistes. Une étude récente estime que 350 000 emplois disparaîtraient outre-Rhin si l'industrie automobile allemande se convertissait du jour au lendemain à l'électro-mobilité³¹.

Dans les Hauts-de-France, on compte 22 sites importants de constructeurs automobiles (plus de 250 personnes par établissement).

³¹ Cf. http://www.lemonde.fr/automobile/article/2018/01/07/automobile-le-crepuscule-du-moteur-thermique_5238580_1654940.html#TukLEyi1qmQPIDGu.99



Nom	commentaires	Activité	Taille
SEVEL NORD	Assemblage véhicules utilitaires légers	29.10	2 000 à 4 999 salariés
FRANCAISE DE MECANIQUE	Filiale PSA. Moteurs essence et diesel	29.10	2 000 à 4 999 salariés
TOYOTA MOTOR MANUFACT. FRANCE	Assemblage Yaris	29.10	2 000 à 4 999 salariés
PSA AUTOMOBILES SA	informatique, logistique, ressources humaines	29.10	2 000 à 4 999 salariés
MAUBEUGE CONST. AUTOMOBILE	Fabrication Kangoo ZE	29.10	1 000 à 1 999 salariés
RENAULT SAS	Assemblage Scenic, Espace, Talisman	29.10	2 000 à 4 999 salariés
TIM	Carrosseries	29.20	500 à 999 salariés
BENALU	Carrosseries	29.20	250 à 499 salariés
TIM SAS	Carrosseries	29.20	250 à 499 salariés
VALEO EQUIP. ELECTRIQUES MOTEUR	Equipements électriques et électroniques	29.31	1 000 à 1 999 salariés
STA Renault Ruitz	transmissions	29.32	250 à 499 salariés
FAURECIA SEATING FLERS	sièges	29.32	250 à 499 salariés
GIMA	transmissions pour machines agricoles	29.32	500 à 999 salariés
FAURECIA INDUSTRIES	sièges, intérieurs et réducteurs de pollution	29.32	250 à 499 salariés
GRUPO ANTOLIN CAMBRAI	pièces détachées pour carrosserie	29.32	250 à 499 salariés
VALEO EMBRAYAGES	Embrayages	29.32	500 à 999 salariés
PLASTIC OMNIUM AUTO EXTERIEUR	Carrosseries	29.32	250 à 499 salariés
TOYOTA BOSHOKU SOMAIN	Sièges de la Yaris	29.32	250 à 499 salariés
SOCIETE NOUVELLE WM	Assemblage, emboutissage éléments de carrosserie	29.32	250 à 499 salariés
SOGEFI SUSPENSIONS	Suspensions	29.32	250 à 499 salariés
PSA AUTOMOBILES SA	boîtes de vitesse	29.32	1 000 à 1 999 salariés
PSA AUTOMOBILES SA	Moteurs essence et diesel	29.32	2 000 à 4 999 salariés

Source : SIRENE 29.10 (construction de véhicules automobiles) ; 29.20 Fabrication de carrosseries et remorques ; 29.31 fabrication d'équipements électriques et électroniques automobiles ; 29.32 fabrication d'autres équipements automobiles

Tableau 34. Principaux sites de la filière automobile dans les Hauts-de-France (2018)

Les établissements de plus de 250 employés représentent environ 25 000 salariés. Parmi eux, 7 500 seraient directement touchés par le passage du moteur thermique au moteur électrique : sites de fabrication de moteur et de fabrication de boîtes de vitesse. Les fabricants de composants électriques pour moteur (alternateurs) sont également concernés, ainsi que les fabricants de transmissions.

La construction de batteries

Malgré la frilosité des constructeurs automobiles, l'Europe cherche à construire « l'Airbus » de la batterie, un grand constructeur de batteries capables de rivaliser avec les constructeurs asiatiques. La Banque européenne d'investissement (BEI) a promis d'apporter des financements au projet d'Airbus des batteries. Elle a ainsi approuvé un financement de 52 millions d'Euros pour un projet Northvolt, situé en Suède, qui sera la plus grosse usine européenne de cellules de batteries lithium-ion.

Plusieurs entreprises françaises produisent des batteries : Saft, filiale de Total (Poitiers), Bolloré (Bretagne) et Forsee Power. Ce dernier fabricant va ouvrir nouvelle usine dans la Vienne (financement de 55 millions d'euros, opéré en décembre dernier par la Banque Européenne d'Investissement, le groupe japonais Mitsui & Co et Idinvest Partners). Cette nouvelle unité emploiera à terme 300 personnes³². Forsee Power est le fournisseur de batteries pour le fabricant de bus Heulliez

De son côté Saft a fait alliance avec Solvay, Manz et Siemens dans le cadre d'un programme de recherche, de développement et d'industrialisation d'une nouvelle génération de batteries lithium-ion dites " solides ".

Outre le fait que ces entreprises ne sont pas implantées dans les Hauts-de-France, on a considéré que compte tenu des quantités en jeu, l'éventuel développement de la production de batteries n'avait pas de lien direct avec la transition énergétique dans les Hauts-de-France mais s'inscrit dans des stratégies nationales voire mondiales des producteurs. Par ailleurs, esquisser des scénarios de développement dans ce secteur s'avère particulièrement problématique.

5.3. Perspectives sur les marchés et l'emploi à l'horizon 2050

Comme indiqué on exclut de l'analyse les marchés liés à la construction des véhicules particuliers, en considérant que les emplois sont liés aux politiques des constructeurs et à leurs choix d'implantation des différentes usines. Même si, comme on vient de le voir, le tiers environ des emplois de construction automobile des Hauts-de-France est lié au type de motorisation, leur avenir et leur reconversion éventuelle reste du ressort des grands constructeurs automobiles.³³

³² Source : AVERE. 30 mars 2018.

³³ Une tentative de quantification des emplois de fabrication des véhicules électriques hors véhicules particuliers est faite dans la partie générale (cf. 1.4.2)



En dehors de la construction automobile, les activités restantes liées à l'automobile et aux deux-roues ne sont pas concernées au même degré par l'électrification de la mobilité. Les marchés retenus pour l'analyse des impacts sont les marchés d'investissement liés à la recharge des véhicules électriques, ainsi que les marchés d'entretien et de commercialisation des véhicules, de ventes de carburant et d'énergie.

5.3.1. Les emplois liés aux véhicules électriques

Un faible impact sur les emplois d'entretien

La première activité pouvant être impactée par le développement de la mobilité électrique est l'entretien – réparation des véhicules particuliers : le coût d'entretien – hors batterie - d'un véhicule électrique au km est inférieur de 10% à celui d'un véhicule thermique. Il est par contre plus élevé de 20% pour les véhicules hybrides :

	TTC	HT
VP essence / diesel standard	5.25	4,37
VP tout électrique	4.73	3,94
VP hybride (tous types)	6.30	5,25

source : CGDD³⁴

Tableau 35. Coûts d'entretien (en c€/km)

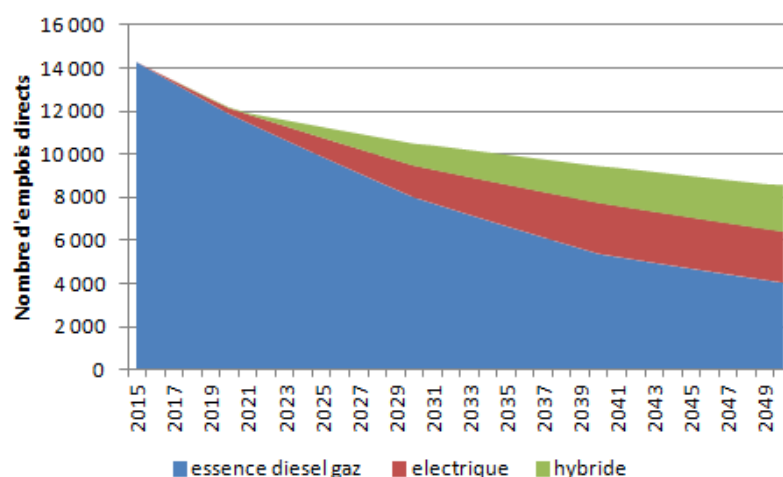


Figure 21. Evolution des ETP directs liés à l'entretien des véhicules particuliers

L'évolution de la structure du parc n'a qu'un impact limité sur les emplois d'entretien : la diminution des emplois d'entretien réparation (-5 760 emplois directs entre 2015 et 2050), s'explique en totalité par la baisse du nombre de véhicules. A l'horizon 2050 l'entretien supplémentaire lié aux véhicules hybrides (+340) fait plus que compenser la baisse de l'entretien pour les véhicules électriques.

Les autres emplois

En ajoutant aux emplois d'entretien –réparation, les emplois liés à la vente³⁵ ainsi que ceux liés à la « deuxième vie des batteries » on obtient l'ensemble des emplois directs – hors fabrication - liés aux véhicules particuliers électriques.

L'utilisation des batteries de voitures usagées pour le stockage, usage encore en expérimentation mais qui semble destiné à un bel avenir pourrait constituer une source d'emplois supplémentaires : de l'ordre de 600 emplois directs en 2050, en supposant un coût de reconditionnement et d'installation des batteries usagées de 50 €/kWh (soit 2000 euros pour une batterie de ZOE de 40 kWh), environ 700 emplois pourraient être consacrés à cette activité. Cette estimation suppose également l'existence de débouchés suffisants pour cette activité, c'est-à-dire la généralisation de stockage à la fois pour l'autoconsommation et la gestion de l'intermittence de la production électrique.

³⁴CGDD [Analyse coûts bénéfiques des véhicules électriques](#)

³⁵ Hypothèse : la distribution compte pour 10% des achats.



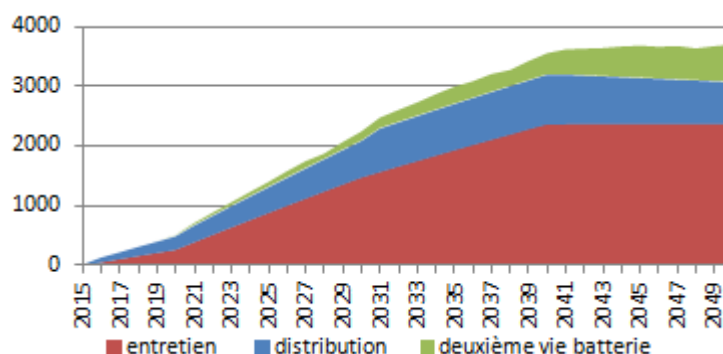


Figure 22. Evolution des ETP directs liés aux véhicules électriques

Par ailleurs, dans le cas où le modèle de location de batterie resterait le modèle dominant, des emplois liés à l'exploitation du système de location des batteries (support technique, suivi client, ..) seraient également à prévoir.

L'auto-partage : 40% des ETP d'entretien des véhicules électriques

Sur les près de 2 500 ETP liés à l'entretien des véhicules électriques en 2050, 40% seraient consacrés à l'entretien de véhicules en auto-partage. Cette configuration devrait avoir des conséquences sur le modèle économique des garagistes : la clientèle individuelle et dispersée sera réduite par rapport aux flottes en auto-partage. L'entretien de ces flottes peut être fait en interne ou sous-traité ; dans tous les cas, cela suppose des structures relativement importantes, capables d'accueillir de nombreux véhicules sans interruption, et favorise les grandes structures par rapport aux petits artisans.

