

Bilan emplois de la transition énergétique

Un argument à manier avec précaution

Paris, mars 2017

Bilan emplois de la transition énergétique : un argument à manier avec précaution

Remplacer l'énergie nucléaire en France par les énergies renouvelables est présenté par certains comme un grand programme d'investissement créateur d'emplois. Mais en est-on bien sûr, et sur quoi s'appuient de telles promesses ? Une revue des études disponibles sur les emplois des filières énergétiques, notamment en Allemagne et en France, est proposée ici. Malgré les fortes incertitudes inhérentes aux évaluations dans ce domaine, trois conclusions en ressortent :

- Deux filières arrivées à maturité industrielle et forte valeur ajoutée nationale, respectivement le nucléaire en France et l'éolien en Allemagne, ont des contenus en emplois directs et indirects similaires par unité de capacité installée (MW).
- Dans les deux pays le contenu en emplois du solaire photovoltaïque est plus faible, d'un facteur 2 à 3 par unité de capacité installée.
- Les projections publiées récemment des emplois nets (créations diminuées des destructions) résultant en France d'un grand programme d'investissement dans les renouvelables ne sont pas convaincantes : d'une part du fait des incertitudes propres aux simulations macroéconomiques de scénarios, mais aussi parce qu'elles ne démontrent pas que le bilan net en emplois serait inférieur si le même effort d'investissement était plutôt consacré à l'énergie nucléaire.

Bilan emplois de la transition énergétique : un argument à manier avec précaution

Aujourd'hui en France la question des emplois est au cœur des préoccupations. Dans le cadre de la campagne présidentielle, on la retrouve dans de nombreuses parties des programmes proposés par les candidats, et notamment à propos de la transition énergétique. Notre propos ici est d'examiner ce que les analyses économiques disponibles peuvent ou non étayer dans les espoirs et les projections relatifs aux emplois créés par la transition énergétique.

Ainsi à plusieurs reprises, Benoit Hamon a affirmé que les renouvelables créeraient 6 fois plus d'emplois que le nucléaire. Dans quelles conditions est-ce exact, sur quelle base d'estimation ? La réponse demande à examiner successivement deux niveaux de données et d'estimations :

- Au niveau microéconomique, les observations disponibles sur les emplois directs et indirects relatifs à l'installation, l'exploitation, la maintenance des unités de production des énergies renouvelables ; on s'intéressera essentiellement à l'éolien et au solaire photovoltaïque.
- Au niveau macroéconomique, les estimations apportées par la modélisation multisectorielle et nationale des impacts d'un programme de transition énergétique.

Au niveau microéconomique, évaluer le contenu en emplois de chaque filière

Benoit Hamon s'appuie principalement sur une étude américaine de 2010¹. Il s'agit du « contenu en emplois directs » de chaque filière, intégrant construction, exploitation et maintenance, constaté selon plusieurs études empiriques. Ce contenu est rapporté soit à la capacité installée (ratio emplois/MW) soit à la production effective (ratio emplois x années/GWh). Dans cette étude en fait le facteur 6 n'apparaît qu'avec le solaire photovoltaïque pour le ratio emplois x années/GWh ; mais les valeurs recueillies sur le solaire photovoltaïque sont très dispersées, avec en particulier une valeur très élevée provenant d'une étude européenne – une fois celle-ci retirée le facteur est réduit à 4. De même la valeur la plus élevée recueillie pour l'éolien provient d'Europe.

¹ Wei et al. , « *Putting renewables and energy efficiency to work* », in Energy Policy, 2010

Il est intéressant de noter dans le résumé que nucléaire et renouvelables sont « recommandés » ensemble par les auteurs de l'étude pour le développement d'une électricité non émettrice de CO₂ aux Etats-Unis.

Résumé de l'article de Wei et al., 2010

An analytical job creation model for the US power sector from 2009 to 2030 is presented. The model synthesizes data from 15 job studies covering renewable energy (RE), energy efficiency (EE), carbon capture and storage (CCS) and nuclear power. The paper employs a consistent methodology of normalizing job data to average employment per unit energy produced over plant lifetime. Job losses in the coal and natural gas industry are modeled to project net employment impacts. Benefits and drawbacks of the methodology are assessed and the resulting model is used for job projections under various renewable portfolio standards (RPS), EE, and low carbon energy scenarios. We find that all non-fossil fuel technologies (renewable energy, EE, low carbon) create more jobs per unit energy than coal and natural gas. Aggressive EE measures combined with a 30% RPS target in 2030 can generate over 4 million full-time-equivalent job-years by 2030 while increasing nuclear power to 25% and CCS to 10% of overall generation in 2030 can yield an additional 500,000 job-years.

