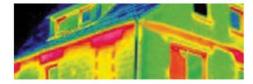
Schéma de Cohérence Territoriale des Vosges Centrales





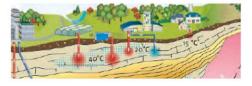




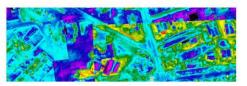


ETUDE DE PLANIFICATION ENERGETIQUE

Phase II : Potentiel en Energies Renouvelables et de Récupération (EnR&R)













« Un pessimiste voit la difficulté dans chaque opportunité, un optimiste voit l'opportunité dans chaque difficulté. » **Winston Churchill**





Rédaction, cartographie & conception graphique:

Jacques Gröndahl, Chargé de missions Climat-Energie Syndicat Mixte du SCoT des Vosges Centrales <u>jacques.grondahl@scot-vosges-centrales.fr</u> Avril 2016

Table des matières

1	Le	rôle du SCoT: Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte	. 12
	1.1	Cadre légal	.12
	1.2	Une vision d'avenir nécessitant une planification stratégique collective	. 13
	1.3	Adapter la ressource au besoin énergétique et optimiser son usage	. 14
	1.4	Méthodologie de l'étude	. 16
_	D.	Acustial Acusticular landa de curata	10
2		tentiel territorial en bois-énergie	
	2.1	La forêt : un pilier de l'économie vosgienne	
	2.1		
	2.1	3	
	2.1	3	
	2.1	, ,	
	2.2	·	
	2.2		
	2.2	2.2 L'auto-approvisionnement du territoire remis en question	32
	2.2	La mise en garde des services de l'Etat au niveau régional	33
	2.2	2.4 Le point de vue contradictoire de Forêt & Bois de l'Est	34
	2.3	A la recherche de nouveaux gisements	. 35
	2.3	3.1 Gisements en forêts privés	35
	2.3	3.2 Déchets bois du BTP, encombrants et déchets verts des ménages	36
	2.3	3.3 Gisements en agroforesterie	37
	2.3	8.4 Bords de cours d'eau, de route, de voies ferrées et sous lignes électriques	39
	2.4	Pistes d'actions pour structurer la filière locale bois-énergie	. 40
	2.4	l.1 Optimisation et développement des réseaux de chaleur	40
	2.4	·	
	2.4		
	2.4		
	2.5	Synthèse du potentiel	. 45
3	Po	tentiel territorial en géothermie	<i>1</i> Q
3		-	
	3.1	Notions de base pour évaluer la pertinence d'une pompe à chaleur	
	3.1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	3.1		
	3.2	Aérothermie : un potentiel de développement à optimiser	
	3.2	3 1 7 1	
	3.2	2.2 Extraction sur air ambiant: un réflexe à avoir	54

	3.3	Géothermie : un potentiel à cibler en fonction de la technologie	54
	3.3.1	Géothermie horizontale : un potentiel pour l'habitat en urbanisme diffus	54
	3.3.2	Géothermie verticale : un potentiel pour le bâti existant	54
	3.3.3	Fondations thermo-actives: un potentiel pour la ventilation en tertiaire	56
	3.3.4	Géothermie profonde : un potentiel pour la production d'électricité	56
	3.4	Aquathermie : un contexte privilégié sur le territoire	57
	3.4.1	Caractérisation du potentiel aquifère brut	57
	3.4.2	Doublet géothermique : un potentiel dans le tertiaire	61
	3.4.3		
	3.4.4	Eaux de surface : des calories difficilement exploitables	63
	3.5	Risques associées au forage pour la géothermie de minime importance	64
	3.6	Synthèse du potentiel	66
4	Pote	entiel territorial en méthanisation	70
		Principe du procédé	
	4.1.1		
	4.1.2	•	
		Un gisement susceptible de couvrir 27% des besoins en gaz naturel	
	4.2.1	Un gisement essentiellement agricole	73
	4.2.2		
	4.2.3	Zonage des gisements prioritaires par débouchés énergétiques	76
	4.2.4	Un territoire à animer pour mobiliser les gisements	77
	4.3	Un potentiel de développement fonction de la taille des unités	78
	4.3.1	Des procédures dépendant du volume et de la nature des effluents traités.	78
	4.3.2	Un potentiel de développement des projets agricoles limité par la fiscalité	79
	4.3.3	B Les cultures énergétiques : une nécessité qui fait débat	80
	4.3.4	La méthanisation territoriale conditionnée par la structuration de la filière.	81
	4.4	Synthèse du potentiel	82
5	Pote	entiel territorial en énergie solaire	84
		Les différentes technologies considérées	
		Gisement et potentiel solaire brut	
	5.2.1	-	
	5.2.2	·	
		Capacités du territoire à mobiliser le gisement	
	5.3.1		
	5.3.2		
	5 3 3	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	93

	5.3.4	Aérovoltaïque : précurseur de la relance du marché dans l'habitat ?	95
	5.3.5	Un potentiel à court terme pour le tertiaire	95
	5.3.6	L'intérêt de regrouper les investisseurs pour mobiliser le gisement	96
5	.4 L′	intérêt de planifier conjointement électromobilité et photovoltaïque	97
	5.4.1	Les enjeux d'une stratégie de développement en parallèle	97
	5.4.2	Etat des lieux de l'électromobilité sur le territoire	98
	5.4.3	Planification de l'implantation des bornes de recharge partagées	99
5	.5 Sc	plaire thermique : un potentiel mitigé dans l'habitat et le collectif	.101
	5.5.1	Un potentiel dans l'habitat mais concurrencé par le thermodynamique	101
	5.5.2	Un potentiel dans les équipements collectifs	103
5	.6 Sy	ynthèse du potentiel	.104
6		tiel territorial en énergie éolienne	
6	.1 E	olien domestique : un potentiel restreint aux sites isolés	
	6.1.1	Les différentes technologies	106
	6.1.2	Micro-éolien : bonne intégration paysagère mais manque de rentabilité	
	6.1.3	Un potentiel de vent difficile à estimer	107
	6.1.4	Petit éolien : un intérêt marginal qui risque de nuire à l'image de la filière	
6	.2 G	rand éolien : éléments de cadrage d'une filière mature	
	6.2.1	Principe du procédé et notions de base	
	6.2.2	Les étapes d'un projet	
	6.2.3	Economie d'un projet éolien : des retombées fonction du type de portage	
6	.3 G	rand éolien : caractérisation du potentiel territorial	
	6.3.1	Un cadre réglementaire simplifié	
	6.3.2	Un potentiel de vent parmi les plus intéressants de Lorraine	
	6.3.3	Les servitudes aéronautiques civiles et militaires	
	6.3.4	Peu de sensibilités environnementales et paysagères au titre du SRE	
	6.3.5	Recommandations locales d'intégration paysagère	
_	6.3.6	Capacité de raccordement et zonage des sites prioritaires	
6		e rôle du SCoT pour le déploiement d'un Grand Eolien de qualité	
	6.4.1	Les enjeux de l'éolien pour un Territoire à Energie Positive	
	6.4.2	Les projets en cours	
	6.4.3	L'acceptabilité sociétale de l'éolien dans les Vosges : un climat de tension	
	6.4.4	Densifier la tache urbaine pour préserver le potentiel éolien	
-	6.4.5	Donner du sens à l'éolien par l'investissement participatif	
6	.5 S _\	ynthèse du potentiel	. 138

7	Po	tentiel territorial en hydroélectricité1	42
	7.1	Principe du procédé et définitions1	42
	7.2	Concilier énergie et biodiversité : un compromis qui fait débat1	44
	7.2	La difficile conciliation des politiques de l'eau et de l'énergie	144
	7.2	2 Une analyse du potentiel contrastée entre l'Etat et les producteurs1	145
	7.2	3 Appel à un moratoire sur la continuité écologique1	148
	7.3	Un potentiel limité à la réhabilitation de cinq ouvrages existants?1	49
	7.3	.1 Des données insuffisantes pour caractériser le gisement1	149
	7.3	.2 L'impact du classement des cours d'eau sur le potentiel hydroélectrique 1	150
	7.3	3 Hydrolienne fluviale: une solution préservant la continuité écologique1	152
	7.4	Se réapproprier une énergie historique dans les Vosges1	54
	7.4	.1 L'hydroélectricité 1 ^e capacité de production renouvelable sur le territoire1	154
	7.4	.2 Des références vosgiennes, comme modèles économiques innovants1	155
	7.5	Synthèse du potentiel1	57
8	Ро	tentiel territorial en chaleur fatale1	60
	8.1	Définition & principe du procédé de valorisation1	60
	8.1	.1 Chaleur de récupération / Chaleur fatale1	160
	8.1	.2 Des valorisations fonction du type de rejets et du niveau de température1	161
	8.1	.3 Une problématique intégrée dans le concept d'écologie industrielle1	164
	8.1	.4 Le site industriel de Norske Skog à Golbey et le projet de Green Valley1	165
	8.2	Première approche du potentiel brut en chaleur fatale1	
	8.2	'	
	8.2	Localisation et estimation du gisement brut1	168
	8.3	Synthèse du gisement1	69
9	Co	mparaison socio-économique des filières et pistes de financement	72
	9.1	Un investissement et des retombées contrastés entre filières 1	72
	9.1	.1 Comparaison entre filière par euros investis1	172
	9.1	.2 Comparaison entre filières par nombre d'emplois générés	173
	9.1	.3 Emplois générés par euros investis1	173
	9.2	Les différentes sources de financement1	75
	9.2	1 Le rachat de l'électricité en cours de réforme1	175
	9.2	2 Subventions et prêts bonifiés publics et privés1	176
	9.2		
10) C ი	nclusion de l'étude de potentiel en EnR&R1	81

11	Annex	es	185
1	11.1 An	nexes bois-énergie	186
	11.1.1	Classification des bois déchiquetés propres	186
	11.1.2	Localisation des producteurs de plaquettes forestières en Lorraine	187
	11.1.3 format	Bilan technico-économique de la production de biomasse dan ions hors forêts	
1	I1.2 An	nexes éolien	192
	11.2.1	Evolution de la puissance installée en France	192
	11.2.2	Etat du développement éolien dans la Grande Région	192
	11.2.3	Cartographie d'implantation du projet d'Avrainville-Hergugney	193
	11.2.4	Analyse des servitudes du projet de Gruey-lès-Surances	194
1	I1.3 An	nexes hydroélectricité	195
	11.3.1	Extrait lié l'hydromorphologie des PAOT 2010 & 2013 pour le SCoT	195
	11.3.2	Extrait du PAOT 2013-2015 sur les bassins du SCoT	202
	11.3.3	Sites potentiels en Lorraine pour la création de nouvelles centrales	202
	11.3.4	Sites potentiels en Lorraine pour la réhabilitation de centrales existantes	203
	11.3.5	Caractéristiques de l'hydrolienne fluviale à l'étude à Orléan	205
1	11.4 An	nexes chaleur fatale	206
	11.4.1	Technologies de valorisation de la chaleur fatalefatale	206

De tout temps, l'énergie a constitué un des piliers du développement territorial.

Dans un contexte en pleine évolution, autant à l'international qu'au niveau européen et national, les problématiques de dérèglement climatique, de limite d'approvisionnement des ressources fossiles et de montée du prix de l'énergie, placent en avant de la scène politique les questions de transition énergétique locale, vers plus d'autonomie à partir des sources renouvelables et de récupération.

Alors que la consommation d'énergie mondiale en 2035 est annoncée avec une croissance de +37% par rapport à 2013¹, la planification énergétique apparaît comme une nécessité pour anticiper les mutations du contexte énergétique actuel et limiter les effets négatifs de leur retombées sur le territoire.

La planification énergétique consiste en une programmation territoriale visant l'optimisation du recours aux énergies renouvelables, couplée à une utilisation rationnelle de l'énergie, s'appuyant sur des mesures de sobriété et d'efficacité énergétique.

Non seulement, celle-ci prépare le territoire à la transition énergétique, mais elle constitue un véritable outil de développement économique local. C'est sur quoi misent les élus du SCoT des Vosges Centrales à travers la démarche de *Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV)*.

Mais viser plus d'autonomie à partir des *Energies Renouvelables et de Récupération (EnR&R)* pose la question de l'adaptation d'un système énergétique centriste et linéaire vers un système où les modes de production sont décentralisés et intermittents : une nouvelle ère s'annonce avec l'interconnexion des réseaux énergétiques.

Anticiper l'aménagement du territoire à moyen terme est une des fonctions premières du SCoT. L'essor des énergies renouvelables ne pourra se faire qu'avec une préfiguration du territoire en amont des choix individuels et une volonté politique forte pour soutenir et pérenniser le développement des filières porteuses d'emplois et leurs retombées socioéconomiques pour le territoire.

La présente étude menée en régie par le Syndicat est un outil d'aide à la décision à l'attention des élus du SCoT pour caractériser le potentiel territorial en EnR&R. Celle-ci s'inscrit dans une expertise globale de planification énergétique territoriale; elle fait suite au profil énergétique territorial qui permet de caractériser les consommations et productions du SCoT et de le situer dans le contexte énergétique national, notamment par rapport aux objectifs de la *loi de transition énergétique pour la croissance verte* adoptée le 18 août 2015. Par l'analyse des opportunités et des freins des différentes filières EnR&R, la présente étude contribue à la construction collective d'un avenir énergétique sobre en émissions de gaz à effet de serre à l'aube du nouvel accord mondial sur le Climat signé à Paris le 12 décembre 2015.²

-

¹ Source: <u>BP Energy Outlook 2015</u>

² Pour plus d'informations sur le contexte lié à la transition énergétique et au développement des énergies renouvelables dans le monde, en Europe et en France, un recueil d'articles issus de journalistes spécialisés, d'experts et de parlementaires a été compilé dans un document annexe et est disponible sur demande auprès du SCoT.

I. LE ROLE DU SCOT TEPCV

1 Le rôle du SCoT: Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte

1.1 Cadre légal

Le SCoT doit créer les conditions pour assurer [...] la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables [...] la préservation des ressources naturelles, (dont la qualité de l'air, de l'eau...) de la biodiversité, des écosystèmes, [...], la prévention des risques, des pollutions...

Loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010

Dans le respect des objectifs du développement durable, l'action des collectivités publiques en matière d'urbanisme vise à atteindre les objectifs suivants : [...]

7° La lutte contre le changement climatique et l'adaptation à ce changement, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'économie des ressources fossiles, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables. »

Livre ler du Code de l'Urbanisme, Art. 101-2

La politique énergétique nationale a pour objectifs : [...]

4° de porter la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32% de cette consommation en 2030; à cette date, pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter 40 % de la production d'électricité, 38 % de la consommation finale de chaleur, 15 % de la consommation finale de carburant et 10 % de la consommation de gaz [...]

Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte du 17 août 2015, Art.1e

Ce que disait le SCoT approuvé en 2007 :

Chapitre IV.4.2 du DOG

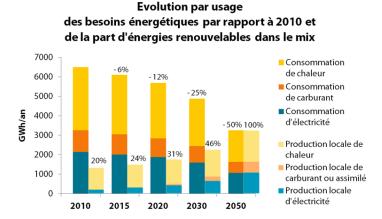
- Objectif 1 : L'intégration des préoccupations liées au développement durable en amont des opérations d'aménagement.
- [...] Les nouveaux bâtiments publics seront amenés à respecter les performances énergétiques de la réglementation en vigueur en adoptant une démarche de qualité environnementale qui privilégiera des techniques d'isolation efficaces, des principes d'efficacité énergétique et l'utilisation d'énergies renouvelables.
 - Objectif 2 : Le développement des énergies renouvelables.
- [...] Les documents d'urbanisme intégreront les possibilités de développement des énergies renouvelables dans les constructions publiques et privées (possibilité d'installer des panneaux solaires, des panneaux photovoltaïques et des éoliennes individuelles notamment).

Le SCoT affirme la volonté de développer l'utilisation des énergies renouvelables et se fixe comme objectif que 30% des nouvelles constructions municipales et des logements sociaux soient équipés de dispositifs utilisant des énergies renouvelables.

A l'initiative du Syndicat Mixte du SCoT des Vosges centrales, une étude approfondie sera réalisée dans la partie du territoire définie comme favorable à l'implantation d'éoliennes afin de définir précisément les futurs sites d'implantation et les conditions de leur réalisation.

1.2 Une vision d'avenir nécessitant une planification stratégique collective

Tel que décrit dans la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (Art. 1 Loi n°2015-922), un Territoire à Energie Positive vise l'autonomie l'échelle énergétique à locale, autrement dit « l'équilibre entre la la production consommation et d'énergie à l'échelle locale en réduisant autant que possible les besoins énergétiques et dans le respect des équilibres des systèmes énergétiques nationaux».



Scénario SCoT-TEPCV: vers un mix 100% ENRR en 2050

En 2015, le Syndicat du SCoT a déposé conjointement avec l'ensemble des intercommunalités de son territoire une candidature à l'appel à projets de l'Etat *Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEPCV)*. La philosophie de cette candidature était notamment de faire du futur SCoT révisé le document socle de la stratégie de planification énergétique du territoire, à travers la définition de plusieurs schémas structurants, dont un concernant la valorisation des EnR&R. La déclinaison des enjeux énergétiques au sein du SCoT et la coordination des politiques énergétiques intercommunales sont des forces du projet territorial qui lui ont valu sa labellisation TEPCV.

Mais pour viser l'ambition d'un *Territoire à Energie Positive*, un des préalables consiste à expertiser le potentiel de développement de chaque filière EnR&R, d'analyser les moteurs et les freins à lever pour catalyser leur déploiement, ainsi que les acteurs susceptibles d'intervenir dans leur structuration. C'est tout l'enjeu de cette étude.

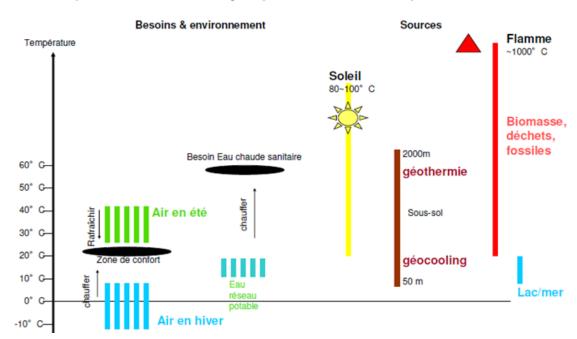
Ce travail permettra d'alimenter une stratégie de structuration et de programmation sectorielle pluriannuelle et multipartenariale visant à optimiser la valorisation des ressources énergétiques du territoire avec pour finalité le développement économique local.

Pour mettre en œuvre la transition énergétique, le SCoT a un donc un rôle important à jouer pour que les enjeux énergétiques à l'échelle du bassin de vie en termes de gisement, de contraintes de distribution et de consommations soient croisés entre eux et avec les autres enjeux du territoire avant d'être déclinés plus finement lors de la mise en compatibilité des documents d'urbanisme des communes avec le SCoT et de la programmation de zones d'aménagement (ZAC, ZI, OAP...).

1.3 Adapter la ressource au besoin énergétique et optimiser son usage

L'intérêt d'une planification énergétique territoriale traduite dans un SCoT et déclinée à l'échelle communale lors de la mise en compatibilité des documents d'urbanisme, est de rendre possible l'autonomie énergétique locale à long terme par une **gestion efficiente** des ressources dans une logique de préservation de la diversité du potentiel énergétique du territoire et d'optimisation de leur prélèvement. Cette démarche s'appuie sur les points suivants :

- Réduire la distance entre la ressource et le besoin énergétique, pour limiter les pertes de réseaux de distribution
- **Privilégier les ressources non stockables**, là où leur potentiel est avéré, pour limiter les prélèvements sur les ressources locales facilement transportables, telles que le bois-énergie et les énergies fossiles
- Adapter la ressource énergétique au niveau de température nécessaire



Corrélation entre efficacité du système énergétique et delta de température

Source: BG Ingénieurs Conseil

L'efficacité du système de chauffage est notamment liée à la différence de température entre l'environnement et le besoin énergétique du bâtiment. Ainsi comme l'exprime le schéma ci-dessus, il convient de privilégier :

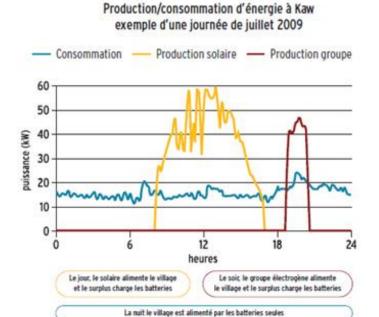
- o dans l'ancien: la biomasse, la distribution de chaleur en réseau issu de la méthanisation ou de l'incinération de déchets (où les besoins de chaleur sont élevés du fait d'une faible isolation et des systèmes d'émission à haute température³)
- o dans le neuf: la géothermie sur aquifère ou sur eau de surface (où les besoins de chaleur sont réduits et les systèmes d'émission basse température⁴)

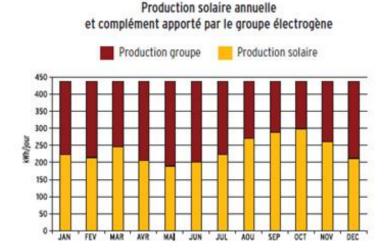
³ Le plus souvent des radiateurs, où la température de l'eau est généralement comprise entre 70 et 90°C

⁴ Dans le neuf, du fait de l'isolation, un plancher chauffant où l'eau circule entre 30 et 40°C, ou des radiateurs basse température (entre 45 et 65°C), est suffisant pour obtenir une sensation de confort optimale

Utiliser la bonne ressource au bon moment

Du fait de la saisonnalité de certains besoins énergétiques et de la corrélation entre la performance de certaines technologies renouvelables avec le gradient de température (cf. point précédent), du fait de la variabilité des différents besoins énergétiques au cours de la journée, de l'intermittence de certaines technologies renouvelables et des contraintes de stockage d'énergie et de distribution (voir exemple ci-dessous), il convient de choisir au mieux les modes de production énergétiques, tout en répartissant au mieux la demande en énergie. Ce concept, développé en Suisse par le Centre de recherches énergétiques et municipales (CREM), est appelé système énergétique territorial. Lorsque les Technologies de l'Information et de la Communication (TICE) sont utilisées pour la planification et la gestion des villes et des réseaux, on parlera alors de smart cities / smart grids (ville intelligente / réseau intelligent).



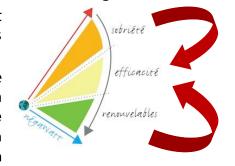


Source: Commission de Régulation de l'Energie (CRE)

• Associer Renouvelables, Sobriété énergétique & Maîtrise de l'énergie

Largement diffusé en France dont le tryptique ci-contre est souvent cité en référence, le concept *NégaWatt* est un des grands principes de la transition énergétique.

Optimiser les besoins énergétiques par des mesures de sobriété et d'efficacité est bien souvent un préalable à la rentabilité économique du recours aux EnR&R. Néanmoins, le concept NégaWatt ne doit pas être mal interprété: il va bien plus loin qu'une application stricto sensu du schéma qui le caractérise.



La problématique du financement des mesures d'efficacité est souvent un frein qui limite une approche globale de transition énergétique.

Le concept de *Territoire à Energie Positive* peut bouleverser l'ordre d'intervention des mesures de transition énergétique, car les économies budgétaires obtenues par les actions de sobriété et le bénéfice des capitaux investis sur les EnR&R peuvent être une solution au financement des actions de maîtrise de la demande énergétique.

1.4 Méthodologie de l'étude

Quelque soit la ressource considérée, l'évaluation du potentiel de développement s'appuie sur la caractérisation successive des notions suivantes :

- **Gisement brut ou potentiel théorique**: cette notion traduit la ressource primaire en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques (niveau d'ensoleillement, ressource méthanisable, ou forestière...); ce gisement est indépendant de toutes contraintes technico-économiques;
- **Contraintes d'exploitation associées :** qu'elles soient techniques (*proximité aux réseaux de distribution, typologie des bâtiments,...*), réglementaires, patrimoniales, environnementales, etc., l'ensemble des facteurs influençant la valorisation du gisement sont évaluées et cartographiée dans la mesure du possible ;
- **Gisement net:** l'ensemble des contraintes liées à l'exploitation de la ressource sont appliquées au gisement brut pour en déduire une estimation du productible potentiel, complétée d'une cartographie des zones favorables de valorisation; cette estimation purement théorique donne le potentiel maximum susceptible d'être valorisé sans prendre en compte la capacité financière des maîtres d'ouvrages, du nombre d'artisans en mesure de réaliser les travaux, des réglementations thermiques actuelles et futures, etc. Cette notion est néanmoins intéressante, car elle permet de situer sur quelle filière le territoire est à même de se positionner dans la perspective d'un *Territoire à Energie Positive*.
- Avantages / inconvénients de la filière: les problématiques environnementales, sociales et économiques liées à la valorisation de la ressource sont analysées et des pistes d'action sont formulées pour faciliter le déploiement de la filière.

Nombreuses études évaluent également le **gisement plausible ou potentiel mobilisable** en intégrant les avantages, inconvénients et problématiques de gouvernance au gisement net, avant de définir des **objectifs par filière et une programmation multisectorielle : préalable incontournable à la définition d'une politique territoriale de transition énergétique.** Cet exercice n'a pas été réalisé dans le cadre de cette étude, car il nécessite une étroite concertation avec les décideurs et professionnels des secteurs concernés. Outre le fait de situer le territoire par rapport aux stratégies nationales et régionales, cette étape amène les collectivités territoriales à se structurer en profondeur pour définir la stratégie, la feuille de route à court et moyen terme et les moyens techniques et financiers dans une logique d'atteinte de résultats tangibles. Cette étape est programmée à travers la définition d'un Schéma Structurant des EnR&R.

A noter: l'évaluation des bénéfices socio-économiques des EnR&R a été traitée dans un chapitre à part dans le cadre d'une analyse comparative; celui-ci reprend également les principales sources de financement susceptibles d'être mobilisées pour la mise en œuvre.

La présente étude n'a pas qualifié le potentiel territorial de production d'agro-carburant. Par ailleurs, le développement de l'électromobilité a été analysé succinctement dans le chapitre dédié au solaire et quelques éléments de principe ont été abordés dans le chapitre lié à la méthanisation concernant le gaz-renouvelable-véhicule.

<u>Le gisement net n'a pas toujours pu être calculé</u>, en raison du manque de données à la disposition du Syndicat, de l'expertise spécifique nécessaire à l'appréhension de certaines technologies et des récentes évolutions réglementaires. <u>Ainsi les thématiques de l'hydroélectricité et de la chaleur fatale ont été traitées de façon très partielle</u>.

II. POTENTIEL TERRITORIAL EN BOIS-ENERGIE

2.1LA FORÊT : UN PILIER DE L'ÉCONOMIE VOSGIENNE	₋ p. 19
2.2 LE BOIS-ÉNERGIE RAISONNÉ : UNE RESSOURCE NON INÉPUISABLE	_ p. 31
2.3A LA RECHERCHE DE NOUVEAUX GISEMENTS	₋ p. 35
2.4	p. 40
2.5SYNTHÈSE DU POTENTIEL	₋ p. 45

2 Potentiel territorial en bois-énergie

Le bois, quel que soit sa forme, est une énergie renouvelable. La forêt française étant gérée durablement, sa surface forestière s'accroît régulièrement. Ainsi, prélever du bois pour se chauffer contribue à la bonne gestion des forêts et ne fait pas diminuer la ressource. Son bilan carbone est neutre : le CO₂ libéré lors de la combustion du bois a été préalablement stocké par les arbres dont le bois est issu. Il contribue donc à la lutte contre le dérèglement climatique : brûler une tonne de bois évite l'émission de 0.77 tonnes de CO₂, mais aussi à la transition énergétique : brûler une tonne de bois permet de substituer la combustion de 257 L de fuel. Sur le territoire du SCoT, l'utilisation d'environ 20 500 tonnes de bois par an dans les chaufferies du territoire permet ainsi d'éviter chaque année la combustion de 5 268 500 L de fuel et l'émission de 15 785 tonnes de CO₂.

En plus d'être renouvelable, le bois est une ressource locale, qui assure 1 emploi pour 3 000 m³ d'approvisionnement en bois-énergie. La consommation des chaufferies collectives du SCoT pérennise ainsi 11 emplois sur le territoire dédié à leur approvisionnement.

Mais pour que le bois-énergie conserve ses lettres de noblesse, il convient de s'assurer que l'exploitation de la ressource se fasse dans une gestion durable de la forêt, en vue de préserver son renouvellement et la qualité des sols.

Il convient également de garantir l'origine de la ressource au plus proche de son utilisation et enfin que son usage ne se fasse pas au détriment des autres filières forêt-bois, bois d'œuvre et trituration notamment.

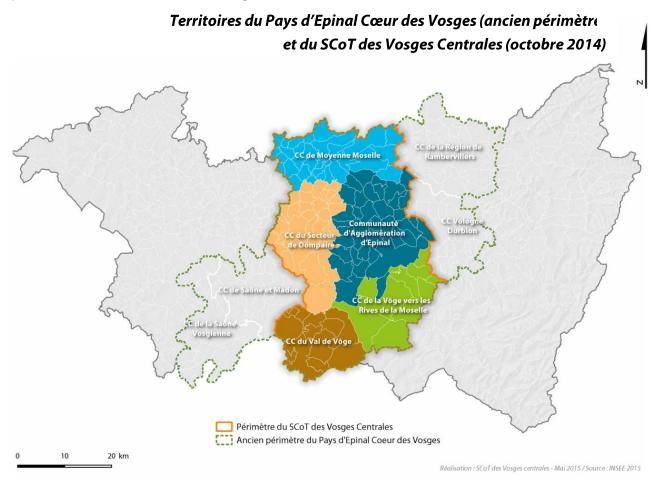
En ce sens, l'analyse du potentiel territorial en bois-énergie doit mettre en perspective l'évolution de ce secteur d'activités dans la filière forêt-bois local dans son ensemble, mais aussi à l'échelle régionale du secteur industriel pour mesurer quelles sont les conditions de structuration permettant d'optimiser les capacités d'approvisionnement du territoire.

2.1 La forêt : un pilier de l'économie vosgienne

La forêt et la valorisation du bois est une des filières prédominantes de l'économie du département avec plus de 13 500 emplois en 2002, soit plus du quart des activités industrielles des Vosges. Avec un taux de boisement supérieur à 40%, le Pays d'Epinal Cœur des Vosges contribue depuis sa genèse en 1998 à la structuration de cette filière à enjeux pour le territoire, notamment au travers de sa *Charte forestière*, de la marque *Terre de Hêtre* et de son programme Leader, recherchant l'optimisation de la filière feuillus.

Fin 2014, les élus du territoire ont sollicité l'Office Nationale des Forêts (ONF), la coopérative de propriétaires forestiers Forêt Bois de l'Est (FBE), le Centre Régional pour la Propriété Forestière (CRPF) et la Chambre d'Agriculture des Vosges (CA88) pour mettre à jour un diagnostic actualisé de la filière pour la nouvelle programmation Leader 2014-2020.

Les paragraphes suivants reprennent quelques unes des données de ce diagnostic pour présenter le contexte du bois-énergie au sein de la filière forêt-bois du territoire.



2.1.1 Caractérisation de la ressource

• Modes de gestion :

Sur le territoire du Pays, sur 99 600 ha de surfaces boisées: 50% appartiennent aux communes ou à d'autres collectivités, 22% à l'Etat (Forêt Domaniale) et 28% aux propriétaires privés. Ainsi, 72 % de la surface forestière est soumise au régime forestier et donc sous gestion de l'ONF pour 71 600 ha. Les forêt privée 28 % de représentent une surface de près de 28 000 ha.

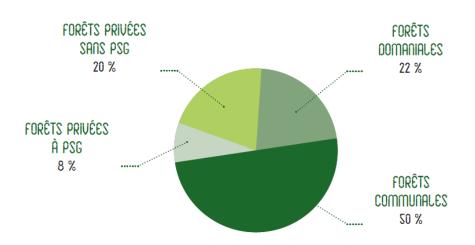
Sur le SCoT, la forêt représente 44% du territoire, soit 61 600 hectares de surfaces boisées, dont 62% sont des forêts publiques et 38% des forêts privées.

En forêt privée, de part la réglementation, la surface des propriétés est le premier facteur influençant les modes de gestion. Seules les forêts de plus de 25 hectares sont soumises à l'élaboration d'un Plan Simple de Gestion (PSG). Sur le territoire, l'équivalent d'un tiers de la forêt privée est encadré par un PSG (proche de la moyenne lorraine), ce qui introduit un des principaux freins à une meilleure valorisation de la ressource: le morcellement forestier.

En effet, plus de la moitié de la forêt privée est constitué de petites, voire de micropropriétés, de moins de 4 hectares.

Répartition de l'espace forestier en surface

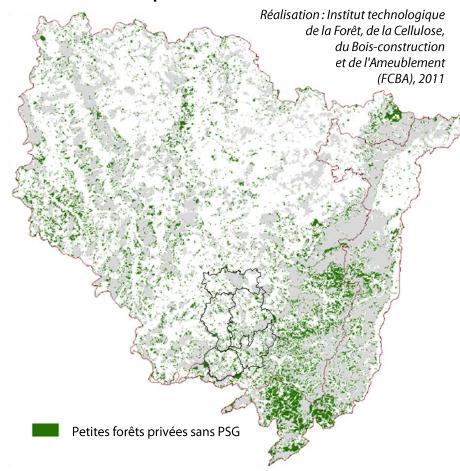
Réalisation: Observatoire des mutations socio-économiques 2014



PSG: Plan Simple de Gestion

Sources: CRPF, ONF, FBE, CA88 - 2014

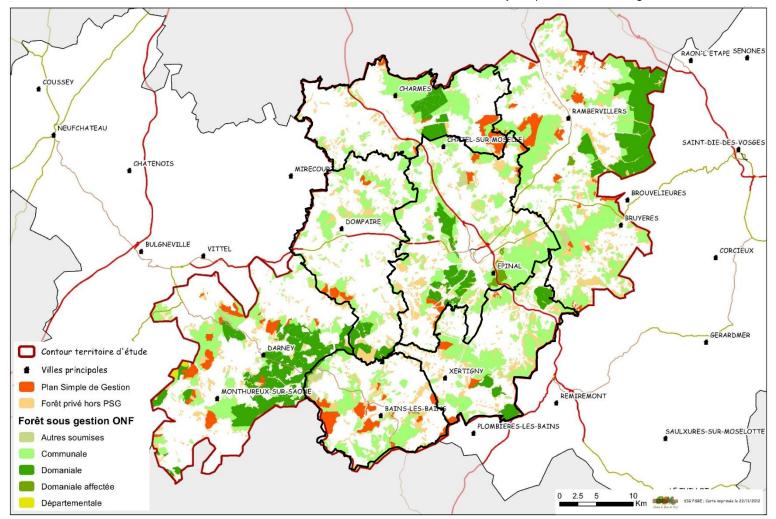
Forêts privées sans PSG en Lorraine et en Alsace



Sources: CRPF Lorraine - Alsace, ONF, IFN - 2011

Répartition des types de propriétés forestières

Réalisation: FBE dans le cadre de la Charte Forestière Territoriale du Pays d'Epinal Cœur des Vosges – 2012



Les conséquences du nombre trop important d'interlocuteurs dû au morcellement sont de différents ordres: lourdeur des procédures administratives et relationnelles, difficultés d'organisation de la desserte, manque d'efficacité de la mobilisation des bois, travail important de prospection et de pédagogie.

Cela s'explique notamment par le fait qu'en matière de dynamisme de gestion, en deçà du seuil de 25 ha, les situations sont très contrastées. Ces petites propriétés, où la gestion durable n'est pas toujours continue, peuvent constituer des massifs de taille conséquente où la ressource est bien présente et où des actions de sylviculture seraient les bienvenues.

En terme de gestion durable de la forêt, c'est la certification forestière PEFC qui l'encadre, avec pour priorités de produire du bois tout en :

- o pérennisant la ressource forestière
- préservant la biodiversité
- o garantissant le respect de ceux qui possèdent les forêts, y vivent et y travaillent :
- o maintenant un équilibre entre production, environnement et accueil des usagers de la forêt.

Elle est souscrite volontairement par les propriétaires et collectivités : 83% de la surface de la forêt du Pays d'Epinal est certifiée PEFC.

• Caractérisation des peuplements:

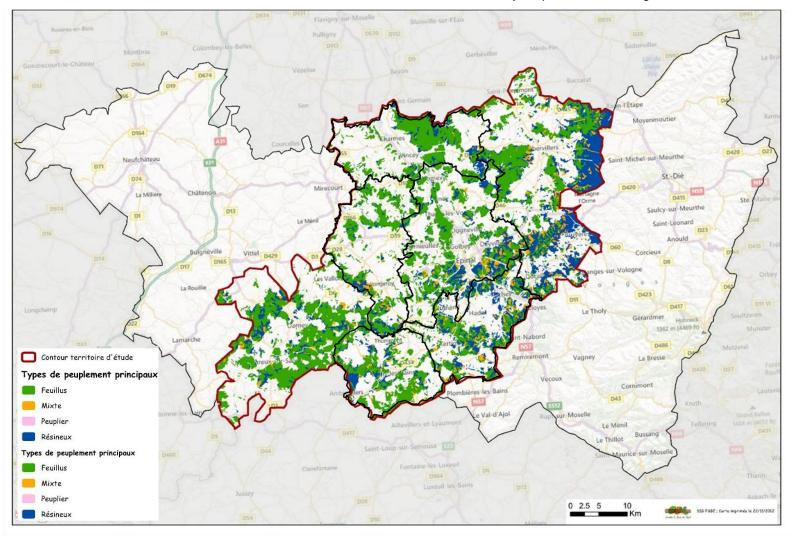
La répartition des peuplements et des essences a été caractérisée d'après les données cartographiques de l'Inventaire Forestier National (IFN):

- o En forêt privée:
 - Les feuillus (taillis, futaies et taillis sous futaie) représente 55%, avec une majorité de hêtres, mais également du chêne, notamment sur certains versants sud et dans la partie Est du Pays d'Epinal.
 - Les résineux représentent 38%, composés essentiellement de pin sylvestre et de sapin.
 - Les futaies mixtes représentent 7%
- En forêt publique:
 - Les feuillus représentent 70%
 - Les résineux : 24%
 - Les futaies mixtes : 6%.

Le hêtre est présent sur 40 000 ha environ, soit 40% de la surface boisée du Pays, avec environ 18 000 ha, où il représente plus de 65% du couvert végétal. C'est pourquoi le Pays d'Epinal a inscrit comme priorité de développement la structuration de la filière forêt-bois feuillue et le développement de son usage pour mieux valoriser cette ressource majeure porteuse de nouveaux débouchés.

Répartition des groupes d'essence feuillus / résineux / mixte

Réalisation: FBE dans le cadre de la Charte Forestière Territoriale du Pays d'Epinal Cœur des Vosges – 2012



2.1.2 Le bois-énergie : un débouché parmi d'autres

Loin d'être le débouché le plus noble, il constitue aujourd'hui un pilier de l'économie du bois dans les Vosges. Son développement ne date pas d'hier, comme en témoigne la part de logements dont le chauffage principal est au bois : 10 922 sur 60 102, soit 18% en 2011 d'après l'INSEE. Plusieurs facteurs sont à l'origine de l'émergence de cette filière : le développement des variétés de combustibles bois, avec l'essor du granulé de bois et du bois déchiqueté dédié aux chaufferies collectives et industrielles, mais aussi les différentes politiques de soutien au niveau national, régional et départemental qui ont notamment incité à l'implantation de réseau de chaleur à l'échelle d'un quartier et de toute une ville.

• Mobilisation et commercialisation du bois :

Le diagramme suivant, obtenu à partir des données ONF et FBE, présente les différents débouchés du bois produit sur le Pays d'Epinal par peuplement.

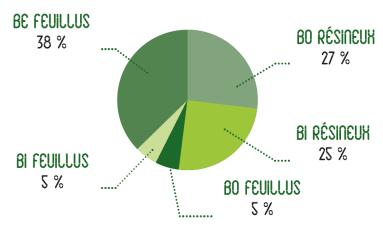
Compte-tenu que la coopérative Forêt Bois de l'Est (FBE) ne rassemble qu'un tiers des propriétaires forestiers, ce n'est donc qu'une vision partielle des débouchés de la filière.

Le bois-énergie représente 38% des volumes commercialisés du Pays, essentiellement produit à partir de feuillus.

Le diagnostic rappelle en outre que d'après les éléments étudiés ces dernières années, le niveau de prélèvement n'a pas diminué, ce qui porte à croire que la marge de manœuvre pour accroître les prélèvements est faible.

Répartition des volumes commercialisés en catégories de bois

Réalisation: Observatoire des mutations socio-économiques 2014



BE: Bois-énergie (bûches et plaquettes)

BI: Bois d'industrie **BO**: Bois d'œuvre

Sources: ONF, FBE-2014

• Les différents types de combustibles bois-énergie

Le bois-bûche :

Produits par les entreprises de travaux forestiers (ETF) ou par affouage (mise à disposition de parcelles forestières par les collectivités pour permettre aux particuliers de produire eux-mêmes leur bois de chauffage), le bois-bûche est fourni en bûche de 33 cm, 50 cm ou de 1 mètre pour alimenter poêle à bois, insert ou chaudière. Son prix d'achat sur le territoire varie entre 40 et 70€ le stère, soit environ 2.7 € du kWh le plaçant parmi l'énergie la moins cher du marché pour un usage domestique. Sa consommation annuelle sur le territoire du SCoT est de l'ordre de 58 000 tonnes en 2011⁵.

⁵ Estimation d'après les données 2011 du fichier logement de l'INSEE croisées aux hypothèses de l'étude Evolution du bois-énergie sur les 5 régions du Grand Est – ADIB, APROVAL Bois, GIPEBLOR, Valeur Bois - 2010

La qualité du bois-bûche dépend de l'essence considérée et de son degré d'humidité, ce qui influera sur son pouvoir calorifique. Pour garantir la commercialisation de bois de chauffage de qualité, le Groupement Interprofessionnel de Promotion de l'Economie du Bois en Lorraine (GIPEBLOR) a lancé la marque Lorraine Bois Bûche en 2011. Celle-ci vise à structurer la filière,



développer son approvisionnement durable et locale et améliorer les compétences techniques des professionnels, en assurant notamment la promotion de bois bûche de qualité en termes de rendement énergétique et d'impact environnemental.

o Le granulé de bois ou pellet :

Produit à partir de sciure compressé, le granulé de bois, ou pellet, présente un pouvoir calorifique plus intéressant que le bois-bûche. C'est un combustible pouvant être considéré comme un fluide, ce qui lui confère des avantages en termes d'approvisionnement et de stockage, permettant l'auto-alimentation de l'appareil de combustion par programmation. Le granulé a principalement été développé pour un usage domestique, mais le marché des collectivités se développe ces dernières années pour son confort d'usage et l'optimisation de l'espace de stockage du combustible qu'il permet, en concurrence à la plaquette forestière qui nécessite un silo d'alimentation volumineux. Contrairement aux idées reçues, une chaudière-granulés peut atteindre une puissance de 100 kW pour alimenter plusieurs bâtiments en réseau.

La briquette:

Egalement produit à partir de sciure pour obtenir un pouvoir calorifique supérieur au boisbûche, la briquette est destinée à l'alimentation des chaudières, poêles et insert domestiques.

La plaquette forestière ou bois déchiqueté:

La plaquette forestière est le produit issu du broyage de bois qui peuvent être d'origine :

- Forestière: sous-produits non marchands, résultant des travaux de sylviculture et de récolte (houppiers, rémanents, bois d'éclaircie, produits ligneux, etc.), d'entretien des bordures forestières ou de bocages et de bois de faible valeur marchande
- Industriel: connexes de scierie, Déchets Industriels Banals (DIB) issus du recyclage du bois de construction
- Agricole: Taillis à Courtes ou Très courtes Rotations

De façon simplifiée, on distingue 2 types de plaquettes forestières en fonction de la puissance de la chaudière qu'elles vont alimenter ⁶:

- Pour des chaudières de puissance inférieure à 2 MW:
 - Granulométrie des plaquettes forestières homogènes ce qui nécessite un criblage
 - Degré d'humidité : entre 25 et 30% ce qui nécessite un séchage
- Pour des chaudières de puissance supérieure à 2 MW :
 - Granulométrie des plaquettes forestières hétérogènes
 - Degré d'humidité : 40 %

_

⁶ Voir en annexe, la classification professionnelle simplifiée du bois énergie mise en place par le *Comité Interprofessionnel du bois-énergie (CIBE)*

Ces 2 types de produit déterminent ainsi 2 modèles économiques distincts, mais également 2 modes de mobilisation du bois différents. En effet, le premier impose une rupture de charge entre le bord de forêt et la chaudière, pour séchage et criblage, tandis que le second permet une alimentation sans rupture de charge en broyant directement du bois en bord de route. C'est d'ailleurs ce dernier modèle qui est opéré par ONF Energie et FBE pour l'alimentation des chaudières de grosse puissance.

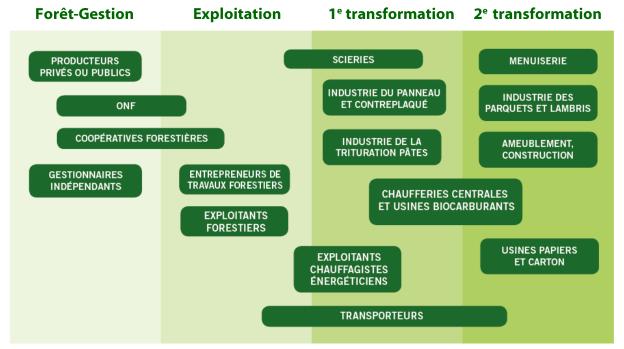
A noter: sur 14 chaudières recensées sur le territoire, seule une chaudière publique et 3 privées sont supérieures à 500 kW de puissance.

2.1.3 La recherche de structuration de la filière bois-énergie

L'organisation générale de la filière forêt/bois est synthétisée dans le schéma ci-dessous :

Schéma d'organisation de la filière forêt/bois

Réalisation: CRPF dans le cadre de la Charte Forestière Territoriale du Pays d'Epinal Cœur des Vosges – 2012

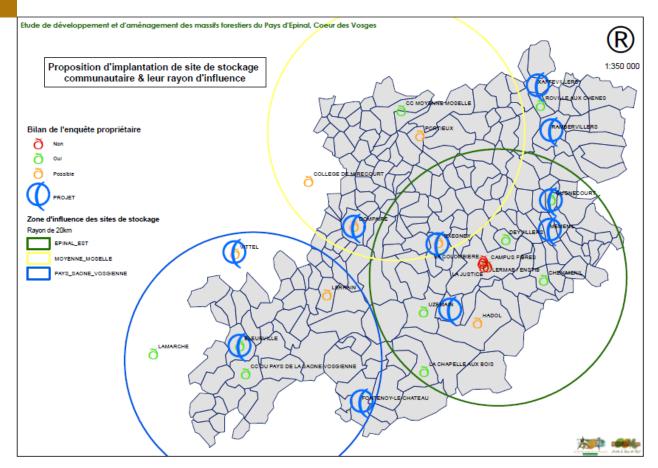


Il traduit qu'au niveau de la gestion, de l'exploitation et de la première transformation, les frontières entre catégories sont variables et que plusieurs se recoupent, ce qui ne facilite pas la construction d'une stratégie de filière.

• Structuration de l'approvisionnement des chaufferies collectives

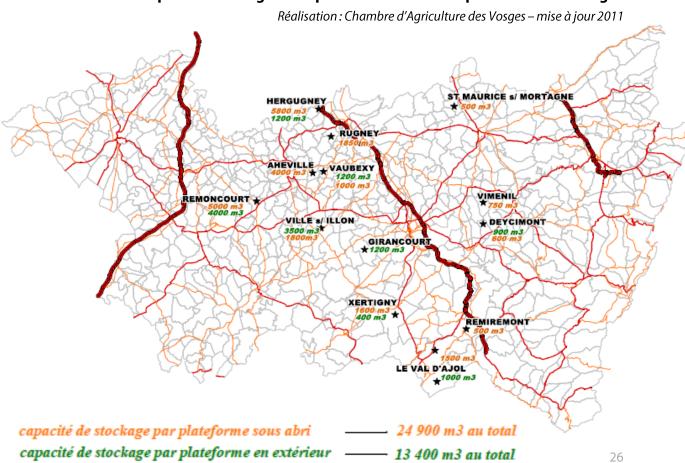
En 2009, le Pays commanditait une étude de développement et d'aménagement des massifs forestiers du pays d'Epinal au groupement ONF-FBE-CA88 pour structurer l'approvisionnement des chaufferies collectives en plaquettes forestières.

L'étude pointait l'intérêt d'une mutualisation de l'approvisionnement pour répondre à l'expansion du besoin en plaquettes forestières par la création d'une ou plusieurs plateformes de stockage pour sécuriser l'approvisionnement tant en quantité qu'en qualité, notamment au niveau de la Communauté d'Agglomération d'Epinal et de la CC de la Vôge vers les Rives de la Moselle, qui poursuit toujours cette réflexion en 2015 (voir carte ci-dessous).

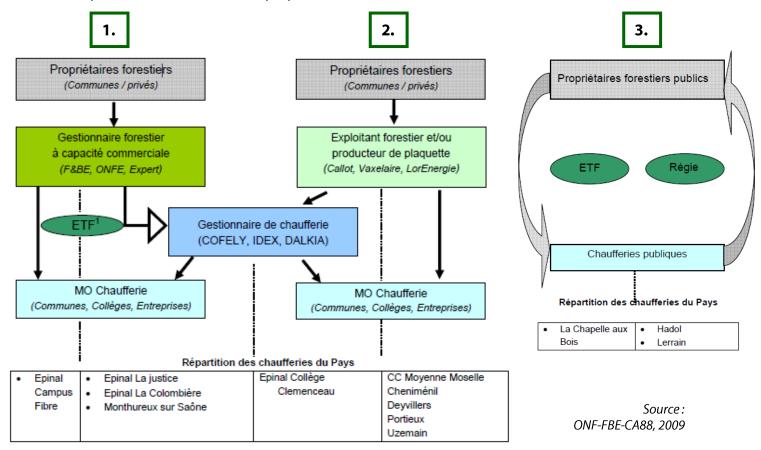


L'utilisation de hangars agricoles existants (voire de friches délaissées) avait également été soulevée comme hypothèse :

Localisation des plateformes agricoles potentielles sur le Département des Vosges



Concernant le bois-énergie, les différents modes d'approvisionnement de plaquettes forestières, encore de vigueur aujourd'hui, y avaient été décrits (les flèches représentant les transferts de propriétés du bois):



L'analyse de ces différents modes d'approvisionnement pointait leurs avantages et inconvénients, notamment que :

• Organisation 3:

L'autoconsommation n'avait pas été jugée pertinente et réaliste quant à l'approvisionnement de chaufferies de moyenne et grande capacité de part les faibles volumes qui peuvent être traités par ce système. Néanmoins, ce système apporte une solution aux communes qui possèdent de la forêt, une ou plusieurs chaufferies de petite dimension et éventuellement les équipements de transformation (broyeur, transport).

• Organisation 2:

Le passage par des producteurs négociants ne semblait pas satisfaisante en l'état puisqu'elle ne répondait pas aux attentes des élus quand à la maîtrise de la plus value financière ni à la volonté de valoriser au maximum les gisements issus des forêts du Pays.

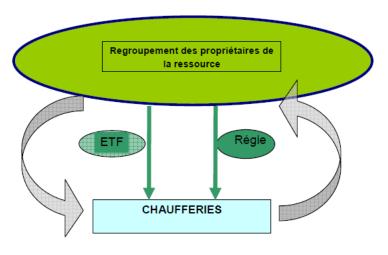
Organisation 1:

Le passage par des gestionnaires forestiers à capacité commerciale offrant des relations privilégiées entre le maître d'ouvrage et son gestionnaire forestier, accroît sa maîtrise (contrôle) sur l'origine (grâce à la certification forestière PEFC dont sont dotés les gestionnaires forestiers) et le coût de la ressource. Ces éléments avaient été jugés essentiels dans une démarche de développement durable, tant sur l'aspect valorisation de la ressource locale (transport limité) que sur l'aspect de développement de l'emploi local (ETF locaux).