Une évolution possible est l'organisation de réseaux de petits artisans capables de répondre aux appels d'offre d'entretien des flottes de véhicules. Cela suppose une tête de réseau en situation de soumissionner et d'organiser la répartition de la charge de travail entre les artisans.

L'auto-partage engendre également des emplois spécifiques, liés à l'exploitation du réseau : service client, facturation, nettoyage des véhicules et des emplacements. Pour les 3 907 véhicules, les 1 100 stations et les 7 437 bornes du réseau parisien, la société Autolib' emploie 288 personnes³⁶. Mais la réalisation des investissements liés au déploiement en 2012 avait occupé 1 200 personnes.

Et les bus électriques ?

Les trois scénarios privilégient les motorisations au gaz pour les véhicules lourds destinés au transport collectif de passagers comme au transport de fret. On ne compte que 710 bus électriques à l'horizon 2050, sur un parc de 5 800 unités³⁷.

En termes d'emplois, le passage des bus au gaz aux bus électriques n'aura donc qu'un faible impact. Cela ne changera pas le nombre de postes de conducteurs, avec peut-être une conséquence sur l'organisation des tournées, compte tenu des temps de recharge à prévoir en fin de parcours. Différentes organisations possibles sont actuellement en test à la RATP.

5.3.2. Les emplois liés aux bornes de recharge et à leur exploitation

Le développement des voitures électriques suppose l'installation de bornes de recharge sur l'ensemble du territoire. Près de 2 millions de bornes devraient être installées d'ici 2050, dont 457 000 sur la voirie.

Emplacement	installations en 2050	total 2015 -2050
Voirie	23 432	457 010
Parking	7 392	194 176
Entreprises	18 928	319 158
Particuliers	58 241	960 485
Total	1 873 828	1 079 993

Tableau 36. Installation et parc de bornes électriques en 2050

³⁶ [Tableau de bord autolib'](#) – août 2017. Societe.com.

³⁷ Mais 31 800 VUL électriques sur 177 600 (18%) et 10 000 poids lourds électriques sur 33 600 (30%) ; dans ces deux derniers cas il s'agira probablement de véhicules équipés de piles à combustibles (cf. zoom sur la filière hydrogène et le stockage de l'énergie).



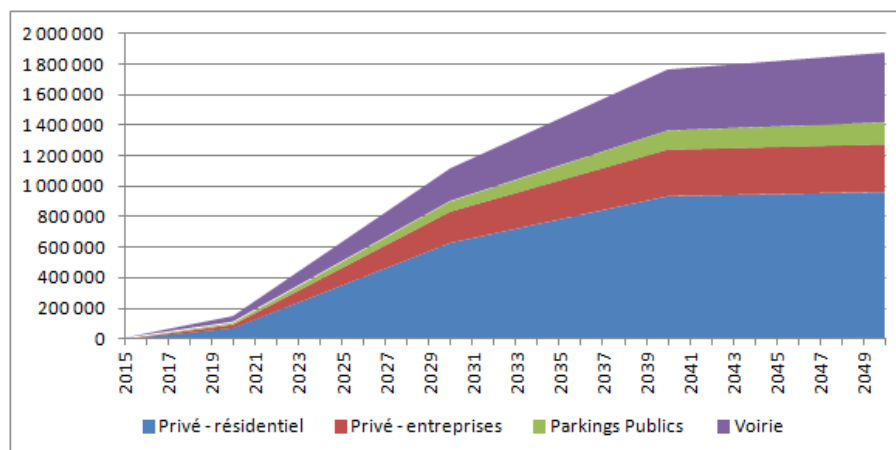


Figure 23. Evolution du parc de bornes de recharge

Le coût d'une borne de recharge est très variable, en fonction de sa puissance, de la vitesse de recharge ; mais également en fonction de la complexité de la connectique et des fonctions associées. Le coût moyen estimé pour une borne de recharge classique, semi rapide, installation comprise est de 9400 euros HT. Mais le coût de certaines bornes installées dans les Hauts-de-France, avec système de paiement intégré et interconnecté à plusieurs systèmes peut atteindre 14 000 € HT.

Emplacement	Coût € HT
Privé - résidentiel	1 000
Privé - entreprises	6 500
Parkings Publics	6 500
Voirie	9 400

Tableau 37. Hypothèses de coût d'investissement des bornes de recharge en fonction de leur emplacement

Le tableau ci-dessous présente les coûts annuels d'exploitation et de maintenance retenus pour les différents types de bornes de recharge.

	Voirie	parkings	Flotte privée	Résidentiel
Maintenance	325	325	325	35
contrôle technique	100	100	100	11
communication	72	0	0	0
électricité	570	570	570	61
exploitation	225	225	0	0
Ensemble	1 292	1 220	995	106

Tableau 38. Hypothèses de coût d'exploitation en fonction de leur emplacement (€ HT par an)

Compte tenu de ces hypothèses, le marché lié aux bornes de recharge s'élèverait à 1,4 milliards d'euros en 2050, dont 300 M€ pour les investissements (nouvelles bornes et remplacement de l'année 2050) et 1,1 milliards pour le fonctionnement (hors électricité distribuée).

Sur cette base on évalue les emplois liés aux investissements (fabrication et pose des bornes) et les emplois d'exploitation et maintenance. Les emplois liés aux investissements tiennent compte du remplacement des bornes, en supposant une durée de vie de 20 ans.

Le graphique de la page suivante représente les emplois directs liés aux bornes de recharge ; à l'horizon 2050 ces emplois atteindraient 1 300 emplois pour la pose de nouvelles bornes ou le remplacement d'anciennes bornes et 2 500 emplois directs spécifiques pour la maintenance, le contrôle technique et la gestion (hors emplois liés à la production de l'électricité et des services de communications liés au fonctionnement et à la gestion des bornes de recharge, considérés comme non spécifiques).



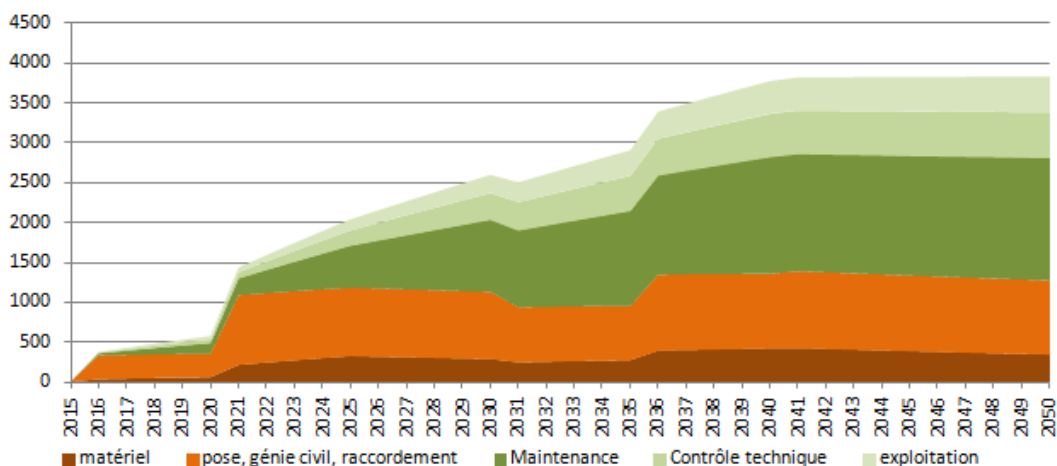


Figure 24. Evolution des ETP directs liés aux bornes électriques

5.3.3. La deuxième vie des batteries

Au cours du temps et en fonction de leurs usages les performances des batteries se dégradent :

- Baisse de la capacité
- Baisse de la puissance
- Augmentation de la résistance interne.

On considère généralement que les batteries des véhicules électriques ne sont plus aptes à faire rouler les véhicules lorsque leurs caractéristiques sont inférieures à 80% de leurs caractéristiques initiales ; cela correspondrait à une durée de vie utile d'environ 7 ans.

Cependant ces batteries peuvent avoir une « seconde vie », pour le stockage d'énergie. Des centrales de batteries usagées pourraient ainsi être constituées, destinées à stocker de l'énergie en vue de la régulation du réseau. Les usages envisagés sont multiples :

- Batterie de secours alimentée par du photovoltaïque, en remplacement de groupes électrogènes
- Stockage d'électricité solaire pour alimenter les bornes de recharge, en complément du réseau ;
- Stockage d'électricité solaire pour accompagner des panneaux photovoltaïques résidentiels en cas d'autoconsommation.

Ces usages sont pour l'instant à l'état d'expérimentation et ne pourront être déployés que lorsque des quantités suffisantes de batteries alimenteront le marché, pas avant 2025 ou 2030.

Les activités en lien avec une deuxième vie des batteries concernent :

- La collecte des batteries usagées auprès des garagistes,
- Le montage dans des unités de stockage ;
- Le remplacement des batteries des unités de stockage ;
- Le contrôle et la maintenance des unités de stockage ;
- Les fonctionnalités de mise en service automatique des unités de stockage.

Les estimations d'emplois liés à la deuxième vie des batteries restent très incertaines, ni les coûts ni les débouchés économiquement viables n'étant encore stabilisés.

En supposant un coût de retraitement / installation de 50€/kWh et un débouché pour toutes les batteries de voitures électriques, de l'ordre de 700 emplois directs pourraient être générés par cette activité à l'horizon 2050.

5.3.4. Le recyclage des batteries

Le recyclage des batteries est une activité obligatoire et ancienne. Dans le cas des batteries au plomb, on cherchait d'abord à éviter la dispersion de produits toxiques. Dans le cas des batteries au lithium, qui devraient équiper les futures voitures électriques, il s'agit en sus de récupérer une ressource rare et de limiter la dépendance face aux pays producteurs de lithium.

La fabrication de cellules lithium nécessite différentes matières et nombre de métaux, parmi lesquels, selon



les technologies, on trouve du cuivre, du cobalt, de l'aluminium, du fer, du manganèse, de l'étain, du vanadium, du titane, du graphite, etc. Leur récupération permet de diminuer les coûts du recyclage des batteries, en tendant vers l'autofinancement des structures dédiées.

Une nouvelle filière de recyclage

Fondre totalement la chaîne de recyclage des batteries de traction embarquées dans les voitures électriques et hybrides avec celui des autres accumulateurs n'est pas forcément la meilleure solution. C'est pourquoi des structures spécialisées sont nées. Ainsi la Société Nouvelle d'Affinage des Métaux (SNAM) a développé des scénarios spécifiques pour la gestion de ces accumulateurs lorsqu'ils sont en fin de vie. La SNAM a signé des partenariats avec les principaux groupes de constructeurs concernés. Selon les termes des accords conclus, BMW, Volkswagen, PSA, Honda, Kia, Toyota, etc. assurent la collecte et le recyclage des batteries qu'ils ont mises sur le marché. Renault et Nissan en font de même, respectivement avec les entreprises Euro Dieuze et Recupyl.

Pour l'instant il n'existe pas d'entreprises spécialisées dans le recyclage des batteries lithium-ion dans les Hauts-de-France.

Des expérimentations des meilleures pratiques alliant seconde vie et recyclage sont financées par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir.

5.4. Les métiers et les compétences

Rappel : la fabrication des véhicules électriques n'est pas abordée ici.

