



**Journées de Recherches en Sciences Sociales 2015  
Nancy, 10 et 11 décembre 2015**

**Quel degré d'autonomie énergétique  
pour les territoires de France métropolitaine ?**

**D'une approche spatiale à une approche territoriale**

*Version préliminaire (septembre 2015)  
(Travail économétrique en cours)*

Jean-Marc Callois<sup>1</sup>, Baptiste Sion<sup>2</sup>, Mihai Tivadar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Irstea, département Territoires, 1, rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030, 92 761 Antony Cedex, mail : [jean-marc.callois@irstea.fr](mailto:jean-marc.callois@irstea.fr)

<sup>2</sup> CERDI, Université d'Auvergne, 65 Boulevard François Mitterrand, 63 000 Clermont-Ferrand, mail : [baptiste.sion@etu.udamail.fr](mailto:baptiste.sion@etu.udamail.fr)

<sup>3</sup> Irstea, UR DTGR Développement des territoires montagnards, 2 rue de la Papeterie-BP 76, F-38402 Saint-Martin-d'Hères, mail : [mihai.tivadar@irstea.fr](mailto:mihai.tivadar@irstea.fr)

## Résumé

La question de l'autonomie territoriale est fortement présente dans les discours politiques sur la transition énergétique, en lien avec la prise en conscience du manque de soutenabilité du modèle actuel, le très fort déficit commercial de la France sur le plan énergétique, et le constat de la part considérable d'énergie perdue dans les processus de transformation. Un pilotage du secteur énergétique à un niveau territorial adapté paraît à même d'augmenter l'efficacité et de réduire la dépendance à l'extérieur. C'est le sens des démarches de « territoire à énergie positive » soutenues par le ministère de l'écologie. Toutefois, la littérature sur le développement territorial montre qu'une ressource locale n'est pas nécessairement activée : les conditions sociales et institutionnelles influent fortement sur les capacités d'organisation nécessaires à sa mobilisation efficiente. L'objectif de cet article est de contribuer à la connaissance des conditions de réussite de ces démarches. Tout d'abord, la répartition géographique fine du potentiel de production d'énergie renouvelable est mise en regard des besoins locaux en énergie. Ensuite, nous relierons ce potentiel théorique d'autonomie territoriale aux capacités de production réellement présentes sur le territoire, et aux démarches territoriales recensées. Pour cela, nous procédons à une analyse économétrique prenant en compte les caractéristiques organisationnelles (intensité de coopération intercommunale) et sociologiques (indicateur de capital social territorial). Les résultats montrent que c'est d'abord la densité de ressource, plus que le rapport entre ressource potentielle et besoin qui détermine la présence de capacités de production. L'intensité de coopération intercommunale joue peu sur l'émergence des démarches territoriales, alors que le capital social semble avoir un effet supérieur. L'impact des variables de capital social et d'organisation est très différencié selon les types d'énergie.

**Mots clés :** bioéconomie, autonomie territoriale, énergie, biomasse, énergies renouvelables, capital social, développement territorial.

**Classification JEL :** A13, O13, P48, Q49.

## 1. Introduction

La question de l'autonomie territoriale en énergie est fortement présente dans les discours politiques sur la transition énergétique. Cela découle à la fois de la prise en conscience du manque de soutenabilité du modèle actuel, du très fort déficit commercial de la France sur le plan énergétique, et de la part considérable d'énergie perdue sous forme de chaleur dans les processus de transformation (essentiellement dans l'énergie nucléaire).

Par « autonomie territoriale », on entend d'abord « autonomie du territoire national ». D'après le bilan énergétique de la France (CGDD, 2015a), la consommation d'énergie primaire en France s'élève en 2014 à 257 Mtep, pour une production nationale de 139 Mtep (très majoritairement de l'électricité), dont 22,4 Mtep d'énergies renouvelables (y compris la valorisation énergétique des déchets). Le bois-énergie en constitue la plus grosse part (8,7 Mtep, soit 39%, pour une moyenne pluriannuelle plutôt autour de 10 Mtep), suivi par l'hydroélectricité (24%), les biocarburants (12%), les pompes à chaleur et l'éolien (7% chacun), les déchets renouvelables (5%). Les autres types d'énergie renouvelable représentent à ce jour des parts marginales (biogaz, solaire photovoltaïque, résidus agricoles et IAA, géothermie, solaire thermique, énergies marines). Par ailleurs, la production actuelle d'énergies renouvelables se situe assez en dessous des objectifs gouvernementaux, notamment en ce qui concerne l'éolien, le solaire thermique et la biomasse.

Ces premiers chiffres montrent déjà les enjeux à augmenter l'autonomie énergétique au niveau national. Si l'on ajoute que la consommation finale d'énergie est d'environ 150 Mtep (contre 257 Mtep de consommation d'énergie primaire, la différence étant dissipée sous forme de chaleur), et que la chaleur représente environ la moitié des besoins finaux, on comprend tout l'intérêt qu'il y aurait à repenser l'organisation de la production et de la distribution d'énergie afin d'optimiser la chaleur produite. Par ailleurs, les besoins finaux se partageant en un tiers dans les transports, et un peu moins d'un tiers dans le secteur résidentiel. Cela implique que l'organisation spatiale de l'activité humaine est un élément essentiel dans les besoins totaux en énergie.

Pour ces différentes raisons, un pilotage du secteur énergétique à un niveau territorial adapté paraît à même d'augmenter l'efficacité et de réduire la dépendance à l'extérieur, en jouant à la fois sur la mobilisation des ressources renouvelables locales, l'utilisation locale de la chaleur, la rénovation de l'habitat, l'optimisation des transports etc. C'est le sens des démarches de « territoire à énergie positive » promues en France par le réseau CLER, et soutenues par le récent appel à projets TEPCV du ministère en charge de l'écologie.