Pour l'Europe, on dispose notamment de la revue extensive publiée en 2014 par CEPS², qui rassemble des données d'emplois directs en Europe en 2011 dans chaque filière énergétique, et comptabilise les capacités installées en MW : elle en déduit les ratios emplois/MW. C'est donc une photographie en 2011, année où l'on construisait beaucoup de capacités neuves d'éolien terrestre et de photovoltaïque, et pas de nucléaire, dont les emplois étaient essentiellement liés à l'exploitation et maintenance des unités en fonctionnement.

Les valeurs des ratios de chacune des deux études sont reportées dans le Tableau 1. Les valeurs représentatives de facteur de charge pour chaque filière sont également reportées. Quand on passe des MW installés aux GWh produits, il est clair que les facteurs de charge très différents vont accentuer les écarts : un MW de nucléaire produit 4 à 6 fois plus qu'un MW de photovoltaïque en un an. Et le nombre d'emplois par GWh produit baisse quand le facteur de charge augmente. Quand on compare les résultats des deux études en emplois/MW on constate des valeurs plus élevées en Europe qu'aux Etats-Unis pour l'éolien, ainsi que pour les filières où la part combustible est importante : biomasse, charbon et gaz. Elles sont voisines en revanche pour le nucléaire, le solaire et la petite hydraulique.

² "Impact of the Decarbonisation of the Energy System on Employment in Europe" by Arno Behrens, Caroline Coulie, Fabio Genoese, Monica Alessi, Julian Wiczorkiewicz and Christian Egenhofer No. 82 / February 2014

Tableau 1 : Ratios de contenus en emplois des filières de production d'électricité mesurés aux Etats-Unis et en Europe, par unité de production ou de capacité installée

N.B. Dans ces comptages, les emplois liés à la phase de conception et construction sont répartis sur la durée de vie totale de l'installation pour être ajoutés aux emplois liés à l'exploitation et la maintenance. Dans certaines études les emplois liés à la chaîne d'approvisionnement combustible sont également inclus. Les emplois liés au démantèlement ne sont pas inclus. Cette manière de compter est bien adaptée pour un ensemble d'installations en régime stationnaire de renouvellement mais reflète mal une période de croissance ou décroissance rapide en capacités.

	Job-years/GWh average, according to Wei et al. (US, 2010)	Idem Excluding European values	Capacity Factor	Jobs/MW according to Wei et al. (US, 2010)	Jobs/MW according to CEPS (EU, 2011)
Biomass	0.21		0.85	1.42 - 1.64	8.22
Small hydro	0.27		0.55	1.28	1.08
Solar PV	0.87	0.6	0.2	1.41 - 2.48	2.35
Wind	0.17	0.15	0.25	0.29 - 0.8	1.45
Nuclear	0.14		0.9	1.08	0.95
Coal	0.11		0.8	0.8	1.47- 2.11
Gas	0.11		0.85	0.8	1.21- 1.69
Ratio Solar/Nuclear	6	4		1.9	2.4
Ratio Wind/Nuclear	1.2	1.1		0.5	1.5

Quelles que soient les incertitudes qui pèsent sur ces résultats, ils suggèrent deux conclusions:

1. Le contenu en emplois directs de l'éolien ne semble pas significativement différent de celui du nucléaire (dernière ligne).
2. Le contenu en emplois du photovoltaïque en revanche est plus élevé ; deux fois plus des deux côtés de l'Atlantique s'il est rapporté aux capacités installées, et jusqu'à 6 fois plus aux Etats-Unis et 10 fois plus en Europe s'il est rapporté à la production (avant-dernière ligne).

Ces conclusions recourent assez bien la comparaison des coûts de production tels qu'ils étaient en 2011 : proches entre nucléaire et éolien terrestre, nettement plus élevés pour le solaire. Plus d'emplois nécessaires à la production d'un kilowattheure signifiaient aussi un coût plus élevé.