5.4.1. L'entretien des véhicules automobiles électriques

Il n'y a pas de nouveaux métiers mais des évolutions professionnelles. Cela concerne les électriciens, les mécaniciens, les dépanneurs, le contrôle technique, les constructeurs, les gestionnaires de parc...

« Le développement de l'électricité dans un usage plus important (véhicule électrique-hybride, dispositifs de charge, ...) et surtout dans des niveaux de tensions plus élevées (120 à 700 V en courant continu ; 400 V en courant alternatif), nécessite **un renforcement des compétences pour les opérateurs et une approche du risque électrique** avant toutes les interventions : installation, dépannage, maintenance, déconstruction, etc. »³⁸

Pour la réparation automobile, cela concerne des mécaniciens qui vont évoluer par la formation continue vers l'électrotechnique. L'évolution rapide des techniques impose des mises à jour régulières des connaissances.

Electronicien automobile

L'électronicien automobile intervient sur tous les systèmes électriques et électroniques embarqués à bord des véhicules de tous types : allumage, injection électronique, éclairage, système antiblocage des freins, alarme, climatisation, autoradio, tableau de bord, ordinateur de bord, procédé de navigation... Ses activités sont variées : entretien, réglage, réparation, pose d'équipements.

Avec la complexité croissante des matériels électroniques, il doit parfaitement maîtriser les méthodes de diagnostic (démarche rationnelle de recherche de panne) et utiliser des appareils de test et de mesure sophistiqués. L'évolution des techniques, très rapide, impose **une mise à jour régulière des connaissances**.

Habilitation électrique automobile

Effectuer en sécurité les travaux d'ordre électriques ou non électriques sur véhicules à motorisation thermique, électrique ou hybride, dont la source de courant embarquée est supérieure à 60 V ou 180 Ah

L'habilitation électrique doit être réexaminée une fois par an. Un recyclage est nécessaire en cas d'évolution des produits (véhicules), méthodes et moyens de travail, fonctions attribuées ainsi que des évolutions de la réglementation ou des normes. Sont concernés : mécaniciens automobiles, électriciens automobiles, contrôleurs techniques automobiles et carrossiers. Gestionnaire de parc automobile, loueur.

Contrôler et remettre en état le système de motorisation d'un vélo à assistance électrique

- contrôler des éléments du système de traction électrique d'un VAE : batterie, moteur électrique, boîtier de contrôle...

³⁸ Source : AVERE



- contrôle des connexions et des sécurités électriques d'un VAE
- test, mise en charge, remplacement ou remise en état de tout type de batterie de VAE
- diagnostic d'un dysfonctionnement du système d'assistance d'un VAE
- exploitation des documents technique du fabricant pour conduire une recherche de panne sur un VAE

Source : AFPA

5.4.2. Les bornes de recharge

La qualification des installateurs des bornes de recharge

Le décret du 12 janvier 2017 instaure une obligation de qualification à l'intention des installateurs de bornes de recharge publiques et privées avec quelques exceptions. *La principale exception concerne l'équipement de résidences privées avec des prises dont la puissance n'excède pas 3,7 kW ou lorsque cette prise est à usage purement privé et n'a pas pour vocation principale de recharger les véhicules électriques.* Cette qualification doit s'appuyer sur un module de formation agréé par un organisme de qualification.

Le décret établit en outre le principe que tout point de recharge public utilise un "dispositif de mesure et de contrôle permettant de piloter la recharge". Un arrêté ministériel viendra préciser ses caractéristiques et modalités. Pour la recharge privée, les installateurs devront seulement proposer ce type de dispositif à leur client.

Les métiers/activités liés à l'installation des bornes de recharge :

Ingénieurs d'études pour le choix d'implantation des bornes dans l'espace public :

- Les ingénieurs doivent avoir des compétences dans les domaines de l'énergie et de la mobilité, de manière à optimiser l'utilisation des bornes.
L'expérience dans le domaine est encore à l'état embryonnaire. L'activité concerne les bureaux d'études et les collectivités en charge de l'implantation des réseaux.

Technicien d'équipement en infrastructures de recharge pour véhicules électriques

- Connaître l'offre véhicule électrique des industriels et leurs spécificités. Connaître les aspects normatifs et réglementaires liées à l'installation d'une IRVE*.
- Réaliser l'étude technique d'une IRVE pour un local à usage d'habitation et un bâtiment muni d'un parc de stationnement intérieur ou extérieur. Installer et raccorder une prise et une borne murale de recharge pour véhicule électrique.
- Installer et raccorder un système de communication, de gestion et de supervision d'une IRVE pour un parc de stationnement. Paramétrer, mettre en service l'installation et participer à la réception de travaux.
- Réaliser les opérations de maintenance préventive et corrective sur une IRVE

Génie civil, terrassement, raccordement

- Préparation du site, pose des câbles électriques,
- Raccordement au réseau électrique, compteur et appareils de mesure connectés.

Gestionnaire de parc de bornes de recharge

Service client

Ces métiers doivent permettre de répondre aux problèmes de facturation et de mauvais fonctionnement des bornes.

Analyste des données de consommation

Pour améliorer l'offre de bornes publiques, pour les opérateurs réseaux, pour prévoir les pics de consommation.

5.4.3. Gérer la disparition des ventes de carburant, essence et diesel

En 2015 il y avait 212 stations-services classées en 47.30Z (Commerce de détail de carburants en magasin spécialisé) qui employaient 1087 salariés. Compte tenu de l'automatisation des distributeurs et de la concurrence des implantations de distributeurs à côté des grandes surfaces, le nombre d'emplois dans les stations-services décroît régulièrement, -22 % entre 2007 et 2016. Cependant ce nombre sous-estime probablement l'emploi dans la distribution de carburant : les emplois dans les stations-services des supermarchés et les non salariés ne sont pas inclus ; sur la base des ratios nationaux le nombre de stations-



services dans les Hauts-de-France serait d'un millier.

Le changement de source d'énergie va prolonger la tendance à la diminution des emplois, jusqu'à les faire disparaître quasiment complètement : tous types de véhicules confondus le parc de véhicules routiers à essence / diesel n'est plus que de quelques dizaines de milliers en 2050.

Les constructeurs proposent des bornes chez les concessionnaires. Compte tenu de la densité du réseau de bornes proposé, les stations-services actuelles pourront accueillir des bornes de recharge accélérées. Mais le modèle économique correspondant reste à construire.

L'évolution des métiers supposerait des formations continues, incluant des compétences sur les risques liés aux fortes charges électriques (« habilitation électrique »).

5.5. Conclusion

Plus de 6000 ETP directs liés aux véhicules électriques particuliers

A l'horizon 2050, plus de 6 000 ETP directs pourraient être liés à l'utilisation des véhicules électriques particuliers et de bornes de recharge, hors construction automobile et véhicules utilitaires, hors véhicules hybrides et hors emplois dans les investissements (installation des bornes de recharge). En incluant les emplois indirects, les activités liées aux voitures électriques impacteraient plus de 10 000 emplois.

Si l'on ne prend pas en compte les emplois de fabrication, l'électrification des véhicules n'entraîne pas une baisse importante des *emplois d'entretien* : quelques centaines d'emplois en moins par rapport aux véhicules à essence / diesel. Cette baisse serait très largement compensée par les emplois générés par les activités liées à la deuxième vie des batteries (700 ETP avec les hypothèses retenues).

Rappelons néanmoins que le scénario entraîne une perte de 6000 à 8000 emplois dans le commerce et l'entretien des automobiles, baisse qui n'est pas lié à l'électrification des véhicules mais à la diminution générale de parc.

Les activités qui disparaîtraient avec les changements de motorisation sont :

- Le commerce de carburant
- La fabrication de moteurs thermiques, d'embrayages, et autres fabrications liées aux moteurs thermiques.

Le commerce de carburant représente au minimum 1 000 emplois. Cette activité devra être reconvertie, vraisemblablement vers la distribution de gaz, la recharge des véhicules électrique, éventuellement les échanges de batteries.

Les activités de construction automobile représentent 25 000 emplois, dont 7 500 directement liées à la construction de moteurs thermiques. La présence des sites de fabrication n'est pas directement liée à la transition énergétique des Hauts-de-France mais aux politiques mondiales des constructeurs.

Pas de nouveau métier, mais une transformation des métiers existants

L'avènement des véhicules électriques n'apporte pas réellement de nouveaux métiers, mais entraîne la transformation de métiers existants.

Les besoins les plus évidents concernent les électrotechniciens, qu'il s'agisse d'électronicien automobile pour l'entretien des véhicules ou de technicien d'équipement en infrastructures de recharge.

A l'horizon 2050, environ 2 400 personnes réaliseront l'entretien de véhicules automobiles électriques, tandis que plusieurs milliers seront impliqués dans l'installation (1300 y compris génie civil et raccordement) ou la maintenance de bornes de recharge (2000 avec le contrôle technique). Les formations correspondantes s'adressent soit aux métiers de l'automobile, soit aux métiers du bâtiment, avec une montée en compétence nécessaire des électriciens pour assurer la sécurité des bornes de recharge ou qu'elles soient, dans les maisons ou dans l'espace public.

De manière générale, des efforts importants devront se porter sur la reconversion des emplois de la filière automobile :

- Recul des emplois liés à la vente et à l'entretien des automobiles,
- Nécessité de regroupement des artisans pour faire face à une clientèle où dominent des parcs de véhicules, sous l'effet de l'auto partage.
- Reconversion des commerces de vente de carburant, vers la distribution de gaz ou d'électricité.



6. Fiches de synthèse des « Regard sur »

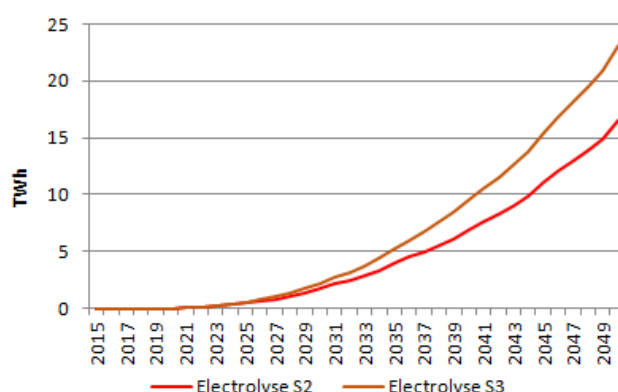
6.1. Impact emploi du stockage de l'électricité et de la filière hydrogène

Points de méthode : les trois scénarios³⁹ élaborés dans le cadre des études REV3 ne traitent la problématique du stockage des excédents de production des ENR électriques variables qu'à travers les capacités de stockage court terme à mettre en place en 2050 et la production d'hydrogène par électrolyse aux fins de stockage inter-saisonnier de ces mêmes excédents⁴⁰, sans toutefois aborder les questions liées au stockage et à l'utilisation de cet hydrogène. Après étudier l'impact emploi on formule des hypothèses en ce qui concerne la forme que pourrait prendre le stockage à court terme et le modèle de la production d'hydrogène. Bien que non présente dans les scénarios une hypothèse concernant l'utilisation mobilité de l'hydrogène est également formulée.