D'après l'étude de l'Ademe sur la possibilité d'un mix électrique 100% renouvelable en 2050 (Ademe, 2015), le potentiel maximal de production serait d'environ 40 Mtep pour le solaire photovoltaïque et de 32 Mtep pour l'éolien terrestre (auxquels il faut ajouter 23 Mtep pour l'éolien en mer). Les autres formes d'énergie électrique (petite hydroélectricité, géothermie...) se situent à des niveaux bien plus faibles. Concernant la production de chaleur, les différents scénarios prospectifs réalisés tablent sur une progression du bois-énergie sur une fourchette assez large (entre 11 et 30 Mtep). Une grosse interrogation concerne le développement futur du biogaz, sur lequel le gouvernement nourrit des objectifs ambitieux. Les scénarios les plus optimistes tablent sur une possibilité de développement à hauteur d'une quinzaine de Mtep (contre moins de 0,5 aujourd'hui), qui se partageraient entre chaleur, gaz et électricité.

Les scénarios énergétiques sur lesquels se base la loi sur la transition énergétique se fondent sur des hypothèses contrastées, dont certaines laissent entrevoir un basculement fort vers les énergies renouvelables (Criqui, 2014). Toutefois, les modèles sur lesquels reposent ces scénarios sont généralement construits à une maille assez grande, et reposent essentiellement sur des hypothèses d'ajustement technologique et de choix de consommation, sans entrer dans le détail de la dynamique locale nécessaire pour aboutir aux changements supposés à une échelle agrégée. Il en est de même des modèles macroéconomiques du secteur énergétique (Després, 2015).

Au vu de ces éléments, l'objectif de quasi-autonomie en énergie semble théoriquement possible pour de nombreux territoires, en misant sur une combinaison entre énergies éolienne, photovoltaïque et biomasse. Cependant, la littérature sur le développement territorial montre qu'une ressource locale n'est pas nécessairement activée, et que les conditions sociales et institutionnelles influent fortement sur les capacités d'organisation nécessaires à sa mobilisation réelle et efficiente. Les débats autour du développement de l'énergie éolienne illustrent bien cet aspect. De même, le fait que 70% du bois-énergie soit utilisé dans des chaudières individuelles pose la question cruciale de l'échelle pertinente des installations.

L'objectif de cet article est de contribuer à la connaissance des conditions de réussite des démarches d'autonomie territoriale en énergie. Tout d'abord, une analyse géographique fine du potentiel de production d'énergie renouvelable est mise en regard par rapport aux besoins locaux en énergie. Ensuite, nous étudions si le potentiel théorique d'autonomie territoriale est relié aux capacités de production réellement présentes sur le territoire, et aux démarches territoriales recensées. Pour cela, nous procédons à une analyse économétrique prenant en compte les caractéristiques organisationnelles (intensité de coopération des intercommunales) et sociologiques (indicateur de capital social territorial). Les résultats donnent des éclairages sur les échelles pertinentes de conception de démarches d'autonomie énergétique et les facteurs favorisant leur développement.

L'originalité de cet article est triple. Tout d'abord, nous menons une analyse géographique fine du lien entre potentiel de production énergétique et demande locale en énergie, alors que la plupart des études descendent rarement en-dessous du niveau régional (ANCRE, 2015). Ensuite, nous faisons le lien entre ce potentiel et d'une part les capacités de production avérées, d'autre part les démarches territoriales déclarées. Enfin, la prise en compte de caractéristiques sociologiques et institutionnelles permet de mieux comprendre le rôle des facteurs humains, qui sont essentiels dans un contexte où le développement des énergies renouvelables est sujet à de fortes tensions, conflits d'usages et coûts de transaction du fait de la dispersion des propriétaires des ressources et du manque de structuration de la plupart des filières correspondantes.

Le reste de l'article est organisé comme suit. La deuxième partie présente les principaux enjeux de développement territorial des démarches d'autonomie énergétique, et les principaux freins identifiés à leur développement. La troisième partie examine la répartition du potentiel de production d'énergie renouvelable, et son lien avec les besoins locaux en énergie et les installations effectivement existantes. Dans une quatrième partie, le lien avec les démarches de territoire à énergie positive est examiné. La dernière partie conclut par quelques implications de ces résultats pour les politiques publiques et les perspectives de recherche qu'ils induisent.

## 2. Développement territorial et autonomie énergétique : les enjeux

Le terme d'autonomie territoriale en énergie ou de territoire à énergie positive peut éveiller un certain soupçon en laissant entendre une volonté d'autarcie et de fermeture, qui serait contraire à un principe de base de l'économie qui est la spécialisation des territoires dans leurs avantages comparatifs. Il est bien clair qu'il faut entendre dans ces démarches surtout l'idée de réduire la dépendance énergétique (premier poste de déficit commercial français), mais aussi d'augmenter l'efficacité dans un contexte de ressources en raréfaction ou de technologies à l'impact environnemental trop élevé.

Le modèle de production centralisée dans de grosses unités est progressivement remis en cause. La recherche actuellement en cours sur les *smart grids* entend lui substituer un modèle à la fois fortement décentralisé (en mobilisant massivement les énergies renouvelables) et fortement interconnecté, permettant une répartition à grande échelle de la production notamment afin de lisser les variations dues à l'intermittence de certaines sources d'énergie. Il n'est cependant pas évident que ce modèle soit réellement opérant à grande échelle, en particulier parce qu'il nécessite des investissements conséquents et qu'il pose des problèmes importants de pertes dans les réseaux, de stockage, et d'installations électroniques qui nécessitent de mobiliser de grandes quantités de ressources en métaux rares dont l'accès risque de devenir problématique (Bihouix et de Guillebon, 2013).