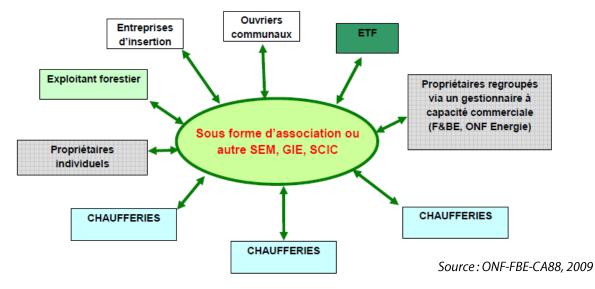
Trois scénarios d'approvisionnement collectif avaient alors été proposés et analysés en fonction de leur force et de leur faiblesse :

Scénario 1: Le Groupement de commande de prestation de services de broyage et de livraison de plaquettes

Ce scénario comporte l'avantage de garantir une origine 100% locale de la matière première et de « contrôler » directement le prix de son approvisionnement – car dans de nombreux cas, la collectivité ne connaît pas le coût réel de production mais comporte également nombreuses contraintes pour mandataire qui organise la logistique comme par exemple les négociations commerciales d'achat de bois en bord de route ou la programmation des



différentes phases de production : mise bord de route, broyage, transport, éventuellement stockage. Ce système est possible mais complexe et demande de réelles compétences.



Scénario 2 : Le regroupement de l'ensemble de la filière (amont et aval) par la création d'une société

Ce scénario d'organisation permet une meilleure coordination des acteurs et la garantie d'un approvisionnement local, il offre transparence et mutualisation des coûts et de la logistique et permet une garantie de vente via des contrats d'approvisionnement. En revanche, le verrouillage du prix de vente calculé sur la moyenne des coûts de revient du territoire verrouille la libre concurrence, qui s'en trouve diminuée. Le manque de souplesse pour les acteurs, la complexité de la structure de gestion et la nécessité d'obtenir un consensus (producteurs à priori peu favorables) rend difficile la mise en place de cette organisation.

Organisation 1 Organisation 3 Organisation 2 Propriétaires forestiers Propriétaires forestiers Propriétaires forestiers publics Gestionnaire forestier à Exploitant forestier et/ou capacité commerciale producteur de plaquette **ETF** Régie Gestionnaire de **ETF** chaufferie Centrale d'achat / Structure intercommunale **CHAUFFERIES**

Scénario 3 : La création d'un groupement de commande de fourniture de plaquettes forestières entre propriétaires de chaufferies

Source: ONF-FBE-CA88, 2009

Permettant de maintenir les modes d'approvisionnement actuel, cette organisation simplifierait la démarche en réduisant les propriétaires à un seul interlocuteur: la collectivité mandatrice du groupement. Simple à mettre en place et ne nécessitant pas nécessairement la mise en place de plateforme d'approvisionnement, cette démarche ne garantirait néanmoins ni l'origine locale des plaquettes forestières (sauf pour l'organisation 3), ni la maîtrise des coûts d'approvisionnement et resterait tributaire du prix du marché. C'est finalement ce dernier scénario qui a été préconisé aux élus du Pays d'Epinal comme première étape de structuration de la filière, avec l'intérêt de la mise en place de plateforme(s) de stockage, comme concrétisation visible d'une structuration collective, permettant d'obtenir le consensus nécessaire pour passer au montage d'une entité juridique regroupant l'ensemble de la filière (scénario 2).

Depuis, la réflexion est restée en suspens et les élus locaux se sont concentrés sur l'enjeu majeur de la valorisation du bois de hêtre en construction et la structuration de la filière en ce sens. La Charte forestière territoriale validée en 2014 n'a finalement pas évoqué la structuration de la filière bois-énergie, se concentrant sur des problématiques communes à l'ensemble de la filière forêt, à savoir : le regroupement foncier forestier pour lutter contre le morcellement, la mobilisation des bois en forêt privée, la desserte forestière et des actions de sensibilisation pour garantir une gestion durable de la forêt.

• Un débat relancé par l'implantation de l'unité de cogénération au bois d'Epinal

La question de la structuration de la filière bois-énergie, du regroupement des propriétaires de chaufferie pour mutualiser l'approvisionnement et l'implantation de plateforme de stockage se pose à nouveau avec l'implantation sur le territoire de l'unité de cogénération bois d'Epinal-Razimont, dont la livraison est prévue fin 2015.

Avec 19.9 MW de puissance thermique, 6.2 MW électrique et un approvisionnement annuel estimé à 58 000 tonnes dont la délégation de service public a été confiée à COFELY, les élus du territoire y voient l'opportunité pour relancer la question de la création d'une plateforme de stockage.

Néanmoins, la nature des plaquettes alimentant une chaudière d'une telle capacité n'est pas la même que pour l'alimentation des chaudières des autres collectivités du territoire de minime importance. Le modèle économique associé à ce type de combustible ne nécessitant ni criblage, ni séchage et se basant sur un approvisionnement sans rupture de charge, implanter une plateforme de stockage pour alimenter cette unité reviendrait à positionner la plateforme in situ.

Ce choix est à prendre avec précaution, car il ne faudrait pas que, pour des prétextes de sécurité d'approvisionnement, la plateforme consiste au stockage de bois ronds broyés sur place : ce serait une concurrence directe avec la trituration.

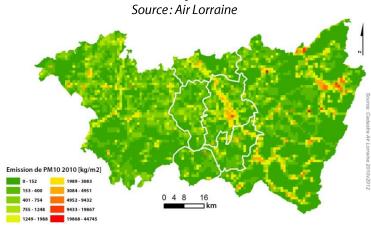
2.1.4 L'enjeu de la qualité de l'air

Le recours massif au bois-énergie sur le territoire pose la question de ses conséquences en terme de qualité de l'air. En effet, la combustion incomplète systèmes vétustes entraîne des l'émission de particules fines. problème se pose essentiellement pour les anciens systèmes individuel, car depuis 2000 les subventions au boisénergie sont éco-conditionnées à un rendement minimal de l'appareil, réduisant ainsi l'émission de particules fines. Pour les systèmes domestiques, c'est le label *flamme verte* qui garantit les performances du système.

Les cartes ci-contre localisent sur le SCoT l'émission et la concentration en particules fines. La concentration de particules PM10 est proche du seuil des 40µg/m³ légal dans la région d'Epinal. Ne perdons pas de vue que parmi les autres sources d'émission de particules fines, le transport compte pour beaucoup, et en moindre mesure, le brûlage de végétaux dû à l'entretien des jardins, mais aussi l'industrie, fortement règlementée à ce sujet.

La principale mesure permettant aux collectivités de maîtriser cet aléa revient à inciter financièrement les particuliers pour remplacer leur système par des plus performants.

Cadastre d'émission de particules fines en 2010



Concentration de particules fines (PM10) en 2013

Altegende Centile 90.4 (ug/m3)

22 - 30 31 - 35 36 - 40 41 - 45 46 - 50 51 - 53

2.2 Le bois-énergie raisonné: une ressource non inépuisable

Les gisements décrits ci-dessous s'inscrivent dans la perspective d'une gestion durable de la forêt, telle que décrit dans la charte PEFC, et de la non concurrence entre les filières boisénergie (plaquettes forestière et bois de feux, notamment ceux produits en affouage), bois d'œuvre et bois d'industrie. S'approvisionner au-delà de ces gisements mettrait en péril un pan de la filière au profit de l'essor de l'usage de la plaquette forestière. A plusieurs reprises, les élus locaux ont témoigné de leur ferme volonté de ne pas déstabiliser les filières existantes pour préserver les emplois qui en dépendaient et de maintenir l'affouage pour permettre aux ménages les plus modestes d'accéder à un combustible bon marché, on pourrait parler ainsi d'un développement *maîtrisé* ou de bois-énergie *raisonné*.

Ce choix stratégique se retrouve dans les priorités données à la filière bois d'œuvre dès 2010 au niveau des axes de développement du Pays d'Epinal Cœur des Vosges, tels que l'illustrent la Charte forestière territoriale, le Pôle d'excellence rural, la marque *Terre de Hêtre* ou encore les axes du programme Leader 2014-2020.

2.2.1 Le gisement sur le Pays d'Epinal Cœur des Vosges

Il n'y a pas de corrélation entre la surface forestière et le niveau de ressource potentiel du territoire, c'est pourquoi il est nécessaire de s'appuyer sur une étude qui prenne en compte les spécificités locales du territoire, telles que la répartition des peuplements, la part de taillis dédié à l'affouage, les modes de sylviculture et de prélèvement, notamment liés à la sensibilité des sols ou encore la desserte forestière.

L'étude de développement et d'aménagement des massifs forestiers du Pays d'Epinal Cœur des Vosges mené en 2009 par le groupement ONF-FBE-CA88 à partir de données de 2008 est l'analyse la plus récente et la plus proche du territoire du SCoT.

Elle fait état d'un gisement supplémentaire mobilisable de 24 850 à 32 750 tonnes/an de bois frais (dont 17 à 18 000 tonnes de plaquettes forestières), tel que décrit cidessous:

- Gisements disponibles en forêts publiques: 10 500 m³ de bois
 - 25% des houppiers résineux
 - Forêt domaniale : 25% du petit bois feuillu et 10% des houppiers feuillus
 - Forêt communale : 7% du volume houppier
- Gisements disponibles en forêts privés: 8 500 à 9 500 m³ en privées
 - 60% des houppiers résineux rouges & 5% des blancs
 - 15% houppiers feuillus
 - éclaircies pré-commerciales et travaux en jeunes peuplements
- Gisements hors forêt: tous les produits sont valorisés
 - Ecorce et plaquette (Produits Connexes de Scieries : PCS)
 - Broyat de palette et de cagette (Déchets Industriels Banals : DIB)

Avec des volumes commercialisés en forêt publique et privée proches de l'accroissement naturel, l'étude mentionnait la nécessité de cibler les jeunes peuplements et d'en modifier la sylviculture, ainsi que de capter le gisement en micro-propriétés.

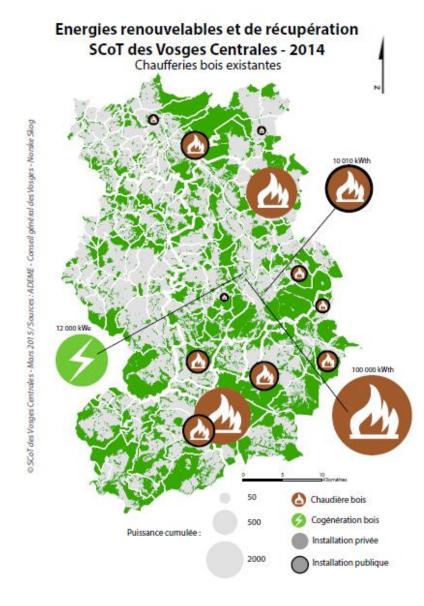
2.2.2 L'auto-approvisionnement du territoire remis en question

La demande en bois déchiqueté des chaufferies du Pays d'Epinal, en fonctionnement en 2009 et en projet, était estimée à 17 500 tonnes alimenté à 47% par des plaquettes forestières, 18% par des produits connexes de scieries et 35% par des *Déchets Industriels Banaux* (DIB)⁷.

L'étude tirait ainsi comme conclusion que le gisement supplémentaire mobilisable était ainsi capable de couvrir les besoins du territoire à court et moyen terme.

La consommation des chaufferies du territoire du SCoT en bois déchiqueté a été actualisée à partir des données 2014 de l'ADEME et du Conseil Général des Vosges (voir carte ci-contre issue du profil énergétique territorial du SCoT): le besoin du SCoT en 2014 est estimé à environ 20 500 tonnes par an en plaquettes forestières, connexes de scieries et DIB.

Par soustraction, on en déduit ainsi un gisement en 2014 d'environ 22 000 à 30 000 tonnes par an mobilisable sur l'ancien périmètre du Pays, soit la capacité à doubler le nombre de chaufferies collectives.



Il s'agit là d'une estimation théorique qu'il conviendrait de mettre à jour avec des données actualisées, notamment pour prendre en compte l'épuisement des rémanents issus des tempêtes de 1984 et 1999.

Par ailleurs, si on prend en compte l'approvisionnement de la nouvelle unité de cogénération bois d'Epinal-Razimont, estimé à 58 000 tonnes par an, on constate que la totalité du gisement supplémentaire mobilisable est consommée sur le territoire.

32

⁷ Est exclu du calcul, l'alimentation de la chaufferie de Norske Skog à Golbey car essentiellement alimentée par des DIB d'origine extérieure au territoire.

2.2.3 La mise en garde des services de l'Etat au niveau régional

Une cellule biomasse s'est créée au niveau de la Région Lorraine sous l'impulsion des services de l'Etat: Directions régionales de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) et de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), rassemblant l'ensemble des acteurs de la filière, dont le GIPEBLOR et la Région Lorraine. Son but est d'analyser l'adéquation entre la ressource disponible et le besoin, notamment au regard des différents projets de chaufferies actuel et à venir, dont les projets répondant aux appels à projets entrant dans le cadre du fond chaleur piloté par l'ADEME et par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE).

Le constat de la cellule biomasse, qui est partagé par l'ensemble des acteurs régionaux en 2014, est préoccupant.

Sur la base de l'étude menée au niveau régional⁸ entre 2011 et 2012 par l'Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA) et l'Institut Géographique National (IGN) à partir de données de 2011, le gisement lorrain mobilisable, hors chaufferies existantes en 2011 et bois destiné à la trituration est estimé à 450 000 tonnes supplémentaires par an.

Tel que s'est exprimé le groupement FBE-ONF-CA88 dans l'étude de gisement menée pour le compte du Pays d'Epinal en 2011⁹, le volume disponible au niveau régional est largement surestimé si on prend en compte les problématiques liées à une gestion durable de la forêt et à la non concurrence des filières existantes (bois d'industrie, affouage, etc.). En effet, le niveau de prélèvement est de 0.48 tonnes/ha/an pour l'étude régionale, tandis qu'il est deux fois moindre pour l'étude menée sur le Pays.

M. Marc VOLPINI de l'ADEME estime à 497 000 tonnes le besoin supplémentaire pour l'implantation des nouvelles chaufferies programmées entre 2012 et 2017 dont la réalisation est certaine. Cela signifie que d'ici 2017, la concurrence entre les filières forêt-bois s'accentuerait fortement et que les méthodes sylvicoles seraient amenées à évoluer pour faire face à la demande avec le risque de compromettre une gestion durable de la forêt.

L'ADEME affirme son inquiétude au regard du besoin des projets industriels dont la programmation est prévue après 2017 : un besoin d'au moins 634 000 tonnes par an supplémentaires, notamment pour approvisionner les projets suivants :

- SYNDIESE à Bure (55) : 62 500 t/an
- VERIA Lactoserum & INEOS à Baleycourt (55) (CRE4): 189 000 t/an
- EGGER à Rambervillers (88): 180 000 t/an
- NOVACARB à Nancy (54) : 160 000 t/an

Si ces projets voient le jour, les tensions d'approvisionnement risquent de provoquer un déséquilibre total du marché avec le risque d'une envolée du prix du bois-énergie.

⁸ Analyse de la ressource forestière et évaluation de la disponibilité en bois en Lorraine à l'horizon 2025, FCBA – IGN – 2011-2012 commanditée par la DRAAF et l'ADEME

⁹ Etude de développement et d'aménagement des massifs forestiers du Pays d'Epinal, Cœur des Vosges – Volet 2: L'organisation de la production aux consommateurs finaux, p.7 – Décembre 2009 – ONF-FBE-CA88

2.2.4 Le point de vue contradictoire de Forêt & Bois de l'Est

M. Alain JACQUET, Directeur de la coopérative de propriétaires forestiers *Forêt & Bois de l'Est (FBE)*, regroupant environ un tiers des propriétaires existants, nuance ces propos. **Selon lui, la profession est plus inquiète d'un trop faible développement du marché que d'une insuffisance de ressources.**

• Etat de la demande

Selon M. JACQUET, la demande indiquée par l'ADEME est très théorique. De nombreux projets et notamment les plus consommateurs sont aujourd'hui non officiellement abandonnés mais le sont de fait. Les *business plans* qui ont été établis pour ces projets sont aujourd'hui intenables car réalisés sans analyse pertinente de la problématique d'approvisionnement.

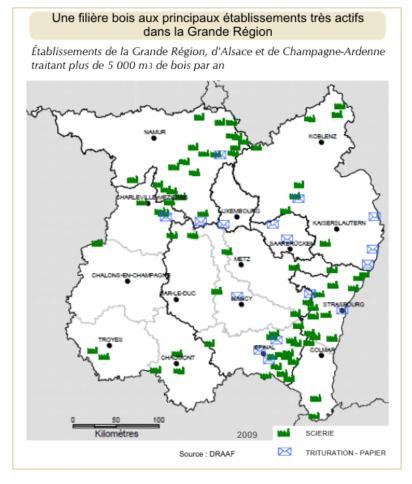
• Analyse de l'offre

Pour M. JACQUET, les différences observées entre les différentes études de gisement menées à l'échelle de la Région et les polémiques qui en découlent démontrent que personne ne sait dire clairement aujourd'hui quel est le potentiel de la forêt à fournir cette filière. De plus, il est impossible d'estimer le gisement lié à l'organisation de la forêt privée, qui est selon lui une priorité de développement pour faire face à l'évolution de la demande.

• Evolution des marchés du bois d'industrie

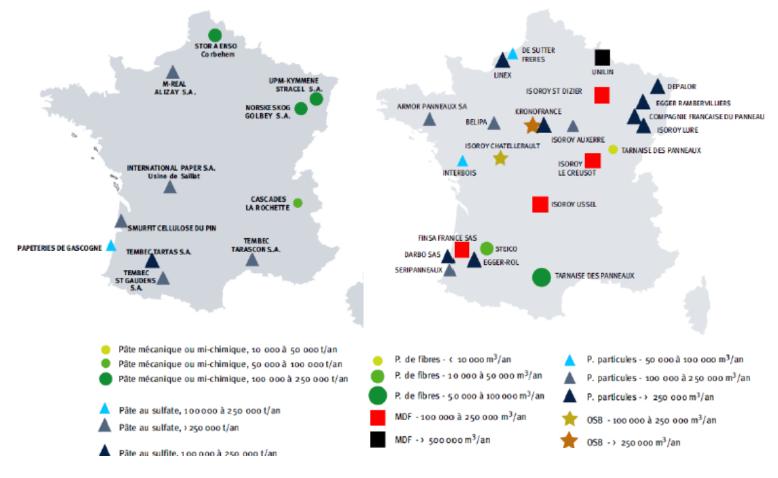
L'évolution des marchés du bois d'industrie est rarement prise en compte dans les analyses. Dans le Grand Est de la France et des zones limitrophes, lors des 6 dernières années, la baisse de consommation de l'industrie de la trituration, notamment papetière, atteint près d'un million de tonnes. D'autres évolutions importantes auront inévitablement lieu dans les années à venir.

Selon FBE, pour optimiser une filière de ce type, le territoire à prendre en compte est donc à l'échelle de celui des approvisionnements industriels, c'est à dire aujourd'hui à l'échelle du Grand Est. Ceci même si une réflexion à l'échelle locale demeure pertinente en fonction de la spécificité des projets. Mais le marché des bois industriels ou du boisénergie s'affranchit totalement des frontières régionales et nationales compte tenu de notre positionnement géographique.



Localisation et consommation de bois des usines produisant des pâtes de cellulose et des panneaux de fibres ou de particules

Source: Evolution du bois énergie sur les 5 régions du Grand Est – ADIB, APROVAL Bois, GIPEBLOR, Valeur Bois - 2010



2.3 A la recherche de nouveaux gisements

Face au constat d'une exploitation en forêt publique, comme en forêt privée proche de l'accroissement naturel et d'un gisement régional montrant ses limites à moyen terme dans la perspective d'une gestion durable de la forêt et de la non concurrence entre filières, l'optimisation des gisements actuels et la recherche de nouveaux secteurs de valorisation devient un enjeu pour le territoire.

2.3.1 Gisements en forêts privés

En 2015, M. JACQUET, Directeur de FBE, estime à 50 000 tonnes par an le volume supplémentaire de plaquettes forestières de qualité « *industrielle* » mobilisable à court terme sur le territoire du Pays d'Epinal que la coopérative est capable de produire mais qui ne trouve pas preneurs aujourd'hui:

« Actuellement 40% de la ressource de la forêt privée dans le Grand Est est mobilisée de façon organisée. La moitié l'est par des ventes sur pied auprès d'une multitude d'acteurs qui ont toutes les caractéristiques sauf d'être porteurs d'effet structurant. Si on y ajoute l'imposant

contingent des propriétaires forestiers inactifs, le volume de bois entrant dans un circuit de nature industriel et structuré est aujourd'hui marginal.

Il y a urgence absolue à promouvoir le regroupement des producteurs forestiers privés pour que le taux d'organisation soit suffisant pour entrainer le reste de la filière privée. Nous estimons qu'en deçà de 50% de la production regroupée dans des structures capables de récolter dans le cadre d'une gestion durable, contractualiser la vente du bois tout en évitant au maximum les conflits d'usage, il sera vain d'espérer une progression significative des volumes actuellement mobilisés. A l'inverse si les politiques professionnelles et locales s'emparent de cet objectif, on peut espérer arriver à une mobilisation proche de l'optimum, dans un délai de quelques années. Nous avons d'ores et déjà montré la voie en faisant progresser nos volumes de bois-énergie mobilisés de 10 à 120 000 tonnes en six années, tout en commercialisant des quantités stables de bois pour l'industrie. Ces résultats nous les avons obtenus grâce à nos investissements propres, sans aucun appui extérieur jusque là. Ils pourraient donc être largement démultipliés.»

2.3.2 Déchets bois du BTP, encombrants et déchets verts des ménages

Le bois déchiqueté issu de la valorisation de déchets peut être propre, autrement dit non adjuvanté (bois de classe A): palettes, cagettes, planches, caisses, cageots, bois d'emballages... ou peut présenter un traitement antérieur (bois de classe B): bois de démolition et dérivés, bois de déchetteries, fenêtres, meubles, panneaux de particules... Dans le premier cas, son utilisation est possible pour des chaudières de moyenne ou grosse puissance (supérieur à 1 MW) et dans le deuxième cas utilisé par des incinérateurs susceptibles d'accepter ce type de produits, tels que les équipements installés sur le site du papetier *Norske Skog* à Golbey ou de *l'Usine d'Incinération des ordures ménagères (UIOM)* SOVAAD à Rambervillers. Bien qu'il ne concerne que les chaudières de moyenne et grosse puissance, l'optimisation de la valorisation des DIB permet de préserver le gisement forestier.

• Déchets du BTP

Le gisement produit par les entreprises vosgiennes est estimé à 1 million de tonnes de déchets et matériaux générés sur les chantiers du BTP en 2012. Selon le plan départemental adopté en 2005, la part lié aux DIB est de 8%, soit 80 000 tonnes comprenant des métaux, des plastiques, du bois brut ou faiblement adjuvanté, des déchets verts, des emballages, etc. Du fait de la compétence de planification des déchets du BTP transférée à la Grande Région à partir du 1e janvier 2016, il n'existe pas de diagnostic plus précis sur les déchets du BTP.

D'après l'ADEME, le taux de valorisation des déchets du BTP s'élève à 59% en Lorraine et à 67% dans les Vosges en 2012. Un volume important de bois de démolition de la Région (porte et poutre notamment) est incinéré sur le site de Norske Skog à Golbey (145 000 tonnes de DIB en moyenne par an).

Il demeure néanmoins difficile d'estimer si les déchets du BTP représentent un gisement susceptible d'être optimisé sur le territoire.

• Déchets encombrant des ménages

Les déchets encombrants sont collectés en déchetterie et leur traitement est assuré par le *Syndicat Mixte départemental de gestion et de traitement des Déchets (SMD)*. Différentes filières ont été mises en place en 2012 et 2013 sur la quasi-totalité des déchetteries du territoire pour valoriser le bois d'ameublement *(tout venant)*, le plâtre et les huisseries. Ce sont principalement les incinérateurs de Norske Skog à Golbey et du SOVAD de Rambervillers qui se répartissent la valorisation des bois de déchetterie du territoire en fonction de leur volumétrie : seules chaudières autorisées à utiliser un mélange de bois de classe A et de bois de classe B. **Un gisement potentiel consisterait à prélever les bois de classe A des déchetteries pour pouvoir le réorienter vers les chaudières de grosse puissance du territoire.**

• Déchets verts des ménages

Sur la plateforme de compostage du Syndicat Intercommunal de Collecte et de Valorisation des Déchets (SICOVAD) à Epinal, c'est chaque année 10 000 tonnes de déchets verts qui sont traitées pour produire l'équivalent de 3000 tonnes de composts et 4 000 tonnes de bois déchiqueté. Avant d'être valorisées sous forme de chaleur, les plaquettes parcourent plus de 350 km, car leur débouché se trouve dans les communes de Oyonnax et de Nantua dans le département de l'Ain. Relocaliser leur débouché permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées à leur transport.

2.3.3 Gisements en agroforesterie

• Taillis à très courtes rotations (TTCR)

Depuis 2008, la Chambre d'Agriculture des Vosges (CA88) expérimente, avec l'appui de l'Etat, de la Région et du Département, des cultures de saules en TTCR, dans le but de mesurer les variations de croissance en fonction des sols, leur rendement effectif, l'impact de ces cultures sur le sol, leur rentabilité économique, les différences de croissance par variétés, ainsi que l'intérêt de l'apport de fertilisants. Sur le Pays d'Epinal, c'est l'équivalent de 20 hectares qui ont été implantées en 2008.

Parmi les enseignements de cette expérience, on retiendra que le TTCR de saules est une culture pérenne de 15 à 20 ans, dont la production varie de 6 à 12 tonnes de matières sèches par hectare par an, pour une hauteur de tige entre 4 à 5 mètres de hauteur à 3 ans et un diamètre compris entre 5 et 7 cm. Le TTCR de saule se récolte tous les 3 à 4 ans et nécessite un travail du sol en amont (labour, hersage) pour optimiser la production. Il permet une valorisation des terres agricoles à « faible » ou « médiocre » valeur agronomique sans apport et dont la culture ne présente que peu de contraintes. La CA 88 estime à 1 200 ha la surface agricole susceptible d'accueillir des TTCR sur le territoire du SCoT, ce qui représenterait un gisement annuel supplémentaire compris entre 7 200 et 14 400 tonnes de matières sèches.

Après 7 ans d'expérimentation, la CA88 a acquis toutes les compétences requises pour accompagner les collectivités dans la mise en œuvre de cette solution sur leur territoire de l'amont à l'aval de la récolte :

- en amont: avec la sélection des terres potentielles d'implantation, la rédaction du modèle économique, le conseil sur les techniques agricoles...

 en aval de la récolte: pour le broyage, le stockage et la livraison du bois déchiqueté par des agriculteurs du territoire.

En outre, de part sa taille et ses facilités agronomiques, le TTCR de saules présente une excellente solution en terme de phyto-remédiation ouvrant le champ des possibles quant à leur zone d'implantation, que ce soit au niveau des sols pollués de certaines friches industrielles, sous certaines lignes électriques suffisamment hautes ou en bord de champ pour répondre à la problématique de la contamination des cours d'eau due au ruissellement des entrants chimiques agricoles. Et ce d'autant plus que pour assurer la rentabilité économique de cette culture, l'appel à projets DYNAMIC BOIS initié par l'ADEME en 2015 permettrait de couvrir une partie des frais liés à la préparation des sols (estimée à 2000 €/ha par la CA88).

Notons tout de même deux points qui ressortent de la position des acteurs sur la question des TTCR:

- Implantation de TTCR en forêt: la profession s'accorde sur le fait que ce type de culture est plus de nature agricole que forestière, en raison du travail du sol nécessaire à son implantation, mais aussi des procédures de récolte permettant d'optimiser son rendement de production.
- Culture agricole dédiée à l'énergie: les élus des collectivités du territoire ont manifesté à plusieurs reprises leur volonté de préserver la vocation «nourricière» des terres agricoles. Le développement des cultures de TTCR en terre agricole ne pourra se faire que de façon marginale et sur des terres «médiocres» préalablement identifiée par la CA88.

• Valorisation des ripisylves et entretien des bords de champs

Le développement de la mécanisation en agriculture, la recherche d'un rendement optimisé à l'hectare et la réduction du nombre d'exploitants pour des surfaces agricoles de plus en plus importantes tendent à réduire au maximum le temps d'intervention des agriculteurs pour l'entretien des bords de champs. Une des conséquences de ce phénomène est l'éradication des ripisylves (corridor écologique bocagère à l'intersection entre les champs et les cours d'eau), d'autant plus que ces éléments boisés ne présentent aucune valeur économique à leur propriétaire.

Pour lutter contre l'érosion des ripisylves et ainsi préserver la biodiversité et les paysages, la CA88 préconise de mettre en place une valorisation économique de ces éléments boisés. Un entretien maîtrisé couplé à l'implantation fractionnée de TTCR le long du corridor écologique peut s'avérer une solution pour rentabiliser le maintien de ces habitats. L'accompagnement proposé peut être couplé à la valorisation des bords de forêts pour produire du bois déchiqueté. L'appel à projets DYNAMIC BOIS piloté par l'ADEME constitue une opportunité pour se saisir de ce gisement et structurer l'approvisionnement des chaufferies en partenariat avec l'ensemble des acteurs de la filière (collectivités propriétaires des chaufferies, entreprises de travaux forestiers, agriculteurs, etc.).

A noter: la Ferme de Braquemont de l'Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelle Agricole (EPLEFPA) de Mirecourt expérimente depuis quelques années la valorisation de différents types de haies et de la ripisylve, avec différentes modes

d'exploitation (coupe à blanc, partielle, sélective...) et en a dressé un bilan technicoéconomique en 2009 (voir synthèse des résultats en annexe). Aux dires de M. Franck SANGOUARD, en charge du projet, l'enjeu réside sur la mise en place d'un programme de gestion qui permette une mobilisation optimale du gisement (élagage et broyage in situ). Si un volume de production suffisant est atteint, alors l'achat d'équipement devient rentable (à titre d'exemple: un bec adaptable sur ensileuse agricole associant l'opération de coupe à celle du broyage des taillis revient à 50 000 € environ).

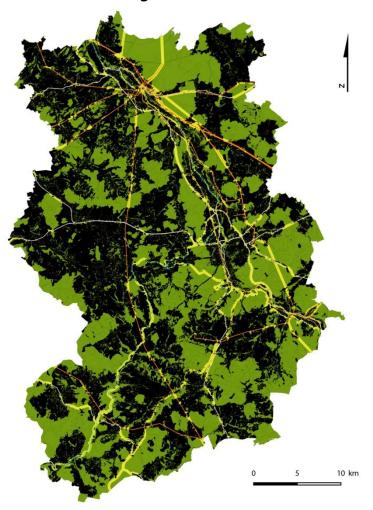
2.3.4 Bords de cours d'eau, de route, de voies ferrées et sous lignes électriques

L'entretien obligatoire pour raison de sécurité, des bords de cours d'eau par Voie Navigable de France (VNF), de voies ferrées par Réseau Ferrés de France (RFF), des bords de route par le Conseil Départemental et les communes, et l'entretien lié au passage des lignes électriques par Réseau et Transport d'Electricité (RTE) et Electricité et Réseau de Distribution de France (ERDF) représente un gisement important en partie non exploitée.

A ce titre, ERDF s'est rapprochée de la coopérative FBE pour étudier la possibilité de mener un chantier test et RTE mène actuellement la réflexion, au sein d'une cellule dédiée, avec une première expérimentation sur Saint Avold. Un des atouts du partenariat avec les gestionnaires de réseau repose sur leur connaissance précise de l'état de croissance de la végétation sous les lignes, ce qui permettrait même d'envisager sur certaines zones l'implantation sécurisée de TTCR. En effet, dans certains cas, la hauteur maximale en milieu de portée est à 6.30 mètre, alors que la hauteur maximale d'un TTCR de saules est comprise entre 5 et 6 mètres.

Les deux principaux défis à relever pour capter ce gisement à un prix compétitif sont le nombre important de propriétaires forestiers à associer à la démarche et les risques associés aux travaux forestiers en bord de cours d'eau et sous lignes électriques. A nouveau, l'appel à projets DYNAMIC BOIS présente une opportunité pour structurer le prélèvement de ce gisement.

Gisements bois-énergie à approfondir -SCoT des Vosges Centrales - 2015



Eléments du territoire nécessitant un élagage des abords forestiers pour raison de sécurité (ne sont présentés ici que les sites principaux)



2.4 Pistes d'actions pour structurer la filière locale bois-énergie

2.4.1 Optimisation et développement des réseaux de chaleur

Une autre réponse pour garantir dans le temps un approvisionnement local en boisénergie consiste à optimiser et limiter le besoin des chaufferies en combustible.

L'essor des chaudières bois-énergie des années 2000, s'est traduit dans la plupart des cas par un surdimensionnement des installations entraînant une surconsommation de combustibles. On observe également des collectivités s'auto-approvisionnant à partir de leur forêt, ne pas suivre correctement leur consommation annuelle en énergie (absence de compteurs de calories, mal positionnés ou non étalonnés) et en combustible, ce qui rend difficile une gestion optimisée du prélèvement. De plus, dans le cas de ces micro-réseaux de chaleur, la méconnaissance des pertes en réseau, des principales mesures d'amélioration de la performance et des mesures fiscales associées au statut du réseau, ne permet pas de motiver le raccordement de nouveaux bâtiments.

Outre l'isolation des bâtiments équipés ou raccordés en réseau, une meilleure gestion de la qualité du bois déchiqueté (granulométrie et taux d'humidité adaptés aux installations), la formation des gestionnaires de chaufferies pour optimiser leur rendement et leur durée de vie, mais aussi l'analyse des contrats de maintenance sont autant de pistes à explorer. Rappelons que l'ADEME peut aider cette démarche à hauteur de 70% du coût de l'étude.

En 2011, le Pays de Remiremont a accompagné un audit groupé pour 7 communes de son territoire visant l'optimisation du fonctionnement des installations de chauffage au bois au plan économique, technique et environnemental. Au terme de l'étude, nombre de problèmes ont pu être traités, relevant dans certains cas de la sécurité de l'installation; certaines collectivités ont même pu faire des économies financières à court terme avec l'amélioration du réglage et du suivi des installations découlant de la formation des agents.

Par ailleurs, le classement du réseau est un outil de planification énergétique à disposition des collectivités, qu'elles peuvent articuler avec leurs compétences en urbanisme et en aménagement, ainsi qu'avec leur stratégie énergie-climat. Le classement du réseau bois-énergie d'Epinal-Golbey pourrait ainsi être envisagé à l'échelle de la Communauté d'Agglomération.

Le développement de réseau de chaleur suppose des investissements importants, que ce soit pour son extension, sa densification par le raccord de nouveaux bâtiments ou sa maintenance. Le classement d'un réseau permet de garantir que les bâtiments neufs et rénovés seront utilisateurs du réseau. Les investissements nécessaires au développement de ce réseau s'en trouvent facilités. La décision de classement par la collectivité définit, à l'intérieur de la zone desservie par le réseau, des périmètres de développement prioritaire.

A ce niveau, le raccordement au réseau est obligatoire pour toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants, dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude dépasse 30 kilowatts. Les zones de développement prioritaire peuvent également intégrer des zones déjà aménagées¹⁰.

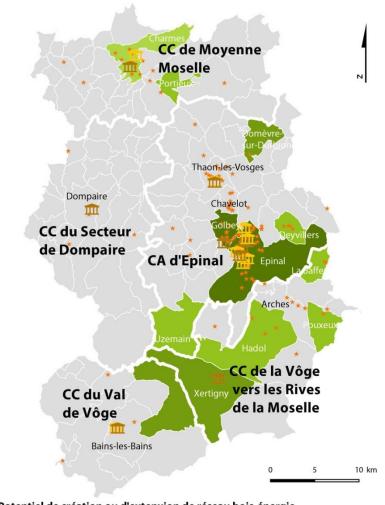
-

¹⁰ Source : Guide pratique de la procédure de classement des réseaux de chaleur et de froid, MEDDE, 2013

La réflexion sur la création de micro-réseaux de chaleur peut naître du changement du système **bâtiments** énergétique de fortement consommateurs chaleur, tels que les collèges et lycées. A partir d'une analyse au cas par cas des micro-réseaux et réseaux bois existants et de la proximité d'établissements à forte consommation énergétique (voir carte ci-contre), la création l'extension de réseaux alimentés au bois peut s'avérer rentable, d'autant plus dans une logique de partenariat public-privé où les investissements et la maintenance peuvent être mutualisés. Divers organismes peuvent accompagner la démarche en ingénierie et en financement: l'ADEME, le Département, la Région mais aussi l'Agence Locale pour l'Energie et le Climat (ALEC) Epinal Centre Vosges ou encore l'association des Communes forestières des Vosges.

Telle que l'illustre la carte cicontre l'implantation ou l'extension de réseaux bois existants seraient notamment à étudier sur les communes de Thaon-les-Vosges, Charmes. Dompaire, Bains-les-Chavelot, Bains, Xertigny, Deyvillers et Arches.

Localisation du potentiel de développement des réseaux de chaleur bois - SCoT des Vosges Centrales





A noter: les communes d'Epinal et Golbey ont déjà ouverts la voie: d'ici fin 2015, la quasitotalité des bâtiments publics d'Epinal seront alimentés par l'extension du réseau bois-énergie dont la délégation de service publique a été confié à COFELY; sur la commune de Golbey, l'extension du réseau bois-énergie dû à l'implantation d'une nouvelle chaudière sur le site de Norske Skog pourrait alimenter certains bâtiments de la commune.

2.4.2 L'opportunité de l'appel à projets DYNAMIC BOIS

La mutualisation au niveau intercommunal de l'approvisionnement en bois-énergie des collectivités et entreprises du territoire, à la fois en amont de la filière : par l'exploitation de nouveaux gisements tels que décrits dans les paragraphes précédents, qu'en aval : par la

mise en place d'un plan de gestion intercommunal, l'extension des réseaux ou l'implantation de nouvelles chaufferies et la création de plateforme de stockage dédiée aux chaudières de moyenne et faible puissance est un facteur décisif pour poursuivre le développement de la filière bois-énergie au niveau local dans une logique de non concurrence entre filières et de gestion durable de la forêt.

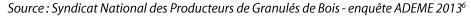
L'appel à manifestation d'intérêt (AMI) *DYNAMIC BOIS 2015* impulsé par l'ADEME répond parfaitement à cet objectif puisqu'il vise à faire remonter du terrain, des actions innovantes permettant, à l'échelle des territoires, de mobiliser du bois supplémentaire pour les chaufferies et de dynamiser le réinvestissement dans le renouvellement de la ressource.

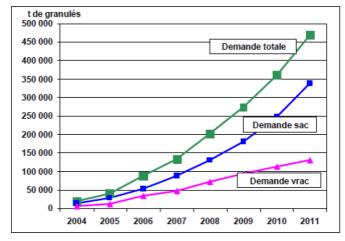
Seule une demande groupée permettra d'atteindre un volume en bois-énergie suffisant pour rentabiliser l'investissement en matériel nécessaire à l'exploitation des gisements hors forêt. L'AMI DYNAMIC BOIS, permettrait de couvrir une partie des coûts d'investissement, ce qui offrirait une garanti supplémentaire à la rentabilité de la démarche, comme par exemple l'implantation de TTCR sur certaines zones jugées pertinentes en bords de champs, dans la continuité des ripisylves et sous certaines lignes électriques.

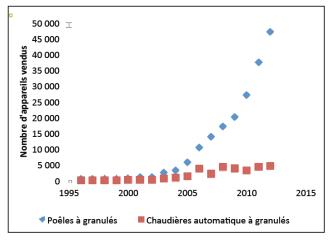
2.4.3 Développement de la filière granulés

Avec la mise en vigueur de la Réglementation Thermique (RT) 2012, le recours aux énergies renouvelables est imposé pour couvrir une partie des besoins. De plus, dans le calcul de la consommation de référence imposée par la loi, le seuil obligatoire est assoupli en cas de recours au bois-énergie. Couplé à l'évolution des usages (baisse de l'affouage observé chez les jeunes) et du besoin de confort (automatisation de l'approvisionnement et programmation en cas d'absence), ce facteur a pour conséquence la poursuite de l'essor des chaudières à pellets au niveau national. En effet, l'ADEME prévoit le doublement de la consommation de granulés entre 2011 et 2016 où il atteindrait le million de tonnes, et projette à 2 500 000 tonnes leur consommation à l'horizon 2020¹¹.

Evolution de la demande de granulés de bois et du nombre de systèmes en France







¹¹ Etude sur le chauffage domestique au bois: marchés et approvisionnement, ADEME, juin 2013

42

Bien qu'orienté majoritairement pour les particuliers, le développement des chaudières aux granulés est également observé pour l'alimentation des bâtiments publics. A l'exemple de la ferme forgeronne ou du micro-réseau de La Bafffe, alimentant l'école, la mairie et la salle polyvalente, nombre de collectivités se tournent vers cette technologie pour le confort de son usage en terme de maintenance et d'approvisionnement et du fait de la compacité de son silo d'alimentation par rapport au bois déchiqueté.

Le granulé étant composé de sciure compressée, la matière première utilisée pour la fabrication des pellets provient généralement des scieries régionales et des entreprises de seconde transformation (charpente, menuiserie, parqueterie, etc.).

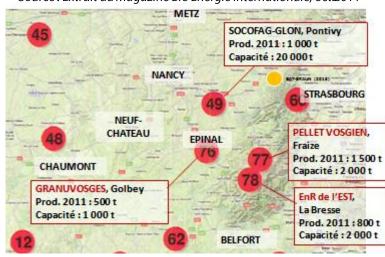
Bien qu'une offre de granulés produits dans les Vosges existe sur le territoire, avec la présence d'entreprises comme GRANUVOSGES implantée à Golbey (voir cartes ci-dessous), celle-ci est faible au regard du volume de bois consommé par les particuliers: environ 58 000 t/an¹², dans la perspective de l'essor de la filière annoncée par l'ADEME.

Le peu de concurrence dans le Grand Estlaisse entrevoir une opportunité économique de développement de l'offre sur le territoire. En effet, seul l'industriel SIAT BRAUN situé à Urmatt (67) s'est positionné sur le marché 2012 avec une production de 50 000 tonnes par an.

A noter: en 2012 l'industriel CHARMONT avait contacté la Communauté de communes du Pays d'Olima Val d'Avière pour présenter un projet d'implantation d'une unité de production de granulés à Golbey couplée valorisation de TTCR cultivée sur le territoire.

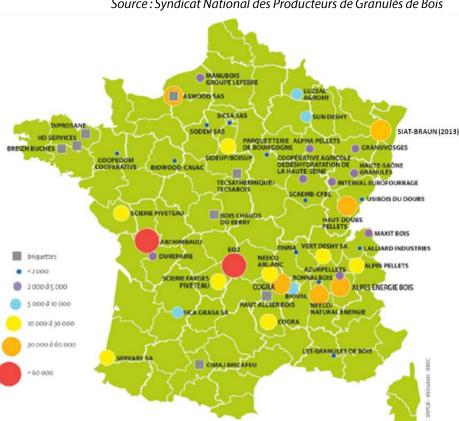
Producteurs de granulés dans les Vosges en 2011

Source: Extrait du Magazine Bio Energie Internationale, oct.2011



Producteurs de granulés en France en 2011

Source: Syndicat National des Producteurs de Granulés de Bois



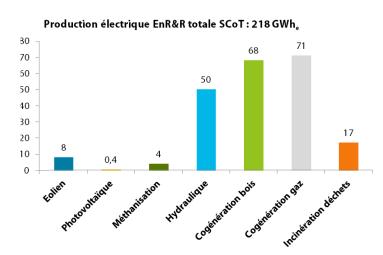
¹² Volume estimé par extrapolation des données du fichier logement INSEE de 2011

2.4.4 Le bois source d'électricité

Tel que décrit dans le profil énergétique du territoire, le bois tient une place importante dans le mix électrique local avec plus de 31% de l'électricité produite en 2014 par cogénération sur le site du papetier Norske Skog à Golbey.

La production électrique issue du bois sera amenée à croître dès 2016 avec la livraison de la nouvelle unité de cogénération bois prévue

Répartition de la production électrique par les EnR&R SCoT des Vosges Centrales - 2014 (GWh_a)



sur le site de Razimont à Epinal. L'implantation d'une turbine d'une puissance de 6.2 MW_e permettra la production annuelle de 37 GWh_e supplémentaire. **D'ici 2016, le bois sera alors la première source de production électrique du territoire.**

La reproductibilité de ce type de projets sur le territoire reste néanmoins très limitée du fait de l'investissement conséquent qu'il nécessite (33 millions d'euros pour le projet d'Epinal Razimont). L'accroissement à moyen terme de la production électrique issue du bois repose ainsi sur le développement de la micro-cogénération biomasse, dont la rentabilité s'est démarquée sur le petit collectif, le tertiaire et l'industrie¹³. Ce choix technologique, dont la filière est actuellement à ses débuts en France, représente un potentiel de développement économique pour le territoire. L'équipement d'un site pilote permettrait d'amorcer la démarche.

Un des avantages de cette technologie est qu'à la différence de certaines énergies intermittentes, la cogénération est en plein fonctionnement lors des pics de consommation électriques, ce qui permet d'équilibrer les réseaux électriques et limite l'appel de puissance des centrales à flamme. L'enjeu se situe aussi dans le cadre de projet de *smart grids* avec l'appareillage des bâtiments collectifs, tels que les complexes sportifs avec piscine, les hôpitaux et écoles, l'hôtellerie et la restauration, où les besoins en chaleur sont continus, ce qui permettrait de lisser la production électrique tout au long de l'année.

Le temps de retour sur investissements pour le petit collectif par rapport au fioul est de 6 à 9 ans suivant les configurations¹⁴, ce qui offre à la micro-cogénération biomasse un potentiel de développement à court terme sur ce secteur. Néanmoins, pour que le marché du chauffage individuel puisse être impacté, il faudra attendre l'augmentation du prix de l'électricité et des mesures fiscales incitatives, car l'investissement reste encore trop élevé.

A noter: depuis 2014, la société Novotek propose une gamme de micro-cogénération bois produite en France à Lyon (12 à 40 k W_{th} et 1.5 à 5 k W_e de puissance).

¹³ Etude intitulée «*impact de la micro-génération à bois sur l'effet de serre* » réalisée en 2006 par le bureau d'études AMOES pour le compte du MEDDE

¹⁴ Source: Olivier Camp (entreprise Novotek), 2 mai 2014, Fréquence Terre: «La micro-cogénération biomasse granulés bois et granulés de sarments: les enjeux d'une solution à fort potentiel »

2.5 Synthèse du potentiel

Le bois-énergie est une énergie renouvelable locale développée dans une logique de gestion durable des forêts (83% de la surface forestière du territoire est certifiée PEFC) et d'un équilibre entre les différentes filières du secteur : bois d'œuvre, bois d'industrie et bois-énergie. Il représente un pan de l'économie locale, avec 38% des volumes commercialisés sur le territoire, essentiellement produit à partir de feuillus.

Bien que caractéristique du territoire, avec 61 600 hectares de forêt sur le SCoT, soit 44% du territoire, dont 62% sont publiques et 38% privées, l'exploitation du massif forestier se heurte à la problématique du morcellement de la forêt privée et d'un manque de structuration lié à ses différentes modes de gestion et de valorisation.

Le Pays d'Epinal Cœur des Vosges est à l'origine de la réflexion sur le développement et l'aménagement de ses massifs forestiers pour structurer l'approvisionnement des chaufferies collectives en plaquettes forestières. En 2009, la coopérative de propriétaires forestiers Forêt Bois de l'Est, associée à l'Office Nationale des Forêt et à la Chambre d'Agriculture des Vosges préconisaient aux élus du territoire la mise en place d'un groupement de commande de fourniture de plaquettes forestières entre propriétaires de chaufferies comme première étape de structuration de la filière, avec l'intérêt de la mise en place de plateforme(s) de stockage, comme concrétisation visible d'une structuration collective, permettant d'obtenir le consensus nécessaire pour passer au montage d'une entité juridique regroupant l'ensemble de la filière. Depuis, la réflexion est restée en suspens et les élus locaux se sont concentrés sur la valorisation du bois de hêtre en construction et la structuration de la filière en ce sens. La Charte forestière territoriale validée en 2014 n'a finalement pas évoqué la structuration de la filière bois-énergie, se concentrant sur des problématiques communes à l'ensemble de la filière forêt.

Le développement du bois-énergie, comme principale énergie de substitution pour la transition énergétique du territoire, montre ses limites si l'on ne souhaite pas déstabiliser les filières existantes et préserver une gestion durable de la forêt.

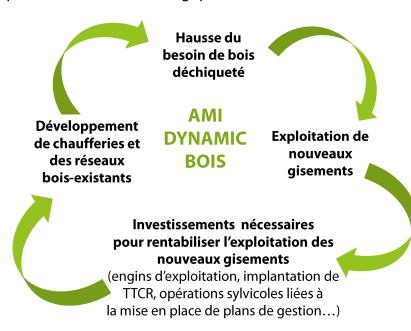
Avec des volumes commercialisés en forêt publique et privée proches de l'accroissement naturel, l'évaluation du gisement supplémentaire mobilisable sur le territoire pose questions. A en croire l'analyse menée en 2009, actualisée par les données de consommations de 2014, un gisement d'environ 22 000 à 30 000 tonnes par an serait mobilisable sur l'ancien périmètre du Pays, soit la capacité à doubler le nombre de chaufferies collectives. Mais en tenant compte de l'approvisionnement de la future unité de cogénération bois d'Epinal-Razimont, estimé à 58 000 tonnes par an, on pourrait conclure à l'épuisement du gisement au niveau local.

Cette hypothèse est d'autant plus préoccupante que l'ADEME prédit également un épuisement de la ressource bois-énergie – dans les conditions d'une gestion raisonnée – au niveau régional à l'horizon 2017 et une tension forte du marché post 2017 au regard des projets de chaufferies programmés.

La coopérative *Forêt Bois de l'Est*, quant à elle, nuance ces propos en précisant que la profession est plus inquiète d'un trop faible développement du marché que d'une insuffisance de ressources. Elle évoque sa capacité de mobilisation à court terme et au niveau local de 50 000 tonnes par an de qualité « *industrielle* ».

Finalement, il n'est pas tant question d'insuffisance de la ressource au niveau local que de sa mobilisation, car de nombreux gisements existent sur le territoire qui demeurent peu ou pas exploités: en forêt privé, en agroforesterie avec la plantation de Taillis à Très Courtes Rotations (la Chambre d'Agriculture estime à 1 200 ha la surface agricole susceptible d'accueillir des TTCR sur le territoire du SCoT), en bords de champs, de cours d'eau, de voies ferrées, de routes, mais aussi sous les lignes électriques et même au niveau des ripisylves dans des conditions de respect des continuités écologiques.

Mais pour constituer le modèle économique qui permette d'exploiter ces gisements, la structuration de la filière s'avère incontournable et nécessite un regroupement des acteurs: autant au niveau des propriétaires forestiers privés pour obtenir un taux d'organisation suffisant (seule 40% de la ressource de la forêt privée est mobilisée de façon organisée), qu'au niveau propriétaires de chaufferies pour garantir une demande suffisante en bois déchiqueté, ce qui conditionne la rentabilité des investissements nécessaires à l'exploitation même de ces gisements.