Stockage d'électricité et production d'hydrogène dans les scénarios REV3

Stockage d'électricité infra journalier : les trois scénarios font appel à un stockage venant en complément d'une part du pilotage de la consommation des chauffe-eau électriques et d'autre part du recours aux batteries des véhicules électriques. On fait ici l'hypothèse que la capacité de stocke à mettre en place (828 MW dans le scénario S1, 1287 dans S2 et 1491 dans S3) prend la forme de batteries couplées aux systèmes photovoltaïques dans un objectif de développement de l'autoconsommation. Le stockage à mettre en place (1287 MW - scénario optimisé) est réparti entre les différents systèmes photovoltaïques au prorata des puissances installées et mis en place au rythme des installations PV.

Dans les scénarios S2 et S3 le stockage inter-saisonnier se traduit par la production d'une quantité importante d'hydrogène par électrolyse. Le graphique ci-dessous représente l'évolution de cette production jusqu'en 2050.



Source : scénarios REV3 ; Electrolyse S2 et Electrolyse S3 : production d'hydrogène par électrolyse dans les scénarios « production optimisée et sobriété » et « autonomie régionale forte » (il n'y a pas de production d'hydrogène par électrolyse dans le scénario « autonomie régionale faible »)

Figure 25. Evolution de la production d'hydrogène

Pour déterminer l'impact emploi de la production de l'hydrogène on a formulé deux modèles : un modèle décentralisé dans lequel un grand nombre d'électrolyseurs réversibles, associés aux parcs éoliens, centrales PV au sol et systèmes PV sur grandes toitures produisent de l'hydrogène, le stockent et le reconvertissent en électricité grâce à des piles à combustibles. La faisabilité technico-économique de ce modèle sur grande échelle est très incertaine ; un deuxième modèle dans lequel la production d'hydrogène est réalisée par un nombre limité de grandes unités a donc été construit. Ses résultats sont présentés ci après.

On a également formulé une hypothèse sur l'utilisation de l'hydrogène par 40% du parc des véhicules routiers (principalement bus, cars et poids lourds) en 2050. Bien que probables les utilisations dans les autres transports (ferroviaire, fluvial ou maritime) n'ont pas été considérées.

Les emplois liés au stockage d'électricité, à la production et l'utilisation d'hydrogène.

³⁹ Scénario d'autonomie régionale faible (S1), de production optimisée et de sobriété (S2) et d'autonomie régionale forte (S3)

⁴⁰ Dans les scénarios le stockage infra-hebdomadaire fait appel au réseau national des STEP ; ce stockage n'est pas abordé ici



L'hypothèse commune pour évaluer les emplois est que les accumulateurs et les cellules électrolyse ne seront pas fabriqués dans la région mais que leur assemblage au niveau régional est possible. Les autres activités : installation des batteries et des électrolyseurs et exploitation des installations de production d'hydrogène sont considérés comme étant locales.

En l'absence d'études détaillées disponibles les ratios sont inspirés d'une part d'informations communiquées par des porteurs de projets (unités de production d'hydrogène), d'autre part de données d'articles de presse (coûts et emplois dans l'installation des systèmes domestiques de stockage par batterie). Pour l'hydrogène mobilité les coûts d'installation et la gestion des stations de distribution ont été estimés à partir des résultats de projets européens (CHIC). Les incertitudes sur les ratios s'ajoutant au caractère plus ou moins arbitraire des ratios les estimations présentées peuvent donc au mieux servir à illustrer des évolutions possibles des emplois.

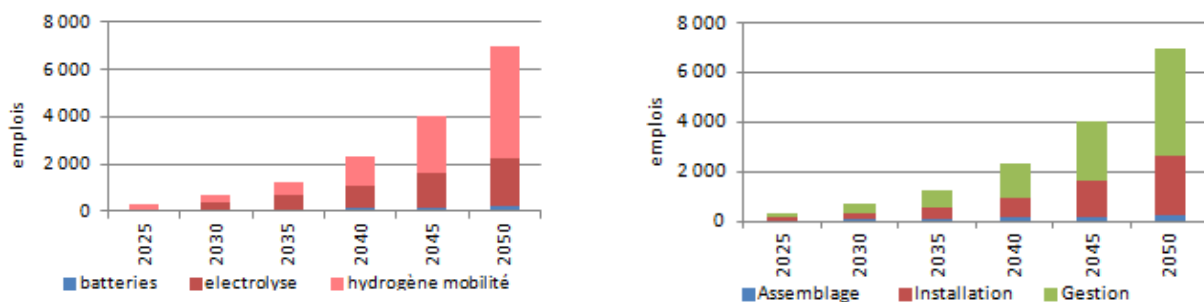


Figure 26. Estimation des emplois liés au stockage d'électricité et à la production et l'utilisation de l'hydrogène

Sous les hypothèses faites le volume des emplois liés au stockage court terme par batteries apparaît limité ; la quantité de travail nécessaire par installation est en effet particulièrement réduite : de l'ordre de 1 à 2 jours de travail par système (hors PV lui-même) selon les fournisseurs.

On notera que ces estimations n'incluent pas les emplois liés à l'installation des capacités de stockage destinées à assurer la stabilité des réseaux, les réserves de puissance, ou encore à réduire les besoins de renforcement du réseau (lignes de transport virtuelles).

Formation

Compte tenu de la faiblesse actuelle des activités concernées par le développement de la filière stockage ou hydrogène il n'existe pas dans la littérature disponible de description normalisée des métiers spécifiques liés à ces activités. Les interlocuteurs rencontrés ont mis l'accent sur les formations internes ou les formations par les fournisseurs d'équipements (par exemple formations pour l'assemblage des électrolyseurs). La transformation des emplois dépendra du segment mais elle prendra la forme d'un complément de compétences sur les emplois et des métiers existants : utilisation, entretien, réparation, maintenance des équipements utilisant l'hydrogène au lieu des autres vecteurs énergétiques (produits pétroliers, gaz naturel comprimé ou liquéfié, électricité ...). Dans ce cadre un certain accent pourrait être mis sur la sécurité, etc. Pour le reste des emplois (électricité) il s'agit de renforcer des compétences de professions existantes (électriciens ...) dans des domaines plus spécialisés (travail sous tension, sécurité ...)

Il existe en région de nombreuses formations pour les électriciens et de façon générale la filière de l'installation électrique, au-delà des besoins identifiés. Pole emploi répertorie ainsi 97 formations Electricité bâtiment autour des Hauts-de-France (36 au niveau CAP/BP, 13 au niveau BAC Pro (technicien en électricité ; Bac pro des métiers de l'électricité : lycée technique Soissons, Saint-Quentin, AFPA, PROMEO, GRETA, 13 au niveau DUT (génie électrique)/ BTS (électrotechnique) dans la quasi-totalité des universités de la région plus PROMEO en Picardie), 18 enfin au niveau ingénieur (Ingénieurs systèmes électriques, master systèmes électriques) dans la quasi totalité des universités, PROMEO, CNAM. Par contre les formations identifiées pour la filière hydrogène sont plus limitées : quelques formations supérieures intègrent l'hydrogène dans leurs programmes, ULCO, Ensiame Au niveau Bac on peut noter le lycée Saint Joseph de Saint-Martin-Boulogne.

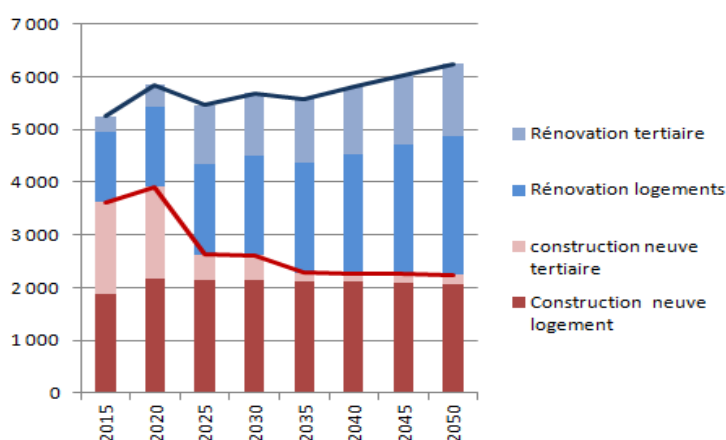


6.2. Impact emploi du développement des matériaux de construction biosourcés

Points de méthode : les scénarios élaborés dans le cadre des études REV3 sont silencieux sur le rôle que pourraient jouer les matériaux de construction biosourcés dans les prochaines décennies. Tout au plus formulent-ils des perspectives en ce qui concerne la rénovation des bâtiments et les standards de construction. L'ensemble du parc existant doit ainsi être rénové au standard BBC à l'horizon 2050 et toutes les constructions neuves doivent respecter la norme BEPOS dès 2022. Après avoir rappelé la situation actuelle de la construction faisant appel aux matériaux biosourcés, on formule deux hypothèses en ce qui concerne la part qu'elle pourrait prendre à l'avenir. Les emplois concernés sont ensuite estimés et les problèmes de formation esquissés.

Les perspectives de la construction et de la rénovation dans les Hauts-de-France

Trois scénarios ont été élaborés pour illustrer ce que pourrait être la transition énergétique dans les Hauts-de-France ; si l'on excepte le rythme de construction de bâtiments du secteur tertiaire, plus faible dans le scénario dit de production optimisée et de sobriété ces trois scénarios sont identiques. Le graphique ci-dessous représente l'évolution prévisionnelle du chiffre d'affaires de la construction et de la rénovation jusqu'en 2050.



Source : scénario de production optimisé et sobriété ; les quantités physiques (nombre de logements, m²) ont été transformés en chiffre d'affaires avec les coûts unitaires suivants : résidentiel 1100 €/m² non résidentiel 1300 €/m². ces coûts ont été considérés comme constants sur la période, les progrès de productivité étant sensés compenser l'augmentation des contraintes environnementales

Figure 27. Evolution de la construction et de la rénovation

Les matériaux de construction biosourcés

Ils sont définis par l'arrêté du 19 décembre 2012 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « bâtiment biosourcé ». Selon cet arrêté on considère comme matériau biosourcé l'ensemble « des matériaux dont les matières premières sont d'origine végétale ou animale ». On s'intéresse ici essentiellement aux matériaux d'origine végétale utilisés dans le gros œuvre et l'isolation. Ces matériaux couvrent une large gamme de produits : bois, chanvre, lin, paille ... utilisés sous de nombreuses formes : charpentes et ossatures bois, panneaux isolants, bétons et matériaux de remplissage...

S'agissant de la **construction bois**, l'enquête annuelle 2017 du Syndicat de la Construction bois fournit de précieuses informations sur le volume d'activités, le chiffre d'affaires et le nombre de salariés de la filière, ainsi que sur son importance dans la région Hauts-de-France.

Activité 2016 (France entière) : CA de la construction bois : 1,6 Md€ ; volume d'activité : 26 000 logements et 3.2 Mm² de bâtiments tertiaires ; 12 640 salariés
 Activité Hauts-de-France : 720 logements ; tertiaire non connu ... ; sur cette base on estime la part de la construction bois de l'ordre à 3% en 2015.

S'agissant des autres matériaux de construction biosourcés, la seule estimation existante est celle de l'association syndicale des industries de l'isolation végétale (ASIV) ; l'association estime que près de 18 Mm² d'isolants végétaux ont été installée et évaluée à 5 à 10% leur part de marché pour un montant de 1,5 Md€ de chiffre d'affaires. On ne dispose pas de chiffre pour les Hauts-de-France. On a retenu pour la région la part de marché nationale.