Aujourd'hui et dans les années qui viennent, les coûts moyens actualisés du nucléaire de génération 3, du photovoltaïque au sol dans les régions méridionales et de l'éolien terrestre seront très proches ; ils ont aussi comme trait commun la forte part des coûts d'investissement (y compris coûts de financement), alors que les coûts de fonctionnement sont faibles. Dans ces coûts, la valeur ajoutée humaine, à savoir des emplois qualifiés, occupe une place importante. L'emploi lié à la phase de construction des installations est important mais limité en durée, alors que l'emploi lié au fonctionnement est durable.

La compétitivité gagnée par le solaire depuis cinq ans est liée en grande partie à une diminution du contenu en emplois. Rappelons cependant qu'à coût de production égal du kWh fourni au réseau, la valeur économique de chaque filière dépend aussi de sa capacité à répondre à la demande et des coûts qu'elle engendre sur les réseaux (connections, équilibrage, back-up...) pour assurer la fourniture fiable d'électricité à tout instant.

On peut tester ces résultats avec d'autres sources de données plus récentes sur les contenus en emplois.

1. En **France**, pour une capacité de 63 GW en exploitation, **l'industrie nucléaire en 2009 représentait 125 000 emplois directs**, avec la décomposition suivante : 47 000 en exploitation et maintenance, 43 500 sur le cycle du combustible, 27 500 en ingénierie et fabrication, 7 000 en administration publique. Les emplois indirects étaient évalués à 114 000³. Soit un ratio de 2 emplois directs par MW, deux fois plus que le ratio sur le Tableau 1. On peut l'expliquer à la fois par la part importante liée au cycle du combustible en France, par les exportations de la filière et par le caractère national de la filière (peu de « fuites » aux frontières dues à des importations d'intrants). Les auteurs Wei et al. (2010) mentionnaient d'ailleurs que leur chiffre basé sur une étude de 2004 était sans doute sous-évalué, n'intégrant pas tout.
2. En **Allemagne**, un document du Ministère de l'Economie (GWS et al., 2014) évaluait à **370 000 en 2013 les emplois directs et indirects liés aux renouvelables**, dont 119 000 pour l'éolien terrestre, 101 000 pour les bioénergies et 56 000 pour le photovoltaïque. Il était noté que 44 000 emplois avaient été perdus par rapport à 2012 dans le solaire. Seulement 16 % des emplois venaient de l'exploitation et la maintenance : ce sont l'investissement et les exportations qui tirent la croissance des emplois. Pour l'éolien, les emplois directs représentaient environ la moitié des emplois liés à la construction et l'installation. En 2013 les capacités installées atteignaient 34 GW pour l'éolien et 36 GW pour le solaire PV. On en déduit les ratios respectifs : 4 emplois/MW pour l'éolien, dont environ 2,4/MW directs, et 1,5 emplois/MW pour le solaire, ce qui est assez différent des résultats du Tableau 1. Ici jouent manifestement l'autosuffisance, la vitesse de croissance des capacités installées (3 GW/an) et l'exportation pour les emplois de l'industrie éolienne allemande, et inversement le

³ PWC 2012

basculement du photovoltaïque vers les importations chinoises, beaucoup moins créatrices d'emplois en Allemagne...

3. En France, l'ADEME a également publié les emplois directs (fabrication, construction et exploitation) attachés à chacune des deux filières en 2014 : 3 730 pour 9 GW d'éolien, et 10 870 pour 5,6 GW de photovoltaïque. Soit des ratios respectivement de 0,4 emploi/MW et 2 emplois/MW plutôt en accord avec les valeurs de Wei et al. sur le Tableau 1. La part liée à l'exploitation et la maintenance y était supérieure au cas allemand : 36 % pour l'éolien et 21 % pour le solaire, ce qu'on peut expliquer par le rythme plus lent d'installation de nouvelles capacités.
4. Dans sa dernière publication, le syndicat ENERPLAN estime à 10 000 le nombre d'emplois directs et indirects qui vont être créés dans le solaire photovoltaïque entre 2016 et 2023 pour installer 13 GW supplémentaires conformément à la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). En 2023, la filière avec 20 GW en opération occuperait 21 000 emplois dont 13 700 directs. L'exploitation et la maintenance occuperaient 5 500 personnes dont 3 000 emplois directs.

Ces évaluations, qui restent tributaires de phénomènes dynamiques, incitent à tenter une comparaison entre systèmes de production arrivés à maturation et non plus en phase initiale de déploiement. La « maturation » signifie ici que le parc en opération est devenu dominant par rapport au parc en construction, avec un contenu en emplois plus stable. On obtient le Tableau 2.