L'appel à manifestation d'Intérêt (AMI) DYNAMIC BOIS, initié par l'ADEME en 2015 est une solution pour sortir de cette spirale, puisqu'en prenant en charge une partie des coûts d'investissement nécessaires à une mobilisation concurrentiel du gisement hors forêt, il offre une garanti supplémentaire pour atteindre l'équilibre économique de la démarche et garantir un approvisionnement local en bois-énergie.

Une autre alternative permettant de répondre à la problématique d'une meilleure maîtrise du gisement revient à optimiser la consommation des chaufferies existantes. Cela consiste en l'isolation des bâtiments équipés ou raccordés en réseau et en l'amélioration du rendement des réseaux de chaleur, par des mesures de suivi des consommations et de la qualité du combustible, de maintenance des installations et l'étude des opportunités d'extension du réseau. Par ailleurs, l'équipement d'un site pilote en micro-cogénération bois est une réflexion à mener en parallèle.

L'incitation des particuliers à convertir leurs appareils de chauffage au bois vers des systèmes plus performants est également une solution pour contenir l'épuisement de la ressource. Il répond à un autre enjeu qui est celui de la qualité de l'air. Face à ces constats et au regard de la faible concurrence dans le Grand Est, l'implantation d'une unité industrielle de production de pellets sur le territoire est un autre potentiel de développement et structuration de la filière du bois-énergie au niveau local.

Enfin, l'ultime mesure préventive pour préserver la ressource forestière, consiste à privilégier l'usage des autres EnR&R, là où leur potentiel devient concurrentiel.

III. POTENTIEL TERRITORIAL EN GÉOTHERMIE

3.1	_ p. 48
NOTIONS DE BASE POUR ÉVALUER	
LA PERTINENCE D'UNE POMPE À CHALEUR	
3.2	_ p. 53
AÉROTHERMIE : UN POTENTIEL DE	
DÉVELOPPEMENT À OPTIMISER	
3.3	_ p. 54
GÉOTHERMIE : UN POTENTIEL À CIBLER	
EN FONCTION DE LA TECHNOLOGIE	
3.4	_ p. 57
AQUATHERMIE : UN CONTEXTE PRIVILÉGIÉ	
SUR LE TERRITOIRE	
3.5	_ p. 64
RISQUES ASSOCIÉES AU FORAGE POUR LA GÉ	O-
THERMIE DE MINIME IMPORTANCE	
3.6	_ p. 66
SYNTHÈSE DU POTENTIEL	

3 Potentiel territorial en géothermie

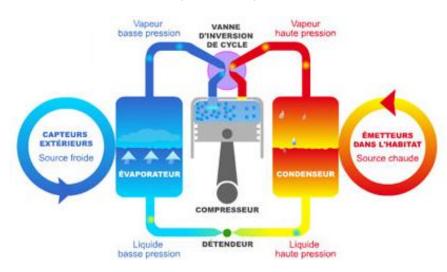
3.1 Notions de base pour évaluer la pertinence d'une pompe à chaleur

Communément appelé géothermie, les systèmes de Pompes à Chaleur (PAC) aérothermique (prélèvement de la chaleur sur l'air), aquathermique (prélèvement de la chaleur sur l'eau), géothermique (prélèvement de la chaleur dans le sol) sont considérées comme des énergies renouvelables car les calories du milieu extérieur, appelé source froide, se régénèrent naturellement.

Le principe du procédé fonctionne comme celui d'un réfrigérateur mais en sens inverse (voir ci-contre). Le système puise les calories de la source froide (air, eau, et le restitue par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur (air, plancher chauffant, radiateur) dans le milieu intérieur (appelé source chaude). Le transfert de chaleur s'effectue au travers d'un fluide frigorigène en circuit fermé.

Schéma de principe d'une pompe à chaleur

Source: Association Française des Pompes à Chaleur (AFPAC)



Les PAC sont considérées comme des énergies renouvelables parce le bilan énergétique liée à la consommation électrique pour capter les calories de la source froide est inférieure à la quantité de chaleur restituée à l'intérieur du bâtiment. C'est le Coefficient de Performance (COP) qui permet de mesurer le rendement de la PAC. Pour un COP inférieur ou égal à 1, la PAC revient à système de chauffage électrique et non plus à une énergie renouvelable. Ce coefficient sera d'autant plus élevé, si la différence de températures entre la source froide et la source chaude est faible.

La géothermie peut servir au chauffage, à la production d'eau chaude sanitaire et au rafraîchissement des maisons individuelles comme du résidentiel collectif ou du tertiaire.

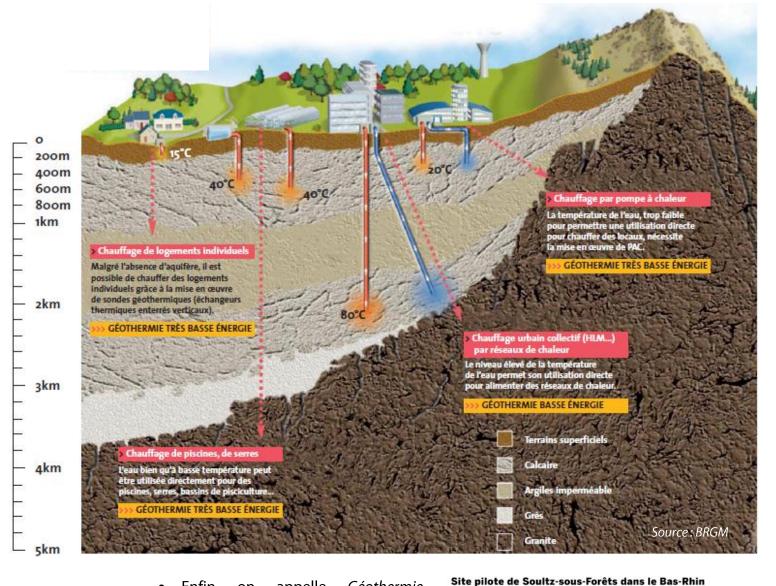
Analyser le potentiel du territoire en géothermie revient donc à identifier quels sont les gisements du territoire en chaleur susceptibles d'être prélevés et dans quels cas les contraintes techniques associées au prélèvement de la chaleur peuvent être intégrées dans une approche économique concurrentielle aux énergies traditionnelles.

3.1.1 Les différentes technologies considérées

Les différents types de géothermie nécessitant un forage sont caractérisés en fonction du niveau de température du milieu prélevé :

• on appelle *géothermie très basse température* (ou très basse énergie) lorsque la température prélevée est inférieure à 40°C, ce qui nécessite un forage de moins 1 000 mètres de profond. Ce type de géothermie ou d'aquathermie assistée par PAC permet d'alimenter un ou plusieurs bâtiments.

• on appelle géothermie basse température (ou basse énergie) lorsque la température prélevée est de 50 à 95°C, correspondant à un forage allant jusqu'à 2000 mètres de profond. On parle aussi de géothermie intermédiaire.



• Enfin on appelle Géothermie profonde à (très) haute température, lorsque le forage descend au-delà de 2 000 mètres et jusqu'à 10 000 mètres. Cette technologie permet la production d'électricité pour quelques milliers de logements à l'exemple du site pilote de Soulzsous-Forêt dans le Bas-Rhin (67).

Production d'électricité

Pompage de l'eau à 200 °C

Réinjection de l'eau refroidie

Circulation de l'eau dans les fractures de la roche chaude

Parmi les technologies considérées, on distingue :

• Aérothermie: PAC dit thermodynamique

Avec prélèvement de la chaleur sur air extérieur



Figure 2 (source: ADEME)

Il s'agit de PAC communément appelé *PAC air/air*: lorsque la chaleur est soufflée à l'intérieur du bâtiment (figure 1)

ou *air/eau* lorsque la chaleur est transmise à l'intérieur du bâti via un plancher chauffant ou via des radiateurs (*figure 2*).



Figure 1 (source: ADEME)

Avec prélèvement de la chaleur sur air intérieur

Le système de PAC peut-être couplé au système de ventilation. Les calories sont alors prélevées sur l'extraction de l'air vicié : on parle alors de *Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) double flux*. Dans le cas de bâtiments très basse consommation, comme les maisons passives, le système peut suffire pour assurer le chauffage de l'habitat *(figure 3)*.

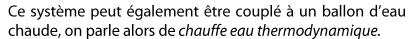




Figure 3 (source: ADEME)

Le système peut également prélever les calories sur un système de production de froid, tel qu'un groupe froid notamment utilisé dans le tertiaire ou l'industrie, ou sur de l'.

• Géothermie:

Sur capteurs horizontaux :



Figure 4 (source: ADEME)

Un circuit fermé contenant un liquide caloriporteur est placé à l'horizontal devant l'habitat à environ 50 cm à 1.5 m de profondeur. La chaleur du sol, issue de son exposition au sol et à la pluie, est prélevée et transmise à l'intérieur de l'habitat par un plancher chauffant (figure 4). Ce système est aussi appelé PAC sol/sol. Si l'émetteur utilisé à l'intérieur du bâtiment est le radiateur, on parlera de PAC sol/eau.

Pour une maison neuve RT 2012, la surface nécessaire aux capteurs pour assurer le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, correspond à 1.5 à 2 fois la surface chauffée. Dans l'ancien, il faut compter 2 à 3 fois plus en fonction de la performance du bâti.

Sur sonde(s) verticale(s):

Situé à une profondeur entre 50 et 250 m, permettant de s'affranchir des variations de température journalières et saisonnières, l'échangeur de chaleur est situé verticalement, dans lequel circule un fluide caloriporteur en circuit fermé, on dira : *PAC eau glycolée/eau*.

En fonction du besoin en chaleur, plusieurs sondes peuvent être couplées: on parle alors de *champ de sondes (figure 5)*. Une autre possibilité est l'utilisation de sondes géothermiques dites « *profondes* », de 500 à 2000 m, où règnent des températures jusqu'à 70 °C.

Sur fondations thermo-actives:

Encore appelé *geocooling* ou *géostructures*, les fondations thermoactives (*figure 6*) servent à la fois d'éléments de portage du bâtiment et d'échangeurs de chaleur avec le terrain environnant permettant le chauffage et le refroidissement du bâtiment.

On distingue trois familles de fondations thermoactives : les pieux géothermiques (technologie la plus répandue), les parois moulées dans le sol et les dalles de fondation.



Figure 5 (source: BRGM)

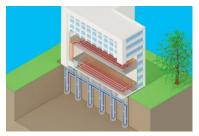


Figure 6 (source: BRGM)

Aquathermie: doublet géothermique Sur aquifère:

Le doublet géothermique, encore appelé échangeur géothermique ouvert, est un ensemble de deux puits : l'un est dédié à la production de chaleur du fluide géothermal, l'autre à la réinjection du fluide dans l'aquifère, l'endroit contenant la nappe d'eau d'origine. Cette technologie peut être utilisée :



Figure 7 (source: BRGM)

- pour un bâtiment unique (figure 7): dans ce cas, c'est dans un aquifère peu profond autour de 10°C qu'est puisée la chaleur;
- pour l'alimentation d'un réseau de chaleur urbain (figure 8): dans ce cas, c'est un aquifère situé profond entre 1500 et 2000 mètres de profondeur qui est recherché, puisqu'il renferme une eau d'une température comprise entre 55 et 85°C.

Sur eau de surface :

Elles peuvent être conçues en boucle fermée (un réseau de tubes est installé au fond d'un étang ou dans une rivière) ou en boucle ouverte (l'eau de

Centrale glotherma

1500 à 2000 mètres

Aguilére profond

Puits de production

Puit de ré-injection

Figure 8 (source: BRGM)

surface est puisée directement afin d'alimenter un échangeur à plaques). Ces PAC présentent les caractéristiques proches des PAC sur aquifère. Cependant

l'eau de surface est généralement une source de chaleur moins stable en température que le sol ou l'eau de nappe. Outre les étangs et rivières, les réseaux de captage d'eau potable et les réseaux d'assainissement peuvent également servir de source froide en fonction de leur débit.

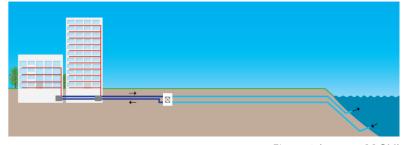


Figure 9 (source: BRGM)

3.1.2 Les paramètres qui jouent sur leur performance

Comme évoqué en tête de chapitre, c'est le Coefficient de Performance (COP) qui permet de caractériser la performance d'une Pompe à Chaleur (PAC): le rapport de la puissance calorifique restituée sur la puissance absorbée. Ainsi plus la température du milieu extérieur sera basse, plus le système aura à fournir de l'énergie pour restituer de la chaleur à l'intérieur du bâti, et donc plus le COP sera dégradé.

C'est également pour cela que le mode de diffusion de la chaleur à l'intérieur du bâtiment est important, car il permet de réduire le niveau de température nécessaire au confort de l'habitat. Ainsi pour obtenir une température de consigne de 19°C à l'intérieur du bâti pour une température extérieure de -13°C, un radiateur classique nécessitera une température d'entrée de 90°C, de 65°C pour un radiateur basse température et de 40°C pour un plancher chauffant. La performance de la PAC sera donc optimale sur plancher chauffant du fait de sa large surface d'émission.

Ainsi la rentabilité d'une installation géothermique assistée par PAC se vérifiera

Source: Guide des PAC en Lorraine 2008

Source: Guide des PAC en Lorraine 2008

RADIATEURS
TEMPÉRATURE

Lois de régulation des systèmes

plus facilement dans le neuf que dans l'ancien, du fait d'un besion moindre de chaleur dû au niveau important d'isolation imposée par la RT2012 et d'un système de diffusion de la chaleur basse température.

Le tableau ci-dessous traduit le COP moyen pour un logement entre les différents types de PAC et systèmes de diffusion de la chaleur et donne un ordre de prix par unité de surface chauffé :

	AEROT	HERMIE		GEOTHERMI	E		
Objectifs de COP à exiger	Air/Air	Air/Eau	Eau de nappe/Eau	Eau glycolée/Eau	Sol/Eau	Sol/Sol*	
COP sur plancher chauffant	X	2,5 à 3	5 à 5,5	3,5 à 4,5	3,5 à 4	4	
COP sur radiateurs	X	2	3,5 à 4	3	3	X	
COP sur ventilo- convecteurs	2,5 à 3	2,5	4	3,5	3,5	X	
Ordre de prix d'nstallation €/m² chauffé	De 60 à 90	De 65 à 90	De 80 à 130	Horizontale : 85 à 135 Verticale : 145 à 185	de 70 à 100		

Source: Rhône-Alpes Info Energie

Il apparaît que les meilleurs niveaux de performance sont obtenus pour des PAC sur eau de nappe. Par ailleurs, la comparaison économique montre que les PAC les plus accessibles sont aéorothermiques, alors que leur performance sont les plus faibles. Ceci explique l'essor de cette solution qu'a connu la France dans les années 2000.

3.2 Aérothermie : un potentiel de développement à optimiser

Extraction sur air extérieur : une technologie pas toujours performante

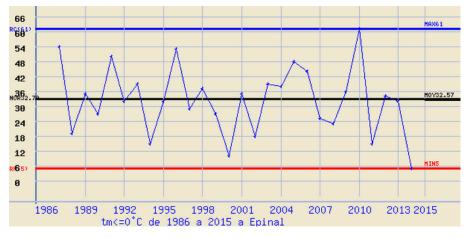
Le COP moyen des PAC aérothermiques, tel **Evolution de la performance d'une** qu'affiché dans le tableau précédent, est donné en conditions standards de mesure, soit à 7°C de température extérieur.

Ainsi, le COP moyen de 2.5 à 3 va se dégrader à chaque fois que la température descendra en dessous de 7°C, pour descendre en dessous de 2 si l'on descend en dessous de 0°C en raison du dégivrage automatique du système (voir schéma ci-contre).

Sur Epinal, depuis 1986, ce sont en moyenne 33 jours par an où la température moyenne journalière est inférieure à 0°C (voir ci-dessous) et 80 jours par an où la minimale des températures est négative.

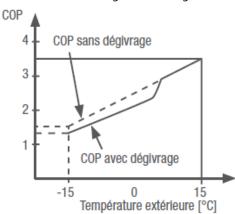
Nombre de températures moyennes inférieures à 0°C Station d'Epinal - année 1986 à 2015

Source: http://meteo-climat-bzh.dyndns.org



PAC aérothermique en fonction de la température extérieure

Source: Bretagne Info Energie



Ces quelques jours peuvent paraître insignifiants sur une période de chauffage de 232 jours (du 1er octobre au 20 mai), mais ils ont leurs conséquences:

- sur la durée de vie du système et les frais de maintenance: la réversibilité trop fréquente de la PAC en mode dégivrage une usure provoque anticipée de l'appareil;
- sur les pics de consommations électriques: en période de grand froid, comme c'était le cas notamment en 2010 (année record pour Epinal), l'appel de puissance engendré au même moment pour le chauffage électrique nécessite le relais de centrales à flammes pour la production d'énergie primaire. Pour illustrer ces propos, on pourrait dire que pour l'année 2010, les PAC aérothermiques installées sur Epinal étaient alimentée par des énergies fossiles plus d'un quart de l'année.

Du fait de leur prix fortement concurrentiel par rapport aux autres PAC, ces équipements sont amenés à poursuivre leur développement dans les Vosges. Des précautions sont néanmoins à prendre sur l'affichage des temps de retour sur investissement par les fabricants et des frais de maintenance découlant des aléas du climat vosgien.

3.2.2 Extraction sur air ambiant : un réflexe à avoir

L'extraction de la chaleur sur l'air intérieur permet de s'affranchir des aléas du climat vosgien, pour rester dans une gamme de température où la performance du système est optimale. Ainsi le système devient non seulement concurrentiel à l'achat mais aussi robuste. Ainsi tout rejet de chaleur dans l'air devient un gisement à exploiter à condition que son débit soit suffisant, tout comme le volume où sera captée la chaleur pour permettre un renouvellement de l'air minimum.

C'est le cas notamment des parkings fermés, mais aussi de tout local suffisamment volumineux pour permettre le renouvellement d'air, où un appareil produit de la chaleur. Le gisement s'étend ainsi pour la production de chaud et de froid dans le tertiaire et l'industrie, où de nombreuses applications pourront être trouvées, à l'exemple de la Ferme forgeronne, où la PAC puise ses calories sur les groupes froids du magasin.

En terme d'applications bien connues de ce procédé, nous citerons les systèmes que sont le **chauffe-eau thermodynamique**, particulièrement efficace s'il est placé à proximité du sèche linge, et la **ventilation double flux** qui puise ses calories sur l'extraction de l'air ambiant.

3.3 Géothermie : un potentiel à cibler en fonction de la technologie

3.3.1 Géothermie horizontale: un potentiel pour l'habitat en urbanisme diffus

Telle que décrite précédemment, la géothermie sur capteurs horizontaux nécessite une surface importante sans couvert végétal (1.5 à 2 fois la surface chauffée dans le neuf et 2 à 3 fois plus dans l'ancien). Elle est donc particulièrement adaptée pour l'habitat en urbanisme diffus. Son coût abordable, le confort de télégestion qu'elle permet et les performances qu'elle affiche (COP de 3.5 à 4) traduit un potentiel de développement important sur le territoire, d'autant plus qu'offre de PAC made in vosges existe avec l'entreprise VIVRECO dont l'unité de production est basée à Xaffévillers. L'Association Française des Professionnels de la Géothermie (AFPG) estime à 8 ans son temps de retour sur investissement avec l'aide du crédit d'impôt (13 ans sans) par rapport au gaz naturel¹².

3.3.2 Géothermie verticale : un potentiel pour le bâti existant

Compte tenu des températures qu'elle est susceptible de capter en sous-sol (entre 15 et 20°C pour une profondeur comprise entre 50 m et 250 m), de la possibilité d'associer plusieurs sondes pour répondre aux besoins thermiques de bâtiments nécessitant une forte puissance, la géothermie verticale est capable de s'adapter aux besoins de chaleur de bâtiment existant résidentiel, tertiaire et collectif. A titre d'exemple, dans le campus de l'École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA) ParisTech, le chauffage de 430 appartements pour étudiants sont alimentées par un champ de 70 sondes verticales de 165m de profondeur. C'est donc l'équivalent de 300 kW_{th} qui sont alimentés par géothermie, soit 35 000 m², pour un besoin de 70 kWh/m²/an.

L'avantage de la géothermie verticale repose dans le peu de place que nécessite l'installation et des facilités de maintenance et d'entretien qu'elle permet.

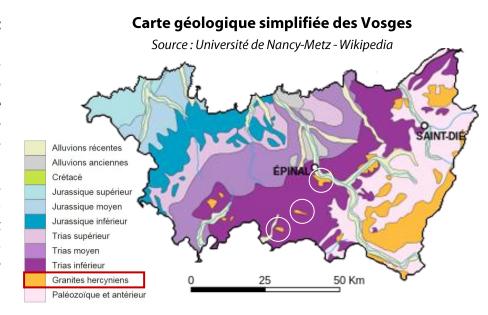
L'investissement de départ lié au forage est souvent la raison pour laquelle le maître d'ouvrage exclut cette solution. Néanmoins, une analyse comparative en coût global prenant en compte les frais de fonctionnement, de maintenance et d'investissement sur la durée de vie de l'installation, soit 50 ans, montre que la géothermie verticale sur sondes est amortie en une dizaine d'années. Le tableau suivant extrait de l'étude des coûts de la géothermie très basse énergie publiée en juillet 2014 par l'AFPG¹⁵ exprime les temps de retours sur investissement de la géothermie verticale par rapport au gaz naturel:

	•	•	iéothermie su	ur sondes			
	Secteurs			Investissement (€ HT)		Temps de retour sur investissement (années)	
	Typologie	Nombre d'équivalent logements	Puissance (kW)	sans aide	avec aide	sans aide	avec aide
Particuliers	Maison individuelle	1	8	14 700	11 025	19	13
Collectif	Logements, écoles, EHPAD,	20 à 50	120 à 300	170 000	122 600	13	9
Tertiaire	Bureaux, immeuble, bâtiments publics, centre commercial	200 à 300	1 000 à 1 200	1 540 000	1 096 000	19	13

NB: pour le collectif et le tertiaire la chaufferie gaz est considérée comme déjà existante donc son coût d'investissement nul.

En terme de gisement géologique brut, l'essentiel du territoire est considéré comme susceptible de recevoir un forage du fait de la faible présence d'affleurement granitique (voir carte ci-contre).

En dehors de ces zones granitiques, il existe tout de même des risques et contraintes réglementaires associées au forage. Cette problématique sera traitée au paragraphe 3.5.



¹⁵ Géothermie assistée par pompe à chaleur, étude technico-économique, juillet 2014, <u>www.afpg.asso.fr</u>

3.3.3 Fondations thermo-actives: un potentiel pour la ventilation en tertiaire

Bien qu'encore peu développé en France, l'utilisation directe du sous-sol comme source de fraîcheur sur fondations thermo-actives ou *geocooling*, sans recours à une pompe à chaleur permet d'atteindre des rendements exceptionnels et baisser significativement le coût de fonctionnement des installations.

Le geocooling, dans la mesure où il est couplé avec la production d'énergie du chauffage, est une solution très intéressante qui permet d'offrir une prestation de froid sans investissement supplémentaire significatif et avec un coût de fonctionnement très bas. C'est le cas notamment pour l'aéroport de Zurich qui est équipé d'un mode de fonctionnement en geocooling depuis l'an 2000 (250 pieux géothermiques à 30 mètres pour une surface de 58 000 m²).

Le geocooling est particulièrement adapté pour les grands bâtiments publics et tertiaires, mais également pour les locaux techniques et les salles froides. En été, après la saison de chauffage, on utilise le froid injecté pendant l'hiver dans les fondations pour assurer le refroidissement du bâtiment avec un échangeur simple.

Source: http://www.geothermie-professionnelle.fr

3.3.4 Géothermie profonde: un potentiel pour la production d'électricité

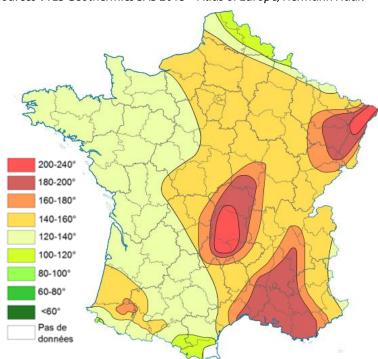
Au regard de la carte ci-contre, le territoire fait partie des exceptions géologiques nationales démontrant la présence d'un réseau de fractures exploitables dans les granites. Les températures estimées à 5 km de profondeurs sont comprises entre 180 et 200°C soit la température nécessaire à la production d'électricité pour quelques milliers de logements.

Le site pilote de Soultz-Sous-Forêts dans le Bas-Rhin (67), fonctionnant à des niveaux de températures comparables, aura permis de démontrer la faisabilité technologique d'une telle solution.

Une nouvelle déclinaison du procédé, cette fois-ci pour alimenter 75% de l'énergie d'une usine pour une puissance de 24 MW_{th}, devrait voir le jour en 2015 à Rittershoffen (67).

Carte des isothermes à 5 km de profondeur

Sources: TLS Geothermics SAS 2013 – Atlas of Europe, Hermann Haak

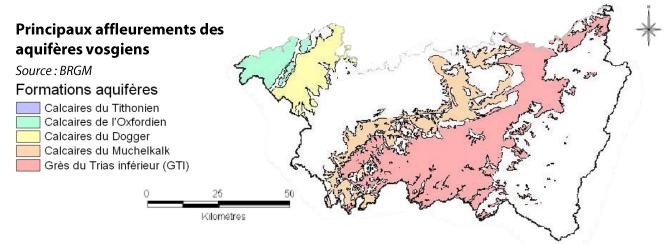


Le contexte privilégié du SCoT, la proximité de sites pilotes bas-rhinois et le rapprochement des collectivités au niveau de la Grande Région Alsace-Lorraine-Champagne-Ardennes peuvent faciliter l'avènement d'une telle solution sur le territoire.

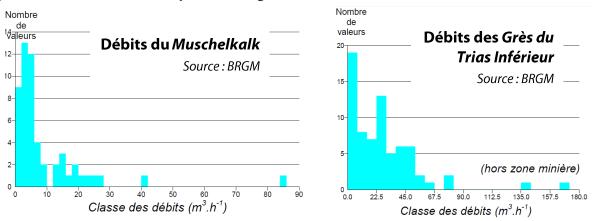
3.4 Aquathermie : un contexte privilégié sur le territoire

3.4.1 Caractérisation du potentiel aquifère brut

Au regard de la carte ci-dessous extraite de l'atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains publié en 2007 par le BRGM, les principaux aquifères susceptibles d'être valorisés sur le territoire sont les nappes du Buntsandstein (encore appelé Grès du trias inférieure) et du Muschelkalk. La présence de nappes superficielles sur la quasi-totalité du territoire est un atout car moins le forage est profond moins, plus l'installation est concurrentielle.

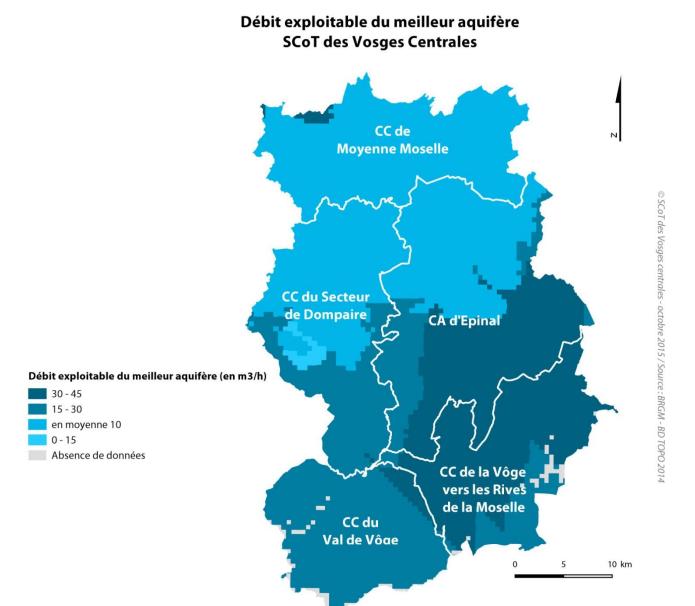


La caractérisation de leur débit (voir figures et carte ci-dessous) tend à montrer que le potentiel géothermique des Grès du Trias Inférieur (partie rouge) sera plus important que celui du Muschelkalk (partie orange).



En outre, le débit influe également sur le coût du forage et donc améliore la rentabilité de l'installation.

La carte ci-dessous issue des données du BRGM localise les débits des meilleurs aquifères :

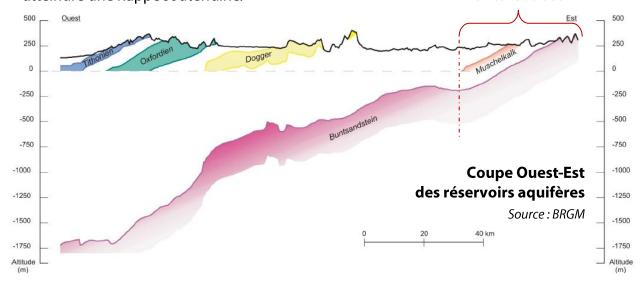


Les classes de débit de la formation aquifère des *Grès du Trias Inférieur* sont majoritairement inférieures à 50 m³/h tandis que que celles du *Muschelkalk* sont limitées à moins de 25 m³/h. Selon l'AFPG¹6, pour une gamme de débit de 2 à 15 m³/h, soit **pour la majeure partie du** *Muschelkalk***, on peut s'attendre à obtenir une puissance moyenne de 0 à 80 kW_{th}, soit la puissance nécessaire pour du résidentiel ou du petit collectif; tandis que pour une gamme de débit de 15 à 80 m³/h, plus compatible aux** *Grès du Trias Inférieur***, on peut viser des puissances de 80 à 500 kW_{th} soit un groupement de bâtiments plus important, voire du tertiaire.**

¹⁶ Géothermie assistée par pompe à chaleur, étude technico-économique, juillet 2014, www.afpg.asso.fr

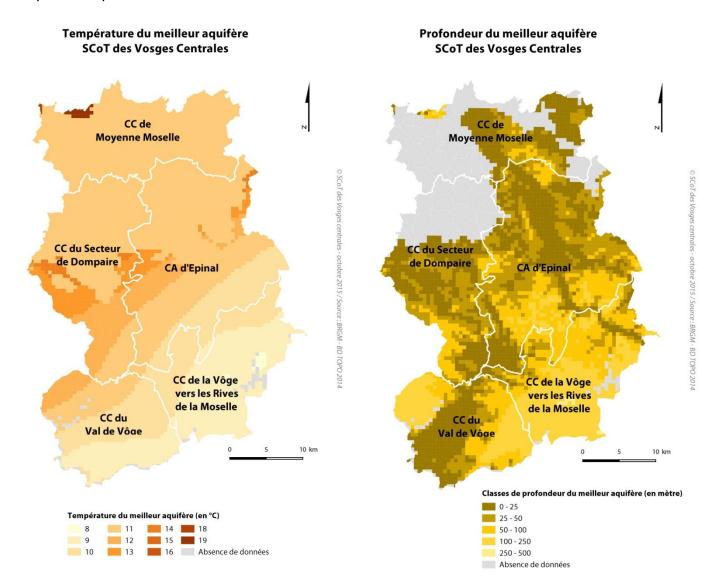
L'analyse des niveaux de profondeur de ces formations aquifères montre que sur le territoire du SCoT, le forage ne devrait pas dépasser 250 mètres de profondeur pour atteindre une nappe souterraine.

Territoire du SCoT

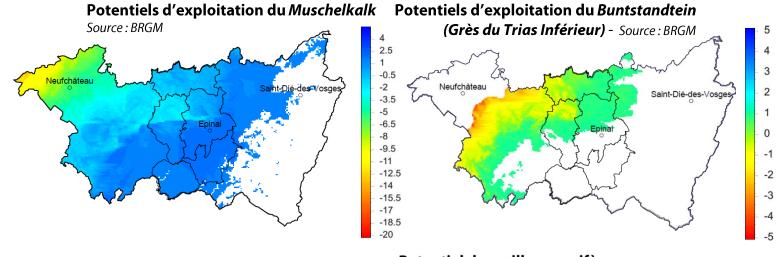


Par ailleurs, l'analyse exclut tout potentiel de géothermie basse température et donc la possibilité d'alimenter un réseau de chaleur urbain. En effet, au-delà de 500 mètres de profondeur, les formations aquifères font place au socle granitique.

Les cartes ci-dessous traduisent les données de température et de profondeur du meilleur aquifère d'après les données du BRGM :



Les cartes ci-dessous extraites également de *l'atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains* cité précédemment, traduisent le potentiel d'exploitation géothermique des principales nappes d'eau du territoire :

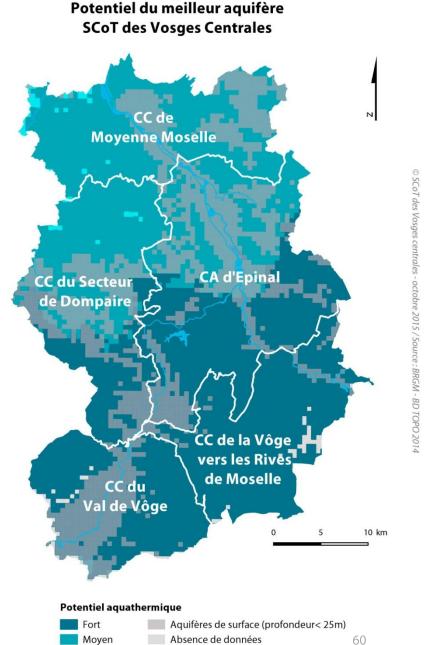


Un travail de synthèse des données de température, de débit et de profondeur a également été mené par le BRGM pour localiser le potentiel aquathermique du meilleur aquifère (voir carte ci-contre).

L'ensemble du territoire du SCoT semble présenter un potentiel favorable, voire très favorable (moitié sud du territoire) à l'aquathermie, avec des réserves pour le nord ouest de la CC du Secteur de Dompaire et l'ouest de la CC de Moyenne Moselle.

Le lit de la Moselle est également une nappe alluviale qui présente un potentiel intéressant. Seule contrainte : sa variabilité importante au cours d'une saison hydrologique.

Par ailleurs, la présence sur la commune de Bains-les-Bains de sources thermales où l'eau jaillit à des températures comprises entre 25 et 51°C offre des possibilités d'exploitation supplémentaires à étudier au cas par cas.



Faible

3.4.2 Doublet géothermique : un potentiel dans le tertiaire

Potentiel de développement pour l'habitat

Bien que la PAC eau/eau présente le meilleur *Coefficient de performance (COP)* pour un logement : entre 3.5 et 5.5 et que sa gamme de prix de 80 à 130 €/m² chauffé¹⁷ demeure plus intéressante que pour la géothermie sur sonde (PAC eau glycolée/eau) : entre 145 à 185 €/m², le doublet géothermique sur nappe est bien souvent délaissé au profit de la géothermie sur sonde. En effet, au regard des installations géothermiques subventionnées par la Région Lorraine entre 2002 et 2011, sur 42 installations vosgiennes accompagnées, seules 5 PAC puisent leurs calories sur aquifères, et aucune ne sont présente sur le territoire du SCoT.

La raison de ce constat s'explique par le manque de garantie de la profondeur de la nappe et de son débit. En effet, l'installation privilégie la sûreté de la géothermie sur sonde (température stable en profondeur, durée de vie assurée, forage sec moins contraignant), plutôt que de prendre le risque que le débit de la nappe ne soit pas suffisant, ou que l'aquifère présente des anomalies qui risquent de colmater l'arrivée d'eau. Le choix vers la solution la plus pérenne se justifie d'autant plus par le peu de différence de prix entre le forage pour une PAC sur sondes (de l'ordre de 8 000 € HT) et pour une PAC sur nappe (de l'ordre de 5 000 €).

Prix observés par la Région Lorraine

Système de pompe à chaleur	sur nappe	sur sondes
Prix moyen du forage	150 euros HT/m	62 euros HT/m
Profondeur moyenne de forage	4 m/kW	15,5 m/kW

Pour une maison individuelle, soit pour une PAC de 8 kW, il faut compter 4 800 € pour la PAC sur nappe, contre 7 688 € pour le PAC sur sondes

Décomposition du coût d'une installation géothermique sur sondes

Source : Etude de marché 2011, AFPG



Cas d'une PAC géothermique sur sonde répondant aux besoins en chaleur d'une maison individuelle d'environ 140 m² conforme à la RT 2005 (puissance: 8 kW).

Coût totale de l'installation : 18 000 € TTC (hors émetteurs de chaleur)

On en conclut que le potentiel de développement de l'aquathermie pour l'habitat est faible. Néanmoins, il pourrait être à même à se développer si les nappes d'eau superficielles (< 20m de profondeur) était mieux connues.

¹⁷ le prix étant fonction du dimensionnement de l'installation, c'est-à-dire du besoin en chaleur du logement, mais également de la profondeur du forage, du débit de l'aquifère...

• Potentiel de développement pour le collectif et le tertiaire

Dans son étude des coûts de la géothermie très basse énergie publiée en juillet 2014 (analyse en coût global par rapport au gaz naturel), l'AFPG publiait les données suivantes :

	Aquathermie : doublet sur nappe						
	Secteurs			Investissement (€ HT)		Temps de retour sur investissement (années)	
	Typologie	Nombre d'équivalent logements	Puissance (kW)	sans aide	avec aide	sans aide	avec aide
Collectif	Logements, écoles, EHPAD,	20 à 50	120 à 300	420 050	336 040	24	19
Tertiaire	Bureaux, immeuble, bâtiments publics, centre commercial	200 à 300	1 000 à 1 200	690 550	552 440	12	9

NB: la chaufferie gaz est considérée comme déjà existante donc son coût d'investissement nul.

Pour le petit collectif, le doublet sur aquifère est difficile à amortir même en tenant compte des subventions : 24 à 19 ans de retours sur investissements (cas d'une nappe à débit moyen de 40 m³/h et à une profondeur de 100m). La solution peut tout de même s'avérer rentable pour des nappes superficielles entre 10 et 20 m de profondeur (le forage représentant la moitié environ de l'investissement et étant fonction de sa profondeur).

En revanche, pour le tertiaire et le grand collectif les temps de retours sont bien meilleurs: 12 à 9 ans.

3.4.3 Pompe à chaleur réversible: une rentabilité optimisée pour le tertiaire

Les bâtiments pour lesquels les besoins de chaud et de froid sont concomitants pendant une bonne période de l'année sont de façon générale les mieux adaptées à l'aquathermie : hypermarchés, hôpitaux, cliniques, piscines, patinoires... Le principe 300 000 de la thermofrigopompe sera utilisé pour restituer au milieu pendant la période estivale les calories qui seront utiles en saison de chauffe. Ne nécessitant qu'un faible surcoût par rapport à de l'aquathermie démultipliés, ce qui permet de baisser les temps de retour de 4 ans pour le petit collectif et de 2 à 3 ans pour le tertiaire.

Exemple de transfert énergétique pour le cas d'une polyclinique

Source: Guide des PAC sur aquifères en Lorraine, 2008

Resolution de la clinique de la clinique

3.4.4 Eaux de surface : des calories difficilement exploitables

La difficulté de capter les calories des eaux de surface réside dans l'instabilité des débits et températures de la source froide, voire du manque de qualité de l'eau. La possibilité de gel des eaux captées peut nécessiter une chaudière d'appoint en période de grand froid, ce qui dégrade considérablement la rentabilité économique du projet.

Un potentiel existera si les caractéristiques du milieu permettent de s'affranchir des contraintes d'instabilité de température, tout en gardant en tête que le milieu sera refroidie par réinjection d'eau froide de la PAC, d'où l'importance d'un débit minimal si la température est basse.

• Potentiel des lacs et étangs

Pour s'affranchir des évolutions thermiques des surfaces en eau que sont les lacs et étangs (voir cicontre), les calories de l'eau doivent être captées en profondeur et l'étendue d'eau suffisamment profonde pour ne pas être soumises aux variations climatiques hivernales. Cette zone appelée hypolimnion est estimée à une profondeur de 10 à 15 mètres.

La faible profondeur du réservoir de Bouzey (12m) et des étangs exclut tout potentiel d'exploitation.

Potentiel des rivières

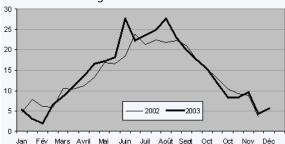
Pour qualifier le potentiel d'exploitation des rivières, la Moselle servira de référence étant le cours d'eau principal du territoire. Les températures de l'eau évolue entre 2°C et 25°C (voir ci-contre). D'après les mesures de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse entre 1971 et 1990 sur la station d'Epinal, les débits de la Moselle évolue entre 8 m³/s et 4 m³/s.

Bien que les températures ne soient pas négatives, les débits inférieurs au seuil de 15L/s¹⁸ exclut tout potentiel d'exploitation.

RADIATION CHALEUR ÉPILIMNION THERMOCLINE HYPOLIMNION

Températures d'eau de la Moselle en 2002 et 2003

Source: Agence de l'eau Rhin-Meuse



Secteur Moselle-Sarre en amont des centrales électriques (station de surveillance du Millery)

• Potentiel des rejets d'eaux usées

Il est également possible d'envisager l'extraction des calories en aval des stations d'épuration. Néanmoins, la faible densité de population semble indiquer que le seuil de 15L/s ne sera pas atteint, ce qui exclut ce gisement potentiel. En revanche, l'existence de nombreuses références présentant des temps de retour de moins de 7 ans démontre que les eaux usées des piscines intercommunales et les eaux blanches des exploitations agricoles représentent des gisements intéressants.

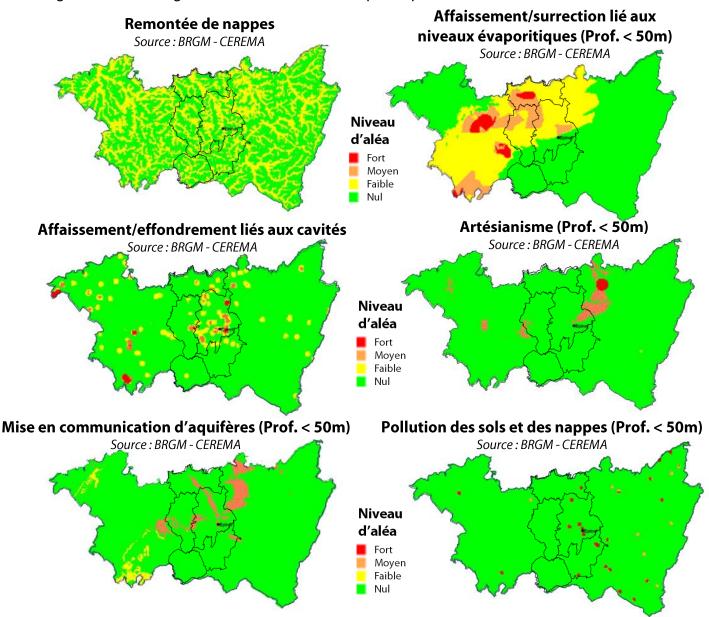
Le bilan des ces analyses traduisent un faible potentiel de valorisation des eaux de surface, limité à la production d'eau chaude dans des secteurs très ciblés.

¹⁸ Référence issue de l'étude menée en 2011 par ANTEA GROUP: «Evaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement Région Provence – Alpes – Côte d'Azur »

3.5 Risques associées au forage pour la géothermie de minime importance

Les dispositifs mis en place par le décret 2015-15 du 8 janvier dernier sont entrés en application depuis le 1er juillet : il s'agit de mesures simplifiant les procédures de mise en œuvre de petites installations de géothermie. Celui-ci définit le zonage des régimes déclaratifs pour les forages géothermique de minime importance.

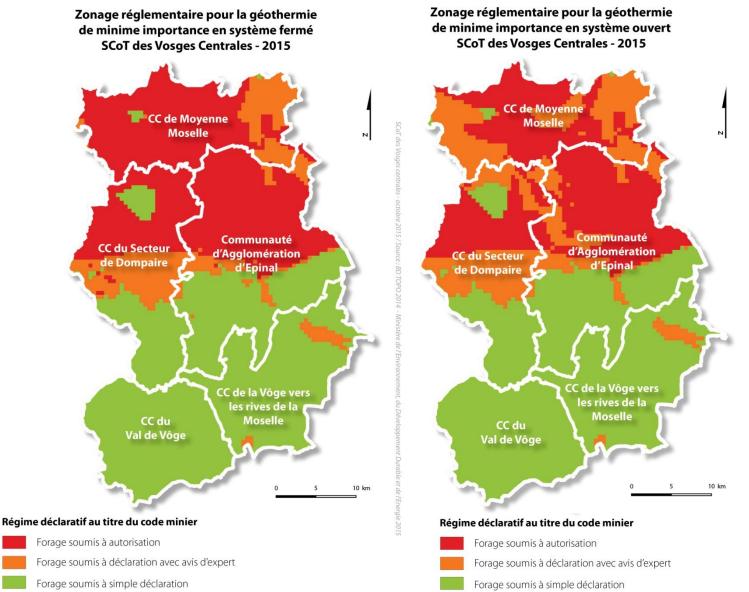
Ce zonage résulte de l'analyse des risques illustrés par les cartes suivantes extraites du guide méthodologie mise à la consultation du public par les services de l'Etat¹⁹:



Premier constat: les cartes des aléas ci-dessus montrent que seule une partie mineure du territoire présente un risque fort pour le forage. La partie Nord Ouest du territoire présentant le plus faible potentiel aquathermique cumule également un risque d'affaissement/surrection lié aux niveaux évaporitiques.

¹⁹ Voir: http://www.geothermie-perspectives.fr/sites/default/files/guidemethodo consultation.pdf

La répartition des risques sur une partie restreinte du territoire et le nouveau cadrage réglementaire lié aux forages confortent le potentiel du territoire en géothermie. On notera tout de même des aléas dans le Nord du SCoT qui soumet le forage à autorisation.



Régime déclaratif actualisé mis en ligne sur <u>www.geothermie-perspectives.fr</u>

3.6 Synthèse du potentiel

La mise en place d'une *Pompe A Chaleur (PAC)* sera d'autant plus performante en présence d'émetteurs basse température pour le chauffage *(plancher chauffant, radiateurs basse température)*. **Leur potentiel de développement sera ainsi plus fort pour la construction neuve,** où le besoin en chaleur est limitée par les exigences de la RT2012, **que dans l'ancien**, qui pourra nécessiter d'adapter le système de chauffage.

Dans une logique d'optimisation de la ressource du territoire, il convient en outre de faire connaître les zones les plus favorables à leur installation et d'y privilégier leur usage. Ces zones se caractérisent par des écarts de température réduits entre le milieu prélevé et les besoins thermiques du bâtiment, ce qui favorise le niveau de performance de la PAC et la rend ainsi concurrentielle aux autres énergies. Une analyse en coût global sur la durée de vie du bâti, incluant les frais d'investissement, de maintenance et d'alimentation, est un préalable en amont de la réflexion pour démontrer leur pertinence.

Le potentiel de développement de l'aérothermie s'appuie essentiellement sur un coût d'achat parmi les plus bas du marché, cependant des précautions sont à prendre sur l'affichage de leur performance et de leur durée de vie, du fait de l'usure anticipée induite par les rigueurs du climat vosgien. Il convient néanmoins de rappeler qu'en dessous d'un Coefficient de Performance (COP) de 3, le système consomme plus d'énergie primaire pour produire, transporter et distribuer l'électricité, que pour fournir de la chaleur. En périodes de grand froid, leur COP se dégradant considérablement, leur fonctionnement viennent renforcer les pics de consommation électrique, qui engendrent le relais des centrales thermiques fossiles pour répondre au phénomène.

L'extraction des calories sur l'air ambiant affiche des rendements très intéressants, que ce soit sous forme de ventilation double flux, de chauffe-eau thermodynamique ou dans le cadre de transfert de chaleur entre les systèmes frigorifiques et le traitement d'ambiance dans le tertiaire. Diverses sources d'air chaud peuvent ainsi également être exploitées en industrie, mais aussi dans les parkings fermés des zones urbaines.

La géothermie de minime importance présente un potentiel majeur pour le territoire à différents niveaux. Avant tout, parce que les systèmes sur sondes verticales offrent des retours sur investissements intéressants dans l'existant, autant pour l'habitat, le collectif que pour le tertiaire. Bien que peu répandue, la technologie des fondations thermo-actives peut également être une solution pour les bâtiments tertiaires avec des besoins de froid.

Ensuite, parce que l'ensemble du territoire présente des nappes d'eau souterraines à fort potentiel et faible profondeur, notamment dans la moitié sud du SCoT et au niveau de la nappe alluviale de la Moselle. Néanmoins, l'absence de garantis sur le potentiel aquathermique du territoire se traduit par un faible potentiel de développement du doublet géothermique pour l'habitat et le petit collectif, à moins de mettre à disposition une meilleure caractérisation des aquifères superficiels. En revanche, l'économie d'échelle rend compétitif l'aquathermie pour le tertiaire, d'autant plus si une production de froid est nécessaire.

La répartition des risques sur une partie restreinte du territoire et le nouveau cadrage réglementaire lié aux forages conforte le potentiel du territoire en géothermie. On notera tout de même des **aléas dans le Nord du SCoT**.

La valorisation des eaux de surface (lacs, rivières, étangs, eaux usées) ne présente pas d'intérêt sur le territoire en raison de débits insuffisants, sauf dans le cas de la production d'eau chaude au niveau des piscines intercommunales et en agriculture sur les eaux blanches.

Enfin, le contexte géologique profond du territoire offre des opportunités en terme de recherche-développement pour la production d'électricité et pour l'alimentation de l'industrie en chaleur.

Au niveau du SCoT, sur 16 bâtiments publics alimentés par des EnR, seuls deux ont recours à la technologie des pompes à chaleur, alors que la Région a soutenu plus d'une quarantaine de projets collectifs en Lorraine. Ce constat traduit la faible valorisation des ressources géothermiques, aquathermiques et aérothermiques locales. **Pour optimiser le potentiel territorial, la filière a besoin que les collectivités donnent l'exemple**. Cette démarche traduit concrètement l'esprit du label *Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte*, et ce d'autant plus que l'ensemble des systèmes de pompes à chaleur sont fabriqués au niveau local.

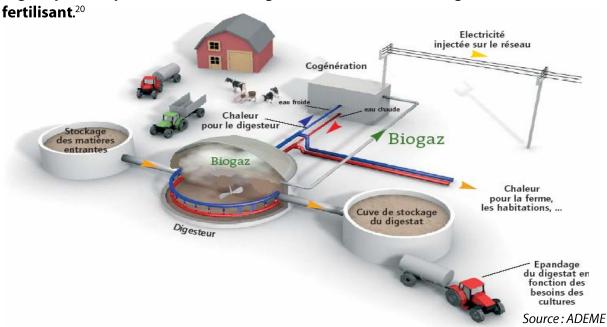
IV. POTENTIEL TERRITORIAL EN MÉTHANISATION

4.1	p. 70
PRINCIPE DU PROCÉDÉ	
4.2	p. 73
UN GISEMENT SUSCEPTIBLE DE COUVRIR	
20% DES BESOINS EN GAZ NATUREL	
4.3	p. 78
UN POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT	
FONCTION DE LA TAILLE DES UNITÉS	
4.4	p. 82
SYNTHÈSE DI I POTENTIFI	

4 Potentiel territorial en méthanisation

4.1 Principe du procédé

La méthanisation est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques en produisant une énergie renouvelable et un digestat utilisé comme



En l'absence d'oxygène (digestion anaérobie), la matière organique est dégradée partiellement par l'action combinée de plusieurs types de micro-organismes. Une suite de réactions biologiques conduit à la formation de biogaz (composé majoritairement de méthane) et d'un digestat. Pour maximiser le rendement de ces réactions, la matière est placée à l'intérieur d'une grosse cuve (appelé digesteur) qui est fermée, chauffée, brassée sans entrée d'air et à l'abri de la lumière.