La région, bien que productrice de lin et de chanvre, met plutôt l'accent sur la paille : selon la fiche du CD2E consacrée à la construction paille il existe dans la région 35 professionnels formés et une cinquantaine de maisons construites ou en cours ainsi que 23 projets de bâtiments tertiaires.

On a considéré que les usages de la paille se répartissaient entre la construction bois – ossature bois et remplissage paille- et l'isolation (panneaux / bottes utilisés pour l'isolation par l'extérieur).

L'emploi dans la mise en œuvre des matériaux de construction biosourcés

L'exercice s'est limité à essayer d'estimer l'emploi dans la mise en œuvre des matériaux de construction biosourcés. En l'absence de perspectives établies on a formulé deux hypothèses sur la part que pourraient atteindre la construction bois et les matériaux isolants biosourcés en 2050 : 20 et 40%. Ces objectifs ont été transformés en une trajectoire 2015 – 2050 et les emplois calculés à partir des ratios issus de l'enquête Afcobois citée et des résultats de la quantification des emplois liés à la rénovation effectuée dans la première phase de l'étude.

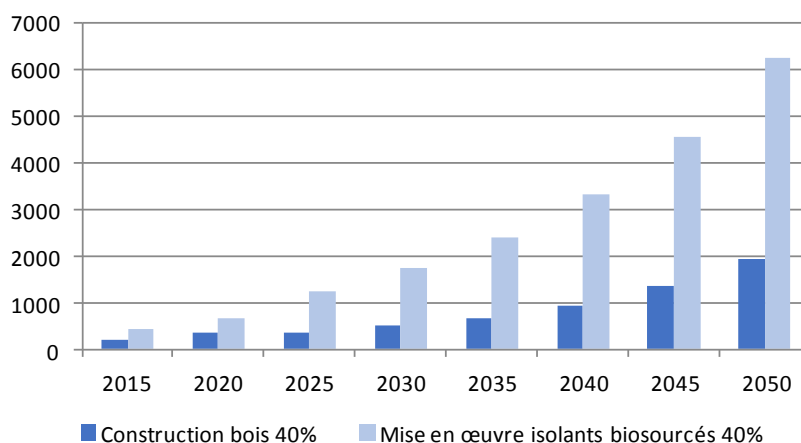


Figure 28. Emplois dans la construction bois et la mise en œuvre des matériaux isolants biosourcés

Formation

S'agissant de la construction bois les métiers sont décrits dans les nomenclatures (par exemple ROME F1503 « réalisation – installation ossature bois ») ou les métiers charpentier et constructeur bois dans les formations FFB. Selon le tableau de bord emploi formation du BTP en Hauts-de-France les effectifs en formation sont stables en ce qui concerne la voie scolaire ; en 2016/2017 les effectifs en formation de menuiserie charpente étaient de 1000 niveau CAP, 150 niveau BP, 1040 en BAC Pro et 90 en BTS. De nombreux établissements d'enseignement supérieur proposaient par ailleurs des formations supérieures dans le BTP.

S'agissant de la mise en œuvre des isolants biosourcés une partie de la formation sera assurée par les fournisseurs ou les fabricants. Bien qu'il existe des formations pour la mise en œuvre de la paille et des matériaux à base de chanvre (réseau Propaille et Construire en chanvre), l'intégration de nouveaux modules dans l'ensemble des programmes de formation serait cependant à étudier.

L'ensemble des professionnels rencontrés insiste sur la nécessaire sensibilisation et l'accompagnement en priorité des Maîtres d'Ouvrage (publics et privés) mais également des architectes, bureaux d'études et bureaux de contrôle technique. Les opérations – pilotes de prescripteurs publics ou semi-publics ont un rôle important à jouer.



6.3. Impact emploi du développement de la méthanisation

Points de méthode : L'évolution des activités de méthanisation dans les Hauts-de-France s'appuie sur les scénarios proposés par Energie Demain et Enerdata dans le cadre de la mise à jour des scénarios de la troisième révolution industrielle. Les impacts emplois sont évalués en s'appuyant sur un outil du CIREAD, et sur des entretiens auprès d'acteurs de la méthanisation dans les Hauts-de-France. Les analyses suivantes excluent les ISDND (qui ne font pas de méthanisation), ainsi que les installations de production de chaleur, le scénario TRI/REV3 ne prévoyant pas d'évolution sensible pour ces installations.

Fort essor de la méthanisation dans les Hauts-de-France

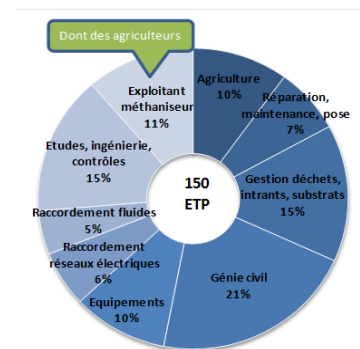
Les scénarios TRI/REV3 mettent fortement en avant la filière méthanisation, avec environ **850 nouvelles unités⁴¹ à construire d'ici 2050** et 15TWh produits contre 547 GWh en 2015. La valorisation par injection de biométhane (600 unités) dans les réseaux est priorisée, par rapport à la cogénération, par le nouveau régime de rachat de l'électricité et la forte densité du réseau de gaz régional.

La réussite des scénarios de méthanisation dépend de la levée des freins pour le développement de la filière : freins administratifs et délais des autorisations, difficultés de financement, les banques demandant un apport propre élevé, (jusqu'à 30%), problèmes de voisinage (peur des odeurs et de la fréquence des camions).

Plus de 11000 ETP directs et indirects en 2050

En 2015, le marché de la méthanisation, estimé à 40M€, a généré localement environ 300 ETP dont 140 ETP directs. Actuellement, les emplois directs sont majoritairement dédiés à la construction de nouvelles unités, emplois de génie civil et de raccordement et études et construction des équipements, l'exploitation-maintenance n'occupant encore que peu d'emplois.

L'implantation des 850 installations de méthanisation prévues pour 2050 générera un marché de 1,5 milliard d'euros pour environ **6 000 emplois directs et 5 000 emplois indirects** en fin de période.



Trois métiers spécifiques à la filière

Trois métiers sont jugés spécifiques à la filière, du fait des conjugaisons de compétences nécessaires : ingénieurs méthaniseurs, nutritionnistes et exploitants méthaniseurs.

- Les **ingénieurs méthaniseurs** sont les ingénieurs qui conçoivent les unités de méthanisation, optimisent les rendements en fonction des flux d'intrants envisagés. Ils peuvent également occuper des fonctions de conseil. Ces postes sont occupés actuellement par des ingénieurs agronomes ayant acquis une expérience en méthanisation.
- Les **nutritionnistes** experts en méthanisation sont des biologistes qui interviennent en cours d'exploitation, et interprètent les résultats des analyses biologiques pour conseiller les exploitants, notamment en cas de modification des flux d'intrants.
- Les **exploitants méthaniseurs** sont les responsables de l'exploitation des unités de méthanisation. Dans les sites en cogénération « à la ferme », il s'agit de l'exploitant agricole. Les métiers les plus proches sont les métiers d'exploitants de STEP, avec des connaissances complémentaires pour gérer techniquement et commercialement l'arrivée des intrants et assurer une production régulière et de qualité de biométhane.

D'autres métiers moins spécifiques sont déjà considérés comme en tension, avant même le fort développement prévu de la filière :

- Les techniciens biogaz et chauffage, techniciens des fluides,
- Les automaticiens, qui installent, programment, règlent ou dépannent les équipements automatisés, qui règlent les ouvertures et fermetures automatiques des vannes.
- Les soudeurs.

⁴¹ Hors production de biogaz par ISDND (Installation De Stockage de Déchets Non Dangereux) et par traitement de déchets industriels, filières qui ne devraient pas augmenter sensiblement.



Les besoins de compétences et de formation d'ici 2050

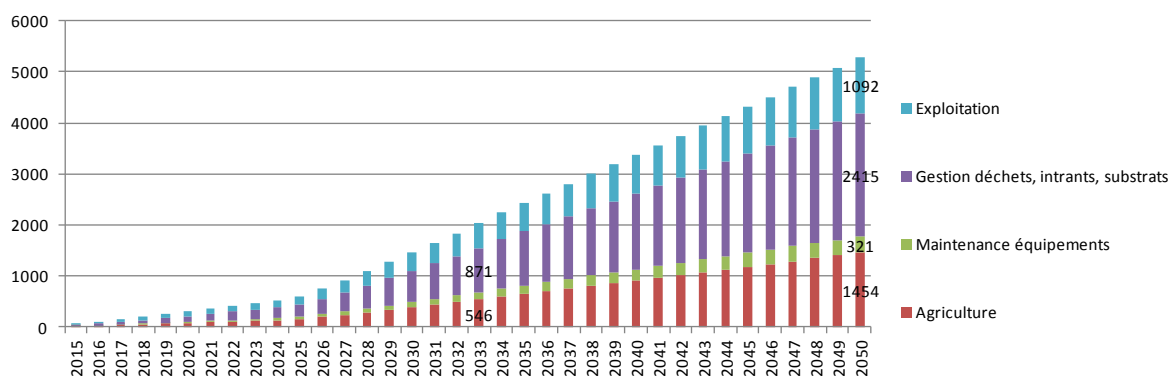


Figure 29. Evolution des emplois directs liés à l'exploitation des unités de méthanisation, par type d'emploi

Le premier enjeu est la **formation des exploitants méthaniseurs**, puisqu'environ 900 personnes devraient être formées d'ici 2050 : 200 exploitants agricoles et 650 responsables d'unités de méthanisation centralisées. **700 personnes devraient déjà être formées d'ici 2035.**

Les besoins de **nutritionnistes** peuvent être évalués à une vingtaine de personnes à l'horizon 2050, absents pour l'instant dans la région.

Les **2400 emplois de la branche déchets** constituent majoritairement un enjeu de substitution ou redéploiement des emplois actuels : substitution entre les emplois de compostage et de méthanisation, redéploiement des emplois de transport des déchets. Peu de formations semblent nécessaires.

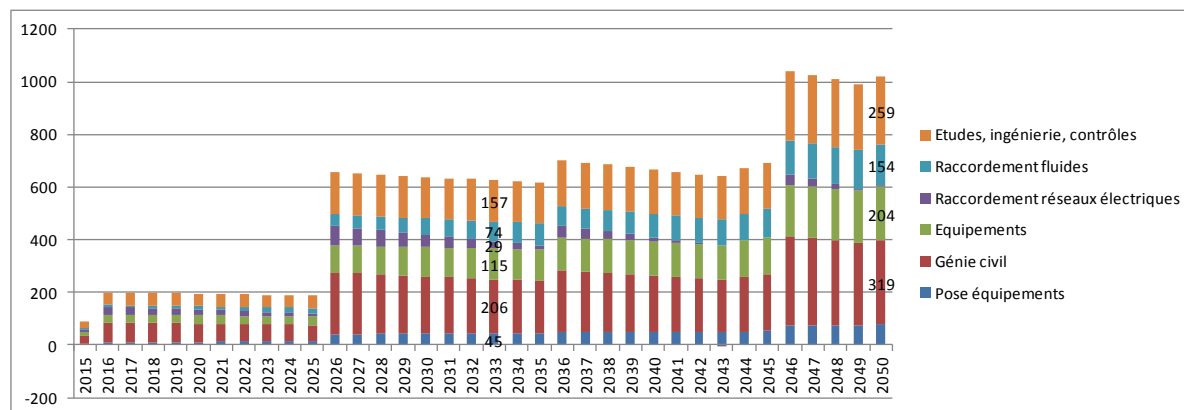


Figure 30. Evolution des emplois directs liés à aux investissements en méthanisation, par type d'emploi

Les emplois directs liés aux investissements dans les unités de biométhane ne dépassent pas 1000 emplois sur la période, dont 200 à 300 ETP pour les études et l'ingénierie.