Tableau 2 : Ratios de contenus en emplois évalués récemment en Allemagne et en France

	Capacité installée	Emplois directs /MW	Directs et indirects /MW	Dont Exploitation et Maintenance
Nucléaire France 2009	63 GW	2,0	3,8	20%
Eolien Allemagne 2013	34 GW	2,1 (*)	3,5	16% sur l'ensemble
Photovoltaïque Allemagne 2013	36 GW	1,0 (*)	1,5	
Photovoltaïque France 2023 (**)	20 GW	0,7	1,0	25%

(*) les parts des emplois directs sont estimées ici d'après les données incomplètes de la source (*Clean Energy Wire Factsheet*, 2015) qui donne le total (directs + indirects)

(**) non pas constatée mais projetée par ENERPLAN dans le scénario de la PPE

Il se confirmerait ainsi que nucléaire et éolien ont des contenus en emplois similaires dès lors que le pays développe une capacité industrielle propre à subvenir à ses besoins et à exporter.

Il se confirmerait aussi que le contenu en emplois serait inférieur pour le photovoltaïque arrivé à maturité et devenu compétitif. Ceci est la résultante du cumul de deux effets : d'une part, le coût du photovoltaïque baisse fortement, et donc la valeur ajoutée (VA) baisse.

D'autre part, cette VA (qui est constituée en majeure partie d'emploi) est d'autant plus faible que la part nationale est plus faible (les importations sont fortes dans le photovoltaïque).

Les niveaux d'emplois relevés pour le nucléaire en France et pour l'éolien en Allemagne résultent dans chaque pays d'investissements soutenus et de politiques de filières cohérentes, développant au niveau national les compétences, les technologies et les capacités d'export qui en découlent.

Dans une période de déploiement intense telle que visée par une politique volontariste d'investissement, les emplois par MW sont temporairement plus élevés dans ces filières où la phase de construction emploie beaucoup plus que l'exploitation. Rapporтер l'ensemble des emplois à la durée de vie totale de l'installation permet de neutraliser ce biais. On peut le voir sur deux exemples :

- Rappelons l'évaluation de l'étude PWC (2011) sur l'EPR : la construction d'un EPR de 1 650 MW en France occupe en moyenne 2 700 emplois directs pendant 7 ans, puis va générer 500 emplois directs pendant 60 ans. Si l'on raisonne en valeur moyenne sur 60 ans on compte au total l'équivalent de **0,5 emplois directs par MW en moyenne sur 60 ans** dont 60 % pour l'exploitation et la maintenance.
- Dans le photovoltaïque, 6 200 emplois directs seraient créés entre 2016 et 2023 en installant 13 GW, dont 4 600 dans la construction et 1 600 en exploitation et maintenance. Mais en moyenne sur une durée de vie de 20 ans d'une installation, en comptant 2 ans de construction, on obtient : $(4\,600 \times 2 / 20 + 1\,600) / 13\,000 = \mathbf{0,17 \text{ emplois directs par MW en moyenne sur 20 ans}}$, dont 75 % pour l'exploitation et la maintenance.

On constate de nouveau sur ces deux évaluations des emplois directs en France un facteur 3 entre nucléaire et photovoltaïque à capacité installée égale. Si l'on veut maintenant rapporter les emplois à la production effective, sachant qu'un MW photovoltaïque produit en France environ 6 fois moins de GWh par an qu'un MW nucléaire, on pourrait en conclure qu'il faut 2 fois plus d'emplois (et non 6 fois plus) pour le photovoltaïque que pour le nucléaire à production égale (une telle comparaison sur les GWh suppose que le photovoltaïque remplacerait totalement la production nucléaire, ce qui impliquerait par ailleurs des moyens de stockage d'énergie appropriés à grande échelle).

Les résultats de ces évaluations de « contenu en emplois » doivent être utilisés avec précaution quand on se livre à des comparaisons ou à des projections :

- Le périmètre considéré comme celui des « emplois directs » peut varier d'une étude à l'autre et d'un pays à l'autre (notamment sur l'ingénierie de conception et sur la chaîne d'approvisionnement en combustible).
- Les emplois indirects sont une composante importante, variable d'une technologie à une autre (selon le taux d'ouverture aux importations des fournisseurs en amont).