Un des intérêts des démarches d'accroissement de l'autonomie énergétique à un niveau local repose sur la capacité à aborder le problème de façon intersectorielle : l'association des différentes composantes de la société à la réflexion permet de traiter à la fois des capacités de production d'énergie, mais aussi de l'organisation des activités et des comportements à même de réduire les besoins, de faire jouer les synergies (utilisation locale de la chaleur), d'optimiser l'utilisation des coproduits d'autres activités, et bien entendu de créer des emplois locaux. Bien qu'une autonomie complète soit illusoire, les grands chiffres cités en introduction suggèrent un potentiel de gain considérable.

Ceci étant posé, la mise en œuvre en pratique de telles démarches pose de multiples questions. Quelles formes d'énergie cibler ? Quelles sont les échelles géographiques pertinentes ? Quels impacts possibles sur l'économie ? Quelles modalités d'organisation et quel rôle de l'action publique ? Dans cette partie, nous donnerons quelques éléments issus de la littérature, avant de nous focaliser dans les parties suivantes sur le rôle des facteurs sociaux et institutionnels.

Les études de cas disponibles dans la littérature sur les démarches d'autonomie territoriale en énergie ne permettent pas de dégager de cadre conceptuel stabilisé (Sion, 2015). Selon les cas, les études se focalisent sur le modèle économique d'une unité de production unique, sur la politique menée par une collectivité ou un groupement de collectivités, sur l'impact sur l'emploi local via une approche de multiplicateur keynésien... Pour les pays d'Europe, beaucoup de travaux se focalisent sur la biomasse, qui est supposée être appelée à jouer un rôle important dans le développement des énergies renouvelables (Demirbas et al, 2009). De fait, l'organisation locale de l'approvisionnement en biomasse a très tôt préoccupé les pouvoirs publics, depuis les premiers plans bois-énergie régionaux en 1994, jusqu'aux cellules biomasse régionales actuelles. On trouvera un récapitulatif de l'historique de ces démarches dans Tabourdeau (2014).

Cependant, comme on le verra dans la quatrième partie, les démarches territoriales autour des énergies solaire et photovoltaïque sont les plus fréquentes, en lien avec les politiques de tarif de rachat d'électricité qui ont permis la structuration de l'offre ces dernières années. Le rapport de l'Ademe (2015) sur le potentiel d'électricité renouvelable leur donne d'ailleurs une place prépondérante. Dans ce qui suit, on se focalisera donc sur les énergies issues de la biomasse, le solaire photovoltaïque et l'éolien. Les filières basées sur la biomasse sont à grands traits au nombre de trois : le bois-énergie (essentiellement des chaufferies collectives, très marginalement en cogénération), la méthanisation, et les bioraffineries de deuxième génération (qui sortent du champ de cet article puisqu'elles sont par construction destinées à un marché non local).

La littérature sur les cas de démarches d'autonomie territoriale aborde assez peu le problème crucial de l'échelle géographique pertinente, qui est souvent dictée par l'entité à l'initiative de la démarche. Cette question est abordée indirectement par celle de la taille efficace des unités industrielles. Ainsi, Esteban et al. (2015) comparent différents modèles industriels et concluent qu'une organisation efficace peut permettre la rentabilité de petites unités. De même Milder et al (2008), dans une approche plus intégrative, estiment que des unités de petite taille permettent un impact cumulé (économique, social et environnemental) maximal. C'est aussi le cas de Krajnc et Domac (2007), qui évaluent les impacts socioéconomiques globaux dans le cadre de petites régions en Slovénie et Croatie. La biomasse est en général privilégiée dans les cas d'étude, du fait du caractère essentiellement local de la consommation et d'un potentiel supérieur de création d'emplois locaux. Ainsi, la filière bois-énergie génère en France plus de 60.000 emplois pour une production de l'ordre de 10 Mtep (Ademe, 2007). La filière biogaz, encore balbutiante avec moins de 2000 emplois (ATEE, 2011) aurait un potentiel d'emploi permanent de 4,7 emplois par MW installé, plus 10,7 pour la construction des installations. Cette situation est principalement due à la nécessité de collecte d'une ressource dispersée, tandis que les filières éolienne et photovoltaïque nécessitent surtout des opérations de maintenance souvent hautement spécialisées donc extérieures au territoire.

En pratique, on observe un spectre très large de taille d'installation. La base des installations de bois-énergie fournie par *Bioénergie internationale* fait apparaître que la moitié des chaufferies collectives ont une puissance inférieure à 2 MW, correspondant à un rayon d'approvisionnement en général d'une dizaine de kilomètres, pouvant être géré dans le cadre d'une communauté de communes. On trouve aussi quelques unités beaucoup plus grosses, dépassant les 50 MW, nécessitant un rayon de collecte supérieur à 50 km. Les plus grosses unités, telle que celle de Gardanne (150 MW) ou des projets de bioraffinerie de deuxième génération nécessitent une organisation à une échelle régionale, voire interrégionale. Simon et al. (2010) évaluent le potentiel national de mise en place de bioraffineries, et concluent à la possibilité d'installation d'une dizaine de telles unités en France métropolitaine. La réalisation de tels projets nécessite de combiner des résidus agricoles, forestiers et des cultures dédiées, dans un contexte de concurrence entre usages, ce qui est un élément de complexité évident pour leur concrétisation effective.