Environ 150 ingénieurs méthaniseurs sont à former d'ici 2030, soit une dizaine chaque année. De plus des besoins concernent certaines compétences spécifiques : électromécanicien, technicien des fluides, automatique.

Un impact positif sur l'emploi, mais des reconversions à gérer

Pour bénéficier pleinement de l'impact positif de l'essor de la méthanisation, il convient de prévoir les compétences nécessaires. Des formations continues sont à mettre en place, des reconversions sont à prévoir. Le principal blocage pourrait concerner les exploitants méthaniseurs, qu'il s'agisse des exploitants agricoles ou des responsables d'installations centralisées. Si l'on en croit les scénarios proposés, les efforts de formation sont à réaliser dans les 15 prochaines années.



6.4. Impact emploi du développement de la mobilité électrique

Méthodologie

L'évolution des activités de méthanisation dans les Hauts-de-France s'appuie sur les scénarios proposés par Energie Demain et Enerdata dans le cadre de la mise à jour des scénarios de la troisième révolution industrielle. Les impacts emplois sont évalués en s'appuyant sur un outil du CIREN, et sur des entretiens auprès d'acteurs de la méthanisation dans les Hauts-de-France. Les analyses suivantes excluent les ISDND (qui ne font pas de méthanisation), ainsi que les installations de production de chaleur, le scénario

A l'horizon 2050, 800 000 véhicules particuliers électriques

Les scénarios TRI/REV 3 réduisent fortement la mobilité et plus encore la mobilité individuelle. Dans un marché réduit, le parc de véhicules particuliers se composerait en 2050 de 800 000 véhicules électriques, 1,2 millions de voitures à gaz et 700 000 voitures hybrides au gaz. Une forte proportion de ces véhicules serait auto-partagée, plus de 20% des 800 000 voitures électriques.

Un impact sur de nombreuses activités

Le passage des moteurs thermiques aux moteurs électriques a des conséquences, en termes de chiffre d'affaires ou d'emplois sur de nombreuses activités :

- La filière automobile traditionnelle : les constructeurs automobiles et constructeurs de camions, bus et tramway, leurs sous-traitants,
- Les activités d'entretien des véhicules : les concessionnaires et garagistes,
- Les stations-services ;
- La filière des deux roues : les constructeurs de vélos électriques, motos électriques, les réparateurs de vélos et de motos,
- Les réseaux de véhicules en libre-service, voitures et deux-roues électriques,
- Les fabricants de batteries,
- Les équipements nécessaires à la recharge des véhicules : bornes de recharge, systèmes de paiement, éventuellement des services d'échanges de batteries, poses de box individuelles chez les particuliers.
- Le réseau électrique, qui doit gérer les recharges de batteries et éventuellement l'utilisation des voitures comme moyen de stockage,
- La « deuxième vie » des batteries,
- Les filières du recyclage : recyclage des VHU, recyclage des batteries, démantèlement / recyclage des stations-services.

Les enjeux pour la région Hauts-de-France sont considérables. Rappelons qu'en 2016, la filière automobile occupe directement plus de 60 000 personnes dans les Hauts-de-France.

Les activités locales boostées par les voitures électriques

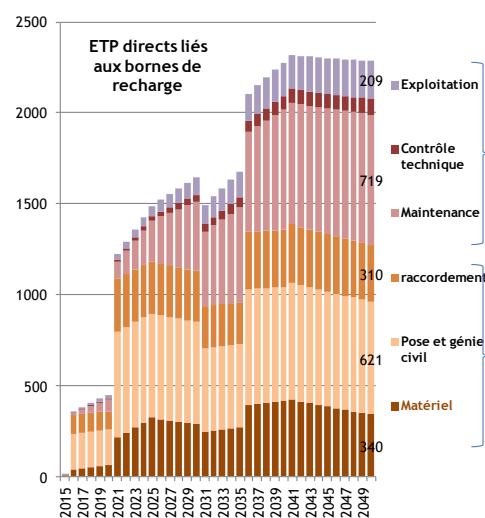
Les activités créées par l'électrification des véhicules sont :

- Les activités liées aux bornes de recharge : fabrication, pose et exploitation,
- La seconde vie des batteries,
- Le recyclage des batteries lithium,

Plus de 2000 emplois directs liés aux bornes de recharge en 2050

Les scénarios TRI/rev3 prévoient la pose d'1,9 millions de bornes de recharge à l'horizon 2050, dont la moitié dans les habitations, 460 000 sur la voirie et le reste dans les parkings et les entreprises privées. Ces bornes de recharge génèrent entre 2000 et 2500 emplois directs et plus de 5000 emplois directs et indirects. Les emplois directs recouvrent des emplois de pose, génie civil et raccordement (1000 emplois) et fabrication de matériel (entre 300 et 400 emplois, en supposant la présence de fabricants de bornes de recharges locaux). La maintenance et l'exploitation occupent plus de 1000 emplois, dont 700 ETP de maintenance.

La seconde vie des batteries



Les batteries des véhicules électriques ont une durée de vie d'environ 7 ans. Après ce délai, leur puissance est réduite d'environ 20%, mais elles peuvent avoir une seconde vie, dédiée au stockage d'énergie. Les usages envisagés sont multiples :

- Batterie de secours alimentée par du photovoltaïque, en remplacement de groupes électrogènes
- Stockage d'électricité solaire pour alimenter les bornes de recharge, en complément du réseau ;
- Stockage d'électricité solaire pour accompagner des panneaux photovoltaïques en cas d'autoconsommation.

Ces usages ne pourront être déployés que quand des quantités suffisantes de batteries alimenteront le marché, en 2025 ou 2030. Les estimations d'emplois liés à la deuxième vie des batteries restent peu fiables, ni les coûts ni les débouchés économiquement viables n'étant encore stabilisés. En supposant un coût de 50€/kW et un débouché pour toutes les batteries de voitures électriques, près de 700 ETP directs locaux pourraient être générés par cette activité et plus de 1000 ETP directs et indirects.

Les déclinis prévisibles

Les fabricants de moteurs thermiques et de boîtes de vitesse

Le moteur électrique est généralement considéré beaucoup plus simple que le moteur thermique : moins de pièces, des pièces moins complexes, des réglages plus simples. Des éléments mécaniques disparaissent : changement de vitesse, transmission (si l'on équipe chaque roue d'un moteur indépendant).

Actuellement, dans les Hauts-de-France, près de 8 000 personnes travaillent dans des usines dédiées à la fabrication de moteurs thermiques ou d'embrayages. L'avenir et la transformation éventuelle de ces emplois n'est pas du ressort des Hauts-de-France, mais des constructeurs automobiles.

L'entretien des véhicules

Conséquence d'une simplification des moteurs, l'entretien des véhicules électriques est moins coûteux que l'entretien des véhicules thermiques, environ 10% de coût en moins selon le CGDD. A l'horizon 2050, l'entretien et la vente des véhicules électriques occuperont environ 3000 ETP. Par rapport à l'entretien du même parc en véhicules thermiques, l'entretien des véhicules électriques représenterait une perte de 300 à 400 ETP en 2050.

De plus, la montée en puissance des véhicules en libre service va impliquer une modification de la clientèle des garagistes, davantage de gestionnaires de parcs et moins de clientèle particulière.

Les stations services

Actuellement, 1 000 emplois existent dans les distributeurs de carburants pétroliers spécialisés. Ces activités et emplois devront être reconvertis vers les nouvelles sources d'énergie : distribution de gaz, recharge électrique, échange de batteries, ...

Les métiers à développer

L'avènement des véhicules électriques n'apporte pas réellement de nouveaux métiers, mais entraîne la transformation de métiers existants. Les besoins les plus évidents concernent les électroniciens automobiles, pour l'entretien des véhicules, et les techniciens d'équipement en infrastructures de recharge.

A l'horizon 2050, environ 2300 personnes réaliseront l'entretien de véhicules automobiles électriques et entre 1000 et 1500 personnes seront impliqués dans la pose ou la maintenance de bornes de recharge. Les formations correspondantes s'adressent soit aux métiers de l'automobile, soit aux métiers du bâtiment, avec une montée en compétence nécessaire des électriciens pour assurer la sécurité des bornes de recharge ou qu'elles soient, dans les maisons ou dans l'espace public.



Références bibliographiques

ADEME Fiche technique l'hydrogène dans la transition énergétique Mars 2018

ADEME GRTGaz et GRDF Un mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 ? Synthèse de l'étude janvier 2018

ADEME Marchés et emplois liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2013-2015 et perspectives à court terme – Rapport 4 volumes 2017

ADEME Un mix électrique 100 % ENR en 2050 Quelles opportunités pour décarboner les systèmes gaz et chaleur ? 2017

ADEO Conseil en partenariat avec le cabinet SISIFE Etude sur les gisements et les mutations d'emplois liés à l'économie verte en Nord Pas de Calais Juin 2016 <http://www.c2rp.fr/publications/synthese-etude-sur-les-gisements-et-les-mutations-demplois-lies-leconomie-verte-en-nord>

AFHYPAC : fiches du mémento de l'Hydrogène

Annuaire des acteurs des matériaux de construction biosourcés : Site Vegetal http://vegetal-e.com/page.php?lg=fr&id_nav=38

APEC : les métiers du secteur de l'énergie les référentiels métiers cadres

Association des industriels de l'isolation végétale <http://www.votreisolation.com/>

Automobile propre : la location de batteries pour les véhicules électriques <http://www.automobile-propre.com/dossiers/voitures-electriques/la-location-de-batteries-pour-les-vehicules-electriques/>

AVERE France Divers articles http://www.avery-france.org/Site/Article/?article_id=6900

- Comprendre la qualification obligatoire pour l'installation de bornes de recharge de véhicules électriques
- Forsee Power va décupler ses capacités de production grâce à une nouvelle usine dans la Vienne
- Renault vend désormais sa Zoé avec la batterie
- SmartGreenCharge mise sur les stations de recharge autonomes et renouvelables
- Mobilité électrique et V2G : quelles expérimentations en Europe ?