- La photographie d'un secteur sur une année restitue un mix entre exploitation d'unités en service et construction de nouvelles unités, qui n'est pas nécessairement stable dans le temps.
- La localisation des emplois peut également évoluer dans le temps.
- Le secteur des énergies renouvelables a évolué rapidement à la fois dans ses technologies, ses chaînes de production, ses coûts, la part de matériel importée. C'est particulièrement vrai du photovoltaïque.

Pour évaluer l'impact d'une politique énergétique et comparer des options, une approche macroéconomique est nécessaire, avec simulation de scénarios alternatifs.

Comment en déduire les bilans en emplois de la transition énergétique ? Nécessité d'une approche macroéconomique

Investir dans une filière de production en substitution d'une autre va créer des emplois nouveaux et en détruire d'autres. Il faut bien distinguer la création d'emplois directs et indirects liés à l'installation et l'exploitation de nouvelles capacités de renouvelables et le résultat global net en emplois pour le pays, intégrant les impacts négatifs ou positifs sur les emplois dans les autres secteurs d'activité. Les impacts négatifs potentiels sont liés à :

- la destruction d'emplois dans les énergies classiques et dans les secteurs industriels sensibles aux prix du CO₂ et du kWh,
- coût de l'aide publique encore nécessaire aux renouvelables,
- la diminution de pouvoir d'achat si le prix du kWh augmente,
- la dégradation de la compétitivité des productions nationales, pénalisées par une facture électrique en hausse,
- l'impact sur la balance commerciale si une grande partie des technologies doit être importée.

Par contre, un impact positif jouera à court terme via l'augmentation des rémunérations des employés dans les secteurs concernés par les investissements (c'est l'essentiel de l'effet « keynésien »).

Seul un modèle macroéconomique peut évaluer l'impact net en emplois résultant d'une politique volontariste de transition énergétique. Et cela a été fait en Allemagne dès 2006, avec un rapport « *Renewable Energies : employment effects* » signé par Sigmar Gabriel, alors ministre de l'environnement. Le rapport comparait le scénario volontariste (objectifs de réduction des émissions de CO₂) à un scénario tendanciel. Il évaluait à +150 000 emplois (directs et indirects) l'effet brut (= emplois créés par les installations des énergies renouvelables) en 2020 par rapport à 2004 (année pour laquelle on évaluait déjà à 150 000 les emplois liés aux renouvelables), et avec un effet net réduit à +70 000 une fois pris en compte les effets macroéconomiques.

Plusieurs facteurs interviennent dans ce bilan net :

- Le prix supposé des énergies fossiles économisées
- Le prix de marché de l'électricité et le surcoût au kWh des renouvelables ; le rapport supposait que la charge totale ne dépasserait pas 5 milliards/an, alors qu'elle atteint 40 Mrds en 2016
- L'exportation des équipements liée au développement à l'étranger des énergies éolienne et solaire (capacité d'exportation réelle de l'Allemagne dans ce secteur)
- La perte d'activités industrielles trop pénalisées par le surcoût CO₂ et/ou kWh

Les aspects régionaux étaient également abordés, avec un bénéfice emploi relativement plus faible dans les Länder de l'est par manque de compétences adaptées. Les chiffres cités plus haut sur la situation en 2013 montrent que la cinétique de croissance a nettement dépassé ces prévisions faites en 2006. La décision prise en 2011 d'arrêter toutes les centrales nucléaires avant 2022 a conduit à accélérer la transition.

En France, une approche macroéconomique avait aussi été tentée en 2012 pour le dossier Energies 2050 ([accessible sur le site du CAS](#)), où l'on avait regardé 3 scénarios à l'horizon 2030 :

- a. part du nucléaire maintenue à 70 % de l'électricité avec un modèle macroéconomique,
- b. part du nucléaire réduite à 50 %,
- c. part du nucléaire réduite à 20 %.

Il en ressortait que dans un premier temps jusque vers 2025 les investissements supplémentaires nécessaires au remplacement du nucléaire par les renouvelables avaient un effet positif sur l'économie et sur l'emploi national dans les deux scénarios b et c (effet de relance keynésienne), mais qu'en 2030 les effets négatifs du coût de l'énergie en termes d'impacts sur le pouvoir d'achat et sur la compétitivité l'emportaient, avec une diminution du PIB de 0,9% et en résultat net 140 000 (scénario b) à 200 000 (scénario c) emplois en moins par rapport au scénario a.