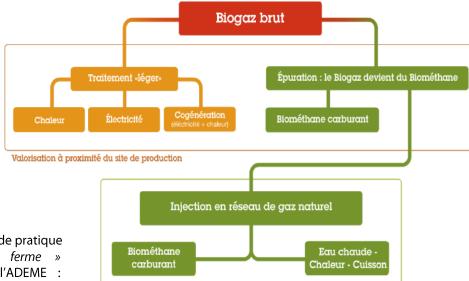
4.1.1 Valorisations possibles

Une fois produit, le biogaz peut être valorisé:

- à proximité du site par cogénération sous forme de chaleur et d'électricité
- en dehors du site sous forme de biométhane pour être injecté dans le réseau de distribution ou utilisé comme carburant.

Modes de valorisation associés à la méthanisation

Source: Assemblée Permanente Des Chambres d'Agriculture (APCA)



²⁰ Cet introduction est extraite du guide pratique intitulé « *Méthanisation à la ferme* » téléchargeable sur le site de l'ADEME : www.ademe.fr

Valorisation en dehors du site de production : lorsque le besoin de chaleur ou de carburant est distant de l'unité de production

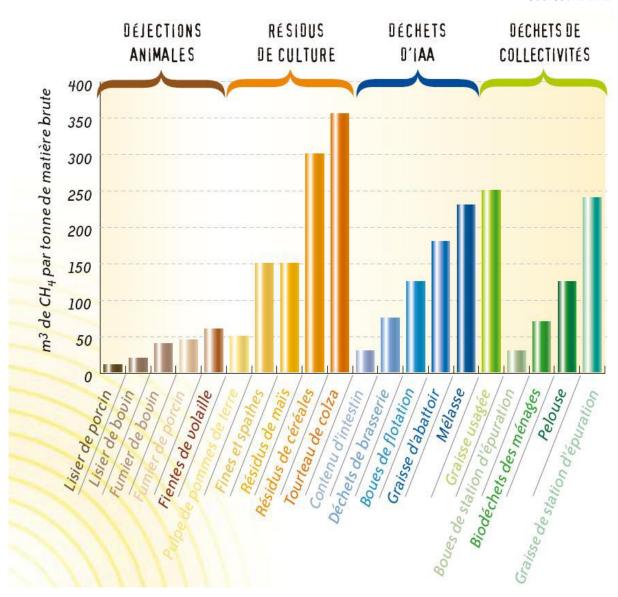
4.1.2 Intrants méthanisables

Pour une production maximale de méthane, il est préférable d'utiliser des substrats riches en graisses, protéines et hydrates de carbone car leur dégradation entraîne la formation importante d'acides gras volatils, principaux précurseurs du méthane.

Le choix des matières organiques utilisées et leur mode d'incorporation (quantité, fréquence) est le point le plus sensible de la gestion d'une installation. En effet, une alimentation non équilibrée et mal gérée peut entraîner un disfonctionnement des bactéries voire leur mort par acidose.

Potentiel méthanogène de différents substrats et co-substrats





• Les déjections animales :

Elles sont particulièrement intéressantes à utiliser quand elles sont produites en quantités importantes et régulières.

Le lisier est adapté à la méthanisation compte tenu de son état liquide qui facilite sa manipulation et qui permet de diluer les autres substrats. Malgré un faible potentiel méthanogène, les lisiers sont indispensables car ils apportent des bactéries fraîches, ils ont un fort pouvoir tampon (stabilise le pH), ce qui facilite les réactions bactériennes et assure une stabilité du milieu.

Les fumiers sont également intéressants car ils ont un taux de matière sèche plus élevé et ils peuvent servir de support pour les bactéries à l'intérieur du digesteur ; cependant, leur aspect solide les rend plus difficiles à manipuler et plus chers à utiliser (injection dans le digesteur et brassage énergétivore). Ils sont donc, soit mélangés avec le lisier dans la pré-fosse puis envoyés par pompe dans le digesteur, soit introduits à l'aide d'une trémie.

• Les résidus de culture :

Les résidus de cultures: pailles, tourteaux, pulpes, fanes,... ont souvent de hautes teneurs en carbone et sont facilement assimilables dans le digesteur; ils sont donc de bons substrats pour la méthanisation.

• Les co-substrats:

Les quantités et le potentiel méthanogène des substrats issus de la ferme sont en général insuffisants pour rentabiliser une installation. Il faut donc trouver des substrats extérieurs à l'exploitation, afin de réaliser une co-digestion. De plus, la prise en charge de ces déchets est une prestation de service pour le fournisseur qui donne lieu à une rémunération de l'agriculteur. Ces co-substrats peuvent provenir:

- o **d'industries agro-alimentaires** : déchets de légumes ou de fruits, petit lait, huiles, graisses,...
- o **de collectivités** : tontes, feuilles, biodéchets des ménages, boues de station d'épuration,...
- o de restaurateurs privés ou collectifs,
- o de grandes et moyennes surfaces de distribution,...

Déterminer le potentiel du territoire au développement de la méthanisation consiste donc dans un premier temps: à identifier et quantifier les sources de matières méthanisables susceptibles d'être produites localement, puis dans un deuxième temps: à confronter ce gisement brut aux problématiques de mobilisation de la ressource et de valorisation énergétique.

4.2 Un gisement susceptible de couvrir 27% des besoins en gaz naturel

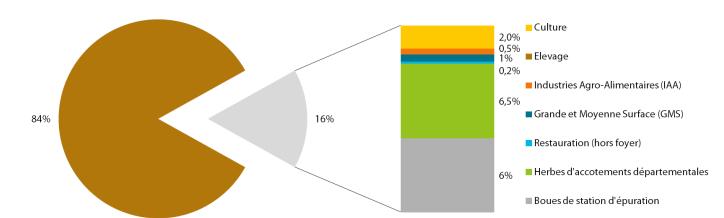
4.2.1 Un gisement essentiellement agricole

Le Centre Régional pour l'Innovation et le Transfert de Technologies (CRITT) Agria Lorraine²¹ vient tout juste de publier les résultats d'une étude de gisement²² visant à évaluer et localiser la production de substrats méthanogènes. Basés sur la compilation de différentes données statistiques, enquêtes et entretiens, les résultats sont agrégés par canton. Ils donnent une **production théorique** en décamètre cube (dam³) de méthane par an, **indépendamment de la capacité à mobiliser le gisement**. Le tableau suivant compile les données des cantons touchés par le SCoT et les complète par le productible associé boues de stations d'épuration des collectivités et des industries du territoire :

Gisements	Culture	Elevage	Industries Agro- Alimentaires (IAA)	Grande et Moyenne Surface (GMS)	Restauration hors foyer	Herbes d'accotements départementales	Boues de station d'épuration industrielle et collective	TOTAL CANTONS SCOT
Production								
de biogaz	370	15 494	91	115	39	1 192	1 180	18 480
(dam3/an)								

Le gisement identifié par Agria Lorraine, complété des données sur les boues de station d'épuration, équivaut à un potentiel brut de production de 18 480 dam³ de biogaz par an, soit 184.2 GWh, essentiellement issus de l'élevage à hauteur de 84%.

Gisement méthanogène annuel - SCoT des Vosges Centrales Source: Etude CRITT Agria Lorraine 2014 - OIV - Norske Skog - Münksje



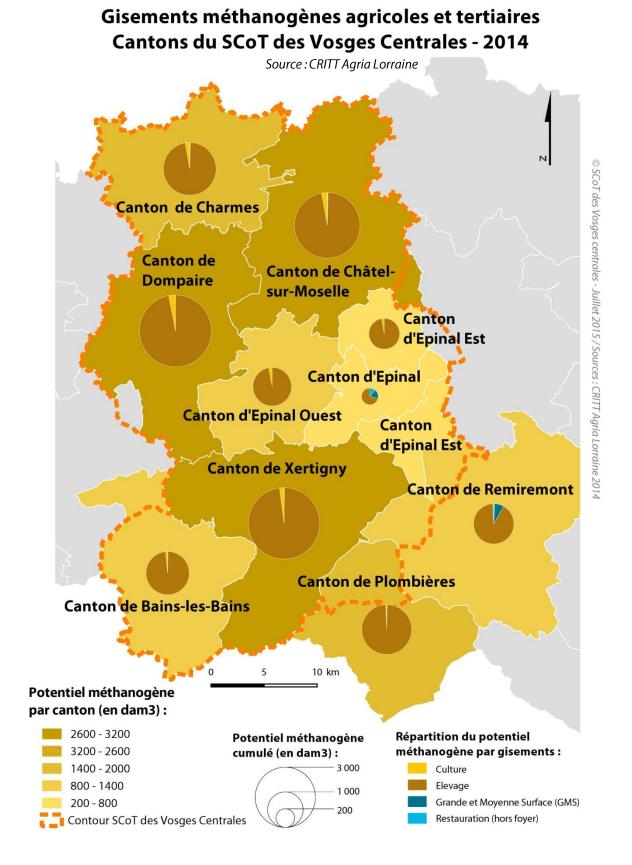
Ramené à la production moyenne des consommations annuelles de gaz naturel entre 2010 et 2013 : 878 GWh (*Source : GRDF*), on peut dire que **le gisement serait à même de couvrir 27% des besoins du territoire en gaz naturel.**

Attention : la valorisation de ces gisements ne nécessite pas forcément une injection dans le réseau de distribution de gaz : voir 4.1.1.

²¹ Agria Lorraine est une association d'industriels créée pour favoriser et dynamiser le développement des projets de valorisation des agro-ressources des entreprises lorraines : agro-alimentaires et VANAPA (Valorisation Non Alimentaire des Production Agricoles).

²² Etude intitulée « *Développement de la méthanisation dans le secteur de l'industrie agroalimentaire en Lorraine* », Agria Lorraine, 2014

La carte ci-dessous précise la répartition des gisements agricoles (élevage et culture) et tertiaires (GMS et restauration) du territoire, ce qui traduit le niveau d'incertitude dû au périmètre non compatible à celui des cantons.



4.2.2 Un gisement à préciser et à compléter

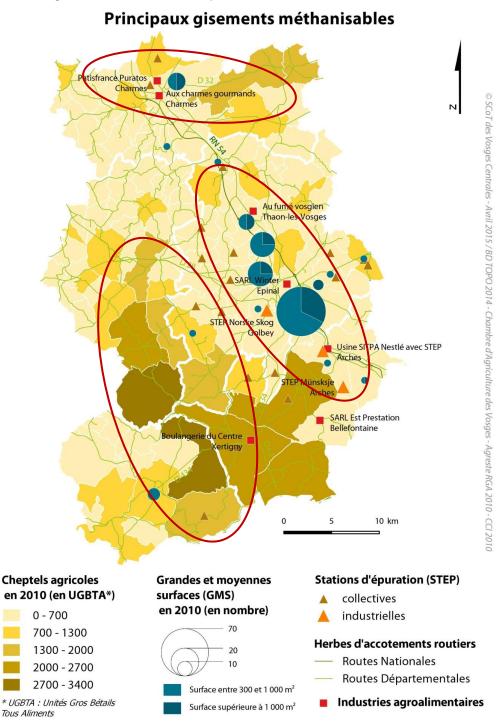
L'intérêt de l'étude du CRITT Agria Lorraine réside dans l'évaluation de la part que le biogaz serait à même de tenir dans le mix énergétique des Vosges Centrales. Ses résultats appellent les élus locaux et acteurs du territoire à se saisir des problématiques de mise en œuvre de cette énergie renouvelable. Il convient néanmoins de préciser certains points pour ne pas s'y méprendre:

- L'étude pointe le secteur agricole comme premier gisement méthanogène du territoire, or ses résultats se basent sur les données statistiques de l'enquête Agreste de 2010 et sur l'enquête du bureau d'études AWIPLAN datant de 2008, qui n'a eu que 25% de retours. Compte tenu de la part que prend ce gisement sur le territoire (84%) et des incertitudes associées à sa mobilisation, il conviendrait de mener une enquête plus fine au niveau du SCoT pour connaître le potentiel réel que les agriculteurs seraient disposés à valoriser.
- L'étude cible comme deuxième gisement susceptible d'être méthanisé, les herbes des accotements routiers (6.5%). **De nombreuses réserves sont à prendre sur ce substrat du fait de sa contamination**: en effet la présence de plomb, de particules fines, etc. est régulièrement observée. Les coûts de traitement pour permettre l'utilisation du substrat comme intrant et les normes associées à la valorisation des sous-produits remettent en question la rentabilité de son exploitation.
- Les compléments apportés par le Syndicat montre que les boues des stations d'épuration peuvent également être considérées comme un intrant considérable (6%). Sur le territoire, la production de boues issue des collectivités du territoire est estimée à 2 802 tonnes, ce qui reste très marginale par rapport aux productions des stations d'épurations des industriels, tels que Norske Skog à Golbey, (80 000 t/an), Münksje à Arches (8 000 t/an) ou encore SITPA-Nestlé à Arches (tonnage inconnu). Seule une analyse technico-économique approfondie permettra de dire si leur valorisation par méthanisation est plus intéressante que le traitement actuel (par séchage et incinération ou par épandage).
- Le CRITT évoque les déchets des GMS et de la restauration or le Syndicat Intercommunal de Collecte et de Valorisation des Déchets (SICOVAD) en valorise déjà 800 à 1 000 tonnes par an et projette d'optimiser la collecte des biodéchets pour augmenter la production de compost. Ces deux débouchés rentrent ainsi en concurrence. Au regard des prix pratiqués pour la vente de compost pour les particuliers et de la forte demande (3.30€/sac de 50L contre 6€/t pour les agriculteurs), le SICOVAD n'aurait aucun intérêt économique à valoriser ce tonnage pour un procédé de méthanisation externe au site.

A noter: Il n'est par rare de voir une plateforme de compostage accueillir une unité de méthanisation, mais celle du SICOVAD à Epinal semble être inadaptée. Deux raisons l'expliquent: tout d'abord, son manque de proximité avec les réseaux de distribution de gaz et d'électricité, mais aussi les investissements nécessaires en terme de criblage et de tri supplémentaire pour rendre les déchets verts collectés sur le site, suffisamment qualitatif pour être acceptés comme intrants: quasi-absence de matières minérales et de tout autre déchet issu du refus de tri. En revanche, la question reste entière pour le GAEC de Nomexy, valorisant en compost un peu moins de 500 tonnes de déchets verts par an issues de la CC de la Moyenne Moselle.

4.2.3 Zonage des gisements prioritaires par débouchés énergétiques

Pour avoir une vision plus fine qu'à l'échelle du canton, la carte suivante situe plus précisément les gisements mentionnés précédemment :



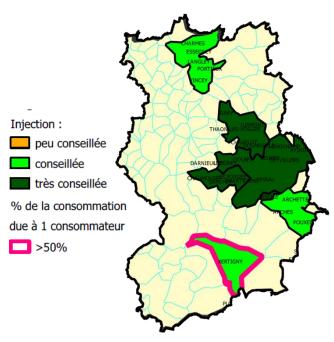
Cette configuration permet de mettre en évidence 3 principales zones :

• Au Sud/Sud-Ouest du territoire: où l'importance des cheptels agricoles permet d'envisager le rapprochement d'agriculteurs pour la mise en œuvre d'unités de méthanisation individuelle ou en petit collectif. C'est d'ailleurs dans cette zone, à Charmois-l'Orgueilleux, que la première unité du territoire a vu le jour en 2014.

Au niveau de la vallée de la Moselle : bien que la Communauté d'Agglomération et l'Est de la CC de la Vôge vers la Rive de la Moselle ne disposent pas d'importants cheptels agricoles, la concentration de d'épurations collectives stations industrielles, d'un nombre important de GMS et de 4 IAA permet d'envisager le développement d'unités de méthanisation avec injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel. C'est d'ailleurs sur la commune de Girancourt que devrait émerger à l'horizon 2016 la première unité avec injection en réseau, portée par un regroupement d'agriculteurs. Un autre avantage de cette zone est la proximité avec l'aire urbaine du territoire, qui facilite une valorisation optimale de la chaleur. C'est aussi cette zone où circule la flotte de bus interurbains qui pourrait être alimentée par Gaz Naturel Véhicule (GNV).

Potentiel d'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel

Source: GRDF, 2014



 A proximité de Charmes: cette zone concentrant des gisements agricoles, industriels et tertiaires, le développement de la méthanisation individuelle et en petit collectif y semble également favorable. Leur proximité d'un pôle urbain permet d'envisager une valorisation de la chaleur pour des bâtiments collectifs.

4.2.4 Un territoire à animer pour mobiliser les gisements

Pour préciser le potentiel de méthanisation du SCoT, il est opportun d'approcher les acteurs de terrain, producteurs du gisement, par ordre décroissant de volume et de pouvoir méthanogène des effluents susceptibles d'être mobilisés.

- 1. Prendre l'attache des industriels disposant d'une station d'épuration est donc la première étape à suivre pour approfondir le potentiel. Au regard du volume potentiel (de l'ordre de 50 000 tonnes par an) et de sa facilité de mobilisation, car concentré sur un seul site, on peut ainsi disposer d'une production permettant d'envisager l'alimentation d'une flotte de véhicules.
- 2. Compte-tenu que le pouvoir méthanogène de leurs substrats sont 2 à 3 fois supérieurs aux lisiers agricoles, il convient dans un deuxième temps d'approcher les IAA du territoire.
- 3. Cette dernière étape pourrait être associée à l'analyse du gisement agricole à proximité de ces sites couplée à des actions d'animation territoriale à destination des agriculteurs,
- 4. avant d'être généralisée sur l'ensemble du territoire et en particulier sur la zone Sud/Sud-Ouest du SCoT.

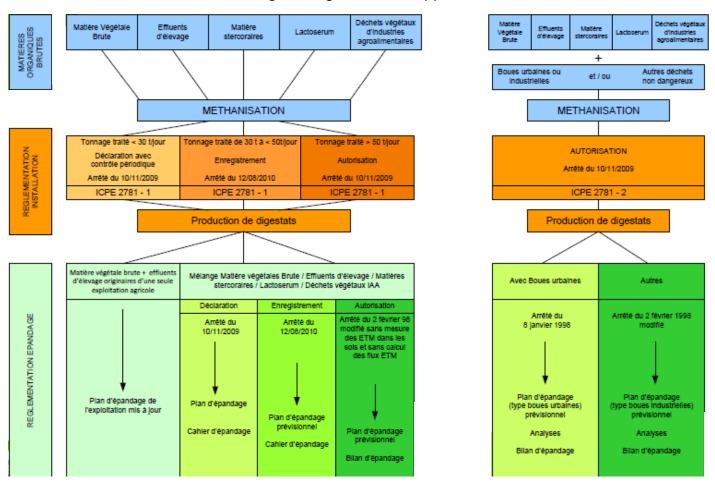
4.3 Un potentiel de développement fonction de la taille des unités

Bien que le procédé technologique soit quasiment le même pour toutes les configurations, les procédures réglementaires liées au régime déclaratif et au plan d'épandage des digestats, la qualité des intrants, la durée de mise en œuvre du projet et les niveaux d'investissement différent entre les scénarios possibles:

- Méthanisation individuelle ou en petit collectif: implantation de l'unité sur une exploitation agricole autosuffisante ou regroupement d'agriculteurs pour optimiser le volume d'effluents méthanogènes. Production énergétique par cogénération avec revente de l'électricité à EDF et valorisation de la chaleur dans les bâtiments et/ou process de l'exploitation, voire ceux à proximité.
- **Méthanisation territoriale**: regroupement d'une vingtaine d'agriculteurs pour approvisionner l'unité. Complément des intrants par l'apport d'effluents non agricoles: IAA, biodéchets de collectivités, voire boue de stations d'épuration...
 - o **avec valorisation thermique**: Implantation de l'unité à proximité d'un bâtiment collectif qui profitera de la chaleur issue de la cogénération.
 - o **avec injection en réseau**: Implantation de l'unité à proximité d'un poste d'injection. Procédé d'épuration du biogaz en biométhane.
- Méthanisation industrielle avec production de biogaz carburant: implantation de l'unité en zone industrielle. Traitement de boues urbaines ou industrielles, voire d'autres déchets non dangereux et approvisionnement d'une station GNV.

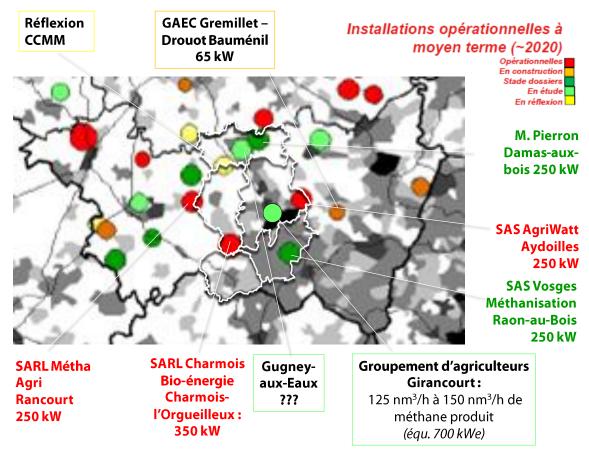
4.3.1 Des procédures dépendant du volume et de la nature des effluents traités

Le schéma suivant traduit les régimes réglementaires applicables aux différents scénarios :



Le régime déclaratif des unités de méthanisation est celui des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). On retiendra de façon générale qu'une unité est soumise à autorisation lorsque le tonnage journalier des effluents traités dépasse le seuil de 50 tonnes et dès l'intégration de sous-produits animaux de catégorie 2 et 3 (carné, lait, œufs...) et de boues de stations d'épuration. Il en découle une durée du projet plus longue (de l'ordre de 3 à 5 ans, contre 1 à 2 ans pour un projet soumis à déclaration) et des procédures plus strictes, notamment pour le plan d'épandage du substrat produit.

On comprend ainsi pourquoi les premiers projets à émerger sont des projets agricoles individuels ou en petit collectif et que l'intégration de boues de station d'épuration est rarement choisie. La carte suivante des projets connus par l'ADEME au 1^e janvier 2015 traduit bien ce constat: hormis une réflexion menée au niveau de la CC de la Moyenne Moselle, l'ensemble des projets connus sont d'origine agricole.

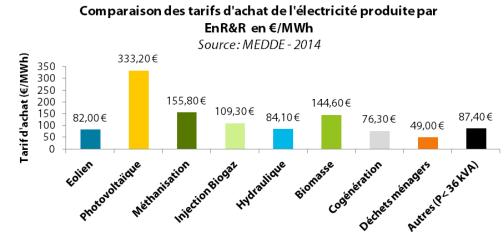


4.3.2 Un potentiel de développement des projets agricoles limité par la fiscalité

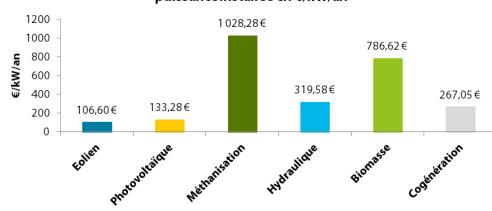
D'un point de vue économique, on retiendra les ratios suivants qui donnent une idée des investissements, à dire d'expert, d'un projet de méthanisation agricole :

- Coût moyen d'une unité:
 - o **Installation:** 3500 €/kW_{th} à 10 000 €/kW_{th}
 - o **Réseau :** entre 150€ et 500€ (sous voirie) par mètre linéaire
- Rentabilité d'un projet net : 11 à 12 ans pour un contrat de rachat sur 15 ans
- Taux d'aides publiques: de l'ordre de 15 à 20% du coût du projet

Bien que le tarif d'achat de produite l'électricité méthanisation soit parmi les plus incitatifs des EnR, notamment lorsqu'il est ramené au kWe installé (voir diagrammes ci-contre), les temps de retours sur investissement des projets agricoles restent relativement modestes, ce qui limite l'essor de la filière. Cette réalité risque d'ailleurs d'être confortée par les nouvelles mesures fiscales de la issues loi modernisation agricole, qui fait évoluer le montant de la taxe foncière en fonction du niveau d'investissement de l'exploitation. Cette mesure impactera le temps de retour des unités méthanisation au risque de freiner totalement leur développement.







A noter: la loi de transition énergétique pour la croissance verte, adoptée le 22 juillet 2015, prévoit la modification des conditions d'achat de l'électricité. A partir de 2017, pour les projets dont la puissance électrique est supérieure à 500 kW_e, les tarifs seront définis par appel d'offre. Cette mesure, qui se traduit par un manque de visibilité de la rentabilité des projets, risque également de dissuader certains investisseurs.

4.3.3 Les cultures énergétiques : une nécessité qui fait débat

Pour améliorer les temps de retours sur investissements, l'intégration de cultures énergétiques (maïs, betterave,...) et de résidus de culture (pailles, tourteaux, pulpes, fanes,...), dont le pouvoir méthanogène est 3 à 7 fois supérieur aux lisiers (voir chapitre 4.1.2), s'avère une nécessité pour les exploitants de centrales de méthanisation.

Leur usage est pourtant vivement critiqué, comme en témoignent les nombreuses réactions des élus locaux à leur égard, qui souhaitent préserver la vocation nourricière des surfaces agricoles. L'Allemagne est souvent citée comme contre-exemple pour sa politique d'incitation en faveur de leur intégration, mais il convient de garder toute proportion de comparaison par rapport aux objectifs politiques de la France en faveur de la méthanisation.

Le plan national *Energie Méthanisation Autonomie Azote*²³ initié en 2013, prévoit l'implantation de 1 500 unités à l'horizon 2020, contre environ 200 installations existantes en 2015 et 8 000 en Allemagne (*l'équivalent de 2 tranches nucléaires*). Si la surface moyenne de cultures énergétiques associée à la méthanisation était la même que celle observée en Allemagne (de l'ordre de 100 ha par unité en moyenne), leur surface ne représenterait que 0.4% de l'assolement français (*source : Chambre d'Agriculture des Vosges*).

Par ailleurs, les aides publiques accordées par la Région, le Département, l'ADEME, l'Union Européenne et les services de l'Etat, via le tarif d'achat, conditionnent leur usage à un seuil équivalant à 25% de la production de biogaz associée. Le nombre d'installations au 1^e janvier 2015 dépassant ce seuil témoigne de l'engagement des financeurs pour cadrer leur usage : 3 sur 55 (5%).

Le recours à des cultures intermédiaires comme intrants à la méthanisation est une alternative promue par l'ADEME pour associer rentabilité économique et protection de l'environnement²⁴. En Lorraine en 2015, 13 unités de méthanisation sur 55 (24%) en font l'usage (voir tableau ci-contre).

Taux de culture énergétique sur 55 projets connus en Lorraine

Source : ADEME 01/01/2015

Part de cultures énergétiques par exploitation	Cultures Dédiées (en nombre d'unités)	Cultures Enrgétiques au sens large (en nombre d'unités)
0-5%	33	15
5-10%	3	3
10-15%	4	6
15-20%	4	6
20-25%	8	12
>25%	3	13
Total	55	55

Enfin, il convient également de mettre en perspective les surfaces associées à ces cultures aux surfaces dédiées aux activités de loisirs, (golf, activités équestres...), à la production de sapin de noël et de biomatériaux, qui dépassent de loin leur assolement.

4.3.4 La méthanisation territoriale conditionnée par la structuration de la filière

Pour lever les freins liés au développement de projets de méthanisation territoriaux structurants permettant la valorisation des boues de station d'épuration industrielle ou collective, l'injection en réseau, la valorisation de la chaleur des bâtiments collectifs ou l'alimentation d'une flotte de bus en GNV, la mise en place de partenariats public- privé entre l'ensemble des acteurs concernés (IAA, coopératives agricoles, énergéticiens, collectivités, certaines industries consommatrices de chaleur ou productrices d'effluents valorisables, voire même les transporteurs) serait un préalable.

Ce regroupement pourrait se faire sur la base d'un schéma de développement pour les filières de méthanisation, précisant le potentiel des territoires et les zones favorables pour accompagner son développement. L'expertise de la Chambre d'agriculture des Vosges, forte de ses missions d'accompagnement et de suivi, est un atout pour le territoire, sur lequel doit s'appuyer les collectivités pour piloter l'action.

Outre le partage d'une vision commune sur les gisements potentiels, le partenariat pourrait également travailler à la structuration de nouveaux modèles économiques facilitant le financement des projets (investissement participatif, SEM, SCIC...).

²³ Voir: http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-Plan-Energie-Methanisation,32028.html

²⁴ « Introduire des cultures intermédiaires pour protéger le milieu et mieux valoriser l'azote », fiche de référence Agriculture et Environnement n°4, ADEME

4.4 Synthèse du potentiel

La méthanisation est un procédé qui, par la production d'une énergie renouvelable locale, offre des **avantages autant environnementaux** (réduction de la pollution due au lessivage de l'azote, réduction drastique des gaz à effet de serre, de l'utilisation d'engrais chimiques et de produits phytosanitaires) **qu'agronomiques** par la transformation d'un déchet agricole en un produit fertilisant, avec suppression des odeurs et des germes pathogènes. Son développement permet un véritable **développement de la ruralité qui conforte les exploitations agricoles existantes, en diversifiant leurs activités et débouchés et en réduisant leurs factures liées à l'achat d'engrais. Il offre également à la profession un regain d'image, où, contrairement au passé, l'agriculteur apparaît comme dépollueur, offrant ainsi un regard nouveau auprès des jeunes pour la relève des 44% d'exploitants du territoire qui ont plus de 50 ans.**

Selon l'analyse du CRITT Agria Lorraine, le gisement brut susceptible d'être valorisé sur le territoire est conséquent. Il permettrait de couvrir l'équivalent de 27% des besoins en gaz naturel. L'étude précise également que 84% du gisement repose sur la valorisation d'effluents d'élevage. Néanmoins, le niveau d'incertitude relatif à son estimation, l'échelle d'approximation cantonale sur laquelle est produite la donnée et la non prise en compte des boues de stations d'épuration, notamment industrielles, nécessitent d'affiner et de compléter l'analyse en couplant l'information aux débouchés énergétiques du territoire.

Une première approche cartographique à la maille communale a permis d'identifier **3 zones potentielles prioritaires de développement** de la méthanisation, présentant des débouchés énergétiques caractéristiques :

- Au Sud/Sud-Ouest du SCoT: où l'importance des cheptels agricoles permet d'entrevoir le rapprochement d'agriculteurs pour la mise en œuvre d'unités de méthanisation individuelle ou en petit collectif;
- Au niveau de la vallée de la Moselle : présentant un potentiel pour le développement d'unités de méthanisation avec injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel et alimentation d'une flotte de bus interurbains par Gaz Naturel Véhicule (GNV);
- A proximité de Charmes: où la diversité des gisements agricoles, industriels et tertiaires et leur proximité d'un pôle urbain rend compatible le développement de la méthanisation individuelle, en petit collectif et au niveau territorial, suffisamment pour envisager l'alimentation en chaleur de bâtiments collectifs.

La lourdeur réglementaire d'un projet de méthanisation est fonction du volume et de la nature des intrants, ce qui agit sur son potentiel de développement. Pour faciliter l'émergence de projets de méthanisation territoriale, une structuration de la filière, visant le rapprochement des acteurs concernés, semble être un préalable autant pour la mobilisation du gisement que pour sa valorisation énergétique. Celle-ci pourrait se traduire par la définition d'un schéma de développement de la méthanisation, basé sur l'analyse complémentaire (citée précédemment), une animation territoriale et la structuration de nouveaux modèles économiques pour accompagner l'émergence des projets.

V. POTENTIEL TERRITORIAL EN ÉNERGIE SOLAIRE

5.1 LES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES CONSIDÉRÉES	_ p. 84
5.2 GISEMENT ET POTENTIEL SOLAIRE BRUT	p. 86
5.3 CAPACITÉS DU TERRITOIRE À MOBILISER	_ p. 90
LE GISEMENT 5.4	_ p. 97
L'INTÉRÊT DE PLANIFIER CONJOINTEMENT ÉLECTROMOBILITÉ ET PHOTOVOLTAÏQUE	
5.5 SOLAIRE THERMIQUE : UN POTENTIEL MITIGÉ DANS L'HABITAT ET LE COLLECTIF	p. 101
5.6 SYNTHÈSE DU POTENTIEL	p. 104

5 Potentiel territorial en énergie solaire

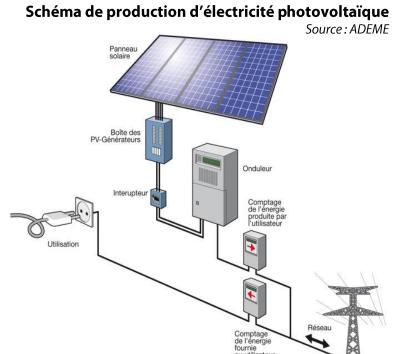
5.1 Les différentes technologies considérées

Les technologies considérées seront les suivantes :

• Solaire photovoltaïque sur toiture :

Le principe du photovoltaïque est la production d'électricité à partir de la lumière du soleil. Cette électricité peut être injectée sur le réseau de distribution ou Différentes autoconsommée in situ. technologies existent pour la production d'électricité photovoltaïque présentant des rendements variables: modules à base de silicium multicristallin, monocristallin, en cependant couche minces... distinction ne sera faite dans l'étude. Les modules standards à base de silicium multicristallin serviront de référence.

Différents types de mise en œuvre sont possibles qui impactent la puissance par unité de surface: sur bac acier, en tuiles photovoltaïques, en toiture terrasse, sur verrière... le module standard sur toiture inclinée servira de référence.



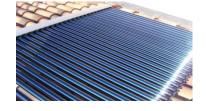
Les centrales photovoltaïques au sol sont écartées de l'étude en raison du positionnement ferme des élus locaux de ne pas voir cette technologie se développée sur le territoire.²⁵

Solaire thermique:

Les différentes technologies de capteurs permettant la valorisation des calories solaires sont choisies en fonction de l'usage souhaité :

- Capteurs sur plans vitrés ou capteurs sous vides (voir ci-contre): pour la production d'eau chaude et le chauffage de bâtiments. Ce dernier offrant un meilleur rendement car le vide créé à l'intérieur des tubes permet de réduire de façon conséquente les déperditions en chaleur.
- Capteur moquette (voir ci-contre): pour le chauffage de l'eau des piscines et des douches solaires.

Capteurs sous vides *Source: ADEME*



Principe d'un capteur moquette

Source : ADEME

Bouchon avec soupape de sécurité

Tuyau de connexion

Tuyau de connexion

Vanne Vanne de de contrôle dervation

EAU

FROIDE

FILTRE Vanne de dervation

EAU

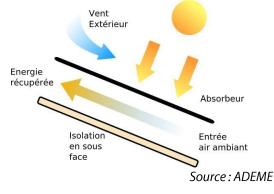
CHAUDE

²⁵ Position exprimée unanimement dans le cadre du groupe de travail de révision du SCoT dédié à l'énergie le 27 avril 2015.

 Capteur à air (voir ci-contre): pour le séchage de produits agricoles. Le principe est d'augmenter la température de l'air de 5 à 10°. Une élévation de 4° double la capacité de séchage de l'air et divise le temps de séchage par 2.

Les systèmes associés pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage des bâtiments sont les suivants :

- o Chauffe-Eau Solaire Individuel (CESI): pour la production d'eau chaude sanitaire dans l'habitat ou le tertiaire. Le principe consiste au transfert de chaleur entre un liquide caloriporteur chauffé par le soleil et la circulation d'eau sanitaire du bâtiment.
- Système solaire combiné (SSC) : même principe que le CESI pour la production couplée de chaleur et d'eau chaude sanitaire (ce système nécessitant des diffuseurs de chaleur basse température);



Rayonnement solaire Circuit primaire 1-Captage (fluide caloporteur chaud) Capteurs solaires Circuit primaire (retour du fluide caloporteur refroidi) 5-Distribution Pompe Alimentation circuit en eau chaude primaire 4-Appoint Système d'appoint Ballon d'appoint 3-Stockage Principe du chauffe-eau solaire collectif Ballon solaire Schéma simplifié Echangeur 2-Transfert

Principe d'un chauffe-eau solaire collectif
Source: ADEME

Chauffe - Eau Solaire Collectif (CESC): pour la production d'eau chaude sanitaire dans les logements collectifs (*voir ci-dessus*).

• Solaire aérovoltaïque :

Le procédé vise à optimiser la valorisation du rayonnement solaire en produisant à la fois de la chaleur et de l'électricité. L'aérovoltaïque permet ainsi d'exploiter 80% du potentiel solaire au lieu de 20% pour le photovoltaïque. Le principe est le suivant: au contact des panneaux, l'air aspiré sous les capteurs monte en température. Préalablement filtré et assaini, cet air chaud est ensuite insufflé dans la maison, selon le réglage de température défini par le thermostat d'ambiance. Et lors des chaudes nuits d'été, les panneaux peuvent apporter dans la maison un air rafraîchi grâce à leurs propriétés radiatives.



Principe de fonctionnement d'un système aérovoltaïque R-Volt®

Source: Systovi

Le système existe également couplé à un chauffe-eau thermodynamique (système R-PAC® de Systovi). L'air extérieur aspiré sous les capteurs solaires monte en température à leur contact, pour être ensuite insufflé dans le ballon pour chauffer l'eau.

L'intérêt du procédé réside dans la synergie entre le thermique, le photovoltaïque et la thermodynamique qui permet de maximiser la consommation d'énergie produite.

A noter: outre la validation des performances par le Solarkeymark, certification résultant d'une norme européenne drastique, le système R-PAC du fabricant Systovi a été récompensé par le Grand Prix Efficacité Energétique de l'ADEME, lors du salon Bâtimat 2013.

Notons également que l'entreprise vosgienne Li-Mithra Engineering basée à Uxegney est sur le point de lancer la production d'un système comparable. Une autre entreprise basée aux Forges travaille sur le développement d'un système solaire thermique innovant ayant la capacité de restituer la chaleur stockée préalablement dans le sol.

5.2 Gisement et potentiel solaire brut

5.2.1 Un gisement comparable au Sud de l'Allemagne

L'irradiation solaire permet de mesurer l'ensoleillement d'un territoire. Celle-ci varie en fonction du degré d'inclinaison de la surface ensoleillée. Les données suivantes prendront en compte un degré d'inclinaison optimum moyen de 34°. D'après les données du logiciel de simulation *PVGIS*²⁶, **l'irradiation solaire moyenne annuelle dans les Vosges est de 1 255 kWh/m², équivalente à celle des régions du Sud de l'Allemagne,** comme la Bavière, région la plus solarisée d'Europe, avec 20% de son mix électrique produit par le photovoltaïque.

Irradiation annuelle moyenne en Europe

Source: Solargis

Solargis

Solargis

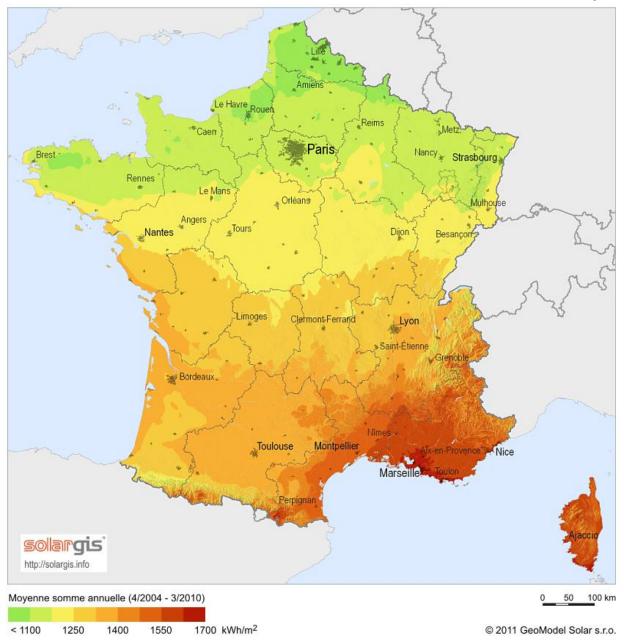
Moskva

²⁶ Logiciel en libre accès à l'adresse : http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

Au regard de la carte ci-dessous, l'irradiation globale semble relativement homogène, avec une légère nuance dans la partie Sud/Sud Ouest du SCoT qui présente un bénéfice de l'ordre de 6% par rapport au reste du territoire.

Irradiation globale horizontale en France

Source: Solargis



5.2.2 Un potentiel susceptible de couvrir 32% des besoins électriques

Selon *PVGIS*, la production moyenne photovoltaïque annuelle dans les Vosges est de 939 kWh/kWc²⁷/an. Dans le calcul suivant cette production sera considérée comme

constante sur l'ensemble du territoire.

Pour estimer le gisement photovoltaïque brut du SCoT, une estimation des surfaces des toitures des bâtiments a été réalisée par extrapolation de l'emprise au sol de la couche bâti de l'IGN pour l'année 2014.

Bien que plusieurs solutions techniques existent pour l'intégration de panneaux photovoltaïques sur un bâtiment (voir cicontre), seule l'intégration sur toiture sera prise en compte.



Source: ADEME Bretagne

Il existe 6 principaux types d'intégration:

1 Surimposition toiture
2 Intégration toiture
3 Mur-rideau (ou en verrière)
4 Garde-corps
5 Brise-soleil

Solutions d'intégration photovoltaïque

	Bardage (ou posé en toiture-terrasse ou dans un jardin)
--	--

Catégorie	Typologie	Surface (m²)	%
Maisons	Maisons individuelles, baraquements, bungalow, cabanes, chalets, granges, garages individuels, constructions diverses	7 140 592	65,02%
Immeubles (>10m de hauteur)	hospitaliors ótablissements scolaires musées prisons		5,26%
Bâtiments industriels	Abattoirs, ateliers (grands), bâtiments et hangars industriels (grands), constructions techniques, centrales électriques (bâtiments), entrepôts, scieries, usines	2 365 412	21,54%
Bâtiments commerciaux	centres commerciaux, hypermarchés, magasins (grands et isolés), centres des congrès	211 808	1,93%
Bâtiments agricoles	bâtiments d'élevage industriel, hangars agricoles, minoteries	407 243	3,71%
Serres	Serres, jardineries	33 890	0,31%
Bâtiments sportifs	Gymnases, piscines couvertes, salles de sport, tennis couvert, tribunes de stades, hippodromes, vélodrome	64 720	0,59%
Gares	Gares SNCF	3 857	0,04%
Mairies & Préfectures	Mairies & Préfectures	32 840	0,30%
Bâtiments non équipables	Bâtiments remarquables (églises, tours, donjons), réservoirs industriels	144 094	1,31%
TOTAL		10 981 746	100%

Cette surface est ensuite divisée par 2 si le bâtiment présente un faîtage: en effet, pour une habitation, un bâtiment public ou agricole, seul un pan de toit sur deux peut être équipé; pour les autres bâtiments, on considèrera que toute la toiture peut l'être.

Pour prendre en compte les contraintes d'exposition (ombrage du bâtiment dû à un obstacle) et d'orientation du bâtiment par rapport au Sud, des coefficients issus de l'expertise du bureau d'études AXENNE seront appliqués.

²⁷ Un Wc (Watt-crête) représente la puissance fournie sous un ensoleillement standard de 1.000 W/m² à 25°C.

Le tableau suivant synthétise la démarche :

Catégorie	Surface (m²)	Coefficient lié à l'inclinaison du toit	Coefficient de masque	Coefficient d'orientation	Surface potentielle (m²)	%
Maisons	7 140 592	0,5	0,95	0,85	2 883 014	49%
Immeubles (>10m de hauteur)	577 290	1	0,95	0,8	438 740	7%
Bâtiments industriels	2 365 412	1	0,95	0,95	2 134 784	36%
Bâtiments commerciaux	211 808	1	0,85	0,9	162 033	3%
Bâtiments agricoles	407 243	0,5	0,95	0,95	183 768	3%
Serres	33 890	1	0,95	0,8	25 756	0,4%
Bâtiments sportifs	64 720	1	0,8	0,95	49 187	0,8%
Gares	3 857	1	0,9	0,8	2 777	0,05%
Mairies & Préfectures	32 840	0,5	0,95	0,85	13 259	0,2%
TOTAL	10 837 652				5 893 320	100%

Seules 54% des surfaces de toiture du territoire semblent être disposés à recevoir une installation photovoltaïque.

Les bâtiments représentant un gisement sont avant tout le résidentiel (49%), les bâtiments industriels (36%) et les immeubles (7%).

Selon HESPUL²⁸, on estime à 8 m² la surface nécessaire équivalente à la capacité de production d'1kWc pour une installation standard. Cette estimation nous donne ainsi la production photovoltaïque moyenne sur le territoire, soit 117 kWh/m²/an de panneaux installés. Appliquée au calcul de surfaces précédent, on obtient le potentiel de production photovoltaïque annuel par type de bâti:

Le potentiel solaire photovoltaïque du territoire permettrait de produire annuellement l'équivalent de 690 GWh, soit 32% des besoins électriques du territoire.

NB: ce potentiel n'inclut ni les contraintes patrimoniales liées aux secteurs protégés pour des motifs culturel, historique ou écologique, ni les contraintes d'injection au réseau de distribution.

Catégorie	Surface potentielle (m²)	Production potentielle annuelle en GWh/an	Taux de couverture des besoins électriques du territoire	
Maisons	2 883 014	337	15,8%	
Immeubles (>10m de hauteur)	438 740	51	2,4%	
Bâtiments industriels	2 134 784	250	11,7%	
Bâtiments commerciaux	162 033	19	0,9%	
Bâtiments agricoles	183 768	22	1,0%	
Serres	25 756	3	0,1%	
Bâtiments sportifs	49 187	6	0,3%	
Gares	2 777	0	0,02%	
Mairies & Préfectures	13 259	2	0,1%	
TOTAL	5 893 320	690	32%	

89

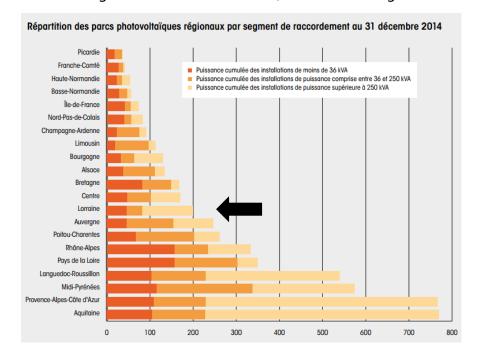
²⁸ Fiche pratique: « Les chiffres clefs de l'énergie dans un projet d'aménagement », HESPUL, 2015

5.3 Capacités du territoire à mobiliser le gisement

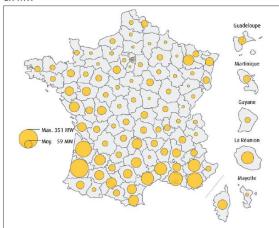
5.3.1 Une technologie qui semble boudée par les élus locaux

Au regard de la puissance photovoltaïque raccordée au niveau départemental (carte ci-contre), le département des Vosges ne semble pas s'être autant investi que ces voisins meurthe et mosellan et alsaciens.

Pourtant la politique incitative menée par la Région Lorraine jusqu'en 2011 la place à la deuxième place des régions du Nord de la France, derrière l'Auverge.



Puissance photovoltaïque totale raccordée par département au 31 mars 2015



Source: Service de l'observatoire et des statistiques, MEDDE

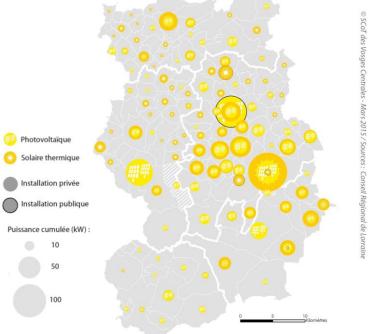
Source : Panorama de l'électricité renouvelable, RTE, 2014

Cette politique incitative a néanmoins eu des répercussions sur le territoire, puisqu'on recense 321 installations photovoltaïques sur le territoire (601 en solaire thermique) pour un total de 1 321 kWc, soit moins de 1% des besoins électriques du territoire.

Sur le territoire, seule la commune de Thaon-les-Vosges a investi en faveur du photovoltaïque avec 3 installations de 106 kWc cumulé et une production moyenne annuelle de 94.7 MWh.

Ce constat qui traduit le manque d'implication des élus du territoire montre aussi la nécessité de leur appropriation pour faire peser le solaire dans le mix électrique local.





5.3.2 Un potentiel avéré dans l'habitat malgré la baisse des tarifs d'achat

Néanmoins, ce désintérêt du photovoltaïque n'est pas propre aux Vosges, comme l'illustre le diagramme ci-contre traduisant l'effondrement des demandes de raccordement depuis 2010.

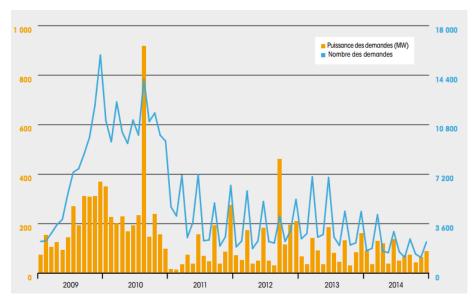
Il s'explique principalement par la chute du tarif d'achat défini par l'Etat. Ce choix s'explique par des l'atteinte objectifs nationaux, mais aussi par le manque d'efficacité du d'obligation dispositif d'achat au regard du MWh produits par euros rémunérés.

Malgré la baisse observée depuis 2010, l'électricité photovoltaïque demeure toujours de loin l'énergie la plus incitée par son tarif d'achat (voir ci-dessous), ce qui porte à croire que sa baisse risque de se poursuivre.

Néanmoins, pour relancer le marché, l'Etat vient de réévaluer de +3.6% les tarifs de rachat pour le 2e trimestre 2015 des installations avec Intégration Simplifiée au Bâti (ISB), passant de 13.47 à 13.95 c€/kWh pour la tranche [0-36 kW] et de 12.79 à 13.25 c€/kWh pour la tranche [36-100 kW].

Flux mensuel de demande de raccordement d'installations photovoltaïques depuis 2009

Source: Panorama de l'électricité renouvelable, RTE, 2014

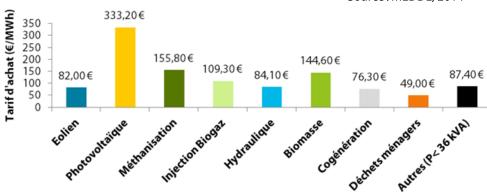


Evolution des tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque entre 2002 et 2014



Comparaison des tarifs d'achat de l'électricité produite par EnR&R en €/MWh

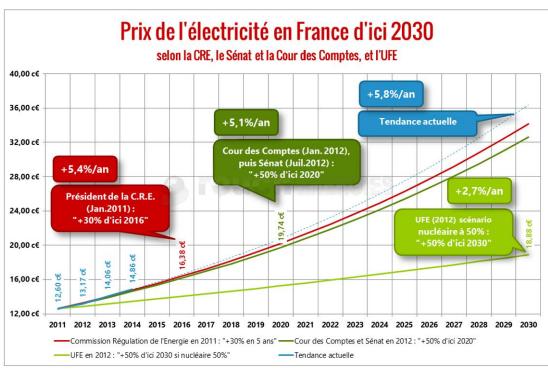
Source: MEDDE, 2014



Il annonce également un ralentissement de la baisse tendancielle annuelle du tarif de -3 % au lieu de -10 % actuellement à partir de 2016.

Malgré la diminution drastique de la quasi-totalité des aides en faveur du photovoltaïque, la rentabilité brut pour un kit de 3 kWc (10 000 € pour 25 m² de panneaux) reste autour de 11 ans en raison de la réduction de quasiment 50% des coûts d'investissement²9. L'investissement sera d'autant plus rentable s'il est couplé à une opération de réfection de la toiture, ce qui permettra de mutualiser les frais d'échafaudage, de couverture, ... et d'offrir la garantie de l'étanchéité de l'installation.