Au final, trois échelles types semblent se dégager : une échelle intercommunale pour les petits projets, une échelle départementale pour les projets de 50 MW ou plus, et une échelle interrégionale pour les unités de bioraffinerie, qui sortent du champ de cet article. De fait, bien que la région soit le cadre d'organisation des cellules biomasse, des démarches de niveau

départemental se multiplient, ainsi que le révèlent les résultats de l'appel à projets TEPCV (cf. partie 4), avec 19 départements positionnés, et les études lancées par les conseils départementaux d'estimation fine de leur ressource locale en énergie renouvelable. Les échelles intermédiaires de type Pays ou PNR sont également à considérer, du fait de l'importance des effets de contiguïté pour la collecte de biomasse, mais y compris pour les autres formes d'énergie, fortement contraintes par les disponibilités foncières.

Ainsi, une hésitation est perceptible sur le niveau pertinent d'organisation des démarches. Si le niveau intercommunal semble le plus simple pour faire aboutir des projets ponctuels (Amblard et al., 2012), il se heurte à la réalité de la répartition géographique de la ressource, ce qui peut entraîner par enchaînement des initiatives à des niveaux qui s'entrecroisent et évoluent dans le temps (Avocat et al, 2012). La réponse la plus adaptée dépend de toute évidence de la configuration spatiale de la ressource et de son accessibilité, mais aussi de facteurs institutionnels (McCormick et Kaberger, 2007 ; Madlener, 2007). Ces facteurs conditionnent aussi bien les installations urbaines de grande taille (Madlener et Vogtli, 2008) que les petites installations en zone rurale (Avocat et al, 2012).

Dans les parties suivantes, nous nous focaliserons sur deux des principaux déterminants évoqués dans la littérature sur l'émergence de démarches territoriales d'autonomie énergétique : la ressource potentielle, la demande locale et les conditions sociales et institutionnelles. Nous nous placerons essentiellement à l'échelle départementale, à la fois par commodité d'accès aux données dont certaines ne sont pas disponibles à un échelon plus fin, et parce que cet échelon paraît correspondre dans de nombreux cas à un compromis acceptable entre économies d'échelle (au niveau des installations de production mais aussi de la rationalisation de l'organisation) et proximité du terrain (et donc démarche intégrant les aspects sociaux et environnementaux).

### **3. Potentiel et installations actuels**

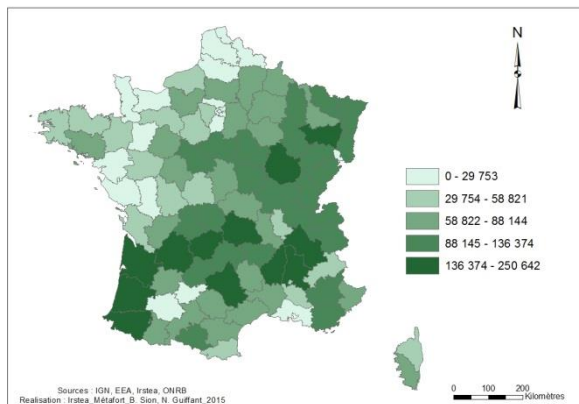
De nombreux travaux ont tenté d'évaluer le potentiel de développement des énergies renouvelables en France. Un des rapports les plus aboutis est celui de l'Ademe (2015) déjà cité notamment pour l'éolien et le photovoltaïque. Pour la biomasse, l'Observatoire national des ressources en biomasse a pour mission d'intégrer les connaissances sur les différentes ressources (ONRB, 2012). Cette entreprise est particulièrement délicate, car la biomasse prend des formes très diverses et surtout très dispersées géographiquement et en détenteurs, avec des usages alternatifs et des concurrences potentielles entre eux. En dehors des cultures dédiées, dont le développement est sujet à débat, les principales sources sont les rémanents forestiers (et coproduits de l'industrie du bois) et agricoles. Les premiers sont classiquement utilisés pour le bois-énergie et les seconds pour la méthanisation. Le développement potentiel des bioraffineries de deuxième génération, qui peut s'appuyer selon les technologies sur ces deux types de ressource complique la problématique. Le présent article s'intéressant prioritairement aux ordres de grandeur et aux comparaisons entre zones géographiques, il fera l'approximation rémanents bois = bois-énergie et résidus agricoles = méthanisation. L'étude ANCRE (2015) synthétise les résultats des travaux précédents sur l'estimation des ressources potentielles en biomasse. Les fourchettes varient fortement selon les hypothèses faites, avec une valeur moyenne de potentiel de 15 Mtep pour le bois-énergie et 7 Mtep pour le biogaz.

L'échelle d'analyse est en général nationale, peu d'études descendant en dessous de l'échelle régionale. La question de l'autonomie territoriale nécessite de descendre à un niveau plus fin, pour mettre en rapport le potentiel de production avec les besoins des activités humaines. Pour cela, nous nous appuyerons :

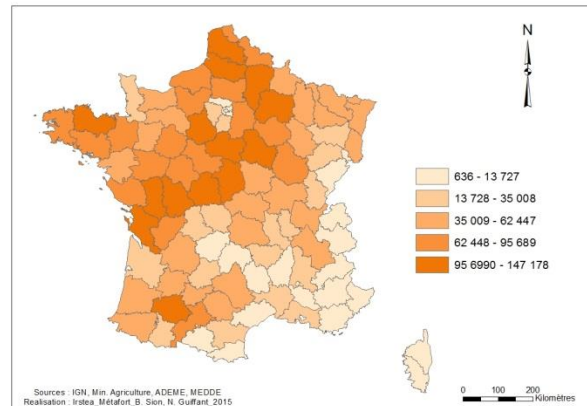
- Pour l'éolien et le photovoltaïque, sur les cartes de gisement établies par l'Ademe,
- Pour le bois-énergie, sur l'étude réalisée par l'IGN et le FCBA (Colin et al, 2009) sur la biomasse forestière disponible. Les résultats régionaux de ressource sont extrapolés à un niveau communal en se basant sur les classes de couverture du sol de Corine Land Cover. Ils sont ensuite agrégés au niveau bassin de vie ou département,
- Pour la méthanisation, on se base sur l'étude de l'Ademe (2013), qui identifie les principales sources de biomasse : pailles et autres résidus de céréales, déjections animales, biodéchets des ménages, déchets verts des collectivités, boues urbaines et graisses. La répartition communale est extrapolée sur la base du recensement agricole de 2010.