Cependant dans le secteur électrique lui-même le bilan en emplois était neutre par effet de compensation entre renouvelables et nucléaire. Mais d'autres études concluaient à une création nette et durable d'emplois.

Les évaluations des scénarios NégaWatt (qui supposent une division de la consommation énergétique finale par 2 en 2050, et la sortie du nucléaire en 2035) publiées par l'économiste Philippe Quirion⁴ prennent en compte à la fois les créations d'emplois et certains impacts macroéconomiques, pour conclure à un gain national net en emplois de 400 000 en 2030. Toutefois, ces modèles sont très partiels, au sens où l'ensemble des bouclages macroéconomique n'est pas intégré, notamment les phénomènes dus à la compétitivité et aux effets prix. Le premier secteur créateur d'emplois dans ces scénarios à forte économie d'énergie serait le bâtiment avec les travaux d'isolation, suivi par les

⁴ *L'effet net sur l'emploi de la transition énergétique en France : Une analyse input-output du scénario négaWatt*. CIRED Working Papers n2013-46. 2013

énergies renouvelables et les transports en commun. La part du bâtiment serait essentielle : dans une autre étude⁵, le même auteur suggère que « Réallouer un million d'euros de demande finale de la branche électricité-gaz vers la construction conduit à créer près de 8 ETP⁶ – et près de 4 ETP si l'on ôte l'effet salaire et l'effet taxes. ». Outre les limites de méthodes évoquées plus haut, on voit bien qu'il ne s'agirait pas des mêmes qualifications, et que de tels niveaux de reconversions par centaines de milliers d'emplois demandent de la planification et de la continuité sur une période assez longue.

Il faut citer enfin l'évaluation macroéconomique publiée en juin 2016 par l'ADEME (avec l'OFCE) du scénario « Mix électrique 100 % renouvelable à 2050 » (*). La transition énergétique y apparaît avant tout comme un programme keynésien de relance par l'investissement public (jusqu'à +50 Mrds/an après 2030 par rapport au tendanciel) qui va rehausser le PIB et donc les emplois, lesquels emplois supplémentaires se situeraient surtout dans les services (+600 000), parce que l'économie française est en majorité une économie de services, et ensuite dans la construction (+100 000), secteur riche en emplois dans tous les cas de relance. Ce programme est séduisant puisqu'il calcule un gain de 300 000 emplois dès 2020 par rapport au tendanciel. L'investissement public se financerait par une taxe environnementale et sans doute aussi par la dette. Dans l'annexe les auteurs expliquent bien qu'il y a un mélange d'effets récessifs et expansifs et l'on comprend par conséquent l'importance d'un bon calibrage du modèle pour en déduire un résultat net fiable. Etant donné le type de modèle utilisé, il est aussi indispensable de s'intéresser aux chroniques des déficits induits, ou de comparer les effets de relance à d'autres relances, dans des secteurs plus rentables ou à contenu en emplois plus fort qui pourraient créer plus d'emploi au total. Un autre aspect frappant de ce programme est qu'il demande un investissement plus fort dans la production électrique alors que la consommation d'électricité diminue de 25 % par rapport au tendanciel : 34 Mtep au lieu de 46 en 2050. Or les effets vertueux de la transition (diminution de la facture énergétique et des émissions carbone, augmentation des emplois) se produisent en dehors du système électrique. Ce type de scénario revient à mener une transformation rapide et coûteuse du secteur électrique sans réel bénéfice environnemental (l'électricité française est déjà la plus décarbonée d'Europe avec celle de la Norvège) en l'intégrant dans un programme plus vaste d'efficacité et de sobriété énergétique induisant une réduction des consommations de pétrole et de gaz dans les autres secteurs, transports et chauffage. Il faut noter au passage les écarts d'investissements nécessaires dans le secteur électrique entre le scénario 80 % renouvelable et le scénario 100 % contraint (prenant en compte une « acceptabilité modérée » au niveau de l'occupation des sols) : 7 au lieu de 11 Mrds par an jusqu'à 2030 puis un facteur 2 entre 9 et 18 milliards par an – alors que le gain résultant en emplois calculé par rapport au tendanciel est quasiment le même à 5 % près en 2050 (866 000 pour le 80 % et 826 000 pour le 100 %). Il serait intéressant de disposer du résultat en emplois d'une simulation où la seule différence serait de maintenir le nucléaire à un niveau de 70 % dans la production électrique.