Autre point susceptible de jouer en faveur du photovoltaïque (et plus généralement en faveur de l'électricité issue des énergies renouvelables) : le signal prix apporté par la hausse du tarif de l'électricité. Annoncée par la Cour des Comptes en 2014³0, la hausse d'un minimum de 10% du coût de production du nucléaire, induit par l'augmentation du prix des nouvelles générations de réacteur, des nouvelles normes de sécurité induites par Fukushima, des charges d'exploitations annuelles, des dépenses liées au démantèlement et à la gestion à long terme des déchets, peut renforcer la rentabilité des installations EnR, et inciter les particuliers à investir sur des placements à long terme.



Comparaison des scénarios d'augmentation des prix de l'électricité Source: http://www.rouchenergies fr/index.php/photovoltai que-en-autoconsommation/combien-coutera-l-electricitedemain

Avec un prix de production compris entre 60 et 70€/MWh observé sur tous les continents fin 2014 et en baisse constante du fait de ses facteurs d'évolution propre à la micro-électronique³¹, le solaire photovoltaïque industriel semble s'approcher de plus en plus du coût de production du nucléaire, qui serait compris entre 60 et 75€/MWh³² s'il était augmenté des frais mentionnés précédemment.

²⁹ Calcul basé sur un revenu de 900€/an, ne prenant pas en compte le changement d'onduleur, le coût de l'assurance et la perte de rendement du système (source: http://www.eie-lorraine.fr/).

³⁰ «Les coûts de la filière électronucléaire », rapport de la Cour des Comptes, janvier 2012, actualisé en mai 2014 ³¹ «Avis d'expert : au-delà de la parité réseau : le solaire compétitif, vecteur de changement systémique », Actu-

³¹ « Avis d'expert : au-delà de la parité réseau : le solaire compétitif, vecteur de changement systémique », Actuenvironnement, 12 février 2015

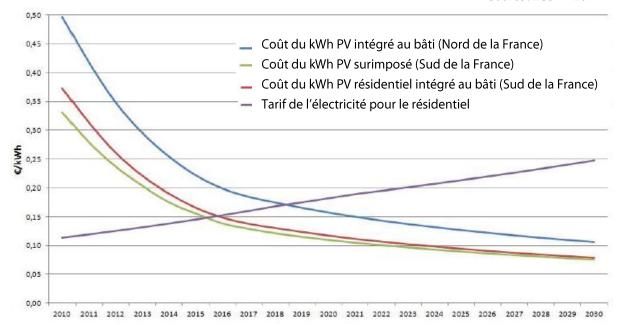
³² Rapport du sénat n°667, au nom de la commission d'enquête sur le coût réel de l'électricité, juillet 2012, en téléchargement à l'adresse : http://www.senat.fr/rap/r11-667-1/r11-667-11.pdf

Ce sont des signaux comme tels, appelé parité réseau, comme observé en Allemagne dès 2011, qui induisent l'essor du photovoltaïque. Le prix du kWh d'électricité facturée étant le même que pour une installation photovoltaïque, sa rentabilité est assurée.

Les *Etats Généraux du Solaire Photovoltaïque (EGS-PV)*, regroupant l'ensemble des acteurs du PV en France estime à 2016 l'arrivée d'un tel phénomène dans le Sud de la France et à **2018 dans le Nord** (voir diagramme ci-dessous)³³.

Atteinte de la parité réseau pour le segment des installations sur toitures résidentielles

Source: EGS-PV 2011



5.3.3 La nécessité d'anticiper l'après 2020

En plus de cette hypothèse, la *Réglementation Thermique* (RT) 2020 définie dans le cadre de la loi Grenelle, et rappelé dans la loi *de transition énergétique pour la croissance verte,* prévoit la généralisation du *Bâtiment à Energie Positive (BEPOS)*, c'est-à-dire autonome sur tous ses usages à partir des EnR, pour toute construction neuve à partir de 2020. Au rythme du taux de construction annuel moyen observé sur le SCoT entre 2001 – 2010, soit 1.49%/an, cela signifierait qu'entre 2020 et 2030, environ 11 000 nouveaux logements couvriraient leur besoin électrique par du photovoltaïque.

Il conviendrait d'anticiper ce développement en intégrant la problématique de raccordement au réseau de distribution électrique le plus en amont possible des opérations d'aménagement. Selon HESPUL³⁴, la concertation préalable entre l'aménageur, ERDF, voire les futurs producteurs d'énergie dès la phase de conception, engendre des surcoûts au projet d'aménagement bien inférieurs que les coûts de raccordement qui auraient été nécessaires sans anticipation. Une étude du potentiel de production décentralisée d'énergie devrait ainsi être intégrée aux études de dimensionnement du réseau préalables à toute opération d'aménagement pour maîtriser les coûts, mais aussi pour contribuer à l'équilibre énergétique du réseau.

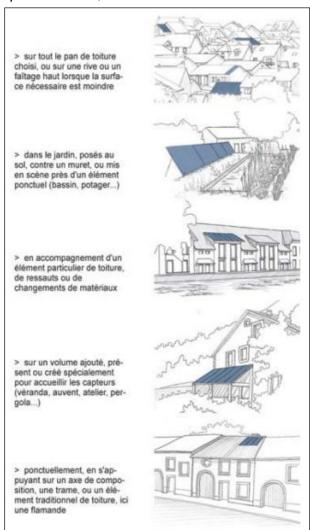
³⁴ Fiche pratique HESPUL, 2015: « *PV et optimisation des réseaux de distribution dans un projet d'aménagement* »

³³ En savoir plus: http://www.photovoltaigue.info/Parite-avec-le-reseau,203.html

Les *Plans Locaux d'Urbanisme* (*PLU*) ont un rôle à jouer pour optimiser le développement du photovoltaïque, notamment par des dispositions d'organisation de l'espace et en imposant des performances énergétiques renforcées pour anticiper l'application de la RT2020. Ces prescriptions pourraient se traduire dans :

- le rapport de présentation par :
 - o **l'identification du gisement solaire net** (encore appelé potentiel maximum théorique ou cadastre solaire) issus du croisement du potentiel et des contraintes réglementaires, techniques et patrimoniales: prise en compte des masques, de la topographie...
- le Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) par :
 - o la fixation d'objectifs de production électrique sur la commune
 - o la subordination de l'ouverture à l'urbanisation à des performances énergétiques et environnementales renforcées, tels que le BEPOS. Cela aura pour effet d'anticiper la RT 2020 et demandera aux aménageurs d'anticiper la production d'électricité décentralisée pour un meilleur équilibrage du réseau
 - o des prescriptions sur la bonne intégration architecturale des panneaux: position des faîtage (voir exemple ci-dessous)
- les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) par :
 - l'assouplissement de certaines règles, notamment pour autoriser :
 - les capteurs solaires dans les marges de recul imposées (par exemple sous forme de bris soleil intégré en façade),
 - des pentes de toits comprises entre 30° et 60°,
 - des toitures en monopan, ce qui pose la question des hauteurs maximales de toiture
 - etc.
 - l'orientation de la trame urbaine, notamment par rapport à l'orientation des bâtiments et leur faîtage
 - une première étude sur les ombres portées des bâtiments et les masques associés à la végétation.³⁵

A noter: le Conseil en Architecture Urbanisme et Environnement (CAUE) de Meurthe et Moselle a réalisé un guide sur l'intégration paysagère des capteurs solaires photovoltaïques à l'attention des élus. Celui-ci peut servir de référence à des préconisations illustrées pour une OAP.



Exemples d'insertions paysagère

Source: CAUE 54

5.3.4 Aérovoltaïque: précurseur de la relance du marché dans l'habitat?

Que ce soit en construction ou en rénovation, la technologie de l'aérovoltaïque (voir paragraphe 5.1) offre également des perspectives de relance du marché du photovoltaïque pour l'habitat et ce pour 2 raisons majeures.

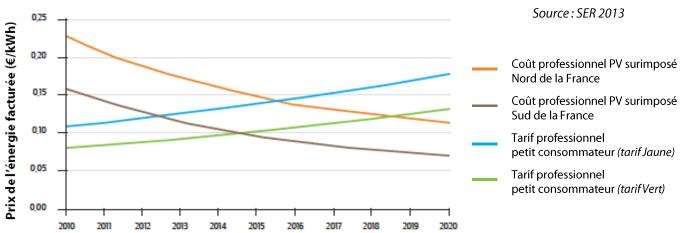
Premièrement: c'est le seul système de production d'électricité qui permette de bénéficier du crédit d'impôt de l'Etat. Deuxièmement: c'est une des rares énergies renouvelables offrant des temps de retours inférieurs à 10 ans (entre 7 et 8 ans selon le fabriquant *Systoni*) qui permet de cumuler des économies d'énergies générés sur le chauffage et des revenus produits par la revente d'électricité. On pourrait également évoquer comme argument, que son déploiement sera favorisé par la médiatisation de la révolution technologique qu'il représente sur le marché du BEPOS. En effet, avec ses application R-PAC et R-Volt, *Systoni* est le premier fabriquant français à présenter des rendements aussi élevés pour un système solaire, offrant une solution capable de s'auto-alimenter en 100% renouvelable par la combinaison de la thermodynamique de la thermique et de l'électricité solaire.

Néanmoins, le manque de recul et la méfiance qu'a suscité l'agressivité des techniques de commercialisation du photovoltaïque sur le territoire peuvent retarder son essor.

5.3.5 Un potentiel à court terme pour le tertiaire

Selon le *Syndicat des Energies Renouvelables (SER),* la *parité réseau* des entreprises tertiaires serait atteinte mi 2015 et à l'horizon 2018 pour les industriels³⁶.

Atteinte de la compétitivité vue du client finale pour les installations photovoltaïques professionnelles



Cela signifie que la rentabilité d'une installation photovoltaïque serait assurée dans le tertiaire sans subvention. Autrement dit, pour les entreprises soumises au tarif Vert, à partir d'une certaine puissance installée, dès la première année, le coût net de l'électricité produite par du photovoltaïque est inférieur au tarif de l'électricité provenant du réseau.

³⁶ On entend ici par *entreprises tertiaires*, les entreprises peu énergivores, dont les puissances souscrites se situent entre 36 à 250 kVA, soumises au tarif Jaune situé autour de 12 c€/kWh HT (part variable uniquement). On entend par industriels, les gros consommateurs, dont les puissances souscrites sont supérieures à 250 kVA (livraison en haute tension: 20 000 V), qui sont soumises au tarif Vert, qui se situe autour de 9 c€/kWh HT.

Avec l'objectif de 40 MW photovoltaïques pour les projets de 100 à 250 kW, la nouvelle tarification par appels d'offre mise en place par l'Etat depuis 2015, entend inciter les entreprises à produire leur propre électricité; la sélection des projets soutenus se faisant sur des critères de prix et de performances.

Le principe d'appel d'offres simplifié permet à l'Etat de garantir une réponse rapide aux porteurs de projet et de prévenir tout phénomène spéculatif ou d'emballement sur le segment concerné, grâce à un contrôle optimal des volumes.

5.3.6 L'intérêt de regrouper les investisseurs pour mobiliser le gisement

L'appel d'offre l'Etat de cité précédemment peut aussi concerner les installations groupées sur toiture avec un objectif de 150 MW par trimestre. L'intérêt de se regrouper déposer projet permet un mutualiser les coûts d'étude, montage administratif et d'obtenir des coûts plus intéressants pour le matériel en raison de l'effet de masse. Il permet d'envisager également des solutions de financements innovants



Centrale photovoltaïque de Nomexy Source: Société photovoltaïque de Nomexy

(tiers investissement, investissement participatif, ...). A titre d'exemple, une société s'est créée sur Nomexy,

réunissant une trentaine d'actionnaires d'horizons divers,

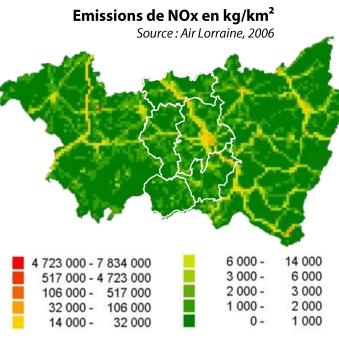
pour porter l'investissement de 1.2 millions d'euros pour 1 700 m² de panneaux pour 212.5 kWc, soit la plus importante centrale des Vosges (le montant minimum de la part était fixé à 1 000 €). Outre l'aspect financier et juridique du portage, l'intérêt de la démarche est d'avoir valoriser un bâtiment industriel occupé, ce qui permet une valorisation optimale de l'électricité produite sur le site. La reproductibilité du projet pourrait notamment se coupler à la valorisation des friches urbaines et industrielles, d'autant plus au regard de la qualité de l'intégration architecturale des panneaux sur le site.

A noter: le réseau régional des Chambres d'Agriculture de Lorraine a participé au regroupement d'agriculteurs dans les années 2010 pour comparer les technologies et obtenir les meilleurs prix par effet d'échelle. Son expertise pourrait nourrir un nouveau noyau d'acteurs pour relancer une démarche collective de mutualisation.

5.4 L'intérêt de planifier conjointement électromobilité et photovoltaïque

5.4.1 Les enjeux d'une stratégie de développement en parallèle

Le développement de la voiture électrique permet de répondre à plusieurs contraintes environnementales, comme l'émission d'oxydes d'azotes (NOx), de particules fines et de gaz à effet de serre³⁷. Il offre également des avantages par rapport au stockage d'énergies intermittentes dans le cadre de réseaux intelligents. Néanmoins, s'il n'est planifié intégrant la en production d'énergie primaire qui rend possible son usage et le déploiement des bornes de recharge, ses avantages peuvent générer externalités négatives environnementales qu'économiques. On compte parmi les risques associés à un essor incontrôlé de l'électromobilité:



- le déséquilibre du réseau électrique
- la nécessité d'importer l'électricité de régions transfrontalières
- le recours à des centrales thermiques pour pallier les pics de consommation.

Une solution pour répondre à ces risques est d'intégrer la production d'électricité au plus proche des points de rechargement. Le photovoltaïque est une des solutions qui s'y prête le mieux. Le tableau suivant caractérise la surface de panneaux photovoltaïque nécessaire aux différents types de bornes partagées qui existent (source ERDF)³⁸:

Types de bornes de recharge	"Normale"	"Accélérée"	"Rapide"
Puissance	3 kVA	22 kVA	43 kVA
Equivalence de consommation	1 chauffe-eau	1 maison	1 quartier
Equivalence surfacique	24 m ²	176 m²	344 m ²
photovoltaïque	24111	170111	3 44 III
Temps de recharge complet	8h	1h	30 min
Autonomie pour 1h de recharge	10 km	80 km	80 km
Autonomie pour 5 min de recharge	500 m	4 km	14 km
Coût approximatif	5 000 €	10 000€	55 000€

En recouvrant de panneaux photovoltaïques la toiture d'une station service d'un hypermarché (comprise entre 400 et 500 m²), il est possible d'alimenter 2 bornes à recharge accélérée ou 1 seule à charge rapide.

³⁷ Selon le bilan Air Climat mené par Air Lorraine en 2015, en 2010, sur le territoire du SCoT, le transport routier responsable de 60% des émissions d'oxydes d'azote, de 26% des gaz à effet de serre et de 22% des particules fines.

³⁸ Pour le calcul des surfaces photovoltaïques équivalentes, on considère que 1kVA = 1 kWc. L'autonomie maximale d'une voiture électrique est estimée à 80 km.

5.4.2 Etat des lieux de l'électromobilité sur le territoire

• Estimation du nombre de véhicules électriques dans les Vosges

Le parc automobile des Vosges représente 0.64% du parc automobile Français (source ERDF). Fin 2014, le MEDDE estimait à 28 435 véhicules le parc national.

Par corrélation, on estime ainsi le parc de véhicules électriques dans les Vosges à 181.

• Estimation du nombre de bornes de recharge

La carte suivante présente l'implantation de bornes dans les Vosges et alentours



Elle permet de recenser le nombre de bornes de recharge publiques présentes sur le SCoT, au nombre de 18 de type « *normale* » et de 6 de type « *accélérée* » telles que décrite dans le tableau précédent. Le tableau suivant en donne la localisation :

Localisa	tion	Types de bornes de recharge partagées (en nombre)				
		"Normale"	"Accélérée"	"Rapide"		
Garage Renault	Epinal		4			
Parking Effia	Epinal (Gare)	1				
Parking Q-park	Epinal (Gare)	1				
Camping du port	Epinal	14				
Autocars Marcot	Chavelot	1	1			
Garage Renault	Charmes	1	1			

L'essor de l'électromobilité est conditionné au déploiement de bornes de recharge sur le territoire.

L'étude du cabinet *Gfk Electric Vehicle* de 2013 indiquait que pour 79% d'entre eux, les automobilistes avaient «*l'impression d'un manque de dispositifs de recharge*». Celle-ci réaffirme la nécessité de «*rassurer*» les automobilistes par la garantie d'une recharge en dehors de leur domicile.

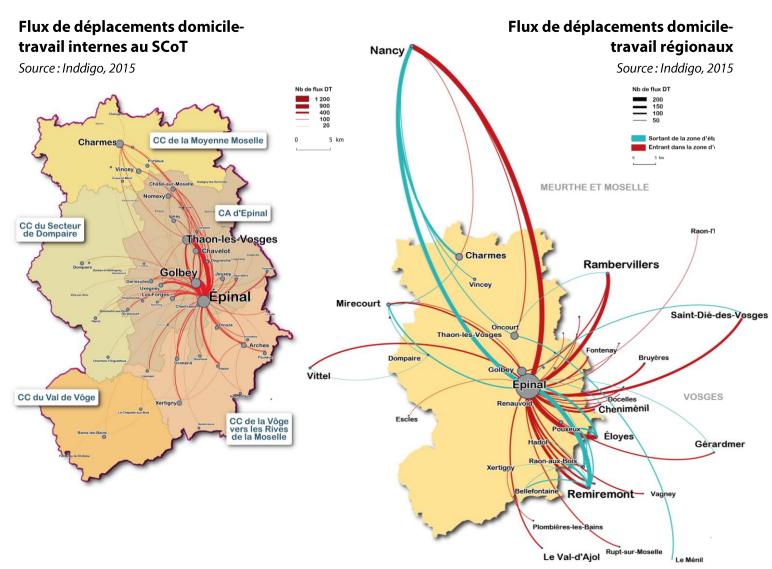
5.4.3 Planification de l'implantation des bornes de recharge partagées

• Estimation du besoin en bornes partagés de recharge dans les Vosges

En se basant sur l'hypothèse qu'en 2020, les véhicules électriques représenteraient 3% du volume des ventes automobiles, on estime à 76 500 leur nombre en France³⁹, et à 1 810 dans les Vosges. Actualisé par les services de l'Etat en 2014, le *Livre Vert sur les infrastructures de recharge ouvertes au public pour les véhicules décarbonés*, estime à 10% le le nombre de points de recharge partagés sur l'espace public et privé nécessaires par véhicule électrique. **On estime ainsi à 200 le nombre de bornes de recharge partagées nécessaires sur le département à l'horizon 2020.**

Principaux flux de déplacement

Les déplacements domicile-travail représentent généralement plus de 75% des déplacements de voitures individuelles. Les cartes suivantes permettent de caractériser les principaux flux de déplacements domicile-travail du territoire.



³⁹ « Le marché français des véhicules électriques à l'horizon 2020», Xerfi Research, 2014

• Priorisation des zones d'implantation des bornes de recharge partagées

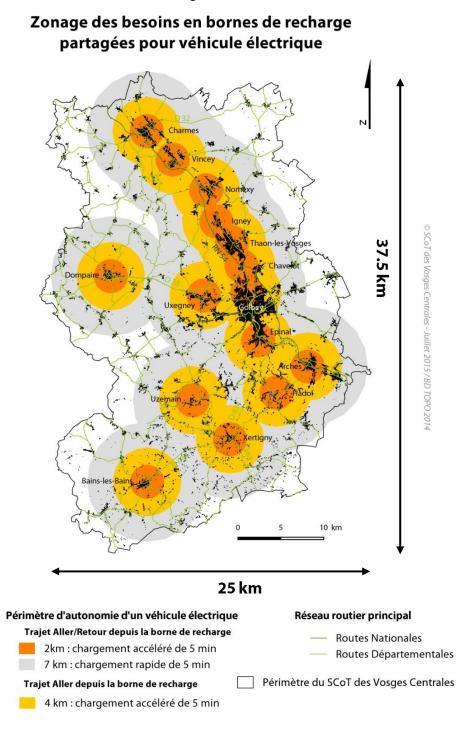
Au regard des principaux flux de déplacement, de la répartition des bourgs centres du territoire et de l'autonomie des véhicules, on en déduit le zonage suivant:

Celle-ci considère un point de recharge sur chaque commune apparaissant comme prioritaire pour l'implantation de bornes de recharge partagées au regard des enjeux cités et pour une optimale couverture du territoire. Celles-ci ont été positionnées arbitrairement sur mairie et des cercles proportionnels à l'autonomie du véhicule en fonction de son temps de charge permettent de visualiser quelle couverture du territoire serait obtenue.

Premier constat: en implantant des bornes sur les communes indiquées, on permet un maillage complet de l'axe mosellan pour un confort optimal: 5 min de charge suffisent à atteindre un autre périmètre équipé.

Néanmoins, l'écart entre les cercles oranges montrent qu'à certains points comme entre Uxegney et Dompaire, Nomexy et Vincey ou encore au Sud d'Epinal, montrent l'intérêt d'une charge rapide pour garder ce niveau de confort.

Ces zones sont autant de zones à cibler pour le développement de centrales photovoltaïques.

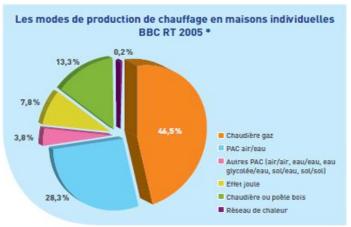


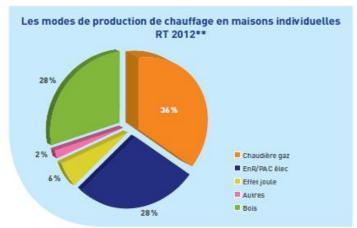
Une implication des grandes surfaces et des collectivités sur ces communes pourrait être une piste pour développées des bornes de recharge partagée munies de centrales solaires photovoltaïque.

5.5 Solaire thermique: un potentiel mitigé dans l'habitat et le collectif

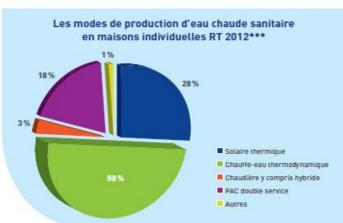
5.5.1 Un potentiel dans l'habitat mais concurrencé par le thermodynamique

La Réglementation Thermique (RT) 2012, qui impose le recours à une énergie renouvelable en plus d'un niveau de performance élevé (<65 kWh_{EP}/m²/an en moyenne dans les Vosges) a tendance à promouvoir le solaire thermique comme solution de production d'eau chaude sanitaire (ECS). En effet, dans le calcul de la consommation de référence, l'intégration d'un tel système minimise le besoin d'ECS par rapport à une solution classique, ce qui permet aux maîtres d'œuvre de rectifier un écart des autres postes de consommations pour respecter le seuil réglementaire. Dans une étude menée par le cabinet Pouget consultants, le groupe GENERPLAN annonçait le solaire thermique comme « grand gagnant de la RT 2012 »⁴⁰. Néanmoins, les dernières données issues de l'énquête PROMOTELEC d'octobre 2014 nuance ces propos (voir ci-dessous).









Le solaire thermique passe bien de 11.9% à 28% entre les solutions utilisés pour le BBC (RT 2005) et la RT 2012, mais le chauffe-eau thermodynamique affiche tout de même 50% des systèmes analysés.

101

⁴⁰ « La place du solaire thermique dans la RT2012 », ENERPLAN février 2012

Le constat observé dans la construction neuve peut se généraliser dans l'existant : la concurrence des chauffe-eau thermodynamiques semble limiter l'essor des chauffe-eau solaires dans l'habitat.

En effet, leur coût d'investissement 5 fois plus élevé que pour un chauffe-eau thermodynamique réduit drastiquement leur potentiel de pénétration du marché de la production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS). De plus, le niveau d'aides publiques reste insuffisant pour faire descendre le temps de retour sur investissements en dessous de 12-13 ans (sauf dans certains cas isolés) pour une durée de vie estimée à 20 ans.

D'autres facteurs viennent encore limiter leur potentiel de développement, comme le conditionnement des aides régionales à un niveau de performance énergétique élevé. Celui-ci aura pour conséquence d'orienter les principales dépenses du maître d'ouvrage vers l'isolation du bâti, ce qui limitera l'enveloppe disponible permettant d'investir en faveur d'un chauffe-eau solaire.

Le tableau suivant donne une idée des temps de retour sur investissements observés en 2011 des différentes technologies de solaire thermique en fonction de l'énergie substituée (aides publiques comprises):

Energie substituée		Gaz naturel	Fioul	Propane	Electricité	Réseau de chaleur
Temps de retour observés par technologies	Chauffe-eau solaire individuel (CESI)	22	18	10	16	/
	Système solaire combiné (SSC)	18	14	10	10	15
	Chauffe-eau solaire collectif (CESC)	16	15	18	18	17

Source: AXENNE 2011 pour le compte de l'ADEME Nord Pas de Calais⁴¹

Pour les systèmes solaires combinés, le tableau présente un potentiel par rapport à une maison équipée tout électrique ou de chaudière fuel. Néanmoins, la nécessité d'un système de chauffage d'appoint compromet d'autant plus sa rentabilité.

A noter: l'ADEME développe depuis 2009 un programme de recherche-développement, intitulé PACTE ECS, dans le cadre du projet PREBAT, pour permettre une mise sur le marché d'équipements de production d'eau chaude sanitaires individuels et collectifs qui afficheraient des gains de performance énergétique 2 fois supérieurs aux technologies de référence, une durée de vie de 15 ans et des temps de retours de l'ordre de 7ans⁴².

_

⁴¹ L'estimation est faite pour une maison neuve équipée de 5m² pour le CESI, de 16 m² pour le SSC et de 40m² pour le CESC. Elle prend en compte l'inflation (1.7%) et une augmentation des coûts de l'énergie (4% pour les fossiles et 2% pour l'électricité).

⁴² Voir : « le PACTE ECS réveille l'eau chaude », ADEME, avril 2015

5.5.2 Un potentiel dans les équipements collectifs

Le tableau précédent affiche des temps de retour relativement longs par rapport aux autres énergies substitués pour un SSC, mais **pour une collectivité**, **ils sont beaucoup plus courts du fait de la possibilité de récupération de la TVA**. Le tableau suivant en donne les valeurs :

Energie substituée		Gaz naturel	Fioul	Propane	Electricité	Réseau de chaleur
Temps de retour observés par technologies pour un privé	Chauffe-eau solaire collectif (CESC)	16	15	18	18	17
Temps de retour observés pour une collectivité	Chauffe-eau solaire collectif (CESC)	13	12	14	14	14

La rentabilité du solaire thermique est d'autant plus forte que les besoins en chaleur sont constants, voire favorisés en période estivale, période où la production des panneaux est optimale. On cible ainsi l'habitat et les équipements collectifs (logements étudiants, logements sociaux, cantines collectives), les bâtiments de soins (hôpitaux, cliniques, maisons de retraite), les établissements de tourisme (hôtels, campings, restaurants, les équipements culturels et de loisirs (clubs de gym, salle de sport, piscine) et également certaines industries (agro-alimentaires, papeterie...) et activités agricoles.

Le calcul du potentiel territorial en solaire thermique n'a pas été réalisé, car il nécessiterait d'évaluer le nombre d'usagers de ce type de bâtiments et équipements. On notera tout de même les ratios suivants pour la Lorraine fournis par le bureau d'études TECSOL:

- 1 m² de capteur solaire permet de produire 50 L d'eau chaude sanitaire (ECS)
- 1 m² produit entre 400 et 600 kWh_{th} par an
- le taux de couverture mensuel maximal est de l'ordre de 85% en été
- de façon générale, le besoin d'ECS par personne et par jour est estimé à 30 L à 60°C

A titre d'exemple, Cus Habitat a installé entre 2003 et 2008 8 000 m² de panneaux solaire thermiques. Ces panneaux produisent 35 à 40% des besoins en ECS et ont permis de réduire les charges des locataires de 100€/an et par logement en moyenne. Garantis sur 25 ans, ils ont pu être amortis en 10 ans (source: Journal l'Alsace).

5.6 Synthèse du potentiel

On entend souvent dire que le solaire est plus adapté aux régions du Sud de la France, mais **l'irradiation du territoire correspond à celui du Sud de l'Allemagne**, qui compte des régions comme la Bavière parmi les plus solarisées d'Europe.

La proportion de toitures susceptibles d'accueillir une installation solaire est de l'ordre de 54%: principalement des maisons (49%), des bâtiments industriels (36%) et des immeubles (7%). Elles représentent un gisement en solaire photovoltaïque à même de couvrir 32% des consommations électriques du territoire.

Le photovoltaïque présente un potentiel de développement avéré dans l'habitat, malgré une baisse des tarifs d'achat, car elle est compensée par des coûts de mise en œuvre toujours plus bas, qui maintiennent des temps de retours sur investissements autour de 10 ans. Couplée à la hausse programmée du prix de l'électricité, le marché conduit à la *parité réseau* annoncée à l'horizon 2018 dans le Nord de la France, lorsque le coût de l'électricité facturée sera équivalent aux mensualités de remboursement d'une installation photovoltaïque.

Annoncée par la loi Grenelle et rappelée dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte, le niveau de performance Bâtiment à Energie Positive (BEPOS)⁴³, est prévue comme seuil de performance pour la construction neuve à partir de 2020. Ce niveau réglementaire implique un recours quasi-systématique au photovoltaïque. Il nécessite une anticipation le plus en amont possible des opérations d'aménagement pour optimiser les capacités de production énergétiques et un raccordement au réseau de distribution dans les meilleures conditions. Les documents d'aménagement comme le SCoT et les PLU pourraient favoriser cette transition majeure dans l'acte de construire.

L'aérovoltaïque est une nouvelle technologie qui permet d'associer production d'électricité photovoltaïque, aérothermie solaire, et même thermodynamique. Ses hauts rendements (facteur 4) lui confèrent un potentiel de développement fort dans l'habitat.

Le secteur des petits consommateurs du tertiaire (tarif Vert) présente également un fort potentiel à très court terme. Ces derniers devraient atteindre la parité réseau (la compétitivité vue du client final) au cours de l'année 2015, tandis que les gros consommateurs industriels (tarif Jaune) l'atteindraient en 2018. Cette hypothèse, lorsqu'elle croisée aux nouvelles conditions de rachat de l'électricité par appel d'offre, incite les acteurs à s'associer pour obtenir une rentabilité optimale des installations.

La planification de l'électromobilité peut servir de piste pour déterminer un zonage des premières actions à mener. L'association d'une production énergétique décentralisée à l'implantation de ses bornes de rechargement partagées permet de maîtriser les externalités négatives de son essor.

Les technologies du solaire thermique, bien qu'impulsées par la RT 2012, présentent un potentiel très modéré de développement en raison de la forte concurrence des chauffeeau thermodynamiques. Celui-ci est néanmoins renforcé en habitat collectif, dans les bâtiments de soins, de tourisme, les équipements culturels et de loisirs, et dans tout bâtiment présentant un besoin important d'eau chaude sanitaire, réparti sur toute l'année.

⁴³ On appelle *Bâtiment à Energie Positive (BEPOS)*, un bâtiment produisant plus d'énergie qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. L'équilibre entre consommations et production d'origine renouvelable est généralement considérée sur une période lissée sur un an.

VI. POTENTIEL TERRITORIAL EN ÉNERGIE ÉOLIENNE

6.1	_ p. 106
EOLIEN DOMESTIQUE : UN POTENTIEL RESTREINT AUX SITES ISOLÉS	
NESTNEINT AON SITES ISOLES	
6.2	_ p. 109
GRAND ÉOLIEN : ÉLÉMENTS DE CADRAGE	
D'UNE FILIÈRE MATURE	
6.3	n 116
GRAND ÉOLIEN : CARACTÉRISATION DU	_ p. 110
POTENTIEL TERRITORIAL	
6.4	_ p. 134
LE RÔLE DU SCOT POUR LE DÉPLOIEMENT	
D'UN GRAND EOLIEN DE QUALITÉ	
	120
6.5	_ p. 138
SYNTHÈSE DU POTENTIEL	

Potentiel territorial en énergie éolienne

Eolien domestique: un potentiel restreint aux sites isolés

6.1.1 Les différentes technologies

L'éolien domestique regroupe un large spectre de machines, qui peuvent être classées dans les catégories suivantes :

- Le *micro-éolien* pour des puissances < 1 kW
- Le petit éolien pour des puissances comprises entre 1 et 36 kW de puissance
- Le moyen éolien pour des puissances entre 36 et 250 kW

La puissance est proportionnelle au diamètre de la surface balayée. A titre d'exemple, une machine de 3 kW fait environ 4 mètres de diamètre, une de 10 kW: 7 à 8 mètres de diamètre. Selon la qualité du site et la technologie retenue, la production annuelle peut varier entre 1 000 et 3 000 kWh/an par kW installé (à comparer avec la moyenne nationale des consommations électriques d'un ménage : de l'ordre de 4 700 kWh/an et de 3 200 kWh/an hors chauffage et eau chaude sanitaire, source: RTE 2015).

6.1.2 Micro-éolien : bonne intégration paysagère mais manque de rentabilité

De part son faible diamètre, les micro-éoliennes offrent la possibilité d'être raccrochées au pignon d'une habitation, ce qui leur confèrent un large avantage en terme d'intégration paysagères. Elles peuvent être de différents types:

Lorsque l'axe du rotor est parallèle au sol, on parlera d'éolienne à axe verticale :



Eolienne verticale sur pignon, société Windtronics



Eolienne verticale sur pignon,



Eolienne verticale sur pignon, société Schwartz société Prom Service Distribution



Concept Statoéolien, société Gual Industrie

Lorsque l'axe du rotor est perpendiculaire au sol, on parlera d'éolienne à axe horizontale :



Concept Aérocube, société AEOLTA



Eolienne horizontale de type Savonius, société Pcon



Eolienne horizontale de type Darrieus, société inconue



Eolienne horizontale. société Axéole

Malgré cet avantage architectural et la multiplicité des solutions existantes, dans la note publiée en février 2015 sur le petit éolien⁴⁴, **l'ADEME déconseille systématiquement cette technologie**. Plusieurs raisons motivent ce positionnement :

- risques sur la structure du bâti engendrés par la vibration de la machine
- manque de maturité des technologies et écart entre les données des constructeurs et celles mesurées sur site
- manque de rentabilité, dû à la fois à la faible production découlant de la forte influence du sol à cette hauteur, au coût d'acquisition et au prix de l'électricité.

Néanmoins, la future Réglementation Thermique (RT) imposant aux bâtiments de devenir *Bâtiment à Energie Positive (BEPOS)* à l'horizon 2020, c'est-à-dire producteurs d'électricité, peut relancer la recherche-développement sur ce type de produit, d'autant plus que les éoliennes à axe horizontal s'affranchissent davantage des turbulences présentes en zone urbaine et démontrent des impacts maîtrisés en terme de bruits et de vibration.

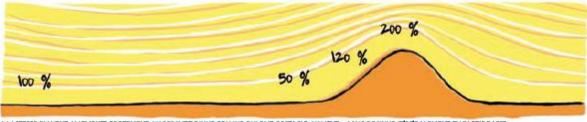
6.1.3 Un potentiel de vent difficile à estimer

L'efficience du petit / moyen éolien dépend en premier lieu de la qualité du vent (vitesse, stabilité en direction, absence de turbulences). Une telle installation nécessite donc une étude de vent qui permettra de dimensionner la machine et la hauteur du mât pertinente pour atteindre la rentabilité économique du projet.

A moins de 20 mètres de hauteur, la rugosité du sol liée au type de végétation ou d'habitat constitue une couche limite dans laquelle la vitesse des vents peut diminuer de façon rapide et non linéaire à mesure qu'on s'approche du sol.



LES VITESSES DE VENT DIMINUENT ET LES TURBULENCES AUGMENTENT EN AVAL D'UN OBSTACLE... MAIS AUSSI EN AMONT.



LA VITESSE DU VENT AUGMENTE FORTEMENT AU SOMMET D'UNE COLLINE QUI FAIT OBSTACLE AU VENT... MAIS DIMINUE GÉNÉRALEMENT EN PARTIE BASSE (BATTELLE PACIFIC NORTHWEST LABORATORY).

Source: Guide du petit éolien, Association Française des Professionnels du Petit Eolien (AFPPE), 2010 Malgré la forte incertitude des données de vent existantes pour des hauteurs de pales inférieurs à 20m du sol et l'absence de carte de potentiel liée au petit éolien, les milieux urbains ou péri-urbains sont à exclure des zones potentielles de développement.

-

⁴⁴ En téléchargement sur : <u>www.ademe.fr/petit-eolien</u>

6.1.4 Petit éolien : un intérêt marginal qui risque de nuire à l'image de la filière

L'ADEME estime qu'il n'est jamais très raisonnable que l'extrémité inférieure de la pale passe à moins de 10 mètres du sol⁴¹. Or pour éviter une demande de permis de construire et une déclaration au titre de la législation des *Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)*, nombre d'installations font moins de 12 mètres de hauteur, ce qui peut nuire à la filière, car bien souvent, ces installations sont inefficaces et mal intégrées au cadre de vie du fait de l'absence d'évaluation environnementale.





Source: eoliennes-particuliers.durable.com

Source: envie2bio.com

Dans sa note de février 2015 citée précédemment, l'ADEME va même jusqu'à préconiser d'abroger le crédit d'impôt pour éviter ces écueils.

La question du bruit est également une nuisance à considérer avec attention, car la vitesse de rotation, plus élevée que dans le cas du grand éolien, conduit à des émissions sonores dans des fréquences plus hautes, donc potentiellement plus impactantes.

Compte tenu de la faible productivité qu'il démontre pour des éoliennes de petites tailles sur des gisements bien souvent non favorables et de l'impact qu'il impose sur le cadre de vie, l'enjeu du petit éolien se restreint donc à l'électrification des sites isolés, avec comme schéma de prédilection l'approvisionnement de professionnels (agriculteurs, industrie ou tertiaire), car les technologies de plus fortes puissances sont dans ce cas plus matures et plus rentables.

6.2 Grand éolien : éléments de cadrage d'une filière mature

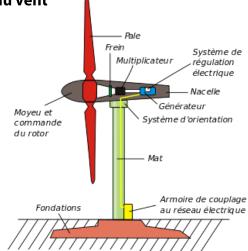
6.2.1 Principe du procédé et notions de base

Le Grand éolien est une filière mature riche de quinze ans d'expériences en France, comprenant l'ensemble des maillons de la chaîne de développement, pour un peu plus d'une douzaine de milliers d'emplois sur le territoire national.

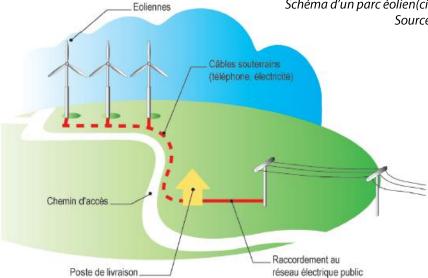
Un fonctionnement simple pour convertir l'énergie du vent

Actionnées par le vent, les pales fixées sur le moyeu entraînent une génératrice électrique installée dans la nacelle. Le courant produit est ensuite transporté par câble souterrain jusqu'au poste de livraison où il est relevé à 20 000 Volt afin d'être injecté sur le réseau électrique. Des capteurs relèvent la direction et la force du vent à l'altitude de la nacelle.

Selon ces informations, un automate de contrôle oriente l'éolienne face au vent et adapte automatiquement son fonctionnement.45



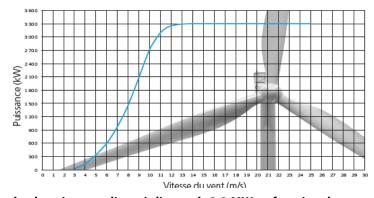
Composantes d'une éolienne (ci-dessus) Schéma d'un parc éolien(ci-dessous) Source: ADEME



Un parc éolien est une centrale de production d'énergie électrique. Il comprend éoliennes. raccordement électrique et poste de livraison (schéma cicontre).

production annuelle d'une éolienne est fonction de distribution des vitesses de vent à l'emplacement et à la hauteur de la turbine.

Une éolienne commence généralement à produire de l'énergie avec des vents de l'ordre de 3 à 5 m/s (environ 10 km/h) et atteint sa puissance maximale vers 12 à 15 m/s (environ 54 km/h). Elle cesse de produire aux alentours de 25 m/s (90 km/h) par mesure de sécurité et pour éviter une usure prématurée composants.



Courbe de puissance d'une éolienne de 3.3 MW en fonction du vent

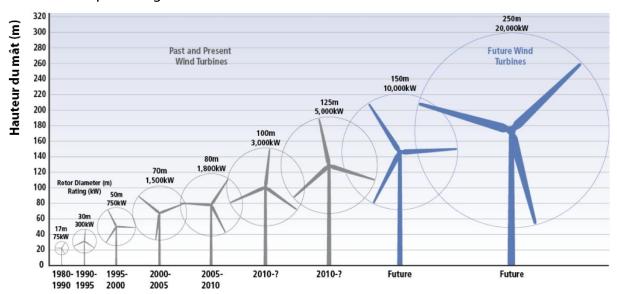
Source: Vestas

⁴⁵ Extrait du guide d'AMORCE: L'élu et l'éolien, l'essentiel de ce que les collectivités territoriales doivent savoir, 2015

• Eolienne à vents forts ou vents faibles : une hauteur et un voilage fonction de la puissance installée

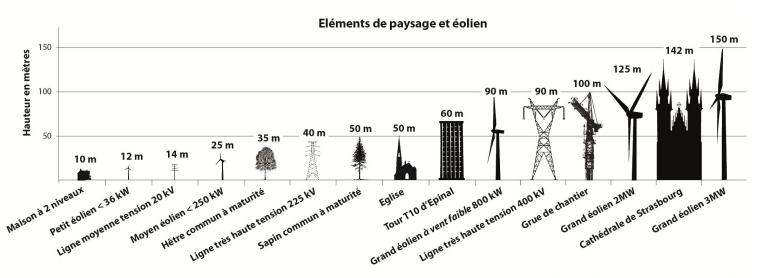
On peut distinguer du grand éolien la technologie de l'éolien dite à vents faibles pour des puissances de production inférieures à 1 MW et fonctionnant avec des vents inférieurs à 5.5 m/s. Il n'est pas rare de voir cette technologie préconisée par les défenseurs du paysage, tel que l'architecte des bâtiments de France du fait de sa moindre taille.

En effet, le diagramme suivant montre le lien entre puissance et hauteur du mât et son évolution ces dernières années. La longueur des pâles est également proportionnelle à la puissance, qui peut aller de 30 à 50 mètres pour des éoliennes à *vents faibles*, et jusqu'à 80 à 120 mètres pour du grand éolien.



Source: atlante.fr

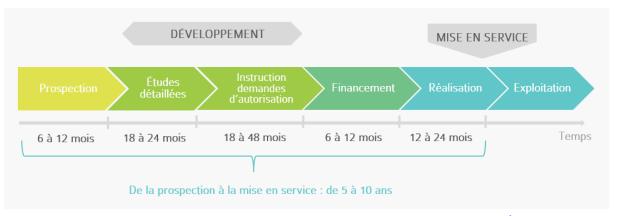
Ainsi la hauteur des éoliennes à vents faibles est de l'ordre de 80 mètres en bout de pâle, tandis que les éoliennes classiques qui étaient hautes de 70 à 100 m pour des puissances entre 1.5 et 2 MW il y a quelques années, atteignent, avec la technologie actuelle, une hauteur entre 150 mètres et 170 mètres pour une puissance de 3 à 3.3 MW. Certaines éoliennes sont au stade de la recherche-développement pour atteindre des puissances plus élevées (de l'ordre de 8 à 15 MW, pour des hauteurs de plus de 220 mètres en bout de pâles) mais concernent l'éolien marin offshore qui sort du cadre de notre étude. A titre de comparaison, le diagramme ci-dessous situe la hauteur moyenne des éoliennes par rapport à d'autres édifices du paysage :



Réalisation : SCoT des Vosges Centrales, mars 2016

6.2.2 Les étapes d'un projet

La mise en exploitation d'un projet éolien est un processus long (en moyenne de 5 à 10 ans) qui contient de nombreuses phases⁴⁶.



Source: www.futuren-group.com

• La prospection

La phase initiale du processus est la phase de prospection. Elle consiste à identifier un site présentant les qualités requises pour accueillir une centrale éolienne, à le valider et à le sécuriser.

Dans un premier temps, les élus locaux donnent leur autorisation pour lancer un projet éolien sur leur territoire puis des promesses de bail sont conclues avec les propriétaires et exploitants pour une durée permettant d'assurer la réalisation de la phase de développement. Les promesses de bail contiennent une option qui permettra par la suite de les transformer en baux définitifs si le projet est autorisé.

• Le développement

Le développement comporte 2 phases :

- La réalisation des études détaillées
- Le délai d'instruction et d'obtention des autorisations.

Phase 1: Les études détaillées

L'étude d'impact

Elle permet d'évaluer l'état du site et les impacts potentiels liés à l'implantation du parc éolien. Elle prend en compte plusieurs éléments et inclut généralement des études détaillées portant sur le paysage, la faune, l'archéologie, l'acoustique, les monuments historiques ou les sites sensibles et protégés. En fonction du site, d'autres études complémentaires peuvent également être réalisées.

L'évaluation du potentiel éolien

Pour mesurer et qualifier les conditions de vent du site, un ou plusieurs mâts de mesures seront installés pour collecter des informations à différentes hauteurs et sur une période de plusieurs mois. Les informations recueillies concernent à la fois la vitesse, la direction et la fréquence du vent, mais aussi l'intensité des turbulences qui peuvent provoquer un vieillissement précoce des installations.

-

⁴⁶ Chapitre extrait du site : <u>www.futuren-group.com</u>

o L'analyse du site

L'analyse du site au moyen de logiciels de calcul et sa modélisation digitale permettent de choisir les éoliennes les mieux adaptées (en terme de hauteur, de diamètre du rotor, de puissance, etc.) ainsi que leur emplacement sur le terrain. Cette étape est essentielle car elle permet de s'assurer de la faisabilité économique du projet mais aussi de maximiser le potentiel éolien du parc et d'estimer sa production future.

Les études techniques

Les études techniques concernent l'accès au site, l'implantation des machines, les études de sols, la détermination des voies d'accès et aires de grutage, les possibilités de raccordement électrique, le réseau inter-éolien, etc.

Durant la phase de développement, de nombreuses réunions publiques sont organisées pour informer les riverains. La fréquence de ces réunions est variable selon la complexité du projet. Ainsi, chaque projet éolien fait l'objet de réflexions et de concertations en amont concernant son impact sur l'environnement, notamment sur le paysage et sur la faune.

A l'issue de toutes ces démarches, l'emplacement optimal des éoliennes est défini et le permis de construire est déposé.

Phase 2: Le délai d'instruction et d'obtention des autorisations

Le dossier de permis de construire est évalué par différents services de l'Etat. Au cours de l'instruction, une enquête publique est réalisée. Elle permet à l'ensemble des riverains/citoyens de prendre connaissance du projet définitif et d'y apporter leurs remarques. A l'issue de ce processus, et avant d'entrer en phase de financement, l'accès au réseau est réservé, le fabricant et le modèle de turbines le plus adapté au site sont sélectionnés.

• Le financement

Après obtention des permis de construire, le développeur éolien ou la structure porteuse du projet (voire prochain chapitre) procède à la mise en place du financement du projet. Celui-ci négocie avec les banques la part de l'investissement couvert par le prêt ainsi que les conditions de ce prêt (durée, taux, ratios à respecter et garanties). Des audits bancaires sont effectués par des cabinets spécialisés indépendants répondant aux exigences des banques prêteuses.

La réalisation

La phase de réalisation débute par la commande des turbines. Les baux définitifs sont également signés avec les propriétaires et les exploitants.

Les appels d'offres pour la réalisation des travaux techniques et les études d'exécution détaillées sont ensuite réalisés. La construction du parc éolien peut alors démarrer. Elle commence entre 5 et 8 mois avant l'arrivée des turbines sur le site par la réalisation des voies d'accès, des aires de grutage, des fondations et du réseau électrique inter-éolien. Au total, la construction durera entre 1 et 2 ans.

• L'exploitation

Lorsque les travaux de construction du parc éolien sont terminés, la période de test commence. Le fabricant de turbines procède aux réglages d'optimisation. Le contrat d'achat de l'électricité produite par le parc débute lorsque la période de test est validée et que la centrale est raccordée au réseau électrique.

Un contrat de maintenance technique longue durée devra être mis en place pour permettre de conserver le parc éolien en parfait état tout au long de son exploitation.

Le suivi administratif (facturation de l'électricité produite, comptabilité de la ferme) et le suivi d'exploitation technique du parc (suivi des turbines, contrôle de la production et gestion des sous-traitants) sont généralement assurés par le développeur éolien.

La durée d'exploitation d'une éolienne est de 20 à 25 ans. Au terme de cette période, plusieurs alternatives sont possibles : l'exploitation du site se poursuit avec de nouvelles éoliennes, ou bien la production est arrêtée et le parc est démantelé.

En fin d'exploitation, les éoliennes sont démontées et l'ensemble du site est remis dans son état initial.⁴⁷

6.2.3 Economie d'un projet éolien : des retombées fonction du type de portage

• Estimation économique d'un projet éolien et structure de financement

D'après l'ADEME⁴⁸, le coût d'investissement d'un équipement éolien est d'environ 1 300 € par kW installé, soit 2.6 M€ pour une éolienne de 2 MW comprenant le coût des études, des matériels, du raccordement, de l'installation, des frais de mise en route et du démantèlement. Les coûts annuels d'exploitation, d'entretien et de la maintenance sont de l'ordre de 3% des coûts d'investissement, ce qui ramène le coût total d'une éolienne de 2 MW à 2.7 M€, alors que les développeurs⁴⁹ l'estime plutôt à 3 M€ environ.

Ces derniers estiment le temps de retour sur investissement d'un parc éolien entre 8 et 10 ans aux tarifs actuels, soit un chiffre d'affaire annuel entre 250 et 370 k€ par éolienne (avec comme référence des machines de 2MW).

Les investissements sont financés classiquement par dette bancaire, tandis que le solde l'est par un apport en fonds propres des actionnaires, dans un ratio moyen de 80% - 20%.

La plupart des producteurs empruntent sur la durée de leur contrat d'obligation d'achat, soit 15 ans, avec un taux variant de 2.5 à 5%. Ces derniers envisagent cependant d'exploiter leur parc sur 20 ans. On peut ainsi estimer le bénéfice d'un parc à terme entre 2,5 M€ et 3.7 M€ par éolienne (avec comme référence des machines de 2MW).