On applique ensuite des coefficients d'équivalence énergétique aux différentes sources de biomasse (ONRB, 2012 ; Ademe, 2013). La méthode détaillée est présentée par Sion (2015).

On obtient donc une répartition spatiale fine du potentiel des différentes énergies. Les cartes 1 et 2 donnent les résultats au niveau départemental pour le bois et les ressources méthanisables.



Carte 1. Ressources bois

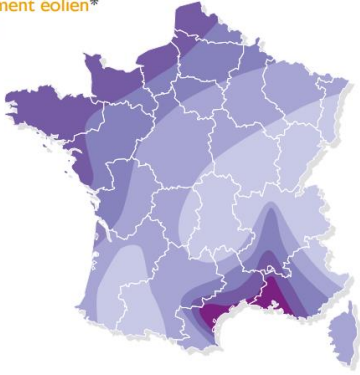


Carte 2. Ressources méthanisables

Sans surprise, on voit ressortir les principales régions forestières (Aquitaine, grand Est, Rhône-Alpes) et agricoles (grand Bassin Parisien, grand Ouest, bassin Aquitain). A titre de comparaison, les cartes 3 et 4 reprennent la répartition du gisement solaire et éolien de l'Ademe.



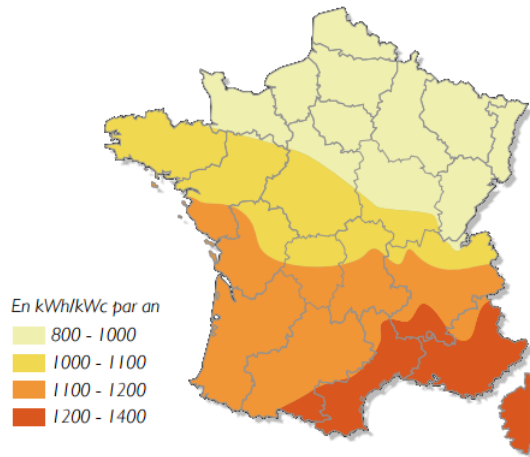
Le gisement éolien\*  
(en m/s)



	Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles éparés	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes, collines**
ZONE 1	<3,5	<3,5	<5,0	<5,5	<7,0
ZONE 2	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
ZONE 3	4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10,0
ZONE 4	5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10,0 - 11,5
ZONE 5	>6,0	>7,5	>8,5	>9,0	>11,5

\* Vitesse du vent à 50 mètres au dessus du sol en fonction de la topographie.  
\*\* Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique.

Le gisement solaire\*



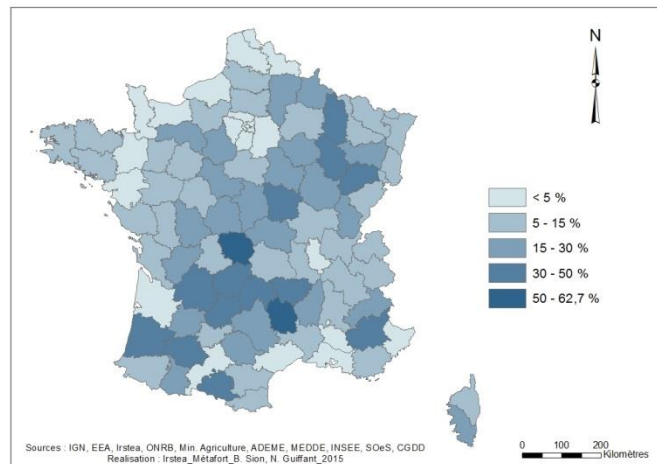
\* Cette carte donne la production électrique moyenne attendue dans les conditions optimales d'implantation pour un système photovoltaïque d'une puissance nominale de 1 kW avec des modules multicristallins standards, en fonction de la localisation géographique de l'installation.