Toute prévision dans ce domaine est très incertaine pour beaucoup de raisons :

⁵ Q. Perrier, P. Quirion (2016). *La transition énergétique est-elle favorable aux branches à fort contenu en emploi ? Une approche input-output pour la France*. FAERE Working Paper, 2016.09

⁶ ETP : Equivalent Temps Plein

- Difficulté de prévoir l'évolution des prix du pétrole, du gaz, et du CO₂, dont va dépendre le prix de marché de l'électricité et la compétitivité des énergies non carbonées,
- Incertitudes sur la performance des technologies, sur la part de la R&D nationale et européenne dans les avancées et donc sur les avantages comparatifs de notre industrie,
- Incertitudes sur la mobilisation effective des capitaux nécessaires (publics et privés),
- Fortes incertitudes sur les évolutions des valeurs de la société et de comportements en matière d'énergie,
- Capacité effective de l'industrie française à développer l'offre d'équipements répondant à la transition⁷, - se rappeler la destruction d'une bonne partie de l'industrie photovoltaïque allemande en 2011-2012 par les importations de panneaux chinois,
- Capacité effective de reconversion des employés d'un secteur vers un autre.

Le facteur clé des emplois durables dans le pays n'est pas tant l'investissement créant une demande forte que :

- 1. La compétitivité des solutions déployées**
- 2. La capacité de l'industrie du pays à y répondre avec une offre compétitive, tel l'éolien en Allemagne.**

Un raisonnement en termes d'emplois directs, et même directs et indirects apparaît clairement comme très insuffisant. Les résultats des modèles disponibles sont trop peu nombreux, pas assez documentés et sont plutôt divergents. Devant tant de complexité, la Commission Energies 2050 en 2012 avait renoncé à conclure sur la question des emplois futurs. Retenons néanmoins ici les quatre premières recommandations de son rapport, remis il y a exactement cinq ans (13 février 2012) en période d'élection présidentielle, qui restent remarquablement actuelles :

Recommandation n° 1 : *faire de la sobriété et de l'efficacité énergétique une grande cause nationale ; lancer des appels à proposition afin de mobiliser la R&D et l'innovation dans ce domaine en privilégiant les secteurs du bâtiment et des transports.*

Recommandation n° 2 : *pour chaque décision de politique énergétique, évaluer le coût et l'effet sur les finances publiques, sur la balance commerciale, sur les émissions de CO₂ et sur l'emploi (à la fois en postes et en qualifications créés), par comparaison avec une décision différente, afin de dégager des priorités.*

⁷ Comme souligné en annexe du document cité de l'ADEME (p38) : « Il existe donc un effet de substitution conséquent, indépendamment du mode de financement de ces équipements. Le regain d'investissement dans les énergies renouvelables ne devrait donc pas exercer un fort effet d'entraînement à court et moyen terme, sauf si la propension à importer les biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie renouvelable est inférieure à la propension à importer les biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie non renouvelable. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. »

Recommandation n° 3 : *s'interdire toute fermeture administrative d'une centrale nucléaire qui n'aurait pas été décidée par l'exploitant à la suite des injonctions de l'autorité de sûreté.*

Recommandation n° 4 : *s'engager courageusement dans une politique de vérité (c'est-à-dire de hausse) des prix de l'énergie et des émissions de CO₂, en traitant de façon spécifique et différente le cas de la précarité et celui des industries grosses consommatrices.*

Pour conclure, l'investissement dans les énergies renouvelables crée des emplois en France. Une partie de ces emplois sera durable : dans l'exploitation et la maintenance des installations en France, et dans l'exportation de services et d'équipements développés pour ces filières, s'ils sont compétitifs. Cependant, dès lors qu'on vise une substitution de la filière nucléaire par l'éolien et le solaire, l'impact sur l'emploi peut actuellement être positif à court terme (pendant le début de la phase d'investissements), mais pas à moyen terme. Ces résultats changeront surtout si les coûts des énergies renouvelables baissent encore fortement et si les coûts de système qu'elles entraînent (principalement du fait de leur variabilité) diminuent eux-aussi. Cette question devra être réexaminée régulièrement avec des modèles testés et validés par la communauté des économistes.

Références

Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?