Selon Mathieu MADERS (WKN France), un *Taux de Rentabilité Interne (TRI)* ⁵⁰ acceptable pour un projet éolien est de l'ordre 6%, sachant que le *TRI projet* de référence défini par la *Commission de Régulation de l'Energie (CRE)* est de 5% et qu'un bon nombre de parc éoliens (16 parcs sur 39 étudiés par la CRE) présentent des *TRI projet* de l'ordre de 8 à 12%. Cette rentabilité découle de durées de fonctionnement excédant 2 400 heures par an et un niveau d'investissement maîtrisé, inférieure à 1,4 M€/MW.⁵¹

⁴⁷ Paragraphe extrait du site : <u>www.futuren-group.com</u>

⁴⁸ Source : étude « Marché , emplois et enjeux énergétiques des activités liées aux EnR », novembre 2013

⁴⁹ Entretien auprès des groupes WKN France, H2air et FuturEN

⁵⁰ Le TRI est un outil de décision à l'investissement. Un projet d'investissement ne sera généralement retenu que si son TRI prévisible est suffisamment supérieur au taux bancaire, pour tenir compte notamment de la prime de risque propre au type de projet. Si le TRI est supérieur au taux d'actualisation du capital, la valeur actuelle nette du projet est positive (ie. le projet est rentable). Source : Wikipedia

⁵¹ Analyse CRE avril 2014: « coûts et rentabilité des énergies renouvelables en France Métropolitaine »

Les retombées fiscales d'un projet éolien

L'éolien, comme toute activité économique implantée sur un territoire, génère de la fiscalité locale : Taxes foncières (sur les propriétés bâties et non bâties), Contribution économique territoriale (composée des Cotisations Foncière des Entreprises, CFE, et sur la Valeur Ajoutée des Entreprises, CVAE) et Imposition Forfaitaire sur les Entreprises de **Réseaux (IFER).** Ces retombées sont ensuite réparties entre collectivités :

- Le bloc communal recoit l'ensemble de la CFE.
- La CVAE est partagée entre le bloc communal (26,5%), les départements (48,5%) et les régions (25%).
- La recette de l'IFER (7210€/MW/an) est répartie à hauteur de 70% pour le bloc communal et 30% pour le département. La répartition à l'intérieur du bloc communal diffère selon le régime fiscal de l'EPCI.⁵²

L'exploitant du parc éolien verse également un loyer au propriétaire ainsi qu'à l'exploitant des terres occupées, s'élevant à 2000 €/MW/an en moyenne. Celui-ci peut être partagé avec l'entité en charge de l'entretien des chemins ruraux, ce qui permet de mieux répartir les retombées à l'ensemble des usagers de la commune.

Enfin, le développeur peut également participer au développement local par la mise à disposition d'une enveloppe venant soutenir des projets territoriaux.

A titre d'exemple, pour le projet éolien de Gruey-lès-Surances, développé par la société H2air, les retombées fiscales pour 8 éoliennes de 2 MW sont estimées à 187 356 €/an, soit 23 420€/éolienne, répartis de la façon suivante :

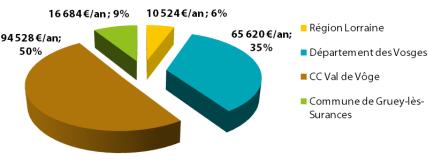
Montant en €/an	Région Lorraine	Département des Vosges	CC Val de Vôge	Commune de Gruey-lès- Surances
CVAE	3 413	6 621	3 617	0
CFE	0	0	9 629	0
IFER	0	34 176	79 744	0
TFPB	7 111	24 823	1 538	16 684
Total	10 524	65 620	94 528	16 684
Total sur 20 ans	210 480	1 312 400	1 890 560	333 680

Bien que non négligeables pour les collectivités, retombées ne représentent que 6% à 9% du chiffre d'affaire annuel.

Sur 20 ans, alors que les collectivités auraient touchés 3.5 millions d'euros de revenu fiscal, le bénéfice généré par les actionnaires serait compris entre 20 et 30 millions d'euros!

Répartition des retombées fiscales annuelles du projet de 8 éoliennes à Gruey-lès-Surances





⁵² Extrait du guide d'AMORCE: L'élu et l'éolien, l'essentiel de ce que les collectivités territoriales doivent savoir, 2015 Voir aussi : l'enquête d'AMORCE (ENE 01) auprès des collectivités sur la distribution de la fiscalité éolienne

• Les différents types de portage

Pour augmenter les retombées économiques sur le territoire, les collectivités ont la possibilité de prendre des parts dans le capital d'investissement en associant la population. On peut ainsi classer les projets éoliens en quatre groupes :

- Les projets industriels menés par une société privée dotée des capitaux nécessaires (le plus courant en France);
- Les projets « mixtes » initiés par une collectivité associée à des capitaux privés par l'intermédiaire d'une Société d'Economie Mixte (SEM);
- Les projets citoyens lancés par un groupe d'agriculteurs, de particuliers ou une collectivité locale: les citoyens et la collectivité ont la maîtrise du projet, avec le concours technique des professionnels de l'éolien;
- Les projets participatifs lancés par une société privée avec participation financière de la population (dans le capital ou la dette); la gouvernance n'étant pas forcément ouverte aux citoyens.⁵³

L'intérêt de participer à l'investissement est de faire profiter au territoire des retombées économiques issues de la vente d'électricité au-delà des contribution et impositions forfaitaires. Alors qu'il commence à se développer en France, notamment sous l'impulsion de l'association *Énergie Partagée*⁵⁴, ce type de montage est largement répandu au Danemark et en Allemagne par exemple, où dès 2013, 46% de la capacité de production éolienne était détenue par les particuliers et les agriculteurs.

A titre d'exemple, on pourra citer le projet de 6 éoliennes porté par la SEM SODEGER⁵⁵ qui est le projet le plus abouti en Lorraine en termes d'investissement participatif et d'innovation. Initié par le Président de la CC du Pays Hautdunois (54), M. MATERIA (PS), les collectivités se sont positionnées très en amont du projet. Le développeur du projet : *Futures Energies*, une filiale d'ENGIE, a été retenue par un appel d'offre lancé par la Communauté de communes. Cette dernière a investi dans le capital du projet, aux côtés des communes accueillantes, de la Région, du Conseil Départemental et de la *Caisse de Dépôt et de Consignation (CDC)* dans le cadre de la SEM. Résultats : le retour sur investissement programmé est de l'ordre de 7 ans et 10 k€/an/éolienne de bénéfices nets viendraient s'ajouter aux recettes fiscales classiques. De plus, il est prévu de tester le procédé de *méthanation*, soit la transformation de l'électricité sous forme de gaz, avec injection dans le réseau de transport GRT.

⁵³ Extrait du quide d'AMORCE: L'élu et l'éolien, l'essentiel de ce que les collectivités territoriales doivent savoir, 2015

⁵⁴ www.energie-partagee.org

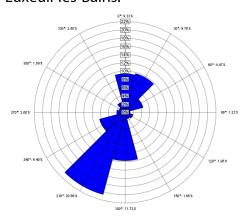
⁵⁵ www.enr-sodeger.com

6.3 Grand éolien: caractérisation du potentiel territorial

Une éolienne est définie comme une *Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE)* par l'arrêté du 26 août 2011. Celui-ci impose à tout projet de réaliser une étude d'impacts pour limiter les nuisances sur son environnement, que ce soit au niveau des pollutions mineures (fuite d'huiles, béton de fondation, aire de grutage...), du bruit, de la biodiversité (chiroptères et avifaune) et des paysages. Pour l'analyse du potentiel éolien, ce sont ces deux derniers points qui sont croisés avec les données de vent, les contraintes d'urbanisme et liés aux servitudes techniques aéronautiques civiles et militaires, ainsi que la proximité aux réseaux de distribution, qui permettent de localiser les zones à enjeux. La rentabilité d'un projet étant fortement corrélée à la qualité du productible, seule une étude de vent à hauteur réelle permettra de juger de la pertinence d'un site.

On citera comme exemple l'étude menée par l'entreprise OPALE en 2012 dans la forêt de Rechentreux sur les communes de Xertigny et Bellefontaine pour le compte de la Communauté de Commune de la Vôge vers les Rives de la Moselle. Alors que d'après l'atlas régional, le site pouvait être identifié comme favorable en raison d'un potentiel de vent supérieur à 5.6 m/s à 40 mètres de hauteur (parmi les plus importants du territoire), les mesures réalisées in situ sont venues mettre fin au projet.

En effet, l'étude de gisement avait fait ressortir un niveau de vent moyen inférieur à 5m/s à 100m de hauteur, avec une répartition des vents très particulière et liée à la complexité du site (proximité du massif des Vosges). L'absence de composante Nord-Nord-est (devant normalement représenter environ 30% des vents), condamne la faisabilité technico-économique du projet, car pour exploiter le gisement éolien disponible dans des conditions favorables, le mât des éoliennes devraient être porté à une hauteur supérieure à 120 mètres pour atteindre une hauteur en bout de pâles de plus de 180 mètres, dépassant ainsi le seuil maximum autorisé par le radar militaire de Luxeuil-les-Bains.



Mât de mesure des vents à Bellefontaine Source : OPALE

6.3.1 Un cadre réglementaire simplifié

Depuis l'abrogation des *Zones de Développement Eolien (ZDE)* par la loi Brottes du 15 avril 2013, les deux principales contraintes réglementaires s'opposant au dépôt d'un permis de construire et d'une demande d'autorisation d'exploiter ICPE sont :

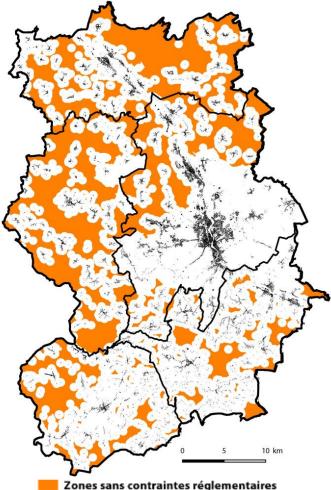
- Une distance à respecter de 500 mètres autour des habitations (Art. L553-1 du Code de l'Environnement);
- L'appartenance au zonage défini dans le Schéma Régional de l'Eolien (SRE): ce dernier prenant en compte les enjeux écologiques et paysagers jugés prioritaires par la DREAL Lorraine.

Il est à noter que 99 communes du SCoT sur 125 sont jugés favorables au développement de l'éolien au titre du SRE.

Le zonage en orange de la carte ci-contre traduit cette exclusion réglementaire au développement éolien. Bien que développé dans le SRE, celui-ci ne prend pas en compte toutes les servitudes aéronautiques, comme le radar de Jeuxey ou celui de Luxeuil-les-Bains (voir paragraphe 6.3.3).

Sous réserve du démantèlement du radar de Jeuxey, le territoire semble être peu impacté par l'interdiction réglementaire.

Potentiel de développement éolien SCoT des Vosges Centrales



NB: le SRE a été annulé le 14 janvier 2016 par la cours administrative d'appel de Nancy.

En supprimant les ZDE, la loi Brottes avait pour but de simplifier la procédure réglementaire liée à l'implantation d'aérogénérateurs, ce qui avait été alors salué par la filière. Quelque temps après, professionnels et collectivités nuancent leur enthousiasme, car les ZDE offraient aux territoires un mécanisme de régulation permettant un développement concerté de ces zones, qui facilitait leur acceptation sociétale.

L'intérêt général d'une concertation en amont des projets, de l'information du public et d'une prise en compte affinée des paysages se traduit par une meilleure appropriation des projets par la société et offre l'opportunité d'envisager le portage des projets par les collectivités et d'évoquer le financement local par les citoyens.

A l'image de la Communauté du Pays de Vendôme⁵⁶ ou de l'Agglomération de Chaumont⁵⁷, le SCoT des Vosges Centrales pourrait assurer ce rôle, sur la base de la charte établie par AMORCE et le groupe des *Collectivités Locales Eoliennes (CLEO)*⁵⁸ visant à garantir un développement *des projets éoliens territoriaux et concertés*.

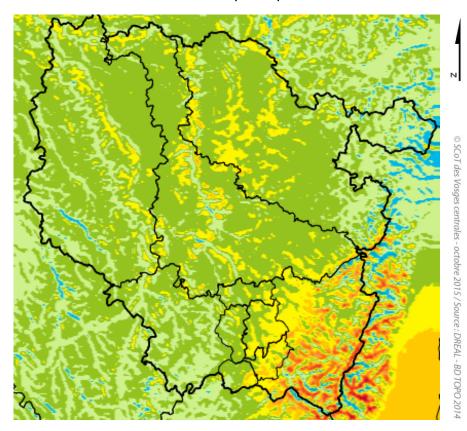
⁵⁶ Voir p.10-11 du quide « Les ENR, un potentiel à valoriser » en téléchargement sur <u>www.scot-vosges-centrales.fr</u>

⁵⁷ Rédaction d'un schéma d'implantation d'éoliennes non réglementaire, mais servant de référence territoriale

⁵⁸ Charte à télécharger sur : www.amorce.asso.fr

6.3.2 Un potentiel de vent parmi les plus intéressants de Lorraine

La carte régionale des vents à 40 mètres du sol montre que le SCoT compte parmi les territoires les mieux exposés pour recevoir des éoliennes.



Gisement éolien régional SCoT des Vosges Centrales - 2015

Vitesse moyenne du vent à 40 mètres de hauteur (en m/s)

4.5 - 4.7		5.3 - 5.5		6.1 - 6.3
4.7 - 4.8		5.5 - 5.6	-	6.3 - 6.4
4.8 - 5.0		5.6 - 5.8		6.4 - 6.6
5.0 - 5.1	-	5.8 - 5.9		6.6 - 6.7
5.1 - 5.3		5.9 - 6.1		

0 10 20 30 40 km

Ce constat est à mettre en parallèle au développement de l'éolien qu'a connu le département de la Meuse, malgré un gisement éolien plus faible. Entre 2005 et 2011, la Meuse a connu l'implantation par un, unune judu'à 80 éoliennes installées en 2007.

Sur le SCoT, la vitesse du vent est globalement supérieure à 5.1 m/s à 40 mètres de hauteur, avec des niveaux de vents plus élevés au Nord, au Nord-Ouest, à l'Est et au Sud-Est du territoire pouvant atteindre jusqu'à 5.9 m/s.

Pour une éolienne classique, dont la puissance est de 2 MW, le moyeu est situé à 90 mètres du sol. D'après le retour de professionnels, une machine devient rentable pour un vent supérieur à 6 m/s à 90 mètres du sol, soit de l'ordre de 5.5 m/s à 40 mètres du sol. On en déduit que les zones présentant un gisement fort en vent pour le grand éolien se situent dans les parties jaunes et orangées de la carte cicontre. Un vent à 5.5 m/s à 60 mètres du sol peut néanmoins être valorisable pour des éoliennes fonctionnant à vents faibles.

Vitesse moyenne du vent à 40 mètres de hauteur (en m/s)

5.0 - 5.1 5.3 - 5.5 - 5.6 5.1 - 5.3

SCoT des Vosges Centrales - 2015



6.3.3 Les servitudes aéronautiques civiles et militaires

• Les servitudes militaires aéronautiques : un frein au développement de l'éolien dans le Grand Est

Les aérogénérateurs situés à proximité des aérodromes, ou en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques, peuvent constituer des obstacles à la navigation aérienne suivant leur situation géographique, leur hauteur et l'activité aérienne de la zone considérée. On dénombre parmi les servitudes militaires les plans de dégagement approuvés des aérodromes, les circuits de départ, d'arrivées et d'approches interrompues à vue et aux instruments, les *Réseaux Très Basse Altitude (RTBA)* de la défense nationale, les zones réglementées militaires définies sous le générique LFR XXX dans la documentation officielle ainsi que les régimes spéciaux, tels que les polygones de guerre électronique. Les servitudes qui impactent fortement le potentiel de développement de l'éolien sur le territoire sont décrites ci-dessous; on peut les classer en deux sous-groupes :

Les contraintes réglementées

Couloirs aériens RTBA (Réseau Très Basse Altitude)

Sur notre territoire, il s'agit des zones R 800 ASFC et R 500 ASFC, correspondant à des vols d'entraînement à basse et très basse altitude et très grande vitesse, respectivement à 800 et 500 pieds au-dessus du niveau du sol, ce qui correspond légalement à 250 mètres et 150 mètres par rapport au sol. Compte tenu de la marge de sécurité de 150 mètres à respecter, la zone R 800 ASFC limite la hauteur des éoliennes à 100 mètres de hauteur, soit à de l'éolien à vents faibles et la R500 ASFC le proscrit totalement. Alors que la détermination du juste besoin de la Défense, objet de la feuille de route interministérielle mise en œuvre depuis l'été 2014, n'a permis de libérer que 8.4% de la longueur totale de RTBA en France, la Fédération Française de l'Eolien (FFE) revient sur la question de leur pertinence dans un courrier de mars 2016, car nombre de ces couloirs sont rarement utilisés, et n'ont de justificatif ni technique, ni réglementaire.

Radars militaires

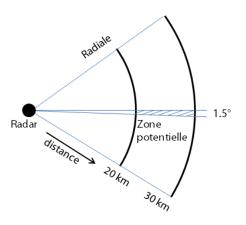
Le territoire du SCoT est impacté par les radars militaires d'Epinal, Lunéville et Luxeuil. Les règles s'appliquant à proximité des radars sont synthétisées dans le diagramme suivant :

- Zone de protection:
 dans un périmètre de 5 km
 autour du radar: l'éolien est
 proscrit;
- Zone d'exclusion:
 dans un périmètre de 5 à 20km,
 le grand éolien est proscrit



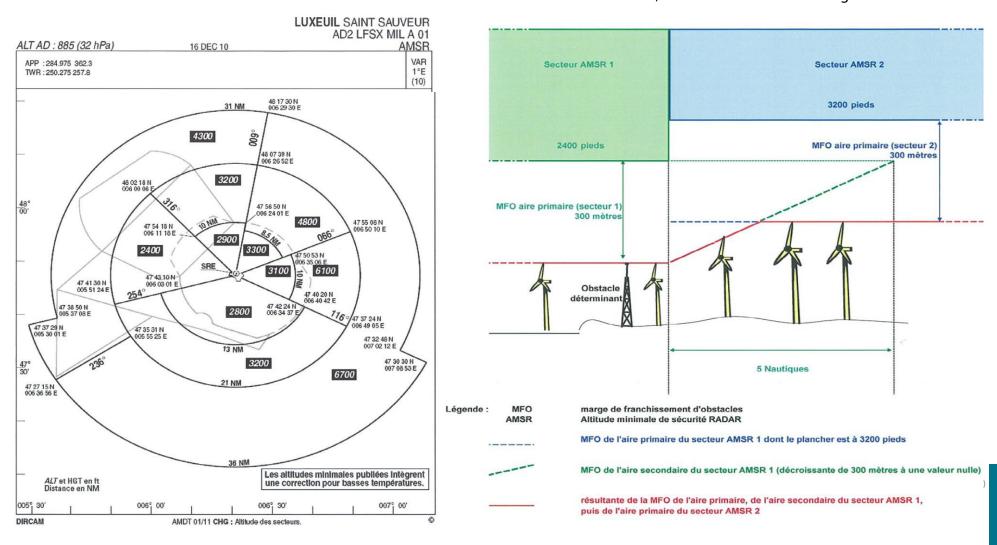
 Zone de coordination: entre 20 et 30 km, la hauteur des éoliennes est limitée à 90 mètres en bout de pâle ou à 150 mètres à condition que le parc s'inscrive entre deux radiales écartées d'un angle de 1.5° par rapport au radar (voir ci-contre).

Pour mémoire, la hauteur d'une éolienne d'une puissance de 2 MW s'élève à 125 mètres en bout de pale, 150 mètres pour une éolienne de 3 MW et moins de 90 mètres pour des éoliennes à vents faibles.



Concernant le radar d'Epinal, ou plus précisément le radar du fort des Adephes situé à Jeuxey, l'unité de l'escadron de guerre électronique 48-53 d'Epinal en charge du radar de Jeuxey a été dissoute (source: Ministère de la Défense). Le démantèlement physique du radar demeure encore à l'étude au niveau de l'Etat-major. Si un avis favorable est donné, le démantèlement aurait lieu à l'horizon 2016-2017.

Il existe également *l'Altitude Minimum de Sécurité Radar (AMSR)*, qui est une servitude non réglementaire et révisable, limitant la hauteur des éoliennes à certains secteurs pour permettre le guidage radar. A titre d'exemple, dans le cadre du projet de ZDE de la Communauté de Communes de la Vôge vers les rives de la Moselle, concernant le radar de Luxeuil, la hauteur des éoliennes pouvaient être limitées à 135 mètres. Ces altitudes sont calculées en fonction du relief et des obstacles environnant, comme l'illustrent les diagrammes ci-dessous:



Les secteurs préférentiels

La Défense a également défini d'autres secteurs d'entraînement, dont font parties les zones dites VOLTAC pour les vols tactiques d'hélicoptères de combat. Celles-ci ne sont pas assimilables à des zones à statut réglementaire et ne sont donc pas opposables aux autres usagers. **Définies depuis juin 2013, ces zones proscrivent l'installation d'éoliennes.** La Défense a donc acquis un droit de veto sur l'ensemble du territoire français, et ainsi tout projet éolien inscrit sur ces zones reçoit un avis défavorable en pré-consultation.

o Un durcissement des règles qui inquiète la profession

Pour contribuer à l'atteinte de l'objectif de 40 % d'énergie renouvelable dans le mix électrique à l'horizon 2030, la loi *de transition énergétique pour la croissance verte* du 17 août 2015 prévoyait à l'article 141 de clarifier par décret les règles d'implantation éoliennes vis-à-vis des installations militaires, des équipements de surveillance météorologique et de navigation aérienne. Celui-ci a été élaboré début 2016 par les ministères de l'environnement et de la Défense, mais ne va pas dans le sens d'un déploiement de l'éolien en France. Sa mise en vigueur interdirait, à terme, l'éolien sur plus de 70% du territoire national, tel que l'illustrent les cartographies ci-dessous, impactant particulièrement la Région Grand Est:

Région Grand Est: **Evolution des contraintes militaires relatives aux éoliennes** 11-02-2016 Possible situation en 2016 Situation avant juin 2013 Situation actuelle Une augmentation globale des servitudes : Un réseau de vol à trés basse altitude Une évolution contraignante : Un rayon de protection de 20km autour des radars Des Secteurs d'entraînement et de vol tactiques Un allégement du réseau et Un rayon de protection de 30km autour des radars des secteurs d'entraînementà trés basse altitude Soit 15.7% du territoire français Un rayon de protection de 60km autour des radars Soit 47.1% du territoire français Un périmètre de sécurité de 30km autour des centrales nucléaires Soit 74% du territoire français Légende Departem Regions radars militaires

La FFE appelle ainsi les collectivités porteurs de projet éolien à se mobiliser pour défendre le droit à l'éolien sur leur territoire. Au regard de l'impact de cette mesure sur le potentiel éolien du territoire, la question du positionnement des élus locaux mériterait d'être posée.

1:8 500 000

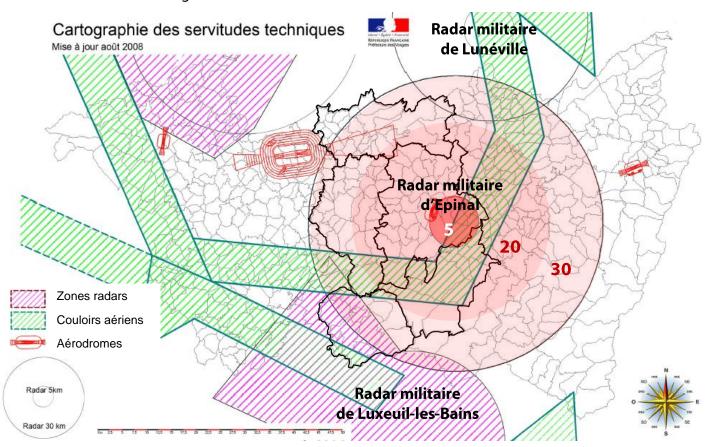
Contraintes militaires

• Autres servitudes aéronautiques civiles

On citera comme autres contraintes aéronautiques civiles impactant le territoire, les aérodromes de Mirecourt, de Golbey (voir papillotes en rouge sur la carte ci-dessous). Il peut en exister d'autres, mais sans impact rédhibitoire sur le développement éolien au niveau du SCoT.

• Le cas des Vosges Centrales : un potentiel éolien fortement impacté

La seule cartographie actuellement disponible sur le territoire concernant les servitudes aéronautiques militaires et civiles est celle produite en 2008 par les services de la Préfecture des Vosges.

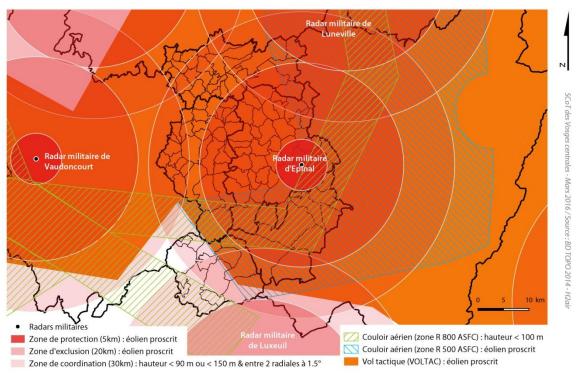


Cette carte établie avant juin 2013 ne prend donc pas en compte les dernières évolutions concernant les exercices de Vols Tactiques (VOLTAC) et les couloirs aériens liés aux *Réseaux Très Basse Altitude (RTBA)*.

Une mise à jour de cette carte a pu être réalisée grâce aux données de la société H2air, porteur de projets sur les communes d'Avrainville-Hergugney et de Gruey-lès-Surances (voir page suivante).

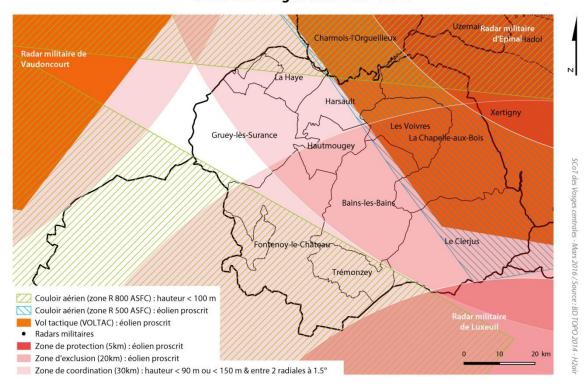
Sous réserve de toute modification réglementaire fondamentale relevant de la négociation actuelle entre professionnels de la filière et ministères de l'Energie et de la Défense, le potentiel de développement éolien des Vosges se restreindrait à une frange de la CC du Val de Vôge dans le Sud du territoire du SCoT.



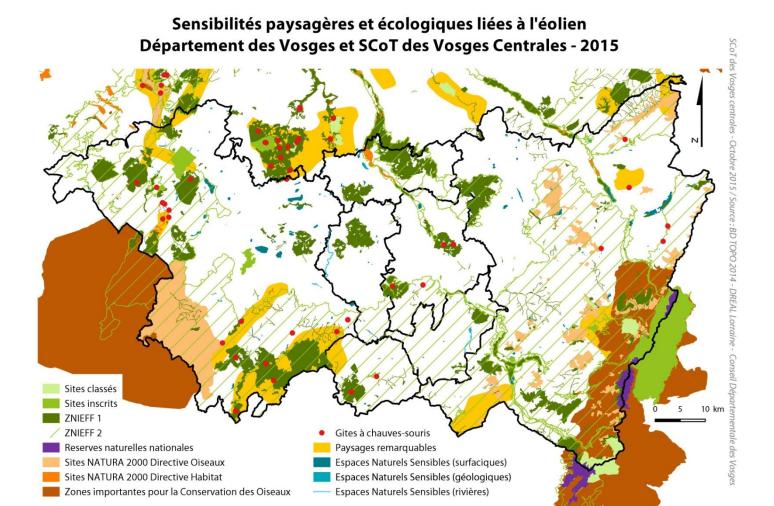


En zoomant sur la Communauté de Commune du Val de Vôge, on peut distinguer les communes préservées des contraintes aéronautiques militaires rédhibitoires : il s'agit de Gruey-lès-Surances, La Haye, Harsault, Hautmougey, Bains-les-Bains, Fontenoy-le-Château, Trémonzey et Le Clerjus.

Servitudes aéronautiques militaires : zoom sur la CC du Val de Vôge SCoT des Vosges Centrales - 2016



6.3.4 Peu de sensibilités environnementales et paysagères au titre du SRE



La carte ci-dessus présente l'ensemble des zones paysagères et environnementales identifiées par la DREAL Lorraine que doit prendre en compte un projet éolien.

Parmi l'ensemble de ces zones réglementaires, seules les Sites Natura 2000, les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), les espaces classés et inscrits pour la protection de l'environnement présentent des contraintes rédhibitoires à l'implantation d'éoliennes. Sur le SCoT, seule la partie Nord de la Moselle, située dans une zone Nature 2000 (en orange) proscrit l'implantation d'éoliennes.

Pour les autres zonages, et notamment les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de niveau 1, une étude approfondie doit être menée dans le cadre de l'étude d'impact pour définir des mesures compensatoires à mettre en œuvre pour autoriser l'implantation d'éoliennes.

D'après le Schéma Régional de l'Eolien (SRE), le principal enjeu du territoire en terme de protection de la biodiversité dans la préservation réside certaines protégées espèces chauves-souris (chiroptères), dont les gites sont figurés par un point rouge foncé. Les autres cercles d'un rouge plus pâle sont les zones à enieux liés à leur migration. Ces enjeux peuvent être de divers degrés d'importance en fonction de la nature de l'espèce. Il existe différentes mesures d'adaptation pour faire cohabiter des éoliennes à proximité des lieux de vie des chauves-souris. Plusieurs expériences françaises ont montré que le taux de mortalité des chiroptères peut être réduit jusqu'à 99%. Il existe également un enjeu pour la protection des oiseaux, mais dans une moindre mesure. Il s'agit notamment de respecter les couloirs de migration et les sites de reproduction, mais les choix d'implantation d'aménagement et permettent de limiter très fortement ces effets indésirables.

Schéma Régional de l'Eolien (SRE) CC de Moyenne Moselle CC de la Vôge vers les Rives de la Moselle Vê je

Enjeux chiroptères liés à l'implantation d'éoliennes

D'un point de vue réglementaire, seules les orientations du *Schéma Régional de l'Eolien (SRE)* sont opposables en terme de prise en compte des paysages et de la biodiversité. Bien qu'elles semblent peu contraignantes, au regard des avis des services de l'Etat et des retours exprimés dans le cadre des enquêtes publiques sur les projets éoliens du territoire, ces enjeux sont souvent cités comme éléments de réfutation, notamment celui du paysage, dont les règles d'appréciation demeurent bien souvent subjectives et imprécises.

Gîtes à chauves-souris

Zones à enjeux liés à leur migration

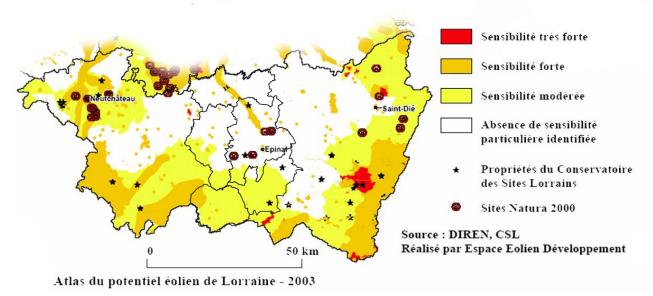
6.3.5 Recommandations locales d'intégration paysagère

Diverses analyses menées au niveau départemental ou régional influencent les choix des services instructeurs pour juger de la bonne intégration paysagère des projets éoliens.

• Atlas du potentiel éolien de Lorraine (2003)

En 2003, *l'Atlas du potentiel éolien de Lorraine* mené par l'Agence Régionale de l'Environnement intégrait une première cartographie des sensibilités paysagères.

Sensibilité environnementale, paysagère et architecturale



• Classement des entités paysagères des Vosges (2006)

Celle-ci a servi aux services de l'Etat pour mener en 2006 une étude sur la compatibilité des parcs éoliens avec le paysage. Bien que non rédhibitoire, un classement des entités paysagères a été réalisé par degré d'acceptabilité (voir carte cicontre). La vallée de la Moselle et les Vaux du Madon ont été décrits comme peu favorables à l'accueil d'aérogénérateurs.



Atlas des paysages des Vosges (2007)

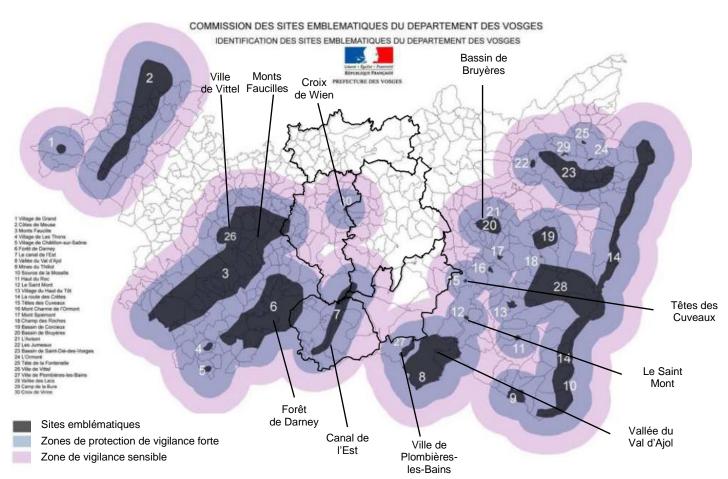
Plusieurs recommandations générales ont également été apportés dans *l'Atlas des paysages des Vosges* diffusé en juin 2007 sur la base de ces analyses. Elles se résument à :

- o Choisir des implantations dont la logique est clairement lisible
- Appuyer le projet éolien sur les lignes de force du paysage
- Maîtriser les co-visibilités entre les parcs
- Soigner les abords et les chemins d'accès.

Les scénarios à éviter sont également soulignés: il s'agit de l'implantation des éoliennes de façon éparse, la concurrence avec la silhouette du village, ou encore une implantation en désaccord avec les lignes de force du paysage.

• Guide sur l'éolien dans les Vosges (2007)

Fin 2007, un travail complémentaire de la *Commission des sites emblématiques des Vosges* a été publié dans un *guide sur l'éolien dans les Vosges*. Une cartographie des zones de vigilance a ainsi été annexée au guide précisant les sites emblématiques à préserver.



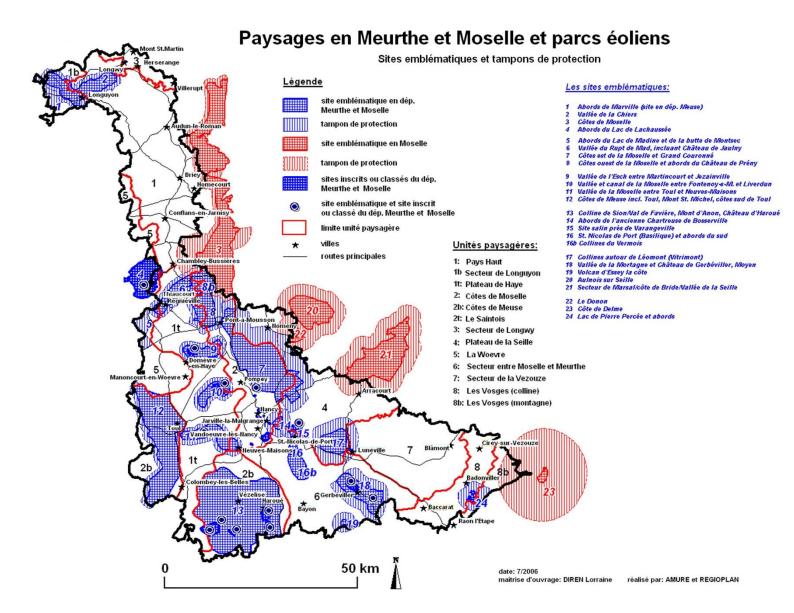
Elément surprenant: la vallée de la Moselle n'apparaît pas comme zone de vigilance sensible par la Commission des sites!?

A noter: depuis début 2014, la consultation de la Commission départementale de la nature, des paysages et des sites (CDNPS) n'est plus obligatoire.

La méthodologie de prise en compte du paysage pour la création d'une ZDE est également spécifiée dans ce guide, elle découle de la méthode des atlas de paysage utilisée par le Ministère de l'Energie et mise à disposition par les délégations de l'Etat en Région. Elle se résume à une cartographie des unités paysagères localisant les principaux enjeux patrimoniaux, une analyse comparative des structures paysagères par rapport à la taille de l'éolien, leurs perceptions sociales et tendances d'évolution et des éléments d'appréciation de la concordance entre éolien et sensibilités paysagère et architecturales. Bien que les ZDE aient été supprimées, cette méthodologie est bien celle poursuivie dans le cadre des études d'impacts des dossiers d'autorisation d'exploiter au titre des ICPE.

• Guide des prescriptions paysagères relatives à l'éolien (2006)

En 2006, la DIREN missionnait le cabinet AMURE pour élaborer un guide visant à faciliter l'intégration paysagère des projets éoliens par la définition de règles fines d'implantation corrélées à la sensibilité des unités paysagères meurthe-et-mosellanes. Les développeurs ont ainsi un cadre précis pour intégrer harmonieusement leur projet au territoire.



La préservation paysagère de certains sites remarquables du Sud Meurthe et Mosellan peut également impacter le développement de l'éolien dans les Vosges Centrales. C'est le cas notamment de la colline de Sion dans le Val de Favière, du Mont d'Anon et du château d'Haroué (n°13 de la carte ci-dessous), du volcan d'Essey la Côte (n°19 de la carte ci-dessous), voire du château de Gerbéviller dans la vallée de la Mortagne.

A noter: une telle approche n'a pas été déclinée dans les Vosges. Les limites des zones à enjeux paysagers dans les Vosges et les conditions d'implantation à remplir en périphérie de ces zones sont donc laissées au libre arbitre des services instructeurs.

• Colloque régional *Grand Eolien et Paysage* (2009)

Fin 2009, l'Union Régionale des *Conseils en Architecture, Urbanisme et Environnement (CAUE)* de Lorraine tenait au Conseil Général de Meurthe et Moselle une conférence sur le Grand éolien et les paysages. Les interventions de spécialistes de cette problématique : CAUE de de l'Aisne et société AMURE, et du CAUE de Meurthe et Moselle donne plusieurs enseignements qui méritent d'être rappelés dans cette étude de potentiel.

La nécessité du partage d'une approche territoriale globale du grand éolien entre acteurs du territoire

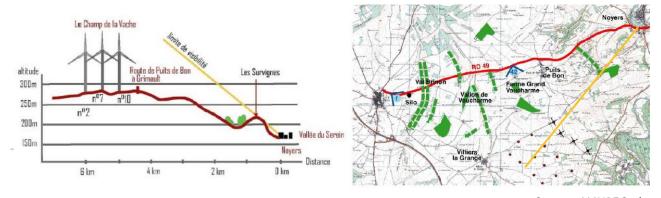
Le CAUE de l'Aisne, apporte une expertise poussée sur l'intégration paysagère de l'éolien aux services de l'Etat, collectivités et développeurs grâce à un outil de modélisation cartographique tridimensionnelle. Son expérience sur le volet paysager des projets éoliens indique que les dossiers semblent traités de façon individuelle, avec des représentations parfois erronées et statiques et sans que les connaissances soient croisées entre services.

L'importance d'une étude paysagère de qualité

Du fait de la perception non linéaire de l'objet, il peut s'avérer délicat d'évaluer correctement ses impacts sur le paysage. Seule une mise au point du projet par photomontage permettra un choix éclairé parmi les variantes étudiées (voir ci-dessous),



l'analyse du projet dans les différentes fenêtres paysagères (voir ci-dessous),

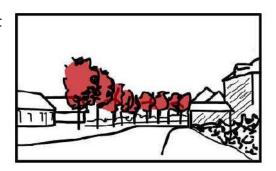


Source: AMURE Sarl

notamment depuis les monuments historiques protégées (voir ci-dessous),



et la prescription de mesures d'aménagement visant à limiter leur visibilité des zones à enjeux.



Source: AMURE Sarl

L'importance de l'appui des collectivités et acteurs du territoire pour favoriser des implantations éoliennes de qualité

Les sensibilités environnementales et paysagères sont bien souvent propices au contentieux et ce à plusieurs titres : d'une part, parce que les règles d'implantation ne sont pas forcément assumées par le local, d'autant plus que la population est rarement associée en amont des projets ; d'autre part, parce que la recherche d'une diversification du mix énergétique peut éroder l'analyse technique du projet tout comme celle des motivations économiques du projet qui manquent bien souvent de transparence ; enfin, parce que les recours au titre de l'impact paysager, sont parfois sincères, mais parfois aussi simple prétexte. La raison peut s'expliquer par la grande souplesse de l'article R 111-21 du Code de l'Urbanisme qui ouvre la possibilité du refus de permis de construire à toutes situations (y compris après l'existence d'avis conforme de l'ABF).

6.3.6 Capacité de raccordement et zonage des sites prioritaires

Dans le cadre du Schéma Régional de Raccordement aux Energies Renouvelables (S3REnR), annexe du SRCAE, le gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité, RTE, définit les puissances supplémentaires susceptibles d'être injectées dans le réseau électrique. Cellesci sont revues régulièrement par le gestionnaire et mises en ligne sur le site www.capareseau.fr. Notons que le raccordement d'un projet éolien vers le réseau hautetension se fait exclusivement en sous terrain à une tension de 20kV du site vers un poste source de 63 ou 225 kV.

La carte en page suivante indique les capacités réservées des postes d'injection à proximité du territoire communiquées par RTE en février 2015. Croisées avec les autres contraintes de biodiversité et de paysage, elle permet de mettre en lumière les zones où le développement de l'éolien pourrait être envisagées <u>sous réserve que les servitudes aéronautiques militaires soient assouplies</u>:

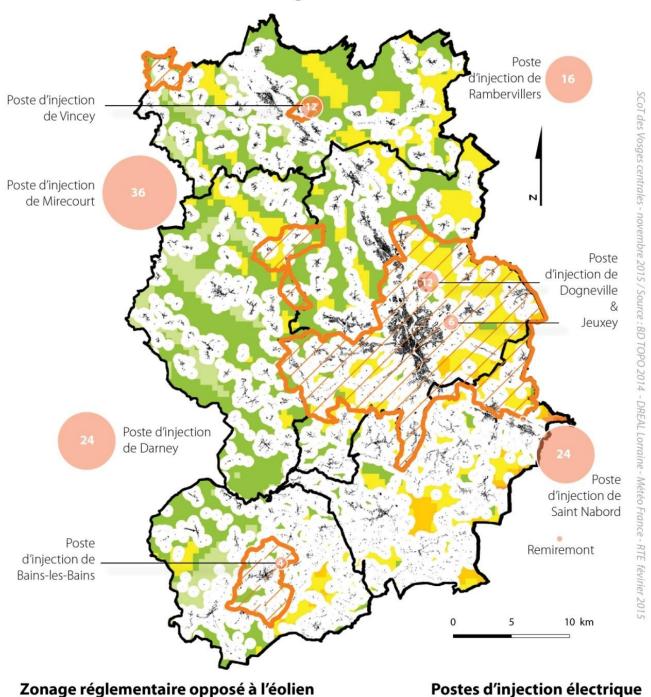
- o au Nord-Ouest du SCoT à proximité du poste d'injection de Mirecourt,
- o au Nord-Est du SCoT à proximité du poste d'injection de Rambervillers,
- o au Sud-Est du SCoT à proximité du poste d'injection de Saint-Nabord.

Compte-tenu de l'étude de vent réalisée sur site sur la commune de Bellefontaine (voir en introduction du paragraphe 6.3), il est possible que le potentiel de vent ne soit pas aussi favorable qu'il n'y paraît pour la partie Sud-Est du territoire.

On aurait aussi pu mentionner la **zone au Centre-Nord du SCoT à proximité du poste d'injection de Vincey**, seulement les conditions paysagères de développement de l'éolien en bordure de vallée de la Moselle nécessitent d'être précisées.

La capacité de raccordement du poste d'injection donne un ordre d'idées du nombre d'éoliennes susceptibles d'être implantées, considérant que la puissance d'une éolienne classique est de 2 à 3 MW et de l'ordre 0.8 MW pour une éolienne à vents faibles. Cependant, il ne s'agit pas d'un facteur limitant. En effet, il n'est pas rare que soit révisé le schéma de régional raccordement (S3RENR) pour adapter les capacités de raccordement à la puissance des projets développés, à l'exemple du S3RENR de Champagne-Ardennes.

Potentiel éolien **SCoT des Vosges Centrales - 2015**



Zonage réglementaire opposé à l'éolien

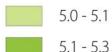


Périmètre de 500 m autour des habitations



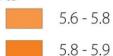
Zone hors SRE

Vitessse moyenne du vent à 40 mètres du sol (en m/s) Zone à vents faibles Zone à vents forts





5.3 - 5.55.5 - 5.6

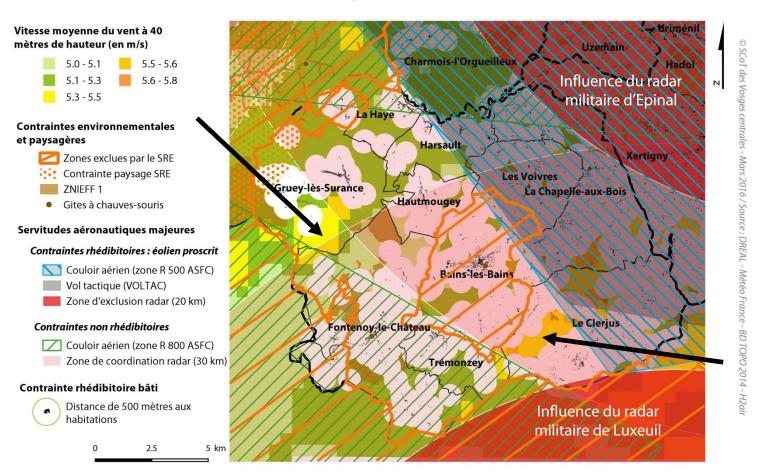


40 MW 20 MW 10 MW

et puissance raccordable

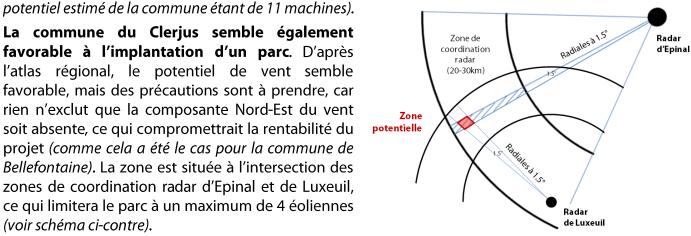
En prenant en compte les contraintes aéronautiques militaires telles qu'elles ont été modifiés en juin 2013, le potentiel du territoire se restreint à deux zones telles décrites ici :

Potentiel éolien : zoom sur la CC du Val de Vôge **SCoT des Vosges Centrales - 2016**



La commune de Gruev-lès-Surances présente le meilleur potentiel. C'est d'ailleurs sur cette commune que la société H2air travaille sur un projet de parc de 8 machines (le

La commune du Clerjus semble également favorable à l'implantation d'un parc. D'après l'atlas régional, le potentiel de vent semble favorable, mais des précautions sont à prendre, car rien n'exclut que la composante Nord-Est du vent soit absente, ce qui compromettrait la rentabilité du projet (comme cela a été le cas pour la commune de Bellefontaine). La zone est située à l'intersection des zones de coordination radar d'Epinal et de Luxeuil, ce qui limitera le parc à un maximum de 4 éoliennes (voir schéma ci-contre).



Le potentiel des communes de Tremonzey et Fontenoy-le-Château pourrait également d'être approfondi pour des éoliennes à vents faibles (< 100 mètres), mais la proximité des habitations aux zones favorables rendent complexes le projet.

Les autres communes semblent compromises en raison d'un manque de productible.

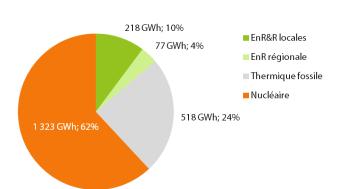
6.4 Le rôle du SCoT pour le déploiement d'un Grand Eolien de qualité

Pour maîtriser le développement du Grand éolien, notamment au regard de sa bonne intégration paysagère, et pour faciliter la concertation le plus en amont possible des projets pour permettre un investissement des collectivités et des citoyens, le SCoT a un rôle à jouer en tant que document réglementaire, susceptible d'adapter les conditions d'implantation au contexte du territoire.

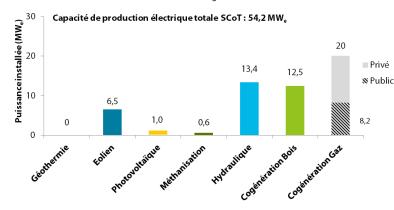
6.4.1 Les enjeux de l'éolien pour un Territoire à Energie Positive

Répartition des sources de production de l'électricité consommée sur le SCoT

Consommation totale d'électricité sur le SCoT : 2 136 GWh



Capacité de production électrique en EnR&R (MW_e):
Répartition par filière - SCoT des Vosges Centrales - 2014
Source: CG88 - ADEME - Région Lorraine - CA88



• Mixité et progression vers l'autonomie énergétique

De part sa puissance comparativement aux autres EnR électrique et tel que décrit dans le profil énergétique du territoire (voir diagrammes ci-dessus), la marge d'évolution de l'autonomie électrique du territoire est fortement lié au développement du Grand éolien.

Rappelons que l'intérêt d'élargir le mix électrique est de faire face à la hausse de la demande (estimée à +15% en 2030 par rapport à 2010 selon RTE) et de substituer progressivement la capacité de production nucléaire (cf. loi de transition énergétique).

• Complémentarité et solidarité entre zones rurales et urbaines

Comme énoncé dans le pré-*Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD)* du SCoT de décembre 2015, seule une solidarité entre territoires permettrait d'optimiser les bénéfices du Grand éolien sur le territoire. La complémentarité qui existe entre les zones rurales et les zones urbaines peut y contribuer. En effet, les premières, à fort potentiel de production et capacité de concertation facilitée, peuvent être soutenues par les secondes, qui n'ont pas de possibilités d'implantation mais qui concentrent les besoins de consommation électrique et présentent des capacités d'investissement plus fortes.

6.4.2 Les projets en cours

Au regard du nombre de projets développés dans les Vosges du point de la Grande Région et des courbes de tendance de développement de l'éolien en France (voir en annexe), on pourrait s'attendre à un fort développement dans les Vosges compte-tenu d'un potentiel de vents si peu exploité, sorte d'eldorado de l'éolien pour les développeurs comme a connu le département de la Meuse entre 2007 et 2011.

Néanmoins, cette conjecture ne sera vérifiée que si le Ministère de la Défense ne grève pas la quasi-totalité de la région par le renforcement des servitudes aéronautiques militaires (voir paragraphe 6.3.3).

Orthoncourt - Rehaincourt: une expérimentation qui fait du tort à l'éolien dans les Vosges Centrales

Le seul parc éolien présent sur le SCoT, composé de 8 machines de 800 kW de puissance, se situe sur les communes d'Orthoncourt et de Rehaincourt. Ce parc fait partie d'un programme de recherche-développement mené par les sociétés OVH et DDIS, visant à expérimenter les prototypes de nouveaux modèles d'aérogénérateur à vent faibles⁵⁹. Le caractère expérimental du projet explique la raison pour laquelle, les éoliennes sont souvent à l'arrêt. Le manque de communication des développeurs (refus à témoigner dans le cadre du reportage menée par le SCoT et Vosges TV) a contribué à dégrader la perception de l'éolien par le territoire. Il n'est pas rare que ce projet soit pris en exemple pour justifier d'un manque de potentiel en vent sur le territoire.

• Avrainville - Hergugney: le projet de parc des Mirabelles (instruction en cours)

Le projet concerne la construction de 6 éoliennes sises sur le territoire des communes de Avrainville et de Hergugney. **Il s'agit du projet le plus abouti du territoire.** D'une puissance de 2 MW chacune pour 150 m de hauteur, les éoliennes sont de type VESTA V110 pour une production globale attendue de 32 GWh_e/an, soit 15% de la production théorique actuelle en électricité renouvelable du territoire.

Le projet est porté par la Société Eolienne des Mirabelles, filiale de la société H2air, une PME disposant d'un parc de 73 éoliennes réparties en 4 sites dans la Somme et dans l'Aube.