BIPS : Etude sur la filière éolienne française : bilan, prospective et stratégie. PARTIE 1. Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : E-CUBE Strategy Consultants, I Care & Consult, et In Numeri. N° de contrat : 1505E0008

C&B Les filières des matériaux de construction biosourcés : Plan d'actions, avancées & perspectives 2013 http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/IMG/pdf/dgaln_filieres_des_materiaux_construction_biosources_c_et_b_novembre_2013.pdf

C2RP nomenclature des formations <http://www.c2rp.fr/atom/1144>

C2RP : Tableau de bord formation filière bois <http://www.c2rp.fr/publications/tableau-de-bord-sectoriel-cos-filiere-bois>

Cahiers techniques du Bâtiment : les obligations liées aux bornes de recharge des véhicules électriques <https://www.cahiers-techniques-batiment.fr/article/les-obligations-liees-aux-bornes-de-recharge-des-vehicules-electriques.35362>

Calcia Biomis G3 et Alkern Etude sur le miscanthus <file:///C:/Users/G%C3%A9nard/Downloads/lastCP%20Miscanthus-0617.pdf>

CER Bretagne : filières des matériaux biosourcés en Bretagne 2015 http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2_elements_etude.pdf

CERC Tableau de bord emploi formation du BTP <http://www.cerc-hautsdefrance.fr/tableau-de-bord-emploi-formation-btp-2017/>

CEREQ Transition écologique, quelles perspectives pour l'emploi et la formation ? <http://www.cereq.fr/articles/COP-21/Transition-ecologique>

Cette et al. 2017 : Cette, G., Corde, S. & Lecat, R. (2017). Stagnation of productivity in France: a legacy of the crisis or a structural slowdown? *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, 494-495-496, 11-38. DOI: 10.24187/ecostat.2017.494t.1916



RATP : Rapport financier et RSE 2016 : www.ratp.fr –

Répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO) http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1543/0/parc-vehicules-routiers.html?tx_ttnews%5Bcatdomaine%5D=1541&cHash=9aa0b7c22e82ff07f30ca4b2207c21ee

Revue Végétal[e] site
<http://www.vegetal-e.com/fr/>

Schwartz and Co et AJI Europe : Etude de la seconde vie des batteries des véhicules électriques et hybrides rechargeables Juin 2011

SDES : Base de données Pégase <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/pegase.html>

Site Cavac
https://www.coop-cavac.fr/wp-content/uploads/2016/12/201612Cavac_RA_2016.pdf

UTP – transports urbains – bilan social 2016 www.utp.fr

Wiser et al 2016 : Expert elicitation survey on future wind energy costs. Nature Energy. DOI: 10.1038/NENERGY.2016.135



Liste des entretiens

Entretiens généraux (première partie)

Virginie RENAULT : Conseil régional Directrice mission TRI
Olivier COUSTENOBLE : Conseil régional DGA
Didier COPIN : CCIR chef de projet TRI et Méthania (CORBI)
Jean GRAVELLIER : Energie 2020 Directeur
Victor FERREIRA : CD2E Directeur général
Luc MESSIEN : ARIA Délégué général
Eric MASSON : Windustry Animateur EnR à la CCI Littoral Hauts-de-France
Maëva FREROT : Nord Picardie Bois Chargée de mission Bois Energie et approvisionnement
Marie MOTELLIER : CERC (NPdC)
Virginie FORMENTEL-DIEU : CERC (Picardie)

Entretiens méthanisation

Arnauld ETIENNE : Chambre régionale d'agriculture (membre CORBI) ; Conseiller expert référent méthanisation
Didier Cousin : GRDF / Engie – chargé de communication sur l'injection de biométhane
Christophe BELLET : GRDF / Engie – Directeur projet biométhane
Christophe BOGAERT : ADEME Chargé de mission reste la personne expert biogaz ADEME en HdF
Claude PRUVOT : SOCIETE NOUVELLE AES DANA - Directeur

Entretiens matériaux de construction biosourcés

Pierre BONO : DG de F.R.D et CODEM
Julia SACHER : CD2E
Elodie NGUYEN : Chambre Régionale d'agriculture
Théophile STEPHANE : CODEM
Pierre BAUDOT : Nord Picardie Bois

Entretiens stockage de l'énergie et hydrogène

Isabelle ALLIAT Projet GRHYD : Responsable Projet
Benoît VANTOUROUT H2V Product : directeur
Julien PATTIN Engie : Directeur Régional Engie
Régis SAADI Air Liquide : Directeur des Affaires Publiques
Olivier FLOURY Air Liquide : Manager des ventes Nord de la France
François PLE Air Liquide : Directeur projets nouveaux business dans les territoires
Fabrice DEL CORSO Air Liquide : Programmes Innovation et transition écologique
Laurent CANTAT LAMPIN RTE : Directeur régional
Wilfried DENOIZAY RTE
Lionel BRUYCHE Energie 2020
Jean Francois RETIF : Euraénergie
Emmanuel COULLAUD EDF (Directeur Développement Territorial)

Entretiens mobilité électrique)

Eugénie RUCKEBUSH : Agence Urbanisme Développement Saint Omer CE mobilités
Frédéric SINGER : CR Hauts-de-France : partenariats économiques
Damien BAILLEU : Satelec Fayat
Eric QUIQUET : SMIRT Directeur
Michel LEGRAIN : Renault
Frédéric MABILLE : CUD
Justine SCHNEBLE : ENEDIS
Emmanuelle MISSIRE : ENEDIS



Index des tableaux et figures

Liste des tableaux

Tableau 1.	Exemple PV sur petites toitures.....	14
Tableau 2.	PV sur petites toitures : évolution du prix du MW et des coûts d'O&M entre 2015 à 2025.....	14
Tableau 3.	Demande directe associée au développement du PV sur petites toitures (M€).....	14
Tableau 4.	Décomposition de la demande directe liée au développement du PV sur petites toitures (M€).....	14
Tableau 5.	PV : part locale de la demande directe liée au développement du PV sur petites toitures (%).....	15
Tableau 6.	PV : demande locale directe liée au développement du PV sur petites toitures M€.....	16
Tableau 7.	PV sur petites toitures : coefficients d'emplois des activités concernées par la demande directe.....	16
Tableau 8.	PV petites toitures : emploi direct local.....	17
Tableau 9.	PV petites toitures : demande totale satisfaite localement et emplois associés.....	17
Tableau 10.	PV petites toitures : ratios d'emplois par MW, GWh, M€ investis.....	17
Tableau 11.	Evolution du PIB en Hauts-de-France.....	18
Tableau 12.	Evolution de l'emploi et de la productivité en Hauts-de-France.....	18
Tableau 13.	Filières et objectifs quantifiés selon les indicateurs de parc installé.....	20
Tableau 14.	Coûts unitaires.....	21
Tableau 15.	Principales activités.....	22
Tableau 16.	Coefficients de localisation spécifiques (par activité).....	23
Tableau 17.	Emplois totaux liés au développement des ENR (scénario de base).....	24
Tableau 18.	Résumé des emplois totaux liés au développement des ENR (scénario de base).....	25
Tableau 19.	Emplois permanents liés au développement des ENR (scénario de base).....	25
Tableau 20.	Emplois permanents directs liés au développement des ENR (scénario de base).....	25
Tableau 21.	Développement des ENR (scénario de base) : emplois par catégories.....	26
Tableau 22.	Développement des ENR (scénario de base) emplois totaux liés aux investissements par branche.....	26
Tableau 23.	Emplois totaux permanents liés au développement des ENR (scénario de base) par branche.....	26
Tableau 24.	Emplois liés aux investissements en 2050 selon deux jeux d'hypothèses.....	27
Tableau 25.	Montants des investissements 2015-2050.....	28
Tableau 26.	Tableau résumé des investissements.....	28
Tableau 27.	Emploi total : scénario production optimisée et sobriété.....	29
Tableau 28.	Emploi total : scénario autonomie régionale forte.....	29
Tableau 29.	Eco-PTZ : coût des interventions par logement pour l'année 2016 (euros /logement et euros/m ²).....	31
Tableau 30.	Coûts moyens selon Efficacité (en euros par m ²).....	31
Tableau 31.	Décomposition des investissements.....	32
Tableau 32.	Evolution de l'emploi lié au bâtiment – scénarios base et autonomie régionale forte.....	34
Tableau 33.	Emploi total associé à l'installation et l'entretien des chaudières à gaz.....	35
Tableau 34.	Emploi total associé à la distribution du gaz.....	36
Tableau 35.	Emploi : bilan global du chauffage domestique et tertiaire.....	36
Tableau 36.	Emplois liés aux réseaux de chaleur.....	36
Tableau 37.	Bâtiment : dépenses 2015 – 2050 en M€ – scénarios de base et autonomie régionale forte.....	37
Tableau 38.	Construction et rénovation du secteur tertiaire (M€) - scénarios de base et autonomie régionale forte.....	37
Tableau 39.	Bâtiment : emplois par types - scénarios de base et autonomie régionale forte.....	37
Tableau 40.	Bâtiment : évolution de l'emploi par branche : scénarios de base et autonomie régionale forte.....	38
Tableau 41.	Bâtiment : évolution des emplois –scénario production optimisée et sobriété.....	38
Tableau 42.	Transports : emplois dans les filières en progression : scénarios de base et autonomie régionale forte.....	43
Tableau 43.	Transports : emplois dans les filières en déclin : scénarios de base et autonomie régionale forte.....	43
Tableau 44.	Transports : bilan des emplois - scénarios de base et autonomie régionale forte.....	44
Tableau 45.	Transports : emplois par types - scénarios de base et autonomie régionale forte.....	45
Tableau 46.	Transports : bilan des emplois - scénario production optimisée et sobriété.....	45
Tableau 47.	Evolution de l'emploi total - scénario autonomie régionale faible.....	46
Tableau 48.	Evolution de l'emploi total : scénario autonomie régionale forte.....	46
Tableau 49.	Evolution de l'emploi total – scénario production optimisée et sobriété.....	47
Tableau 50.	Comparaison des trois scénarios – synthèse emploi en 2050.....	47
Tableau 51.	Emploi régional par grande branche et emplois dans les filières (2015).....	48
Tableau 52.	Ratios d'investissements selon différentes sources.....	52
Tableau 53.	Les coûts d'investissements retenus pour la méthanisation.....	52
Tableau 54.	Décomposition des coûts d'exploitation en méthanisation et part d'emploi local.....	52
Tableau 55.	Type de matériaux de construction biosourcés.....	69
Tableau 56.	Type de fractions produites et valorisées en matériaux.....	69
Tableau 57.	Volume de matériaux mis sur le marché (2012) (y compris à base de bois).....	69
Tableau 58.	Part de marché des solutions bois (année 2015) hors lamellé-collé.....	70
Tableau 59.	Nombre de logements mis en chantier dans les Hauts-de-France.....	71
Tableau 60.	Surfaces tertiaire mises en chantier (date réelle hors agricoles, industrielles et artisanales).....	71
Tableau 61.	Répartition du chiffre d'affaires du bâtiment année 2016.....	72
Tableau 62.	Hauts-de-France Evolution de l'emploi dans le bâtiment.....	72
Tableau 63.	Emploi par groupe de métiers (milliers).....	72
Tableau 64.	Répartition des établissements par signes RGE à fin 2017.....	72
Tableau 65.	Effectifs du secteur des matériaux de construction.....	73
Tableau 66.	Chiffre d'affaires estimé du secteur des matériaux de construction.....	73
Tableau 67.	Effectifs dans les activités de transformation du bois 2016.....	74
Tableau 68.	Evolution du nombre de m ² construits - scénario optimisé (Mm ²).....	75
Tableau 69.	Perspectives de chiffre d'affaires du bâtiment.....	76
Tableau 70.	Demande de matériaux de construction et d'isolation 2015 -2050.....	76