Carte 3. Gisement éolien

Carte 4. Gisement solaire

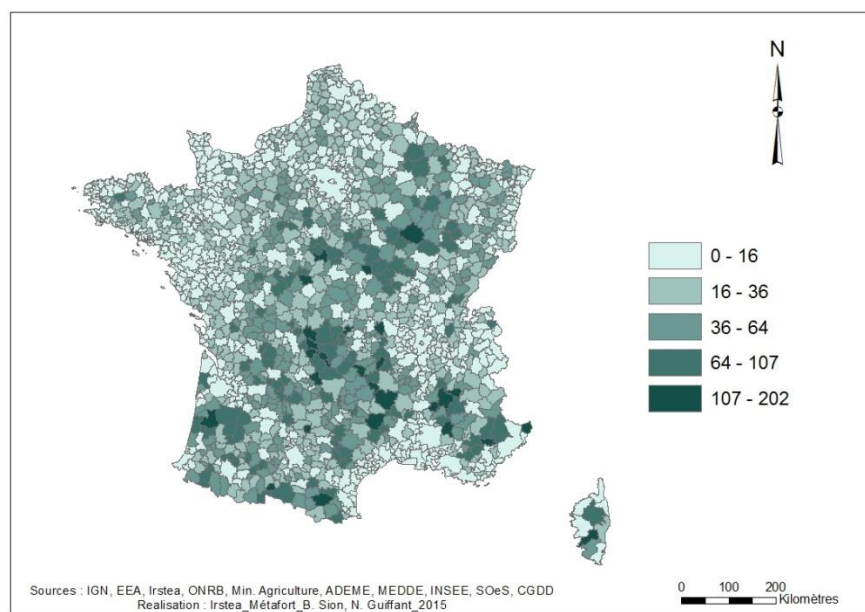
Source : Ademe

Il convient à présent de rapporter le potentiel de production d'énergie aux besoins locaux en énergie. Le rapport du CGDD (2015b) fournit des données de consommation moyenne par type d'usage (résidentiel, tertiaire, agricole, industriel, transports) et dans certains cas, par région. Cela permet d'inférer une demande énergétique à un niveau fin, qui pourra être mise en rapport avec le potentiel de production. La carte 5 donne la répartition géographique du ratio entre biomasse potentielle (en équivalent énergétique) et consommation actuelle en énergie par département. La couverture potentielle théorique des besoins par la biomasse dépasse 40% dans 5 départements, qui comme attendu sont très ruraux (Meuse, Ariège, Lot, Creuse, Lozère).



Carte 5. Potentiel d'autonomie énergétique par la biomasse – départements

La carte 6 donne la répartition géographique du même indicateur, au niveau des bassins de vie, qui coïncide souvent avec l'organisation intercommunale, et a l'avantage d'être défini de manière purement statistique (entités territoriales à l'intérieur desquelles se font l'essentiel des relations domicile-travail et des consommations de base). A cette échelle, l'intensité théorique maximale d'autonomie territoriale s'élève, pour dépasser 200% dans certains territoires. Cette répartition géographique permet de faire ressortir d'autres zones où une démarche territoriale pourrait être particulièrement pertinente par des regroupements appropriés.



Carte 6. Potentiel d'autonomie énergétique par la biomasse – bassins de vie

Il est difficile de conduire le même exercice pour les autres sources d'énergie renouvelable. En effet, les cartes de gisement doivent être croisées avec les disponibilités foncières effectives en lien avec la configuration du relief, pour donner des estimations de production potentielle.

Ce potentiel théorique se traduit-il par des réalisations effectives ? Pour le savoir, nous utilisons les données fournies par le service statistique du ministère en charge de l'écologie sur les capacités installées en électricité renouvelable (<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/s/energies-renouvelables.html>), et la base des chaufferies bois fournie par *Bioénergie internationale* (<http://www.bioenergie-promotion.fr/>). Nous testons donc les déterminants des puissances installées, en utilisant diverses variables :

- Le potentiel de production tel que décrit dans les cartes 1 à 4.
- La demande théorique en énergie
- Pour la biomasse bois, quatre variables de structure forestière, considérées comme pouvant jouer un rôle dans la facilité à mobiliser la biomasse : la part de surface forestière détenue par des propriétaires privés, la part de surface dont l'exploitation est considérée comme difficile, le volume de bois fort à l'hectare, et la taille moyenne des propriétés privées
- Pour les autres énergies, le prix moyen des terres agricoles, considéré comme indicateur de tension sur l'usage des surfaces (à d'autres fins que l'agriculture).

En plus de ces variables classiques, nous testons deux variables mesurant les caractéristiques sociologiques et institutionnelles :

- Le coefficient d'intégration fiscale moyen, comme indicateur d'intensité de coopération intercommunale,
- L'indicateur de capital social « bonding » défini par Callois et Schmitt (2009), mesurant la cohésion sociale locale.

Ces deux variables traduisent l'idée que la capacité d'organisation locale, soit « spontanée » (capital social) soit institutionnalisée (via les structures publiques) est un élément déclencheur important des projets d'énergie renouvelables, qui nécessitent de gérer des conflits d'usage et des problématiques de mobilisation d'une ressource dispersée.

Le tableau 1 donne les résultats avec et sans variables de coopération intercommunale et de capital social. Le trait le plus saillant est que les variables qui apparaissent comme significatives ne sont pas les mêmes selon les différentes sources d'énergie. La présence d'une demande locale est déterminante pour le bois-énergie et la méthanisation, elle ne l'est pas pour l'éolien, ce qui est conforme à l'idée que cette source d'énergie est essentiellement exportée hors du territoire. En revanche, elle joue aussi pour le photovoltaïque, bien qu'il soit dans une situation similaire. La présence d'une ressource locale forte joue positivement, sauf dans le cas de la méthanisation. Contrairement à l'intuition, les variables de structure forestière couramment invoquées (dispersion de la propriété, difficulté d'accès), ne paraissent pas jouer significativement. Egalement contre-intuitif est le fait que le volume de bois à l'hectare joue un rôle négatif. Cela suggère que le bois-énergie est surtout mobilisé dans les forêts à vocation peu industrielle, et qu'il y a donc un potentiel de bois lié (au bois d'œuvre et au bois d'industrie) à explorer. Par ailleurs, les prix fonciers ne jouent un rôle (négatif attendu) que dans le cas de l'éolien, et de manière très peu significative.