Photomontage du projet, source : H2air

Les dossiers de demande de permis de construire et de permis d'exploiter ont été déposés le 21 novembre 2014. L'avis de la DREAL, qui vaut saisine du Préfet de Région date du 25 novembre 2015 et le permis de construire a été accordé par le Préfet des Vosges le 27 janvier 2016⁶⁰. Si la procédure ne fait pas l'objet d'une opposition qui amène la société devant les tribunaux, les travaux devraient débuter en 2017.

A noter: Un des points sensibles de l'enquête public repose sur la proximité du projet à la colline de Sion; bien que situé au-delà des périmètres de protection, sa visibilité fait débat.

Autre remarque : le projet est situé sur une zone rédhibitoire VOLTAC. Ceci est possible car une demande préalable a été déposée avant juin 2013, date d'entrée en vigueur de la servitude.

⁵⁹ Plus d'informations: <u>www.ovh.com/fr/a1100.eoliennes-ovh-energie-renouvelable</u>

⁶⁰ Plus d'informations:

• Gruey-lès-Surances: le retour!

Le projet a tout d'abord été porté par la société GAMESA qui a présenté un premier dossier en 2008. Le projet a ensuite été abandonné par cette dernière pour des raisons de restructurations économiques internes à la société.

Le projet a été repris par la société H2air en 2013. Sur un potentiel de 11 machines sur le foncier communal, la société a signé une promesse de bail à la commune pour 8 machines (voir en annexe la carte d'étude des servitudes associé au projet d'implantation de 2013). Les études d'impacts environnementales ont été initiées en 2015. Si le projet suit son cours, la demande d'autorisation unique (associant demande de permis de construire et demande d'autorisation d'exploiter ICPE) sera déposée fin 2017.

Le projet présente un enjeu pour le territoire, car il s'agit du seul projet faiblement impacté par les servitudes aéronautiques militaires du territoire.

6.4.3 L'acceptabilité sociétale de l'éolien dans les Vosges : un climat de tension

Vosges Horizon Durable: un vent de contestation

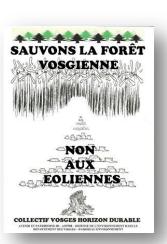
Le Collectif Vosges Horizon Durable regroupe cinq associations:

- o l'association de défense de l'environnement des Vosges⁶¹
- Rabodeau Environnement⁶²
- o Avenir et Patrimoine 88⁶³
- l'association pour la Sauvegarde et la Protection du Patrimoine 88 (ASPP88)⁶⁴
- l'association Paysage et Biodiversité (PEB)

Ce collectif milite contre l'éolien depuis les années 2000 avec comme leitmotiv le manque d'intégration paysagère et l'impact des éoliennes sur la biodiversité. Cet acteur historique de l'opposition à l'éolien est structuré et démontre une force d'action importante, comme en témoigne sa capacité à mobiliser les médias, sa présence sur le web ou sa coopération active avec des associations similaires en Allemagne. Ce dernier a contribué à l'annulation du *Schéma Régional de l'Eolien (SRE)* en janvier 2016.

Une voix timide des associations écologiques

Que ce soit Vosges Nature Environnement ou les groupes citoyens des villes en transition, on observe rarement un positionnement de leur part en faveur des projets éoliens lors des enquêtes publics. Globalement favorables aux énergies renouvelables, ces dernières revendiquent le manque de concertation en amont des projets et de transparence des développeurs sur les retombées économiques des projets, et soulignent l'importance du développement de l'investissement participatif pour une meilleure répartition des bénéfices sur le territoire.



⁶¹ Plus d'informations: <u>www.eolien-vosgien.info</u>

⁶² Plus d'informations: <u>rabodeau.env.free.fr</u>

⁶³ Plus d'informations: <u>www.aveniretpatrimoine88.com</u>

⁶⁴ Plus d'informations: <u>eolienne.aspp88.fr</u>

6.4.4 Densifier la tache urbaine pour préserver le potentiel éolien

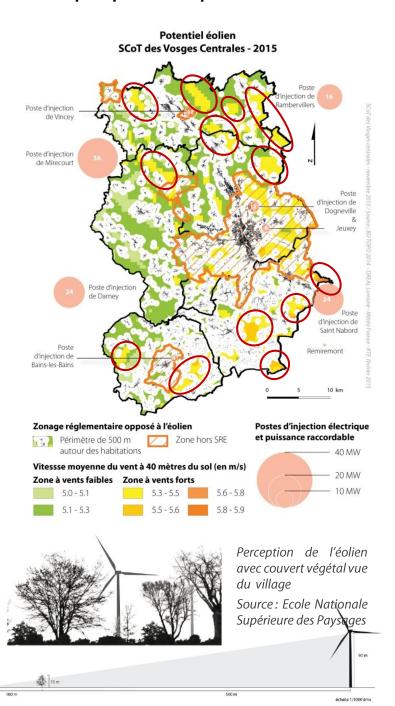
L'intérêt de densifier la tache urbaine a également du sens pour préserver le potentiel éolien du territoire. Avec la règle des 500 mètres de distance entre les projets éoliens et les habitations, les zones favorables peuvent être fortement impactées par l'étalement urbain. La carte ci-contre illustre ce phénomène.

Un effort de densification pourrait ainsi être précisé dans le SCoT, au niveau des zones à vent fort pour faciliter l'intégration paysagère de futurs projets (zones en jaune et oranger sur la carte).

Les mesures préventives susceptibles de préserver et d'optimiser le potentiel des zones à vents forts, telles que localisées sur la carte pourraient être:

- la révision des distances entre habitation et futures éoliennes ;
- la plantation de couvert végétal dans les zones de co-visibilité (à l'image des travaux de l'Ecole Nationale Supérieure des Paysages sur la Communauté de communes de Varentais en Charente Maritime).

Ces mesures pourraient s'accompagner de réunions de sensibilisation et de concertation pour impliquer la population dans un processus participatif. Un partenariat pourrait être établi avec le CAUE pour définir les mesures de prévention paysagères.



6.4.5 Donner du sens à l'éolien par l'investissement participatif

Pour une meilleure acceptabilité des projets par le territoire, une concertation pourrait être organisée par le Syndicat sur la base des projets en cours sur les communes d'Hergugney-Avrainville et de Gruey-lès-Surances, avec l'appui des groupes citoyens des *villes en transition*, notamment celui des Voivres et de Xertigny.

La question du partage de l'investissement pourrait être évoquée avec les acteurs du territoire et structurée par les collectivités par la création d'une société d'investissement, d'autant plus que la société H2air porteurs des 2 projets les plus aboutis du territoire se dit ouverte à la question.

6.5 Synthèse du potentiel

Le Grand éolien (pour des puissances supérieures à 2 MW de puissance par aérogénérateur) est une filière mature porteuse d'emplois et de retombées économiques non négligeables pour le territoire. On estime à environ 20 k€/an/éolienne ses retombées fiscales annuelles et entre 250 et 370 k€/an/éolienne son chiffre d'affaire annuelle, soit un bénéfice nette sur 20 ans de durée de vie, entre 20 et 30 millions d'euros. Quant à l'emploi, il serait de l'ordre de 6 ETP/éolienne pour l'équipement et l'installation et de l'ordre d'2 ETP/ éolienne pour la vente et la maintenance selon une étude récente de l'ADEME.

Les autres technologies : Grand éolien à vents faibles (0.8 MW par machine), Moyen éolien (< 250 kW par machine) et Petit éolien (< 36 kW par machine) n'ont pas encore véritablement trouvé leur maturité économique et sont pour la plupart au stade de la recherche-développement. Ces deux dernières technologies sont plutôt à privilégier pour l'électrification des sites isolées, mais la future règlementation thermique, généralisant le BEPOS à toute construction neuve à l'horizon 2020, peut catalyser l'essor de ces filières.

Pour le *Grand éolien*, les principales problématiques à analyser pour estimer le potentiel du territoire sont le niveau de vent, les servitudes aéronautiques, l'intégration paysagère, la préservation de la biodiversité, le potentiel de raccordement et le respect des principales règles d'urbanisme, à savoir le *Schéma Régional de l'Eolien* et la distance de 500 mètres par rapport aux habitations. Pour le *Grand éolien*, au stade actuel des négociations interministérielles, le potentiel du territoire se restreint à un zonage limité dans le Sud du SCoT au niveau de la CC du Val de Vôge, en raison des contraintes fortes liées aux servitudes aéronautiques militaires. Si ces dernières étaient assouplies, plusieurs zones se montreraient favorables au Nord et à l'Est du SCoT. Le *Grand éolien à vents faibles* pourrait également représenter un potentiel pour le territoire, compte tenu de sa hauteur moyenne de 90 mètres s'adaptant mieux aux paysages et aux servitudes aéronautiques.

Le gisement en vents du territoire compte parmi les plus importants de Lorraine avec de nombreuses zones présentant une vitesse de vent susceptible de dépasser le seuil de 6 m/s à hauteur de moyeu. L'acquisition de données de vents à 100 mètres de hauteur permettrait néanmoins d'être plus objectif dans la localisation des zones à enjeux (l'atlas régional donnant des mesures de vents à 40 mètres de hauteur).

Les servitudes aéronautiques militaires sont le principal frein au développement du Grand éolien sur le territoire, condamnant plus de 90% du territoire. Alors que le radar d'Epinal est sur le point d'être démantelé, de nouvelles servitudes ont été rajoutées depuis juin 2013 pour l'entraînement des aéronefs de la Défense nationale. De plus, le Ministère prévoit un renforcement des contraintes actuelles, en dépit des objectifs de production électrique renouvelable visant à couvrir 40% des besoins à l'horizon 2030. La Fédération Française de l'Eolien appelle à un positionnement des élus locaux pour préserver leur gisement éolien et défendre ainsi les retombées socio-économiques qui en dépendent.

Bien que sources de polémiques, les sensibilités environnementales et paysagères ne limitent que faiblement le développement du Grand éolien sur le SCoT. Concernant le paysage, de grandes règles de principe ont été définies par les services départementaux mais elles ne sont pas ajustées aux spécificités du territoire. Ce manque de références ne facilite pas la bonne intégration des projets éoliens dans les Vosges. Celles-ci pourraient être co-construites avec les élus et acteurs du territoire et des mesures préventives, telles que la plantation de haies et d'arbres en zone de co-visibilité, pourraient être préconisées dans le SCoT pour préserver et optimiser les zones de vents forts. Concernant la biodiversité, la préservation des couloirs migratoires et des habitats de certaines espèces protégées d'oiseaux et de chauve-souris peuvent limiter le potentiel de développement éolien. Ces enjeux sont traduits dans le Schéma Régionale de l'Eolien qui exclut et localisent certaines zones sensibles et expertisées en profondeur dans l'étude d'impact sur la base de plusieurs scénarios d'implantation. Les principales zones à enjeux éoliens du territoire pourraient être localisées dans la trame verte du SCoT, associées de recommandations écologiques et de mesures de prévention prenant en compte les spécificités du territoire.

Pour améliorer la perception, l'accueil et le portage de l'éolien sur le territoire, les acteurs publics et privés doivent pouvoir s'approprier les projets le plus en amont possible de leur définition finale. Cela passe donc par l'organisation d'ateliers d'information et de concertation pour définir les zones favorables et anticiper l'implantation des aérogénérateurs par des mesures de préservation paysagère, mais aussi par la création d'une structure de financement qui permettrait de mieux répartir les bénéfices, en offrant la possibilité aux acteurs locaux de devenir actionnaires du projet.

VII. POTENTIEL TERRITORIAL EN HYDROÉLECTRICITÉ

	p. 142
PRINCIPE DU PROCÉDÉ ET DÉFINITIONS	
7.2	p. 144
CONCILIER ÉNERGIE ET BIODIVERSITÉ :	
UN COMPROMIS QUI FAIT DÉBAT	
7.3	p. 149
UN POTENTIEL LIMITÉ À LA RÉHABILITATION	
DE CINQ OUVRAGES EXISTANTS ?	
7.4	p. 154
SE RÉAPPROPRIER UNE ÉNERGIE HISTORIQUE	
DANS LES VOSGES	
7.5	p. 157
SYNTHÈSE DU POTENTIEL	

7 Potentiel territorial en hydroélectricité

Compte-tenu du faible relief et de la nature des cours d'eau du territoire, seule la petite hydroélectricité sera considérée dans la présente étude de potentiel.

7.1 Principe du procédé et définitions

Une *Petite Centrale Hydroélectrique (PCH)* se définit comme une installation de production énergétique, d'une puissance inférieure à 10 000 kW, transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique. D'après l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique (UNIPEDE) on classe les PCH en fonction de la puissance installée et on parle de :

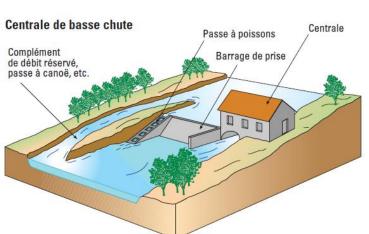
- petite centrale pour une puissance comprise entre 2 000 kW et 10 000 kW,
- mini-centrale pour une puissance comprise entre 500 kW et 2 000 kW,
- micro-centrale pour une puissance comprise entre 20 kW et 500 kW,
- pico-centrale pour une puissance inférieure à 20 kW.

Une PCH est composée de quatre éléments principaux :

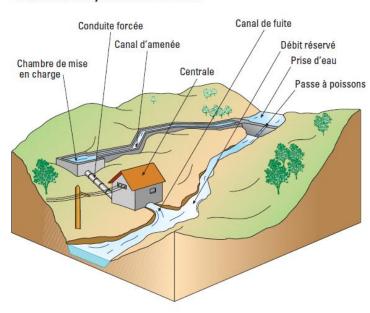
- les ouvrages de prise d'eau (digues, barrages),
- les ouvrages d'amenée et de mise en charge (canal d'amenée, conduite forcée),
- les équipements de production (turbines, générateurs, systèmes de régulation),
- les ouvrages de restitution.

Selon la longueur des ouvrages d'amenée on pourra distinguer :

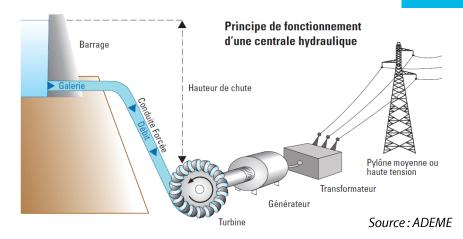
- la centrale en dérivation, où une partie du débit du cours d'eau est dérivée sur quelques dizaines de mètres jusqu'à plusieurs kilomètres, puis turbinée sous une hauteur de chute supérieure à la hauteur du barrage (voir schéma ci-contre)
- la centrale de pied de barrage qui utilise uniquement le dénivelé créé par le barrage (voir schéma ci-dessous).



Centrale de moyenne et haute chute



Source : guide pour le montage de projets de petite hydroélectricité, ADEME 2003 Une partie du cours d'eau est acheminée vers la centrale via un canal d'amenée et, selon les installations, une conduite forcée. En sortie de la conduite forcée ou du canal d'amenée, l'eau entraine la rotation de la turbine avant d'être restituée dans le canal. La turbine entraine alors un générateur électrique le plus souvent via un multiplicateur de vitesse.



Le générateur, couplé à un transformateur produit de l'électricité qui est mise en circulation sur le réseau de distribution électrique. La puissance d'une centrale dépend principalement de deux paramètres : la hauteur de chute et le débit turbiné.

Les différents types de centrales

Les centrales au fil de l'eau

Les centrales au fil de l'eau sont majoritairement des petites centrales. Elles ne disposent pas de possibilité de stockage et produisent au gré des débits du cours d'eau. Ces ouvrages produisent donc de façon continue et fournissent une électricité de base.

Les centrales de lac

Les centrales de lac ou d'éclusée disposent d'une retenue d'eau leur permettant de stocker celleci afin de la turbiner aux périodes de plus forte demande. Ces deux catégories de centrales se distinguent en fonction de la duré de remplissage de leur réservoir : moins de 400 heures pour les centrales d'éclusée, au-delà pour les centrales de lac. Les centrales d'éclusée ont donc des durées d'accumulation assez courtes et modulent leur production au niveau journalier, voire hebdomadaire, là où les centrales lac peuvent assurer de modulation saisonnière de leur production.



Centrale de Bragard de 2 MW à Epinal



Centrale du Lac Noir de 80 MW (en cours de réhabilitation) : la première de France à utiliser la technologie du transfert d'énergie par pompage

Les Stations de Transfert d'Energie par Pompage (STEP)

Les STEP sont des centrales de pompage - turbinage fonctionnant avec une retenue supplémentaire à l'aval. Pendant les heures creuses, l'eau est pompée de la retenue inférieure vers la retenue supérieure, pour être ensuite turbinée dans le sens inverse pendant les heures de pointes. La dizaine d'installations que compte la France totalise une puissance de 4 500 MW, mobilisables en quelques minutes.

Les centrales sur eau potable ou eaux usées

L'eau potable ou les eaux usées peuvent également être turbinées. Par exemple, lorsque les eaux potables sont captées en source de montagne, l'acheminement vers les robinets des usagers nécessite des installations pour dissiper la trop grande pression pour que l'eau n'arrive pas dans le réseau avec trop de puissance. Des technologies existent pour valoriser cette énergie, tout en répondant à cet excès de pression.

7.2 Concilier énergie et biodiversité: un compromis qui fait débat

7.2.1 La difficile conciliation des politiques de l'eau et de l'énergie

En application de la directive européenne 2009/28/CE du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, et dans la droite ligne du Grenelle de l'environnement visant le développement optimal de toutes les filières d'EnR, le ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie s'est engagé dans un <u>plan de relance de l'hydroélectricité</u>. L'objectif d'atteindre 23% d'électricité renouvelable dans la consommation finale d'électricité en 2020 a encore été renforcé par la loi de *Transition Energétique pour la Croissance Verte du 18 août 2015* et décliné à l'horizon 2030 avec l'ambition d'atteindre 40% d'électricité renouvelable dans le mix national.

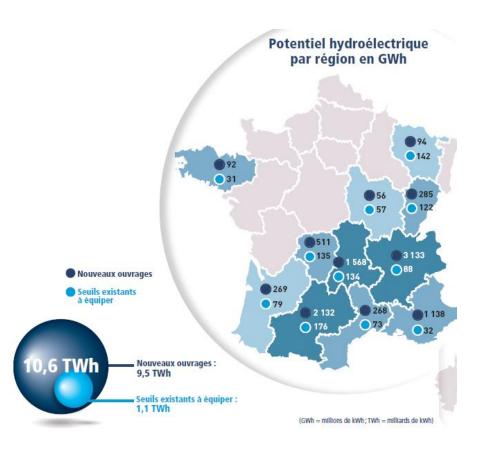
En application de la directive cadre 2000/60/CE du 23 octobre 2000 fixant un cadre pour la politique communautaire de l'eau – plus communément appelée *Directive Cadre sur l'Eau (DCE)* – et des engagements du Grenelle relatifs à la préservation de la biodiversité et à la mise en place de la *Trame Verte et Bleue (TVB)*, le ministère de l'Agriculture, de l'Eau et de la Pêche a lancé en 2009 un plan d'action de l'Etat pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau. L'objectif est d'atteindre 66% des masses d'eau de surface en bon état en 2015. Celui-ci s'est concrétisé par la mise en œuvre de plans d'actions opérationnels territorialisés (PAOT) triennaux (2010-2013, 2013-2015) dont la coordination est assurée par la Police de l'Eau et les agences de l'Eau (voir les extraits concernant les mesures liées à l'hydromorphologie des bassins versants du SCoT en annexe).

Pour mieux concilier ces deux enjeux, le gouvernement a organisé dans le cadre du Grenelle de l'Environnement une table ronde sur l'hydroélectricité réunissant l'ensemble des acteurs de la filière. Cette table ronde a abouti à la signature en juin 2009 d'une convention d'engagements pour un développement d'une hydroélectricité durable en cohérence avec la restauration des milieux aquatiques. Celle-ci précise l'engagement des différents partis pour:

- **Art. 1 Inscrire l'hydroélectricité dans une démarche de progrès**, notamment en terme de concertation entre acteurs, de recherche-développement pour une meilleure insertion environnementale, de suivi et de contrôle;
- Art. 2 Moderniser et optimiser le parc existant dans une approche de développement durable, notamment en mettant aux normes les ouvrages existants et en optimisant leur performance énergétique et écologiques;
- Art. 3 Envisager l'effacement des obstacles les plus problématiques en terme de continuité écologique, en élaborant un cadre réglementaire pour ce recours et en conduisant des opérations exemplaires de restauration;
- **Art. 4 Développer un parc à haute qualité environnementale**, notamment par la révision du classement des cours d'eau, et en facilitant l'identification du potentiel
- Art. 5 Assurer le suivi de la convention et le développement d'une expertise partagée.

7.2.2 Une analyse du potentiel contrastée entre l'Etat et les producteurs

Dans le cadre de la convention pour le développement d'une hydro-électricité durable, un travail de normalisation des méthodes d'évaluation et de convergence du potentiel hydroélectrique de création de nouveaux sites d'équipement de seuils existants a été mené au 1er semestre 2013 par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC), la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et les producteurs fédérés autour de *l'Union* Française de l'Electricité (UFE).



Ce travail a consisté à confronter les différentes études de potentiel hydroélectrique existantes (études menées par les DREAL et l'UFE) et les avis des experts sur la liste des projets réalisables techniquement et la liste des tronçons exploitables afin de disposer *in fine* d'une vision partagée du potentiel hydroélectrique français.⁶⁵

Le potentiel total français est établi à 11,7 TWh:

- Le potentiel **pour la création de nouveaux ouvrages s'élève à 2 477 MW et 8 956 GWh/an** pour les régions où la convergence a pu être réalisée. Si l'on ajoute à ce potentiel, le potentiel majorant des régions pour lesquelles la convergence n'a pas eu lieu, celui-ci pourrait être porté à 2 890 MW et 10 347 GWh/an⁶⁶.
- Le potentiel pour l'équipement de seuils existants s'élève à 204 MW et 880 Gwh/an pour les régions où les données étaient convergentes. Si l'on ajoute à ce potentiel, le potentiel majorant des régions pour lesquelles la convergence n'a pas eu lieu, celui-ci pourrait être porté à 354 MW et 1 410 Gwh/an.

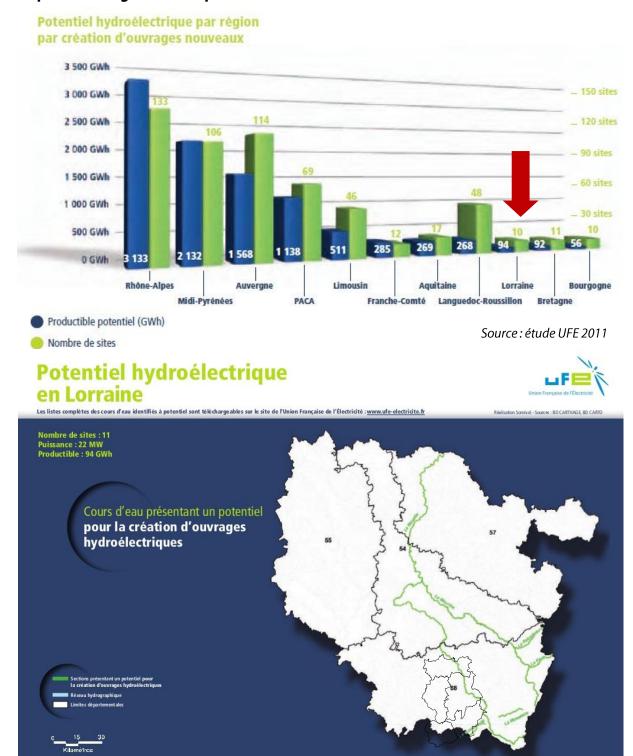
⁶⁵ Paragraphe extrait du site <u>www.france-hydro-electricite.fr</u>

⁶⁶ Il est à noter que le travail de convergence entre les expertises menées par la DREAL et l'UFE n'a pas été réalisé sur la région Lorraine

Deux possibilités de développement :

• La création d'ouvrages nouveaux : + 9.5 TWh / an, dont 10 sites sur la Lorraine pour un productible potentiel de 94 GWh/an

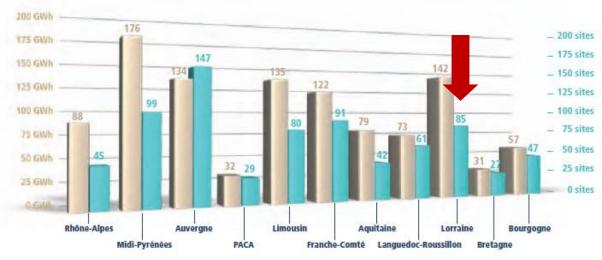
Construire une nouvelle centrale consiste à marier l'optimisation énergétique du site et les enjeux environnementaux sur la portion de cours d'eau concernée. La nouvelle centrale sera conçue dès l'origine pour produire le plus d'énergie tout en contribuant aux objectifs de qualité des milieux aquatiques et à l'économie locale. Les sites de production hydroélectriques sont souvent une opportunité pour les usages de l'eau: sports nautiques, pêche, eaux vives pour les kayakistes et rafteurs... Les meilleures techniques environnementales permettent de maintenir le bon état écologique des eaux et de respecter la migration des poissons et le transit des sédiments.



• La valorisation ou l'équipement de seuils existants : + 1.1 TWh / an, dont 85 sites sur la Lorraine pour un productible potentiel de 142 GWh/an

Il s'agit d'équiper en hydroélectricité les seuils existants, comme par exemple d'anciens moulins, qui n'ont plus d'usage et qui disposent d'un véritable potentiel. L'ouvrage existant, ainsi équipé, peut produire de l'électricité d'origine renouvelable, tout en constituant une opportunité d'amélioration de la continuité écologique en le rendant franchissable pour les poissons, et en veillant notamment à l'écoulement des eaux face à l'obstruction par des branchages. Par ailleurs, l'équipement de tels ouvrages peut contribuer à l'amélioration de l'insertion du seuil dans son environnement, par exemple, à travers sa sécurisation ou la réhabilitation des bâtiments.





Productible potentiel (GWh)

Nombre de sites

Source : étude UFE 2011

Potentiel hydroélectrique en Lorraine





Plusieurs barrages du territoire ont été identifiés dans l'étude de l'UFE qui mériteraient d'être approfondis (cf. liste en annexe), notamment pour la réhabilitation de seuils existants sur la Moselle à proximité d'Epinal/Saint-Nabord pour une puissance cumulée de 4.7 MW pour un productible potentiel annuel de 15.7 GWh/an et sur le Coney pour une puissance cumulée de 400 kW pour un productible potentiel annuel de 1.5 GWh/an.

Le croisement des résultats de cette étude avec le classement des cours d'eau révèle qu'au niveau national 71% du potentiel hydroélectrique est impacté par le classement des cours d'eau en liste 1 (qui interdit la création de nouveaux ouvrages sur ces cours d'eau). En conséquence, sur les 11,7 TWh de potentiel hydroélectrique identifiés en France, seuls 3 TWh resteraient disponibles pour développer la filière. L'objectif spécifique à l'hydroélectricité de développer 3 TWh nets à l'horizon 2020 semble donc compromis.⁶⁷

7.2.3 Appel à un moratoire sur la continuité écologique

Après la mise en œuvre des premiers jalons de la convention d'engagements pour un développement d'une hydroélectricité durable en cohérence avec la restauration des milieux aquatiques: étude de potentiel (2011) et analyse des résultats (2013), révision du classement des cours d'eau (2012-2013), parution de plusieurs guides de bonnes pratiques par l'ONEMA, l'ADEME et par France Hydro Electricité (FHE) sur la mise en conformité des installations,... 2015. 7 associations nationales. l'Observatoire de la Continuité Ecologique (OCE) et FHE ont lancé un appel commun pour demander un moratoire sur la mise en œuvre de la continuité écologique. L'objectif est de le remettre au MEDD courant 2016, assorti d'un diagnostic de la situation et de propositions d'actions⁶⁸.

revendications adressées services aux instructeurs de l'Etat et Agences de l'Eau remettent en question la destruction systématique des ouvrages hydrauliques et les exigences d'équipements des centrales existantes, qui mettent en péril la durabilité des activités professionnels (aquaculteurs et hydro-électriciens) au regard de l'absence de justifications scientifiques et de garanties du bien-fondé écologique des mesures imposées par le classement des cours d'eau. Services rendus par les hydrosystèmes

effet positif effet négatif	Rivière avec seuils préservés	Rivière avec seuils effacés
Loisir	•••	• • • •
(baignade, promenade)	•••	•
Tourisme et hébergement (gites, chambres)	• • •	• • •
Pêche (intérêt halieutique des faciès)	•••	• • •
Patrimoine (histoire, culture)	•••	• • •
Paysage (diversité dans vallée)	• • •	• • •
Usages agricoles (irrigation, abreuvement)	•••	• • •
Bâtis en berge (stabilité)	• • •	• • •
Poissons migrateurs (saumons, aloses)	• • •	•••
Poissons spécialisés (rhéophiles, lithophiles)	• • •	• • •
Biodiversité totale (nombre absolu d'espèces)	• • •	• • •
Espèces invasives (blocage de leur progression)	• • •	• • •
Transit sédimentaire (suspension et charriage)	• • •	•••
Auto-épuration chimique (nutriments azote, phosphore)	• • •	• • •
Etiage (sévérité, réserve d'eau)	•••	• • •
Crues (cinétique)	• • •	• • •
Energie hydro-électrique (potentiel de production)	•••	•••

Source: OCE

En outre, des études récentes montrent une très faible corrélation entre la présence de seuils et barrages en rivières et la dégradation des indicateurs biologiques de la Directive Cadre sur l'Eau, ainsi qu'une très faible probabilité d'atteindre le bon état de masse d'eau par la restauration de continuité longitudinale des rivières (voir tableau ci-contre).

⁶⁷ Paragraphe extrait du site <u>www.france-hvdro-electricite.fr</u>

⁶⁸ Plus d'informations: <u>continuite-ecologique.fr/formulaire-moratoire</u>

7.3 Un potentiel limité à la réhabilitation de cinq ouvrages existants?

7.3.1 Des données insuffisantes pour caractériser le gisement

La caractérisation du potentiel brut en hydroélectricité passe par la caractérisation des débits dits « non turbinés». Par débits non turbinés, on entend :

- le débit minimal ou réservé maintenu dans le tronçon court-circuité, destiné à y garantir des conditions satisfaisantes pour la vie, la circulation et la reproduction des poissons.
- les **débits de franchissement**, affectés aux différents ouvrages piscicoles de montaison et dévalaison, qu'ils soient situés au niveau du seuil ou de l'usine.

Le débit réservé

L'article L.214-18 du Code de l'Environnement impose à tout ouvrage transversal dans le lit mineur d'un cours d'eau (seuils et barrages) de laisser dans le cours d'eau à l'aval, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes. Communément appelé « débit réservé » ou « débit minimal », ce débit ne doit pas être inférieur au 1/10ème du module d'une manière générale. Il ne doit pas être inférieur au 1/20ème du module sur les cours d'eau dont le module est supérieur à 80m³/s ainsi qu'à l'aval d'ouvrages assurant la production d'électricité aux heures de pointe. Le débit réservé peut être différent selon les périodes de l'année, on parle alors communément de « régime réservé ».

L'obligation relative au débit minimal peut ne pas être respectée sur des cours d'eau au fonctionnement « atypique ». Ces fonctionnements sont précisés à l'article R.214-111 du code de l'environnement (caractéristiques géologiques karstiques, ennoiement du cours d'eau à l'aval par un la retenue d'un autre barrage, absence des espèces aquatiques énumérées à l'article R.214-108). Ponctuellement, en cas d'étiage exceptionnel, le préfet peut fixer le débit réservé en-dessous du minimum légal.

Le débit de franchissement

La réglementation précise que « l'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien de ces dispositifs [de franchissement] » (Art. L432-6 du Code de l'Environnement). Pour être fonctionnel, l'ouvrage a besoin d'un débit adéquat permettant effectivement aux poissons de l'utiliser. Le débit de franchissement est le débit nécessaire aux espèces piscicoles pour être attirées au niveau des ouvrages de franchissement et pour pouvoir les utiliser dans de bonnes conditions. Sa détermination repose donc à la fois sur les caractéristiques de l'ouvrage (implantation, type d'ouvrage, etc.), du cours d'eau, et des espèces piscicoles cibles. Ce débit doit être déterminé lors des études techniques de dimensionnement des ouvrages de franchissement.

Pour ces deux types de débit, les obligations relatives au minimum légal prévues à l'article L.214-18 s'appliquent aux ouvrages existants, lors du renouvellement de leur titre d'autorisation ou, au plus tard, au 1^{er} janvier 2014⁶⁹.

⁶⁹ Paragraphe extrait du site <u>www.france-hydro-electricite.fr</u>; voir également la circulaire du 21 octobre 2009 relative au relèvement en 2014 des débits réservés à l'aval des ouvrages existants

© SCoT des Vosges centrales - Avril 2016 / Source : DDT - BD TOPO 2014 - SANDRI

Dans l'état actuel des connaissances du Syndicat, il n'est pas possible de caractériser le potentiel brut hydroélectrique du territoire sur les cours d'eau, car ne disposant pas des données de débits, et de hauteur de chute des obstacles à l'écoulement.

Pour les mêmes raisons, le gisement lié à la canalisation d'eau potable et d'eaux usées, notamment industrielles, ne peut être approché et devra faire l'objet d'une expertise extérieure.

L'analyse du potentiel se restreindra donc à la caractérisation des contraintes réglementaires liées à la politique de l'eau.

Barrages hydroélectriques

Pico-centrales (0 - 20 kW)

Micro-centrales (20 - 500 kW)

Mini-centrales (500 - 2000 kW)

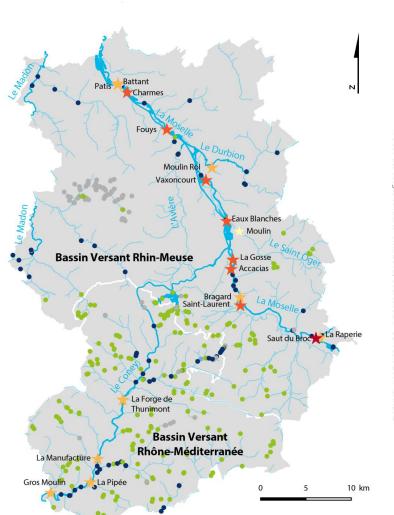
Petites centrales (2000 - 10000 kW)

7.3.2 L'impact du classement des cours d'eau sur le potentiel hydroélectrique

Notion introduite en 2000 par la Directive Cadre sur l'Eau, continuité écologique d'un cours d'eau est définie comme «la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à *leur reproduction, leur croissance, leur* alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi aue le bon fonctionnement des réservoirs biologiques (connexions, notamment latérales, et conditions hydrologiques favorables) » (Art. R214-109 du Code de l'Environnement).

Afin de mieux connaître les seuils et les barrages qui fragmentent nos rivières, l'Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) a mis en place, avec ses partenaires, Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement (voir carte ci-contre). Progressivement, ce référentiel sera enrichi d'une base de données sur la continuité écologique des ouvrages. s'intéressera notamment à l'évaluation des possibilités de leur franchissement par les espèces piscicoles et au risque d'impact sur le transport sédimentaire.

Chaque seuil ou barrage référencé dans cette base de données est donc à analyser comme un site potentiellement équipable pour la production locale d'énergie.



Réseau hydrographique

Rivières principales

Permanent

Obstacles à l'écoulement

SCoT des Vosges Centrales - 2014

Seuil en rivière

Ruptures d'écoulement

Grille de pisciculture

Obstacle induit par un pont

Barrage

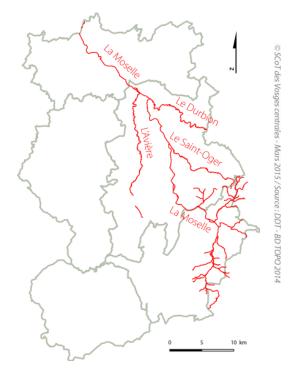
L'article L214-17 du Code de l'Environnement définit un **classement des cours d'eau** qui vise la préservation de la continuité écologique et sédimentaire. Ce classement révisé en 2011, est constitué de deux listes de cours d'eau :

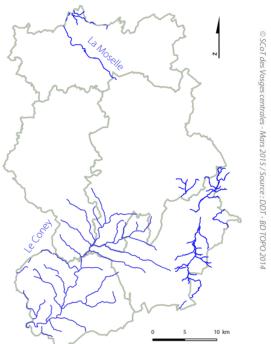
- les cours d'eau « réservés » (liste 1) fixés par décret au titre de l'article 2 de la loi de 1919, pour lesquels tout nouvel ouvrage à vocation hydroélectrique est interdit;
- les cours d'eau « classés » (liste 2) par décret au titre de l'article L. 432-6 du code de l'environnement, sur lesquels tout nouvel ouvrage doit être équipé de dispositifs de franchissement (montaison et dévalaison) efficaces et entretenus pour les poissons migrateurs et sur lesquels les ouvrages existants doivent respecter la même obligation dans un délai de 5 ans à partir du moment où un arrêté ministériel vient préciser les espèces ciblées.

Les arrêtés concernant le territoire du SCoT ont été publiés en décembre 2012 pour le bassin Rhin-Meuse et en juillet 2013 pour le bassin Rhône-Méditerranée.

Cours d'eau réservés (liste 1) SCoT des Vosges Centrales - 2015

Cours d'eau classés (liste 2) SCoT des Vosges Centrales - 2015





Bien que le Coney et le Madon ne soient pas touchés par l'interdiction de construire et que les technologies récentes permettent de maintenir la continuité écologique, la Police de l'Eau écarte tout potentiel de construction de nouveaux barrages sur le SCoT (voir en annexe le nombre d'actions d'effacement prévus notamment sur le Coney dans le cadre du PAOT 2013-2015). Au niveau des seuils existants, la Police de l'eau dénombre 5 sites susceptibles d'être réhabilités: sur la Moselle: le barrage du Musée à Epinal, sur l'Avière: le Moulin à Darnieulles, la scierie Beclier à Domèvre et un lieu-dit en aval du Saint Oger: un moulin.

Au regard du nombre de seuils et de barrages existants référencés sur le territoire, des résultats de l'étude de l'UFE et des possibilités d'évolution réglementaire, il convient de reconsidérer ce postulat par une expertise complémentaire spécialisée.

7.3.3 Hydrolienne fluviale: une solution préservant la continuité écologique

L'hydrolienne fluviale est une des rares énergies renouvelables permettant de fonctionner 24h/24, sans nécessiter d'infrastructure lourde avec la particularité de ne pas être impactant pour l'environnement.

Fruit de dix ans de recherches et plus de 35.000 heures d'essais en conditions réelles dans le Danube, le concept a tout d'abord été développé en Autriche par la start-up autrichienne AquaLibre, mais plusieurs sociétés en Europe et en Amérique du Nord ont déjà commencé à commercialiser une soixante de modèles, comme le québécois *Idénergie* et l'allemand Smart Hydro, ou encore en France les PME rochelaise EcoCinetic, ou grenobloise Hydroquest qui ont installé des prototypes dès 2011. La production en série de l'entreprise autrichienne devrait commencer courant 2016.

Son intérêt: accéder à des gisements hydro-électriques inutilisés

De 300 à 4kW pour le concept développé par la start-up rochelaise et de 40 et 80 kW pour l'Hydroquest River de la société grenobloise et le modèle autrichien, une hydrolienne peut être installée en zone urbaine comme en zone fluviale, immergée ou flottante, avec un point d'ancrage au fond du fleuve ou accrochée à un pont.







Modèle autrichien d'hydrolienne fluviale Hydrolienne en zone urbaine, (80 kW), AquaLibre

(4 kW), Ecocinetic

Hydrolienne fluviale à l'étude à Orléans (40 kW), Hydroquest

L'électricité est produite grâce à un ou plusieurs couples de turbines qui les affranchissent des contraintes liées à la direction du courant. Ces turbines sont protégées par un carénage, qui a pour double effet de dévier des débris charriés par les flots et d'accélérer les flux d'eau dans leurs zones de rotation.

productible journalier attendu est de l'ordre 25 kWh/jour à 2m/s de courant en moyenne (source: Ecocinetic).

Aux dires des fabricants, l'hydrolienne est adaptable à toute rivière à condition d'avoir un débit moyen compris entre 0.5 m/s à 3m/s et une profondeur minimum de 1 mètre pour une unité de quelques kW.

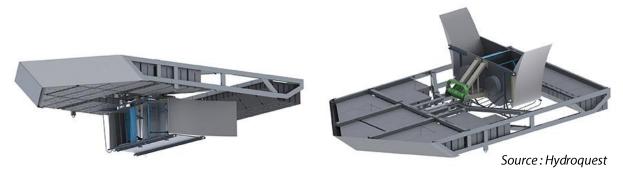
Bien entendu, plus le débit et la profondeur seront importants et plus la capacité de production pourra être augmentée.



Source: Hydroquest

Le concept est amené à être développé en ferme de plusieurs dizaines d'unités.

A titre d'exemple, sur le modèle en expérimentation à Orléans fin 2014, les pales (ici en bleu) s'enfoncent de 1,80 m sous l'eau pour 5,9 m de largeur, comme le montre le dessin de gauche. Elles sont relevables pour la maintenance ou le dépannage (à droite en vert).⁷⁰



Baptisée *Hydroquest River 1.40* car elle embarque un étage de deux de turbines et génère **40 kW dans un courant de 3,1 m/s**, l'hydrolienne d'Orléans mesure environ dix mètres de longueur. Avec une **profondeur requise de 2,2 m**, elle convient à des rivières de faible profondeur. La machine existe en version à deux étages pour 80 kW *(Hydroquest River 2.80, voir caractéristiques en annexe)*.

• Une technologie respectueuse de la continuité écologique et sédimentaire

Plusieurs expérimentations montrent que l'hydrolienne fluviale s'intègre à son environnement. A titre d'exemple, l'ONG environnementaliste autrichienne *Global 2000* a jugé la technologie autrichienne inoffensive pour les poissons et compatible avec la navigation. En France, l'expérimentation de la société *Hydroquest* à Orléans, première hydrolienne à être raccordée au réseau électrique, a associée le bureau d'étude *Biotope* pour mesurer son impact environnemental dans ce site urbain classé Natura 2000. Les poissons traversant les turbines en ressortent sans être affectés, du fait de la basse vitesse de rotation des pales.

• L'avantage d'une technologie ne nécessitant pas d'infrastructure lourde

Avec un ancrage de l'installation par des pieux de faible taille, l'absence de génie civil et des équipements recyclables, l'hydrolienne est un produit robuste à durée de vie longue. De plus, l'aspect modulable des appareils (les couples de turbines sont assemblés sur un, deux ou trois étages) en limite les coûts de fabrication. Aux dires de l'entreprise Hydroquest, l'ensemble de ces avantages permettraient d'obtenir un coût du MWh compris entre 50 et 200 euros, selon les conditions rencontrées sur le fleuve.

Au regard des opportunités de l'hydrolienne pour le territoire, cette possibilité de développement est donc un potentiel de valorisation de la ressource fluviale à ne pas omettre dans le cadre d'une étude complémentaire de gisement.

-

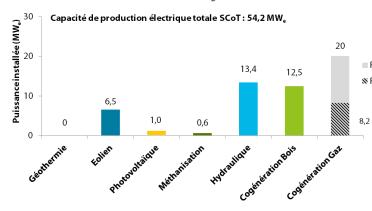
⁷⁰ Source: pulse.edf.com/fr/lhydrolien-fluvial-un-nouveau-gisement-delectricite

7.4 Se réapproprier une énergie historique dans les Vosges

7.4.1 L'hydroélectricité 1e capacité de production renouvelable sur le territoire

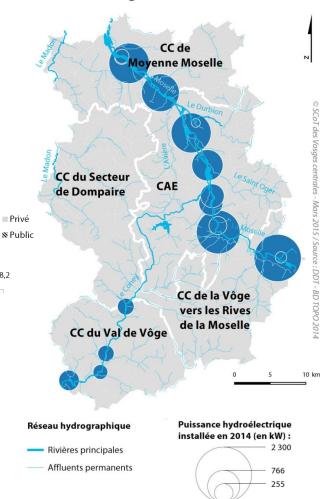
Exploitée en parallèle à la ressource forestière, l'hydroélectricité fait partie de l'histoire énergétique vosgienne. Avec 13.4 MW_e installés pour une production moyenne annuelle de 50 GWh_e, l'énergie hydraulique détient la première capacité de production d'électricité renouvelable du territoire (voir diagramme ci-dessous).

Capacité de production électrique en EnR&R (MW_e) : Répartition par filière - SCoT des Vosges Centrales - 2014 Source : CG88 - ADEME - Région Lorraine - CA88



C'est néanmoins un atout à préserver, car la mise en conformité des installations existantes due au classement des cours d'eau induit un risque d'abandon des centrales par les petits propriétaires qui n'auraient pas les ressources pour répondre aux exigences réglementaires. La réponse à ce constat peut se traduire par un accompagnement des collectivités à la réhabilitation

Puissance hydroélectrique installée SCoT des Vosges Centrales - 2014



des installations existantes, comme le fait déjà l'Agence de l'Eau. Cette problématique peut également être vue comme une opportunité pour améliorer le rendement énergétique des installations, mais aussi comme un moyen pour les collectivités de se réapproprier une capacité de production locale d'électricité par l'acquisition et la gestion des ouvrages délaissés.

En outre dans la logique d'un *Territoire à Energie Positive*, la garantie d'un mode de production locale d'énergie permet de contribuer non seulement à l'approvisionnement à moyen et long terme, mais aussi à **préserver l'équilibre du réseau.** L'armature urbaine s'étant développement le long du Sillon Mosellan, l'offre hydroélectrique est donc au plus près des zones de forte demande en électricité. La problématique de la mobilité conforte également cette idée: en considérant un développement prioritaire de l'électromobilité le long du Sillon Mosellan (cf. paragraphe 5.4), l'implantation des bornes de recharge aurait également du mérite à être planifiée en parallèle au développement de l'hydroélectricité.

7.4.2 Des références vosgiennes, comme modèles économiques innovants

• La régie municipale d'électricité de La Bresse

Créée en 1934 pour exploiter le barrage du lac des Corbeaux, la régie municipale d'électricité de La Bresse produit 20% environ de l'électricité consommée sur la commune, soit l'équivalent de 2 250 foyers. L'énergie est produite à partir de 5 centrales alimentées par des lacs du massif des Hautes Vosges pour une puissance cumulée de 3 660 kW et d'une centrale au fil de l'eau alimentée par la Moselotte pour une puissance de 220 kW.

À La Bresse, l'électricité est distribuée par la *Régie Municipale d'Électricité (RME)* plutôt que par ERDF. C'est une situation unique dans les Vosges, qui présente des avantages pour les habitants : un service de proximité, ce qui facilite la relation client, et une facture moins élevée que la moyenne (taxe communale : maximum 8 %) puisque la commune ne perçoit pas la *Taxe Locale sur l'Electricité (TLE)*.

La RME produit de l'électricité, la commercialise et la distribue. Elle gère donc à la fois des centrales, le réseau de distribution et le service aux clients (ouverture et relevé des compteurs, facturation...). En 2015, la régie comptait 10 employés communaux.⁷¹

Bien qu'une telle production hydroélectrique ne puisse pas être dupliquée sur le SCoT, le modèle économique qu'est la régie d'énergie est souvent cité en référence au niveau national comme moyen de redynamiser l'économie locale et de garantir dans le temps une énergie décarbonée à un coût maîtrisé.

• Hydro-Raon: investissement participatif à Raon-l'Etape

Rassemblés au sein de la Société par Actions Simplifiée (SAS) ERCISOL pour Energies Renouvelables Citoyennes et Solidaires⁷², quelques passionnés se sont fixés comme objectif de réhabiliter les centrales hydrauliques vosgiennes laissées à l'abandon, pour reprendre la production d'une électricité locale et propre. En 2013, le barrage de la Papeterie des Châtelles située sur la commune de Raon-L'Etape, en vente depuis 2002, est identifié par la SAS qui se porte acquéreur du site et des droits d'eau. Celle-ci étudie les travaux nécessaires pour remettre le site en état et produire à nouveau de l'énergie.



Vue du barrage avant réhabilitation, ERCISOL

En 2014, ERCISOL crée la filiale HYDRORAON en

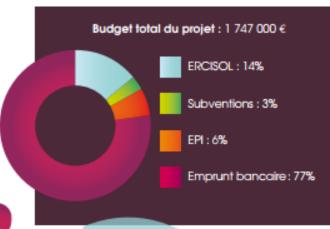
Société à Responsabilité Limitée (SARL) pour les études, la construction et l'exploitation de la future centrale. Jadis utilisé pour produire de l'électricité, le barrage hydraulique situé sur la Meurthe, avec sa hauteur nette de chute de 4.23 mètres en eaux moyennes, permet d'envisager l'installation d'une micro-centrale de 400 kW pour un débit maximum turbiné de 12 m³/s, pour une production moyenne de 1 847 MWh/an (soit l'alimentation en électricité - hors chauffage - de 615 foyers).

⁷¹ Source: gazette communale de décembre 2014, <u>www.labresse.fr</u>

⁷² Plus d'informations: <u>ercisol.com/hydroraon</u>

Le coût total du projet est 1 747 000 €. En plus de l'aide financière de 130 600 € accordée par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse pour le rétablissement de la continuité écologique (représentant 3% des investissements: voir cicontre), la SAS fait un appel à l'investissement participatif via Energie Partagée Investissement (EPI) qui finance le projet à hauteur de 6%, soit environ 105 000 €.73





Source: energie-partagee.org

Le chantier est actuellement en cours d'achèvement et la mise en service de la centrale est prévue pour mai 2016.

Vue de la micro-centrale après réhabilitation, ERCISOL, décembre 2015

L'existence d'une telle initiative à la périphérie du SCoT est un facteur de réussite pour la reconversion de centrales existantes. Inversement une meilleure connaissance du potentiel hydroélectrique du territoire permettra de faciliter la duplication de telles initiatives sur le territoire.

-

⁷³ Source: <u>energie-partagee.org/projets/hydroraon</u>

7.5 Synthèse du potentiel

Le nombre de seuils, moulins et barrages témoigne de la valorisation historique de la ressource hydraulique dans les Vosges Centrales. Avec 13.4 MW_e installés pour une production moyenne annuelle de 50 GWh_e, l'énergie hydraulique détient la première capacité de production d'électricité renouvelable du territoire.

La récente révision du classement réglementaire des cours d'eau, visant la préservation de leur continuité écologique et sédimentaire, impacte fortement l'avenir de la filière hydroélectrique en France et son potentiel de développement. Le territoire du SCoT n'est pas épargné. Les conséquences de ce durcissement réglementaire se traduisent autant sur les installations existantes avec le risque d'abandon de leur production induit par la mise en conformité des équipements, que sur le potentiel de création de nouveaux barrages hydroélectriques, avec l'exclusion de la Moselle et de ses affluents. A ce titre, la Police de l'Eau affirme que le potentiel de développement hydroélectrique du territoire se restreint à la réhabilitation de cinq ouvrages existants.

Au regard du nombre de barrages et seuils existants référencés sur le territoire, des résultats de l'étude de potentiel menés par les professionnels de la filière et des possibilités d'évolution réglementaire, il convient de reconsidérer ce postulat par une expertise complémentaire spécialisée. En effet, le manque de données à la disposition du Syndicat ne permet pas de caractériser le potentiel brut du territoire, que ce soit pour estimer le gisement qu'offrent les rivières, mais aussi la canalisation des eaux potables et usées, notamment industrielles. Il conviendrait également d'examiner les nouvelles perspectives de production électrique qu'offre l'hydrolienne fluviale, qui permet de s'affranchir des contraintes réglementaires liées au classement des cours d'eau; cette récente technologie garantissant une parfaite continuité écologique et sédimentaire du cours d'eau.