Tableau 71.	Perspectives de la construction bois	77
Tableau 72.	Evolution des effectifs en charge de l'isolation avec des matériaux biosourcés	77
Tableau 73.	Effectifs en Formation 2016/2017.....	79
Tableau 74.	Formations supérieures dans le BTP en Hauts-de-France (hors BTS)	80
Tableau 75.	Puissance photovoltaïque installée (scénario production optimisée et sobriété)	85
Tableau 76.	Puissance des moyens de stockage journalier	85
Tableau 77.	Parc indicatif des installations de stockage en 2050 (MW et nombre)	86
Tableau 78.	Scénario optimisé : nombre de batteries à installer annuellement	86
Tableau 79.	Nombre d'emplois pour l'installation des batteries stationnaires	87
Tableau 80.	Puissance des batteries et valeur de l'assemblage	87
Tableau 81.	Emploi dans l'assemblage des batteries.....	87
Tableau 82.	Emploi dans l'assemblage des batteries.....	87
Tableau 83.	Production d'hydrogène par électrolyse	88
Tableau 84.	Parc et installations annuelles d'électrolyseurs : modèle centralisé	89
Tableau 85.	Emplois dans l'assemblage et l'installation des électrolyseurs : modèle centralisé	89
Tableau 86.	Emplois dans l'exploitation des électrolyseurs : modèle centralisé	89
Tableau 87.	Emploi direct total dans la production d'hydrogène par électrolyse : modèle centralisé	89
Tableau 88.	Investissements pour les stations de distribution de l'hydrogène.....	90
Tableau 89.	Emplois dans l'installation des stations de distribution.....	90
Tableau 90.	Emplois dans la distribution d'hydrogène mobilité	90
Tableau 91.	Electrolyseurs : capacité à installer par an (éolien et centrales au sol)	98
Tableau 92.	Electrolyseurs : nombre à installer par an (grandes toitures)	98
Tableau 93.	Emplois dans l'assemblage des électrolyseurs.....	98
Tableau 94.	Emplois dans l'installation des grands électrolyseurs	99
Tableau 95.	Emploi dans l'installation des petits électrolyseurs	99
Tableau 96.	Emplois dans l'exploitation des « grands » électrolyseurs	99
Tableau 97.	Emplois dans la gestion des « petits électrolyseurs.....	99
Tableau 98.	Récapitulatif des emplois : modèle décentralisé	100
Tableau 99.	Effectifs de la filière des véhicules particuliers dans les Hauts-de-France (2007 2016).....	102
Tableau 100.	Principaux sites de la filière automobile dans les Hauts-de-France (2018).....	104
Tableau 101.	Coûts d'entretien (en c€/km).....	105
Tableau 102.	Installation et parc de bornes électriques en 2050	106
Tableau 103.	Hypothèses de coût d'investissement des bornes de recharge en fonction de leur emplacement.....	107
Tableau 104.	Hypothèses de coût d'exploitation en fonction de leur emplacement (€ HT par an)	107

Liste des figures

Figure 1.	Schéma de la méthode CIRED	13
Figure 2.	Développement des ENR : évolution des emplois - scénario de base).....	25
Figure 3.	Evolution des emplois liés au bâtiment : scénarios de base et autonomie régionale forte	35
Figure 4.	Evolution des emplois liés au transport : scénarios de base et autonomie régionale forte	44
Figure 5.	Variation de l'emploi par rapport à 2015 – scénario autonomie régionale faible	46
Figure 6.	Variation de l'emploi par rapport à 2015 – scénario autonomie régionale forte.....	46
Figure 7.	Variation de l'emploi par rapport à 2015 – scénario production optimisée et sobriété.....	47
Figure 8.	Schéma de la méthanisation.....	50
Figure 9.	Nombre d'unités de production de biogaz par nature en Hauts-de-France	51
Figure 10.	Energie produite à partir du biogaz en Hauts-de-France (estimation).....	51
Figure 11.	Répartition des emplois directs par branche en 2015.....	53
Figure 12.	Evolution de la production énergétique à partir du biogaz selon l'énergie produite et nombre d'installations	56
Figure 13.	Evolution des emplois directs liés à la méthanisation d'ici 2050	56
Figure 14.	Evolution des emplois directs et indirects liés à la méthanisation dans les Hauts-de-France d'ici 2050	57
Figure 15.	Branches d'activité des emplois directs relatifs à la méthanisation	57
Figure 16.	Evolution des emplois directs liés à l'exploitation des unités de méthanisation, par type d'emploi	62
Figure 17.	Evolution des emplois directs liés aux investissements en méthanisation, par type d'emploi	63
Figure 18.	Chiffre d'affaires de la construction et la rénovation 2015 - 2050	76
Figure 19.	Evolution du parc de véhicules particuliers.....	101
Figure 20.	Evolution des effectifs de la filière des véhicules automobiles, cycles et motocycles.....	103
Figure 21.	Evolution des ETP directs liés à l'entretien des véhicules particuliers	105
Figure 22.	Evolution des ETP directs liés aux véhicules électriques.....	106
Figure 23.	Evolution du parc de bornes de recharge.....	107
Figure 24.	Evolution des ETP directs liés aux bornes électriques	108
Figure 25.	Evolution de la production d'hydrogène	112
Figure 26.	Estimation des emplois liés au stockage d'électricité et à la production et l'utilisation de l'hydrogène	113
Figure 27.	Evolution de la construction et de la rénovation	114
Figure 28.	Emplois dans la construction bois et la mise en œuvre des matériaux isolants biosourcés	115
Figure 29.	Evolution des emplois directs liés à l'exploitation des unités de méthanisation, par type d'emploi	117
Figure 30.	Evolution des emplois directs liés à aux investissements en méthanisation, par type d'emploi.....	117



Sigles et acronymes

ACOSS	Agence centrale des organismes de sécurité sociale
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFCOBOIS	Syndicat Français de la Construction Bois
AFGNV	Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules
AFHYPAC	Association Française pour l'Hydrogène et les Piles à Combustible
AMO	Assistance à Maître d'Ouvrage
ARIA	Association Régionale de l'Industrie Automobile
ASP	Agriculture, sylviculture et pêche
ATEE	Association Technique Energie Environnement
AVERE	Association pour le développement de la mobilité électrique
BBC	(label) Bâtiment Basse Consommation
BEPOS	(label) Bâtiment à Energie POSitive
BHNS	Bus à Haut Niveau de Service
BP	Brevet Professionnel
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
C2RP	cf. CARIF - OREF
CA	Chiffre d'Affaires
CAES	Stockage d'Energie par Air Comprimé
CAP	Certificat d'aptitude professionnelle
CARIF	Centre d'Animation de Ressources et d'Information sur la Formation
CCIR	Chambre de Commerce et d'Industrie Régionale
CD2E	Création Développement des Eco-entreprises
CERC	Cellule Economique Régionale de la Construction
CEREQ	Centre d'Etudes et de Recherche sur les Qualifications
CESC	Chauffe Eau Solaire Collectif
CESI	Chauffe Eau Solaire individuel
CET	Chauffe Eau Thermodynamique
CFA	Centre de Formation des Apprentis
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CIREN	Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CODEM	Centre de transfert de technologies spécialisé dans la Construction Durable et les Eco-Matériaux
CODIFAB	COmité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois
CORBI-Méthania	Collectif Régional Biométhane
CRA	Chambre Régionale d'Agriculture
CSEEE	Chambre Syndicale des Entreprises d'Équipement Electrique
CUD	Communauté Urbaine de Dunkerque
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
DUT	Diplôme Universitaire de Technologie
E+C-	(label) Bâtiment à Énergie Positive et Réduction Carbone)
Eco-PTZ	Prêt à taux zéro pour la rénovation du logement
ECS	Eau Chaude Sanitaire
EMAA	(Plan) Energie Méthanisation Autonomie Azote
EMR	Energies Marines Renouvelables
ENR	ENergies Renouvelables
ENR&R	ENergies Renouvelables et de Récupération
ESANE	Elaboration des Statistiques ANnuelles d'Entreprise
ETP	(emploi) Equivalent Temps Plein
FRD	Fibre Recherche Développement



GNV	Gaz Naturel Véhicule
GRHYD	Gestion des Réseaux par l'injection d'Hydrogène pour Décarboner les énergies
IAR	(Pole) Industries et Agro-Ressources
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IFN	Inventaire Forestier National
Insee	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IRVE	Infrastructure de Recharge pour Véhicule Electrique
ISDND	Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux
IUT	Institut Universitaire de Technologie
LRCS)	Laboratoire de Réactivité et Chimie des Solides
MEDEE,	(pôle) Maîtrise Energétique des Enchaînements Electriques
MEL	Métropole Européenne de Lille
MW	Méga Watt
NAF	Nomenclature d'Activités Françaises
Nm3	Normal mètre cube
ONISEP	Office National d'Information Sur les Enseignements et les Professions
OREF	Observatoire Régional Emploi Formation
PAC	Pompe à Chaleur
PaC	Pile à combustible
PEGASE	(Base de données) Pétrole, Électricité, Gaz et Autres Statistiques de l'Énergie
PIB	Produit Intérieur Brut
PME	Petite et moyenne entreprise
Prodfra	(nomenclature) Produits Français
PV	Photovoltaïque
QUALIXX	Label de qualité dans le domaine XX
RAC	Réseau Action Climat
RS2E	Réseau de Stockage Electrochimique de l'Energie
RT	Réglementation Thermique
SDES	Service de la Donnée et des Etudes Statistiques
SGAR	Secrétariat Général pour les Affaires Régionales
SHON	Surface Hors Oeuvre Nette
SINOE	Système d'INformation et d'Observation de l'Environnement
SIRENE	Système Informatisé du REpertoire National des Entreprises et des établissements
SMIRT	Syndicat Mixte Intermodal Régional de Transports
SMTC	Syndicat Mixte des Transports en Commun
SNCU	Syndicat National du Chauffage Urbain et de la Climatisation Urbaine
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
STEP	Station de Transfert d'Energie par Pompes
STEP	STation d'EPuration des eaux
tep	tonne équivalent pétrole
TER	Train Express Régional
TES	Tableau Entrées Sorties
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TRI	Troisième Révolution Industrielle
TST	Travaux (électriques) Sous Tension
UFIP	Union Française des Industries Pétrolières
ULCO	Université du Littoral -Côte d'Opale
VAE	Vélo à Assistance Electrique
VP	Véhicule Particulier
VUL	Véhicule Utilitaire Léger



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI ET APPROCHES METIERS ET FILIERES DES SCENARIOS D'ACTUALISATION DU MASTER PLAN POUR LA TRI/REV₃ EN HAUTS-DE- FRANCE :

En 2016, la Région Hauts-de-France, nouvellement créée, a décidé d'amplifier la Troisième Révolution Industrielle (TRI), nouveau modèle économique basé notamment sur la Transition Energétique et Ecologique et source de création et de reconversion d'emplois locaux

C'est pour traduire cette volonté que **l'ADEME Hauts-de-France, le Conseil Régional, la Chambre de Commerce et d'Industrie Régionale, la Préfecture de région et la Mission TRI/rev₃**, ont engagé un travail prospectif en 2017 visant à proposer des scénarios énergétiques TRI/rev₃ à l'échelle de la nouvelle région;

Ce rapport vient en complément de la « Proposition des scénarios énergétiques » élaborés par le consortium Energies Demain – Enerdata et présente les résultats d'une quantification des impacts sur l'emploi de ces scénarios, quantification effectuée avec l'outil TETE développé par le CIRED pour le Réseau Action Climat et l'ADEME. Le rapport examine également de façon plus détaillée quatre filières spécifiques afin d'identifier les problèmes de formation posés par la transition.