Tableau 1. Déterminants des puissances installées (départements)

	Puissance cumulée bois-énergie		Puissance cumulée méthanisation		Puissance cumulée éolien		Puissance cumulée photovoltaïque	
Constante	101**	102*	-0,83	-3,24	-277*	-256	-109**	-119**
Potentiel (Mtep)	263***	171*	2,56	4,00	56,0***	52,3***	0,148***	0,153***
Demande (Mtep)	7,56**	18,9***	1,49***	1,47***	10,3	10,4	12,29***	14,0***
% forêt privée	-5,71	-30,9						
% exploit. difficile	23,5*	21,6						
Volume bois/ha (m <sup>3</sup> )	-0,491***	-0,407***						
Taille parcelles (ha)	-0,259	1,36						
Prix terres / ha			10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>	-0,04	-0,05*	3.10 <sup>-4</sup>	5.10 <sup>-4</sup>
CIF		55,6		5,2*		107		53,4*
Capital social		7,59*		-0,068		-2,34		2,12
R <sup>2</sup>	0,33	0,43	0,25	0,30	0,18	0,19	0,39	0,41

\*\*\* significatif au seuil de 1%, \*\* significatif au seuil de 5%, \* significatif au seuil de 10%,

Le rôle des variables de capital social et de coopération intercommunale est lui aussi très différent selon les formes d'énergie. L'indicateur de capital social ne joue un rôle (positif attendu) que dans le cas du bois-énergie. L'intensité de coopération intercommunale est positivement liée à la puissance installée en méthanisation et en photovoltaïque. Cela n'est pas étonnant, considérant le rôle que les collectivités jouent souvent dans ce type de projets (méthanisation territoriale, mixant biomasse d'origine agricole et de collectivités, équipement de bâtiments publics en panneaux solaires...).

#### Estimations niveau Bassin de vie avec effets de voisinage et autocorrélation EN COURS

Il convient à présent d'examiner la problématique de l'autonomie territoriale du point de vue des initiatives de structuration au niveau territorial. Pour cela, nous nous focaliserons sur l'appel à projets TEPCV, qui a précisément pour but d'encourager cette structuration.

#### 4. Potentiel et projets territoriaux : le cas des TEPCV

L'appel à projets « territoires à énergie positive pour la croissance verte » (TEPCV), lancé fin 2014, a reçu 528 candidatures, majoritairement portées par des EPCI (235 dossiers, soit 45%), ou des communes (116) de toutes tailles, mais aussi quelques territoires de projets (44 Pays, 41 PNR, 1 parc national) et même 19 conseils généraux. Au final, 212 territoires ont été retenus (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-laureats-des-TEPCV.html>).

Il est intéressant de se demander si ce type d'initiative est avant tout motivé par un potentiel de production existant sur le territoire ou plutôt par des facteurs sociaux et organisationnels. Pour cela, nous réalisons une analyse de régression multiple testant différents déterminants possibles. Le tableau 2 donne les résultats sur le nombre de TEPCV par département, en introduisant successivement les variables de ressource et de demande, puis des variables de structure (taille, urbanisation), et enfin les variables de coopération intercommunale et de capital social.

Tableau 2. Déterminants du nombre de TEPCV par département

	Nombre de TEPCV		
Constante	1,47	3,46	4,11
Superficie (Mha)		3,42*	2,62
Population (millions, 2006)		1,47**	1,74***
Potentiel bois (Mtep)	9,84***	-0,682	0,688
Potentiel méthanisation (Mtep)	6,25***	-7,66	-3,99
Potentiel éolien (m/s)	0,111	-0,046	-0,047
Potentiel photovoltaïque (MW)	-8,2.10 <sup>-4</sup>	-0,0014	-0,0033
Demande énergétique (Mtep)	0,954**	0,534	0,490
Taux d'urbanisation		-1,76	2,32
CIF			2,98*
Capital social			0,644**
R <sup>2</sup>	0,11	0,23	0,29

\*\*\* significatif au seuil de 1%, \*\* significatif au seuil de 5%, \* significatif au seuil de 10%,

Le potentiel de production n'apparaît pas du tout être un déterminant des démarches TEPCV. En effet, une fois introduites les variables de taille, toutes les variables de potentiel deviennent non significatives. La variable de coopération intercommunale est très peu significative, alors que la mesure de cohésion sociale l'est beaucoup plus. Ces deux variables étant assez corrélées ( $r=0,35$ ), il est difficile de connaître le mécanisme sous-jacent le plus important, mais il semble que le fond sociologique joue davantage.

Les mêmes estimations faites sur le nombre d'initiatives (et non les seuls dossiers retenus) ne font ressortir aucune variable significative, quel que soit le modèle testé. Ce résultat est également intéressant (à supposer que la sélection ait été faite en faveur des dossiers techniquement les meilleurs).

### Estimations avec modèle de comptage + effets de voisinage EN COURS

Naturellement, ces premiers éléments d'analyse ne préjugent en rien de la réussite effective future des démarches affichées dans les TEPCV. Ils suggèrent cependant que les aspects d'organisation humaine priment dans leur émergence.

## 5. Conclusion

Ce travail constitue une première approche du rôle des facteurs sociaux et institutionnels dans l'émergence des démarches d'autonomie territoriale en énergie, mis en rapport avec l'étude géographique fine du potentiel et de la pertinence théorique de ces démarches. Malgré les données assez grossières qui sont disponibles, les résultats suggèrent un impact réel de ces facteurs humains dans la qualité et la quantité des initiatives territoriales. L'impact est beaucoup moins évident dans la présence effective des capacités de production, et il est hétérogène selon les sources d'énergie.

Ces résultats supportent l'idée que les incitations aux démarches territoriales sont à développer pour que l'adaptation fine entre potentiel d'énergie renouvelable et utilisation locale puisse se concrétiser. Les données étudiées suggèrent que pour la biomasse, la présence d'une ressource semble moins déterminante que les caractéristiques humaines. Pour l'éolien, le lien fort entre ressource potentielle et puissance installée semble surtout traduire des effets d'aubaine et n'est pas tiré par les besoins locaux. Les territoires les plus propices à l'autonomie territoriale sont ceux présentant à la fois un fort potentiel (ratio ressource/besoin) et des capacités de coopération. Il est peut-être pertinent de mettre l'accent sur ces territoires afin qu'ils puissent créer des effets de démonstration dans d'autres où les capacités de coopération seraient moindres.