Max Wei, Shana Patadia, Daniel M. Kammen, Energy Policy 38 (2010)

Impact of the Decarbonisation of the Energy System on Employment in Europe

Arno Behrens, Caroline Coulie, Fabio Genoese, Monica Alessi, Julian Wieczorkiewicz and Christian Egenhofer, CEPS Special report No. 82 / February 2014

Renewable Energy: Employment Effects, Impact of the Expansion of Renewable Energy on the German Labour Market

Federal Ministry for the Environment, June 2006

Where the Energiewende creates jobs

Clean Energy Wire Factsheet, 30 Mar 2015

Le poids socioéconomique de l'électronucléaire en France

PWC mai 2011

Rapport Energies 2050

Centre d'Analyses Stratégiques, mai 2012

L'effet net sur l'emploi de la transition énergétique en France : Une analyse input-output du scénario negaWatt. Philippe Quirion , CIRED Working Papers n2013-46. (2013)

La transition énergétique est-elle favorable aux branches à fort contenu en emploi ? Une approche input-output pour la France.

Q. Perrier, P.Quirion FAERE Working Paper, 2016.09

MIX électrique 100 % renouvelable à 2050 : évaluation macroéconomique

ADEME, juin 2016

Etude des retombées socio-économiques du développement de la filière solaire française - Etat des lieux et prospective 2023

Care & Consult, Enerplan, ADEME – février 2017

Annexe

Rappels de méthode... sur la difficulté d'évaluer les bilans en emplois

- Au niveau microéconomique, on identifie les emplois **directs** spécifiques du secteur, dans les entreprises intervenant sur les projets (à la construction, puis à l'exploitation, incluant l'approvisionnement en combustible et la maintenance), puis les emplois **indirects** dans les entreprises fournissant aux premières équipements, matières ou services. On identifie enfin les emplois **induits** engendrés par la consommation des personnes employées dans toutes ces entreprises.
- Les emplois directs et indirects ne se situent pas seulement en France, car dans toute filière interviennent des composants et des matières en provenance de l'étranger. Quand on compare deux filières pour un même produit final, le contenu du secteur en emplois nationaux dépendra de la part des équipements et services réalisés en France. Le bilan sectoriel en France de la substitution d'une filière technologique par une autre doit intégrer ces facteurs.
- Il faut bien distinguer les périodes d'investissement (et là, le contenu en import est crucial : le nucléaire dispose d'un contenu en import très faible) et en exploitation (avec une part +/- significative des dépenses en emploi). Les imports sont très faibles pour toutes les énergies « bas carbone », nucléaire compris avec seulement quelques pourcents consacrés aux importations d'uranium.
- Les coûts des énergies renouvelables baissent de façon très rapide. C'est une bonne nouvelle pour leur compétitivité et leur développement. Mais l'emploi contenu s'allège d'autant.
- Les substitutions, si elles sont rapides et s'inscrivent dans des programmes dont la rationalité n'est pas directement économique, peuvent induire transitoirement des pertes de valeur importantes (arrêt de technologies en état de marche, à bas coût car l'investissement a été fait). C'est toute la subtilité de la vitesse à laquelle les énergies renouvelables variables sont appelées à remplacer une partie (ou la totalité à très long terme ?) du nucléaire.
- Enfin, bien entendu, il faut prendre en compte les effets dus à l'efficacité (la compétitivité) d'une dépense. Plus elle est compétitive, plus elle va induire des gains à l'export et des substitutions de la nouvelle technologie vis-à-vis de technologies concurrentes,
- Le bilan net en emplois nationaux de la transformation d'un secteur ne peut être évalué que par une approche au niveau macroéconomique, incluant l'ensemble des effets induits en dehors du secteur : charges supplémentaires pour les consommateurs ou pour l'Etat, impacts sur les autres secteurs (coût du kWh par exemple), gain ou perte de compétitivité internationale, balance commerciale, etc... Ce bilan suppose la simulation des évolutions sur une période assez longue, au risque sinon de masquer des retombées potentiellement inverses entre court terme et long terme. Finalement, le gain (ou la perte) net en emplois du pays peut être dû à l'effet de relance d'un investissement massif même si dans le secteur concerné le bilan est négatif.

A propos de la SFEN

La Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN) est le carrefour français des connaissances sur l'énergie nucléaire. Créée en 1973, la SFEN est un lieu d'échanges pour les spécialistes de l'énergie nucléaire français et étrangers et toutes celles et ceux qui s'y intéressent. La SFEN rassemble plus de 4 000 professionnels de l'industrie, l'enseignement et la recherche.