Cette étude constitue une approche très simplifiée de la problématique de l'autonomie territoriale et comporte plusieurs limites importantes. Tout d'abord, elle ne tient pas compte d'autres sources d'énergie (petite hydroélectricité, géothermie), dont le potentiel est plus rarement mis en avant mais mérite d'être considéré dans certains territoires. Surtout, elle fait l'impasse sur la question de la réorganisation spatiale des activités et de l'économie en besoins d'énergie qu'elle pourrait générer, qui est sans aucun doute un levier important d'efficacité en économie de transport. Cette question très importante nécessiterait des études de cas poussées pour être investiguée correctement.

Par ailleurs, une analyse selon une vision de bioéconomie territoriale (analyse des flux de matière et d'énergie), des interrelations entre agriculture, secteur forêt-bois, activités industrielles et production d'énergie, avec à la clé une étude du gain environnemental et en termes d'activité et d'emplois est un prolongement naturel de ce travail. Cela mériterait également des études de cas approfondies sur des systèmes de production contrastés (grandes cultures, élevage intensif, espaces montagnards...). L'étude des problématiques énergétiques au niveau des territoires de projet est donc porteuse de nombreuses applications en termes de renouvellement des approches de développement local.

## Références

Ademe (2007) Evaluation des emplois dans la filière biocombustibles, Algoé & Blézat consulting [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/47138\\_bilan\\_final\\_v3oct07.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/47138_bilan_final_v3oct07.pdf)

Ademe (2013). Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation. [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/88252\\_gisements-substrats-methanisation.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/88252_gisements-substrats-methanisation.pdf)

Ademe (2015), Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050, [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport100enr\\_comite.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport100enr_comite.pdf)

Amblard, L., Taverne, M., Guerra, F. (2012), L'organisation d'une filière d'énergie renouvelable : l'approvisionnement en bois-énergie en Auvergne. *Droit de l'Environnement*, pp. 37-40.

ANCRE (2015). Organisation des filières biomasse pour l'énergie, synthèse de l'étude GP1A, CVT ANCRE.

ATEE - Club biogaz. (2011), Emplois dans le filière biogaz de 2005 à 2020.

Avocat, H., Tabourdeau, A., Chauvin Ch., Marceau M.-H. (2012), Énergie et bois dans le territoire alpin : stratégies autour d'une ressource incertaine." *Revue de géographie alpine*, pp. 99-3.

Bihoux Ph., de Guillebon B. (2013), Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société, EDP sciences, 299 p.

Callois JM, Schmitt B. (2009), The role of social capital components on local economic growth: Local cohesion and openness in French rural areas, *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 90 (3), pp 257-286.

Colin, A., Barnérias, C., Salis Mireille, Thivolle-Cazat, A., Coulon, F., Couturier Ch. (2009). Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020.

Commissariat Général au Développement Durable (2015a), Bilan énergétique de la France pour 2014. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/c/references.html>

Commissariat Général au Développement Durable (2015b), Les évolutions de l'énergie dans les régions françaises entre 2002 et 2012, Observation et statistiques n°634.

Criqui, P. (2014), Transition énergétique : quelle trajectoire ? Généalogie de la loi de transition énergétique et positionnement au regard des scénarios préexistants. *Futuribles*, n°403, pp. 89-96.

Demirbas, M. F., Balat M., Balat H. (2009), Potential contribution of biomass to the sustainable energy development, *Energy Conversion and Management*, 50(7): 1746-1760.

Després, J., Hadjsaïd, N., Criqui, P., Noirot, I. (2015), Modelling the impacts of variable renewable sources on the power sector : Reconsidering the typology of energy modelling tools. *Energy*, vol. 80, Feb. 2015, pp. 486-495

Esteban, B., Riba, J. R., Baquero G., Rius A. (2015), Comparative cost evaluation of heating oil and small-scale wood chips produced from Euro-Mediterranean forests, *Renewable Energy*, n°74: pp. 568-575.

Krajnc, N., Domac J. (2007), How to model different socio-economic and environmental aspects of biomass utilisation: Case study in selected regions in Slovenia and Croatia, *Energy Policy*, n°35(12), pp. 6010-6020.

Madlener, R. (2007), Innovation diffusion, public policy, and local initiative: The case of wood-fuelled district heating systems in Austria, *Energy Policy*, n°35(3), pp. 1992-2008.

Madlener, R., Vogtli S. (2008), Diffusion of bioenergy in urban areas: A socio-economic analysis of the Swiss wood-fired cogeneration plant in Basel, *Biomass & Bioenergy*, n°32(9), pp. 815-828.

McCormick, K., Kaberger T. (2007), Key barriers for bioenergy in Europe: Economic conditions, know-how and institutional capacity, and supply chain co-ordination, *Biomass & Bioenergy*, n°31(7), pp. 443-452.

Milder, J. C., McNeely J. A., Shames S. A., Scherr S. J. (2008), Biofuels and ecoagriculture: can bioenergy production enhance landscape-scale ecosystem conservation and rural livelihoods?, *International Journal of Agricultural Sustainability*, n°6(2), pp. 105-121.

ONRB (2012). Évaluation des ressources disponibles en France, FranceAgriMer.

Simon D., Wallace W.E., Jacquet F. (2010), Economic analysis of the potential of cellulosic biomass available in France from agricultural residue and energy crops, *Bioenerg. Res.* n°3, pp. 183-193.

Sion B. (2015), Une analyse du potentiel territorial en bioénergie en France métropolitaine, mémoire de Master Analyse et Politique Economiques, Université d'Auvergne, 57 p.

Tabourdeau A. (2014), Entre forêt et énergie : composer la transition. Le cas du bois-énergie en Auvergne et Rhône-Alpes. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, 379 p.