Par ailleurs, les références vosgiennes illustrées par la Régie Municipale de La Bresse et par le projet citoyen à Raon-l'Etape soulignent les intérêts socio-économiques liés à la valorisation historique de cette ressource et les modèles économiques alternatifs susceptibles d'être développés. Sur la base d'une meilleure connaissance de son potentiel hydroélectrique, le SCoT a donc un rôle important à jouer pour concilier la préservation des opportunités énergétiques du territoire et de la biodiversité au sein de la *Trame Verte et Bleue* et pour planifier un développement cohérent des bornes de recharge de véhicules électriques et de l'hydroélectricité le long du Sillon Mosellan.

VIII. POTENTIEL TERRITORIAL EN CHALEUR FATALE

8.1 DÉFINITION & PRINCIPE DU PROCÉDÉ DE VALORISATION	p. 160
8.2 PREMIÈRE APPROCHE DU POTENTIEL BRUT EN CHALEUR FATALE	p. 167
8.3 SYNTHÈSE DU GISEMENT	p. 169

8 Potentiel territorial en chaleur fatale

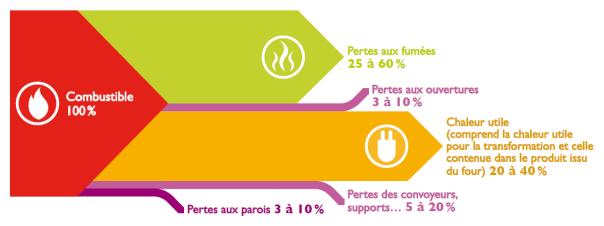
8.1 Définition & principe du procédé de valorisation

8.1.1 Chaleur de récupération / Chaleur fatale

On utilise également le terme de chaleur de récupération pour désigner la chaleur fatale (ou aussi perdue). C'est la chaleur générée par un procédé qui n'en constitue pas la finalité première, et qui n'est pas récupérée.

Ainsi, la chaleur issue de la cogénération - dont le but est de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité à partir de combustibles - n'est pas considérée comme une chaleur de récupération d'après le bulletin offi ciel BOI 3-C- 107 n°32 du 8 mars 2007 (relatif aux conditions d'application de la TVA réduite sur les livraisons d'énergie calorifi que). A titre d'exemple, **lors du fonctionnement d'un four**, seulement 20 à 40 % de l'énergie du combustible utilisé constitue de la chaleur utile, soit **60 à 80** % **de chaleur fatale potentiellement récupérable.**

Bilan thermique, en régime permanent d'un four à combustible



Source: Guide ADEME: «Connaître pour agir: La chaleur fatale industrielle », Mars 2015

De façon générale, la chaleur fatale peut être issue :

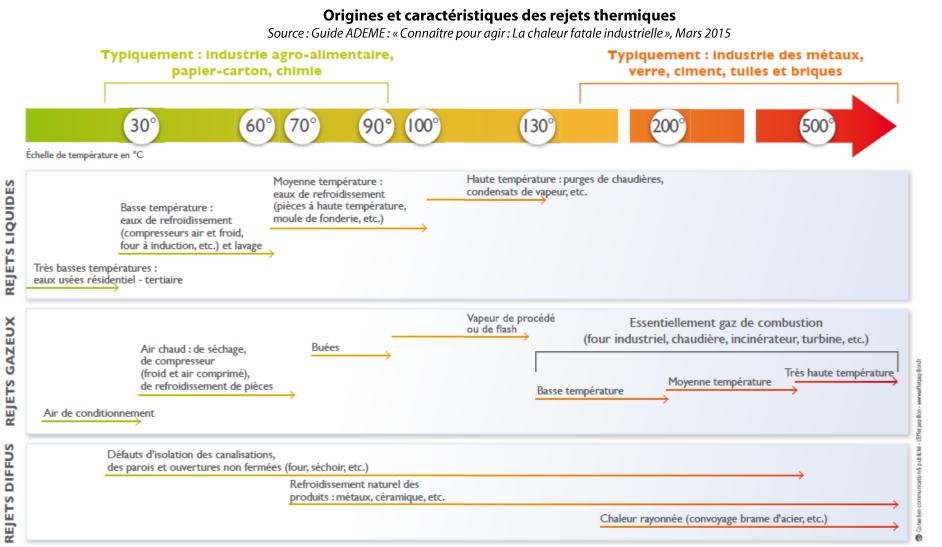
- des sites industriels :
- des raffineries :
- des sites de production d'électricité (centrales nucléaires et thermiques);
- des sites tertiaires (hôpitaux, data center);
- des sites d'élimination (Usines d'Incinération des Ordures Ménagères UIOM).74

Nous traiterons dans ce chapitre uniquement du potentiel de chaleur fatale industrielle, car la récupération de chaleur issue des sites tertiaires et des eaux usées a été abordée au chapitre concernant les pompes à chaleur.

⁷⁴ Paragraphe extrait du guide de l'ADEME publié en mars 2015 : « La chaleur fatale industrielle »

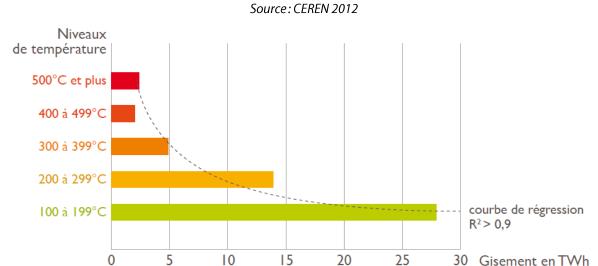
8.1.2 Des valorisations fonction du type de rejets et du niveau de température

La chaleur fatale se constitue de rejets sous différentes formes : gazeux, liquides ou diffus. Le captage de ces rejets est plus ou moins facile : par exemple, les rejets liquides dans les purges de chaudières sont les plus facilement récupérables, suivis des rejets gazeux dans les fumées des fours et chaudières ; les rejets diffus sont logiquement plus difficiles à capter. Le niveau de température de la chaleur fatale est une caractéristique déterminante de sa stratégie de valorisation.



Selon l'étude du *Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie (CEREN)* menée sur la question en 2012, sur un total de 7000 établissements industriels sondés en France pour 130 secteurs concernés, 50% du gisement de chaleur perdue se situe entre 100 et 200°C (voir figure ci-dessous)

Gisement en chaleur fatale en fonction du niveau de température



et concernent par ordre de priorité:

- Les fumées de fours (40%)
- Les pertes de buées de séchoirs (32%)
- Les pertes de fumées de chaudières (28%)

Les axes de valorisation de la chaleur fatale peuvent être :

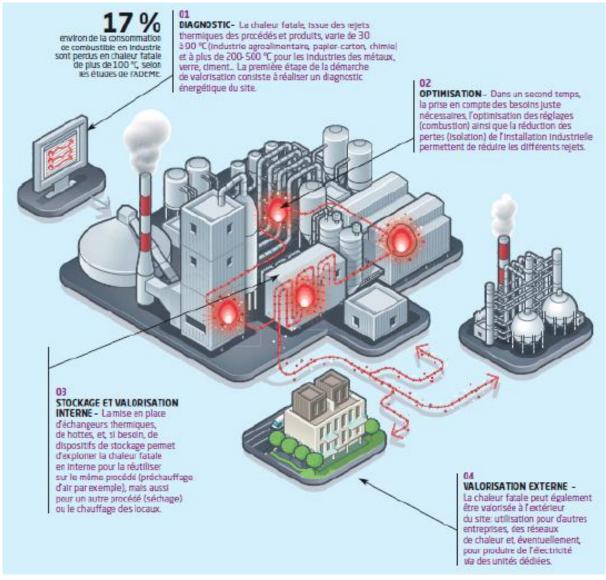
Sous forme de chaleur :

- En interne de l'entreprise (30°C < T < 90°C): séchage sur d'autres lignes de procédés, préchauffage de l'air comburant, d'eau, de matières, de pièces, chauffage de locaux, eau chaude sanitaire
- Par le biais d'un réseau de chaleur/froid urbain/industriel (T> 100°C):
 pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises situés à proximité, pour alimenter un quartier, des serres...
- Sous forme d'électricité (T> 150-200°C):
 - o En autoconsommation sur le site
 - o En injection sur le réseau électrique.

Voir en annexe les différentes technologies de valorisation de la chaleur fatale.

A noter: depuis le 1º janvier 2015, les installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) d'une puissance thermique totale supérieure à 20 MW ont obligation de réaliser une étude coûts-avantages en cas de rénovation substantielle ou d'installation nouvelle. Cette étude permet d'évaluer la rentabilité de valoriser de la chaleur fatale par un raccordement à un réseau de chaleur ou de froid. Le champ de cette étude ne s'applique pas à la valorisation de la chaleur fatale in situ ou à la valorisation entre deux sites industriels voisins.

De toute évidence, avant d'envisager la valorisation de la chaleur fatale, il convient de réduire toute perte de chaleur en amont: par l'optimisation du fonctionnement des équipements, par des systèmes de régulation et de gestion de l'énergie... Avant de valoriser la chaleur fatale en externe du site industrielle, le plus cohérent autant du point de vue énergétique qu'économique pour l'entreprise, est de rechercher une valorisation interne. C'est seulement une fois ces deux premières mesures approfondies, qu'une valorisation par le biais d'un réseau de chaleur ou de froid, ou par l'injection d'électricité en réseau pourra être étudiée sérieusement. Le schéma ci-dessous synthétise les différentes étapes de valorisation de la chaleur perdue d'un site industriel:



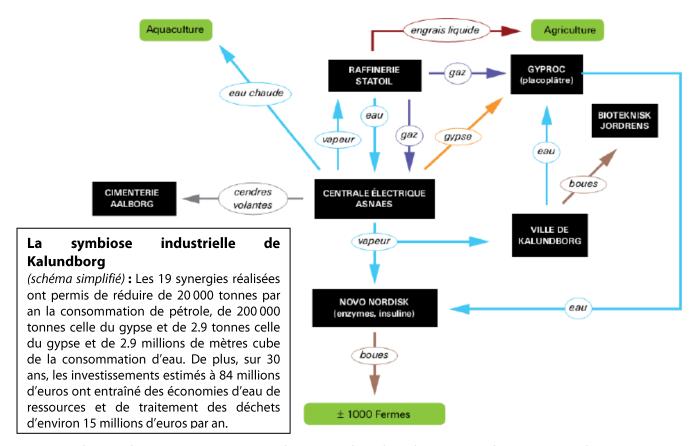
Source: ADEME

8.1.3 Une problématique intégrée dans le concept d'écologie industrielle

L'écologie industrielle et territoriale est tout d'abord un mode d'organisation mis en place collectivement par plusieurs acteurs économiques indépendants. Pratique récente du management environnemental, l'écologie industrielle se base sur l'analyse de l'ensemble des flux d'un territoire pour mettre en place des actions de réduction des impacts environnementaux. Cette démarche est caractérisée par une gestion optimisée des ressources, un fort recyclage de la matière et de l'énergie à l'échelle d'une zone ou d'un territoire, pour tendre vers des circuits courts.

Mais celle-ci va au-delà des approches technologiques et répond à une logique collective de mutualisation et d'échanges (non seulement matières premières, énergie et déchets, mais aussi équipements, services, ressources humaines, compétences et informations...).

C'est au Danemark, dans le port de Kalundborg (nord-ouest de Copenhague), que l'on trouve la «symbiose industrielle» la plus connue à ce jour :



Ce schéma d'organisation territoriale est un des plus abouti mais il montre que le partage de flux matériels (énergie, matières premières, eau, déchets...) et immatériels (services, ressources humaines...) en cohérence sur une même zone d'activité permet des synergies intéressantes et une compétitivité « individuelle » renforcée de chaque partenaire.⁷⁵

La recherche d'une valorisation de la chaleur fatale peut ainsi amener un groupe d'industriels à élargir la question d'une gestion mutualisée de matières premières, d'énergie et de déchets, à l'intégration d'une véritable démarche d'écologie industrielle et territoriale.

-

⁷⁵ Extrait de l'appel à projet de l'ADEME publié en 2015 sur l'écologie industrielle et territoriale

8.1.4 L'exemplaire site industriel de Norske Skog à Golbey et le projet de Green Valley



La démarche « *Green Valley* » est une illustration concrète de la mise en place des principes de l'écologie industrielle au service du développement économique du territoire et la plus emblématique des Vosges Centrales. Le projet a d'ailleurs été salué par le grand prix du jury, dans la catégorie « *Economie Circulaire* » dans le cadre du *Prix Entreprise Environnement* du Ministère de l'écologie et de l'ADEME en décembre 2014.

La démarche vise à redynamiser le tissu industriel en s'appuyant sur les ressources industrielles existantes, la recherche, la formation et les énergies locales. Avant tout industrielle, elle vise à développer dans le segment des éco-matériaux de nouvelles activités tout en maximisant le degré de synergie entre l'acteur central, la papeterie *Norske Skog de Golbey (NSG)* et les futures entreprises industrielles. Le potentielle de mutualisation d'origine est très large, le site ayant été dimensionné à l'origine pour accueillir 4 machines à papier. Ceci a permis dans un premier temps d'amorcer la démarche en maximisant la mutualisation d'actifs, de flux de matières et d'énergie directement sur le site du papetier, puis dans un second temps de développer *l'Eco Park* en proximité du site en augmentant la capacité de production d'énergie du site. La vision à terme est la multiplication des gains de synergies qui apparaîtront à chaque arrivée d'un nouvel acteur industriel, le tout créant un ensemble d'entreprises compétitives : on parle donc bien ici d'un *cluster* ancré sur une démarche d'économie circulaire.

La démarche a été soutenue par un Société d'Economie Mixte, créée par la Communauté d'Agglomération d'Epinal, les villes d'Epinal et de Golbey en partenariat avec le papetier. Cette dernière s'est associée à des entrepreneurs économiques, comme Olivier Legrand, fondateur de Nr Gaïa, qui fut un des précurseurs en 2009 et au cabinet de conseil en stratégie CMI, pour faire naître un cluster dédié au développement des éco-matériaux à base de fibre d'origine végétale. PAVATEX a rejoint le consortium en 2013 et l'implantation de son unité de production est le résultat le plus abouti de la démarche. L'intervention des acteurs de la recherche et de la formation, Centre régional d'innovation et de transfert de technologie du bois (CRITT-Bois) et Ecole Nationale des Sciences et Techniques Industrielles du

Bois (ENSTIB) notamment, a renforcée la dynamique par la création du Pôle Fibre, récemment fusionné avec le pôle de compétitivité alsacien Energivie⁷⁶. La démarche s'est d'autant plus concrétisée avec la création d'une société de co-développement ECODEV, qui a pour mission de conduire des réflexions sur le marché, l'innovation, de faire naître des idées qui puissent se concrétiser en projet d'implantation sur le site industriel et de mutualiser des équipements en son sein ou en externe par la création de filiales, comme cela été le cas pour la production et la distribution d'énergie thermique, avec Green Valley Energy (GVE).

• Des bénéfices environnementaux conséquents

La mutualisation des infrastructures routières et énergétiques, ainsi que celle des équipements relatifs au traitement des eaux a permis un gain substantiel en termes d'empreinte carbone. La mutualisation de la chaudière biomasse de NSG alimentée par des fibres papetières, du bois de démolition et des produits de connexes d'exploitation forestière a permis de diviser par 25 l'empreinte carbone du produit fini PAVATEX en comparaison aux performances des usines suisses du groupe. Par son travail collaboratif avec le CRITT-Bois et l'ENSTIB, la consommation de chaleur a été réduite de 12% et le recyclage des poussières et sciures de bois pour la fabrication du produit a permis une économie de 9 000 tonnes de bois par an. Enfin, le procédé sec, en comparaison avec la technologie employée dans les usines suisses, permet de réduire par 3.5 le besoin en eau, ce qui représente une économie de 90 000 m³ d'eau par an.

Concernant NSG, le taux de réutilisation de la vapeur fatale, issue du procédé mécanique de fabrication de pâte à papier a augmenté de près de 10% sur le premier semestre de mutualisation de vapeur, soit environ 8 000 MWh récupérés et valorisés dans le process de PAVATEX, soit environ 1 850 tonnes de CO₂ sur 2013.

Des bénéfices sociaux au-delà de toute espérance

L'aboutissement du projet PAVAFRANCE en 2013, s'est concrétisé par un investissement de 60 millions d'euros et la création de 50 emplois directs recrutés au niveau local, (essentiellement dans le secteur papetier en difficulté) et de nombreux emplois indirects liés à l'industrie ou aux services.

• De l'écologie industrielle au projet territorial

Avec le développement par la collectivité de *l'Eco Park* de 60 ha à proximité du site *(cf. photo aérienne ci-dessus)* pour accueillir de nouvelles activités, notamment liées à la valorisation des cendres papetières de NSG et des coproduits de résineux, la progression de la capacité de production énergétique sur le site est envisagée pour maintenir le niveau d'attractivité du site et alimenter le réseau de chaleur urbain sur la commune de Golbey.

Le projet porté par GVE consiste à la mutualisation et la remise en route de la première chaudière du papetier, afin de produire de la vapeur haute et basse pression qui sera distribuée aux industriels du site, mais aussi à Michelin, juste en face qui ne renouvellera pas ses chaudières gaz. La capacité de production sortie chaudière biomasse serait de 85 GWh/an environ. Ce projet revêt une dimension territoriale importante : d'une part, elle couronne le rapprochement des industriels et de la collectivité à travailler ensemble ; d'autre part, elle s'inscrit vraiment dans la démarche d'Ecologie Industrielle Territoriale initiée depuis quelques années entre NSG et la région d'Epinal.

-

⁷⁶ Plus d'informations: <u>www.fibres-energivie.com</u>

8.2 Première approche du potentiel brut en chaleur fatale

8.2.1 Caractérisation des industries potentielles

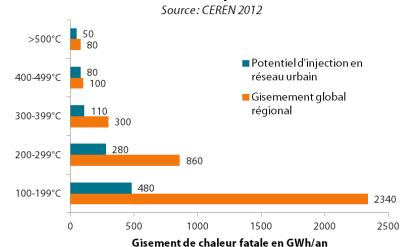
Selon l'étude du CEREN de 2012, la Région Lorraine est considérée comme étant la 5^e région de France en terme de gisement de chaleur fatale pour des températures supérieures à 100°C avec 3 680 GWh valorisables sur un total de 51 TWh estimés au niveau national (soit 7%) et la 3^e de France au regard du potentiel d'injection en réseau de chaleur.

Les principales activités industrielles où se situe le gisement lorrain en chaleur de récupération sont :

- Chimie (avec 27% du gisement lorrain),
- Papier-carton (20%),
- Métallurgie et mécanique (18%),
- Minéraux non métalliques (17%)
- Agro-alimentaire (5%),

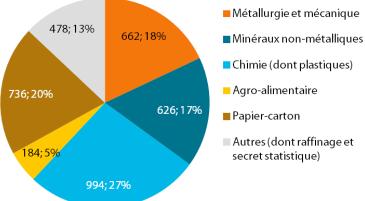
auxquelles, on peut ajouter d'autres secteurs comme les Usines d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) ou encore les industries du bois, etc. (13%).

Gisement de chaleur fatale en Lorraine par classe de températures



Répartition du gisement de chaleur fatale par activité industrielle en Lorraine en GWh/an Source: CEREN 2012





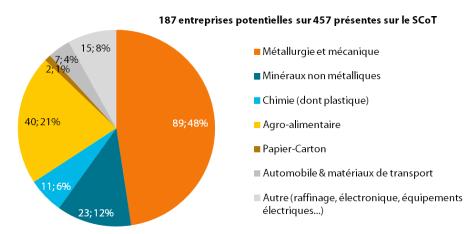
Le diagramme ci-contre issu des données CEREN précise le niveau de température du gisement lorrain: l'essentiel du gisement de chaleur perdue (64%) est compris entre 100 et 200°C, 23% entre 200 et 300°C et 13% au-delà de 300℃.

27% de ce gisement serait susceptible d'alimenter un réseau de chaleur urbain.

Sur le SCoT d'après la base de données DIANE, 457 sur entreprises industrielles, 187 sont susceptibles de présenter un gisement en chaleur fatale.

Entreprises industrielles susceptibles d'offrir un gisement en chaleur fatale sur le territoire du SCoT des Vosges Centrales

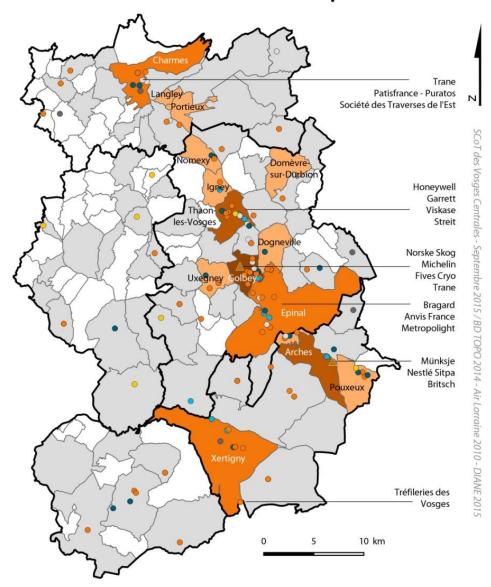
Source: DIANE 2005



8.2.2 Localisation et estimation du gisement brut

Au regard de la répartition communale des consommations énergétiques industrielles destinées à produire de la chaleur (source: AIR LORRAINE 2010), on constate que le potentiel de valorisation se situe essentiellement sur le Sillon Mosellan. Au total, c'est environ 1 TWh qui est consommé chaque année par les industries pour produire de la chaleur, soit un potentiel brut entre 600 GWh et 800 GWh d'après le ratio de l'ADEME. A titre de comparaison, une valorisation de 10% de cette chaleur permettrait de couvrir l'équivalent de l'ensemble des besoins en chauffage du secteur tertiaire.

Gisement industriel en chaleur de récupération



Typologie industrielle présentant un potentiel de récupération de chaleur fatale

- Métallurgie et mécanique
- Minéraux non métalliques
- Chimie
- Agro-alimentaire
- Papier-carton
- Automobile & matériaux de transport
- Autre (raffinage, électronique...)

Consommation énergétique industrielle à vocation thermique (MWh/an)

- 0
- 10 2 000
- 2 000 12 000
- 12 000 32 000
- 12 000 32 000
- 32 000- 224 000
 - 224 000 584 000

8.3 Synthèse du gisement

La valorisation de la chaleur perdue d'un procédé industrielle, encore appelée chaleur fatale dépend de sa forme (gazeux, liquide ou diffus) et de son niveau température. Au-delà de 100 à 150°C, elle peut être valorisée dans un réseau de chaleur ou de froid urbain ou industriel, après qu'une démarche d'efficacité énergétique et de valorisation en interne ait été menée. La démarche intégrera le concept d'écologie industrielle et territoriale, à l'image du projet emblématique mené sur le site du papetier Norske Skog à Golbey, mieux connu sous le nom de Green Valley.

Une première estimation du gisement régional en chaleur fatale a été réalisé par le *Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie (CEREN)* en 2012, ciblant les principales industrielles présentant un gisement potentiel en chaleur fatale supérieure à 100°C, ainsi que leur niveau de température. Sur un gisement de 3 680 GWh en chaleur perdue, 27% serait potentiellement injectable en réseau de chaleur.

En reprenant les activités industrielles identifiées par le CEREN, sur 457 entreprises industrielles présentes sur le SCoT, 187 sont susceptibles de présenter un gisement en chaleur fatale. Elles concernent les secteurs suivants: métallurgie et mécanique (au nombre de 89), agro-alimentaire (40), minéraux non métalliques (23), chimie (11), papiercarton (2), automobile et matériaux de transport (7), autre (dont raffinage, électronique, équipements électriques...) (15).

Ces dernières se situent essentiellement sur le Sillon Mosellan. D'après l'ADEME, 60 à 80% de la chaleur consommée par les procédés industriels sont susceptibles d'être valorisée sous forme de chaleur fatale, cela représente donc un potentiel brut annuel valorisable compris entre 600 GWh et 800 GWh, soit 18% à 25% de la chaleur consommée sur le territoire en 2010.

Ce gisement brut mérite donc d'être approfondi par une enquête auprès des professionnelles en croisant les contraintes technico-économiques liées à la valorisation du potentiel (possibilité technique de valorisation en interne, proximité d'un réseau de chaleur, état et degré de température de la chaleur perdue, besoins de chaleur de proximité...) et la volonté des industrielles à s'engager dans une démarche d'écologie industrielle. Parmi les sites envisagés, la papeterie Münksjö à Arches se démarque des sites potentiels du fait de sa politique énergétique volontariste; c'est d'ailleurs la première industrie lorraine à avoir obtenu la certification ISO 50 001 en 2013.

IX. COMPARAISON SOCIO-ÉCONOMIQUE DES FILIÈRES & PISTES DE FINANCEMENT

9.1 _______ p. 172
UN INVESTISSEMENT ET DES RETOMBÉES
CONTRASTÉS ENTRE FILIÈRES

9.2 ______ p. 175
LES DIFFÉRENTES SOURCES

Comparaison socio-économique des filières et pistes de financement

La relocalisation des moyens de production énergétique d'un territoire contribue au développement socio-économique local dans une logique d'économie circulaire, et ce quelque soit la filière considérée. C'est notamment sous cet angle, par la terminologie de « Croissance *Verte* », que le projet de transition énergétique nationale s'est construit.

Ainsi, plutôt que d'évoquer pour chaque filière l'emploi potentiel associé et les sources de financement susceptibles de faciliter le passage à l'acte, le choix a été pris de regrouper ces informations en un chapitre dédié. Les informations développées ici seront décrites de facon sommaire et ne visent qu'à donner un ordre de grandeur des réalités économiques liées au marché des EnR&R et à son potentiel de développement. Seule une étude prospective dédiée permettra de caractériser le marché potentiel de l'emploi induit par la transition énergétique.

Un investissement et des retombées contrastés entre filières 9.1

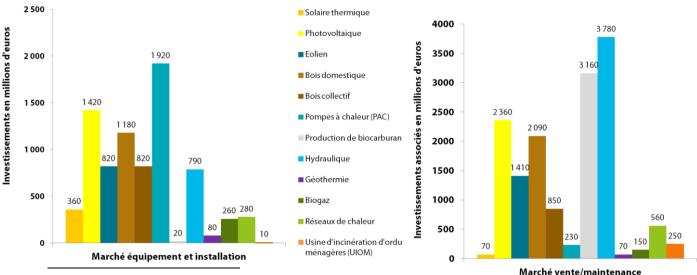
L'objectif de ce chapitre est de caractériser schématiquement le marché lié aux EnR&R et la création d'emploi associé, à partir de données plus récentes que celles utilisées en phase I de l'étude⁷⁷. Obtenus à partir des données nationales de l'ADEME de 2015⁷⁸, ces indicateurs pourront être associés à la construction des scénarios de transition énergétique du territoire, pour y intégrer la problématique de l'emploi. Leur valeur absolue est néanmoins à considérer avec précaution et nécessite d'être confrontée à des valeurs réelles de terrain.

9.1.1 Comparaison entre filière par euros investis

Les diagrammes suivant montrent quelles filières EnR&R ont généré le meilleur chiffre d'affaire en 2013. Le diagramme de gauche traduit l'attrait économique des pompes à chaleur, de la filière bois-énergie domestique et du photovoltaïque par rapport aux autres EnR&R pour l'équipement de nouvelles installations. Celui de droite traduit l'importance du chiffre d'affaire consacré à l'hydroélectricité et aux biocarburants, au photovoltaïque et au bois domestique en terme de vente et de maintenance en 2013.

Marché lié au développement des EnR&R en France en 2013

Source : In Numeri - Stratégie et Etudes ADEME n°43 avril 2015 Solaire thermique 4000



⁷⁷ Chapitre 3.3.2 du profil énergétique territorial.

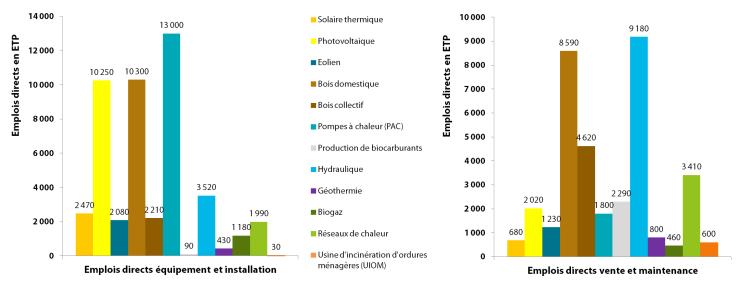
⁷⁸ Plus d'informations: Stratégie et Etudes ADEME n°43 avril 2015 (source: cabinet In Numeri)

9.1.2 Comparaison entre filières par nombre d'emplois générés

Le diagramme suivant permet de mettre en perspective les filières EnR&R les plus porteuses d'emplois directs en 2013.

Marché lié au développement des EnR&R en France en 2013

Source : In Numeri - Stratégie et Etudes ADEME n°43 avril 2015



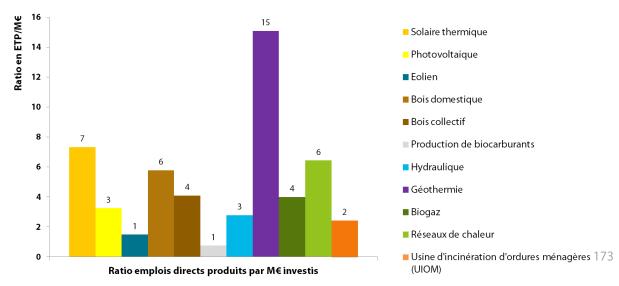
Au regard du diagramme de gauche, l'éolien a été l'EnR&R générant le plus d'emplois directs liés à la fabrication des équipement et à l'installation de nouvelles unités, tout juste devant la filière bois-énergie domestique et le photovoltaïque. Le diagramme de droite montre que l'hydroélectricité et la filière bois-énergie ont été les deux sources EnR&R générant le plus d'emplois liés à la vente et à la maintenance des installations en 2013.

9.1.3 Emplois générés par euros investis

Le croisement de ces informations permet de mettre en perspective les filières EnR&R les plus « efficacement » porteuses d'emplois. Ce premier diagramme traduit cette notion sans distinguer le type d'activité (équipement, installation, vente et maintenance). La géothermie sort très nettement de l'analyse. On peut y voir un enjeu de développement pour le SCoT, d'autant plus que le potentiel géothermique territorial est favorable.

Emplois directs induits par millions d'euros investis en faveur des EnR&R en France en 2013 (incluant équipement, installation, vente et maintenance)

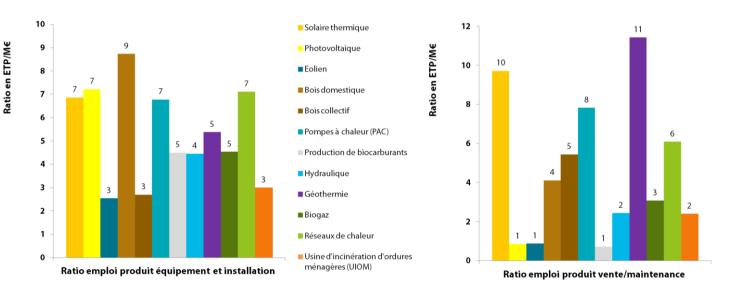
Source : In Numeri - Stratégie et Etudes ADEME n°43 avril 2015



Les diagrammes ci-dessous reflètent cette notion par tranche d'activités (équipement et installation, vente et maintenance) :

Marché lié au développement des EnR&R en France en 2013

Source : In Numeri - Stratégie et Etudes ADEME n°43 avril 2015

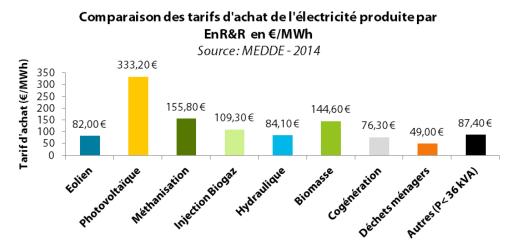


Le constat est moins marqué que dans le diagramme précédent. La géothermie reste toujours en tête du classement concernant la vente et la maintenance, tout juste devant le solaire thermique et les pompes à chaleur, tandis que les résultats sont plutôt équilibrés pour l'équipement et l'installation de nouvelles unités (diagramme de gauche) entre les filières solaires thermiques et photovoltaïques, pompe à chaleur, réseaux de chaleur et bois-énergie domestique en tête du classement.

9.2 Les différentes sources de financement

9.2.1 Le rachat de l'électricité en cours de réforme

Jusqu'à ce jour, le rachat de l'électricité et du biométhane produit par les EnR&R était régulé par le système d'obligation d'achat, dont les principes ont été définis en 2000^{79} . Les tarifs d'achat ont vocation à assurer rentabilité une normale aux



investissements de production d'électricité d'origine renouvelable. Pour ce faire, le niveau de prix auquel le distributeur d'énergie doit racheter l'électricité est fixé par arrêté à un niveau supérieur au niveau du prix de marché.

Chaque filière fait l'objet d'un arrêté tarifaire spécifique pris par les ministres chargés de l'économie et de l'énergie, après avis du *Conseil Supérieur de l'Energie (CSE)* et de la *Commission de Régulation de l'Energie (CRE)*. Différents arrêtés tarifaires ont été pris au cours des années pour définir les conditions d'achat de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables⁸⁰.

EDF et les entreprises locales de distribution, si les installations de production sont raccordées aux réseaux publics de distribution dans leur zone de desserte, doivent acheter l'électricité produite. Le surcoût occasionné pour ces acheteurs obligés leur est compensé et est répercuté sur les clients finals par une contribution proportionnelle à l'électricité qu'ils consomment (via la CSPE).

Ce dispositif de soutien au développement des énergies renouvelables a été profondément réformé par la loi du 17 août 2015 relative à la *Transition énergétique* pour la croissance verte. Le nouveau dispositif devait entrer en vigueur le 1^{er} janvier 2016, tel qu'annoncé dans le projet de décret d'application rendu public en septembre 2015, mais ce dernier n'a pas encore été publié au Journal Officiel.

La réforme en cours va bouleverser la procédure actuelle en ajoutant un deuxième système d'aide : la vente de l'électricité sur le marché assortie d'un « complément de rémunération » (une « prime ») et en introduisant un nouveau système d'attribution pour les projets de plus de 1 MW (6 MW pour l'éolien) : les appels d'offres⁸¹.

⁷⁹ Art. 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000, mais aussi: Art L. 314-1 du Code de l'Energie qui fixe les dispositions dans lesquelles les installations de production d'EnR peuvent bénéficier de l'obligation d'achat.

⁸⁰ Voir le lien suivant pour les derniers tarifs en vigueur sur le site du MEDDE

⁸¹ L'Union Européenne a adopté en avril 2014 de nouvelles lignes directrices qui imposent pour les grandes installations à compter du 1er janvier 2016 un régime de soutien consistant en la vente directe de l'électricité sur le marché assorti d'une prime. Cette prime peut être attribuée ex-ante (prime d'investissement) ou expost (contrat pour différence), modulée en fonction de l'évolution des prix de marché.

• Une réforme qui suscite l'inquiétude des producteurs

Contrairement au système d'obligation d'achat, avec l'appel d'offre, seuls les lauréats bénéficieront de l'aide: soit un tarif d'achat garanti, soit une prime. Les critères de sélection seront principalement basés sur le prix de vente de l'électricité ou le montant du complément de rémunération proposé par le pétitionnaire, mais peuvent inclure d'autres critères. Ces « primes » doivent être envisagées avec de grandes précautions car elles engendrent une insécurité peu appréciée des financeurs de projets, au risque de menacer les technologies les plus fragiles. Une généralisation des appels d'offre peut augmenter significativement les coûts globaux des projets tout en évinçant les projets locaux portés par des associations citoyennes et des collectivités.⁸²

• Des appels d'offre découlant de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE)

Adossée à la stratégie nationale bas carbone⁸³, la PPE décline de façon opérationnelle les orientations de la politique énergétique définies par la loi du 18 août 2015. Les objectifs pluriannuels visés par les appels d'offre de rachat de l'électricité renouvelable découlent directement de l'application de la PPE. La première programmation va couvrir une première période de 3 ans (2016-2018) qui décrira une trajectoire ciblée, puis une seconde de 5 ans (2019-2023), dont les objectifs seront revus en fonction des résultats du premier exercice.

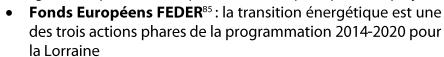
Bien que sa publication vient d'être reportée pour l'été 2016, un projet d'arrêté vient tout juste d'être validé par le CSE, fixant les objectifs EnR&R sur ces deux périodes et modifiant les arrêtés de *Programmation Pluriannuelle des Investissements (PPI)* électriques et thermiques de 2009. Celui-ci va permettre de lancer et de séquencer les futurs appels d'offres pour plusieurs filières majeures, donnant ainsi la visibilité nécessaire aux investisseurs.

9.2.2 Subventions et prêts bonifiés publics et privés

Sans être exhaustive, la liste des fonds susceptibles d'apportés une subvention aux projets EnR&R est la suivante :

• Fond chaleur géré par l'ADEME⁸⁴ :

A noter: le fonds chaleur est préférentiellement orienté vers les projets de forte puissance et les projets collectifs, mais il est également possible de déposer un dossier pour plusieurs projets.





- Région Grand Est
- Conseil départemental des Vosges
- Agences de l'Eau⁸⁶

⁸² Extrait de la page web: <u>www.cler.org/comprendre-reforme-systeme-soutien-energie-renouvelable</u>

⁸³ Voir: www.developpement-durable.gouv.fr/Strategie-nationale-bas-carbone.html

⁸⁴ Voir le lien suivant sur le site de l'ADEME

⁸⁵ Plus d'informations: www.europe-en-france.gouv.fr/content/download/.../LORRAINE.pdf

⁸⁶ Voir les liens suivants: agence de l'eau Rhin-Meuse / Rhône-Méditerranée &

Pour les projets d'envergure, il est également possible de mobiliser l'aide des structures suivantes :

- Caisse des Dépôts et Consignation⁸⁷
- **Banque Européenne d'Investissement** via le fonds Elena ⁸⁸ dans le cadre du projet « *Énergie intelligente Europe* » de la Commission européenne.

9.2.3 Vers des nouveaux modèles de financement

Evoqué à plusieurs reprises tout au long de l'étude, les EnR&R offre au territoire qui les accueille l'opportunité de retombées économiques non négligeables en ces temps de récession. Il existe différentes alternatives de financement lié au portage des EnR&R pour faciliter leur mise en œuvre et ainsi profiter des bénéfices sociaux-économiques qu'elles engendrent localement. Certains de ces concepts, dont en voici une liste non exhaustive, sont biens connus et d'autres méritent d'être expérimentées, voire combinés entre eux. Ainsi, la mise en place d'une ingénierie financière liée à la transition énergétique a tout son sens dans la structuration d'un *Territoire à Energie Positive*.

- Le tiers investissement via le Partenariat Public-Privé (PPP):
 - Il s'agit d'un mode de financement par lequel une autorité publique fait appel à des prestataires privés pour financer et gérer un équipement assurant ou contribuant au service public. Le partenaire privé reçoit en contrepartie un paiement du partenaire public et/ou des usagers du service qu'il gère. Parmi les différents types de PPP, on citera notamment :
 - o **la Délégation de Service Public (DSP)**: la rémunération étant généralement liée aux résultats de l'exploitation du service;
 - o **le Contrat de performance énergétique (CPE)**: le prestataire privé est chargé de gérer un patrimoine bâti et sa rémunération se base sur l'atteinte d'un objectif d'efficacité énergétique. Celui-ci est souvent couplé à la valorisation de *Certificats d'Economie d'Energie*⁸⁹;
- L'Investissement participatif (Crowd founding):
 - Il s'agit d'un mode de transaction financière qui fait appel à un grand nombre de personnes en vue de financer un projet. Il existe plusieurs outils et méthodes dans divers domaines permettant de faire appel à l'investissement participatif, mais concernant les EnR&R, les plus connus s'appuient sur l'investissement en capital⁹⁰. On pourra citer comme exemple:
 - o Initiatives nationales: **Energie Partagée Investissement** 91 & **Lumo**92
 - o Initiatives territoriales: les centrales villageoises 93 & les cigales 94

⁸⁷ Plus d'informations: <u>www.caissedesdepots.fr/accompagner-et-financer-vos-projets-energie</u>

⁸⁸ Plus d'informations : www.eib.org/products/advising/elena/?lang=fr

⁸⁹ Plus d'informations: www.scot-vosges-centrales.fr/page/Certificats-d-Economie-d-Energie-(CEE)-87.html

⁹⁰ Le *capital-investissement* est une forme très ancienne d'investissement par laquelle un investisseur consacre une partie de ses capitaux propres au développement ou rachat d'une société ayant des besoins de croissance, de transmission ou de redressement. En contrepartie de son risque d'investissement et de l'immobilisation de son capital sur une longue période, il attend un rendement sur le capital investi, généralement supérieur à celui du marché des actions cotées, compte tenu de la non-liquidité de son investissement pendant parfois plusieurs années (source: wikipedia).

⁹¹ Plus d'informations : <u>energie-partagee.org</u>

⁹² Plus d'informations: www.lumo-france.com

⁹³ Plus d'informations: <u>www.centralesvillageoises.fr</u>

⁹⁴ Plus d'informations : <u>www.cigales-bretagne.org</u>

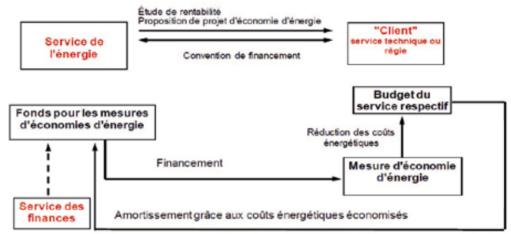
La consommation collaborative:

Il s'agit d'un modèle économique où l'usage prédomine sur la propriété : l'usage d'un bien, service, privilège, peut être augmenté par le partage, l'échange, le troc, la vente ou la location de celui-ci : en terme de mobilité, on pourrait citer l'exemple du co-voiturage ou de l'auto-partage, mais dans le cas des EnR&R, on évoquera :

- La mise à disposition de toiture, de fonciers, de moulins... à but énergétique: c'est notamment le cas pour l'éolien, pour l'hydroélectricité, ou le photovoltaïque avec la mise en place de bail emphytéotique qui permet au propriétaire de toucher un loyer, et dans certains cas à la collectivité de toucher différentes taxes⁹⁵;
- L'achat groupé (à l'exemple de l'initiative de la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine pour l'achat de panneaux photovoltaïques);
- o La mutualisation de l'ingénierie d'étude, de maintenance des équipements et services (à l'exemple du modèle d'écologie industrielle entre Norske Skog et Pavatex à Golbey)

La convention de performance interne (Intracting)⁹⁶

Il s'agit d'un outil de financement né en 1995 dans la ville de Stuttgart utilisé pour la mise en place de mesures d'économie d'énergie et d'eau. Si, au départ le projet de Stuttgart disposait d'un capital de lancement de 2,3 millions d'euros, preuve de son bon fonctionnement, il a été progressivement poussé jusqu'à 12 millions en 2014!



Principe de fonctionnement de l'Intracting, Energycities

Le concept s'appuie sur le statut de régie municipale de l'énergie, d'où la notion <u>d'internaliser</u> la gestion de l'énergie, à l'opposé de <u>l'externaliser</u> (via une DSP par exemple). Son principe est assez simple. Il se résume par l'auto-alimentation d'un fonds dédié à l'énergie par les économies de fonctionnement induites chaque année par les actions de maîtrise de l'énergie. Il s'appuie sur une ingénierie en interne de la collectivité, une ligne de trésorerie dédiée et une politique stricte de fléchage des fonds vers des opérations de transition énergétique à l'amortissement connu. En pratique, le service énergie de la collectivité a commencé par identifier les bâtiments présentant le potentiel le plus fort d'économies d'énergie et à mettre en œuvre un programme pluriannuel

⁹⁵ Voir chapitre 6.2.3 pour le cas de l'éolien

⁹⁶ Plus d'informations: energy-cities.eu/IMG/pdf/dossier intracting.pdf (dossier complet) &: www.energycities.eu/IMG/pdf/2014 12 energie plus intracting.pdf (synthèse)

d'investissements, incluant une évaluation fine des économies potentielles et des investissements nécessaires. La période de retour sur investissement recherchée est en moyenne de 6 ou 7 ans, et jusqu'à 9 ans pour les programmes les plus onéreux. Les économies ont servi d'abord à rembourser le service de l'énergie jusqu'à ce que le coût initial du préfinancement soit intégralement couvert. Une fois acquittée de sa dette, la régie a pu utiliser librement l'argent en surplus. En 6 ans, le bénéfice net pour la ville s'est élevé de 5,4 millions d'euros, soit un budget amorti à 235%.

En se combinant, ces différentes solutions peuvent également permettre à la politique de transition énergétique de changer d'échelle pour s'inscrire dans l'ambition des objectifs d'un Territoire à Energie Positive. Pour illustrer ces propos : dans les années 2008-2010, le démarchage à domicile de particuliers, pour louer leur toiture en vue d'implanter un projet photovoltaïque, était une pratique courante pour nombre de sociétés privés poursuivant des fins purement lucratives. Bien que les tarifs de rachat soient inférieures de nos jours, on peut imaginer redonner tout son sens à l'investissement en faveur du photovoltaïque en faisant porter la démarche par un Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte des Vosges Centrales. S'appuyant sur une connaissance fine du potentiel, cette utopie peut se concrétiser avec un portage fort de la Collectivité qui ferait appel à l'investissement partagé, ainsi qu'au tiers investissement, minimalisant les coûts de maintenance et d'équipement des toitures par l'effet de masse et obtenant un soutien fort du projet du fait de son caractère innovant et d'envergure.

Repères sur l'énergie

Objectifs découlant de la loi de transition énergétique :

2020

23% des consommations énérgétiques couvertes par les énergies renouvelables

Objectif quasiment atteint en 2015

2030

20% d'économie d'énergie par rapport à 2012

25% pour viser un Territoire à Energie Positive

32% des consommations énergétiques couvertes par les énergies renouvelables : 40% pour l'électricité, 38% pour la chaleuret 15% pour les carburants

46% pour viser un Territoire à Energie Positive

Enjeux régionaux

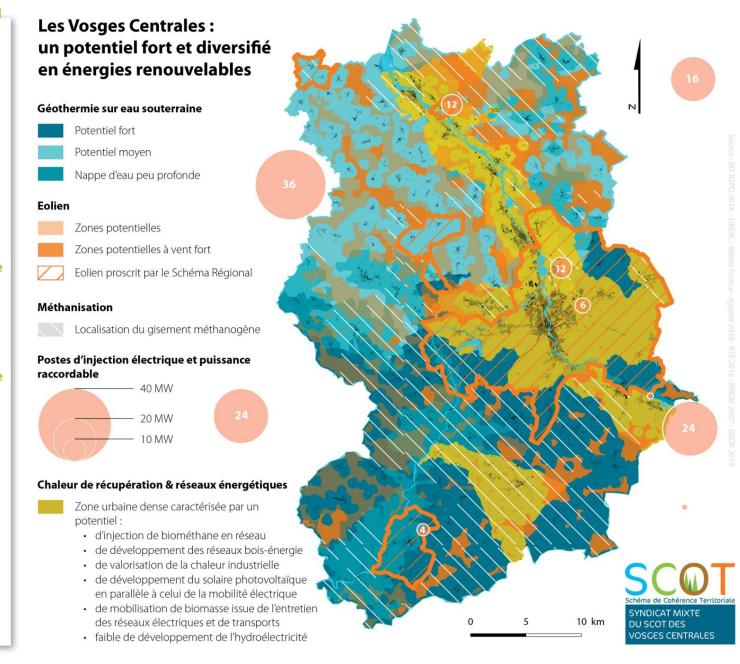
2017

Rupture d'approvisionnement en bois-énergie dans une logique de non concurrence entre filières et de gestion durable des forêts

Démantellement possible du radar de Jeuxey, principal frein au développement éolien

2031

L'ensemble des réacteurs nucléaires du Grand Est atteignent ou dépassent leur durée de vie

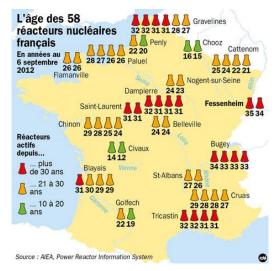


10 Conclusion de l'étude de potentiel en EnR&R

L'enjeu commun à l'ensemble des Energies Renouvelables et de Récupération (EnR&R) est avant tout économique et se traduit par une relocalisation des bénéficiaires des charges d'approvisionnement du système énergétique territorial. Si l'approvisionnement énergétique est assuré par des ressources locales, la facture énergétique n'est plus une perte de capitaux pour le territoire mais une redistribution budgétaire locale. Elle se traduit par le maintien ou la création d'emplois et d'entreprises de proximité, non délocalisables et en milieu rural dû à la mobilisation de l'ensemble du potentiel territorial, agricole et forestier notamment.

Un autre enjeu commun à l'ensemble est la lutte contre le changement climatique et la contribution à l'indépendance énergétique nationale.

Du de de l'électricité: point vue l'approvisionnement électrique du Grand Est de la France est essentiellement assuré par les centrales de Cattenom et de Fessenheim, dont les réacteurs dépasseront l'âge limite de 40 ans à l'horizon 2030. La montée tendancielle des consommations électriques est estimée à une hausse de 10% en Lorraine en 2030 selon RTE, qui peut être accentué par le déploiement des véhicules électriques. Compte tenu de la complexité des solutions pour agir sur la réduction des consommations électriques (sobriété des usagers, réductions des consommations liées à l'éclairage public, voire substitution du chauffage électrique par d'autres combustibles), le développement massif de la



production d'électricité d'origine renouvelable et de récupération semble être une solution privilégiée pour garantir une alimentation électrique décarbonée du territoire. Mais un tel choix nécessite de planifier leur développement pour permettre aux réseaux de distribution d'intégrer une telle hausse de production électrique décentralisée et intermittente. Si l'arrêt des centrales nucléaires du Grand Est n'est pas anticipé, le territoire n'aura d'autre choix que d'implanter de nouvelles centrales thermiques fossiles.

 Du point de vue de la chaleur et des carburants: la montée du prix de l'énergie engendrée par la raréfaction des ressources fossiles a pour conséquence la montée de la précarité énergétique et l'isolement des populations les plus vulnérables.
 Développer les EnR&R permet ainsi de garantir une énergie locale moins dépendante des fluctuations du marché.

Hydroélectricité

La réglementation se durcit pour préserver la continuité écologique et sédimentaire, interdisant la construction de nouveaux seuils sur la Moselle et ses affluents, et obligeant les installations existantes à se mettre en conformité au risque de voir délaisser les ouvrages existants par faute de moyens des propriétaires. La Police de l'Eau écarte tout potentiel de construction de nouveaux barrages sur le SCoT et dénombre un total de

5 sites susceptibles d'être réhabilités. Toutefois, il est à noter que les dernières avancées technologiques permettent de limiter fortement ces risques. Au regard du nombre de seuils et de barrages susceptibles d'être équipés, la question du gisement reste donc à approfondir en collaboration avec les services de l'Etat, dans la perspective d'une révision des politiques de préservation des milieux aquatiques.

Bois-énergie

L'enjeu principal du bois-énergie est d'éviter l'épuisement de la ressource annoncé à l'horizon 2017 par l'ADEME au niveau de la Région Lorraine si l'on souhaite un approvisionnement qui ne déstabilise pas les filières existantes et qui s'inscrive dans une logique de gestion durable des forêts.

Les réponses à cette problématique sont de 3 ordres :

- Mieux mobiliser la ressource: différents gisements ont été identifiés en forêt privé, en agroforesterie, en bords de champs et des voies de circulation du territoire, mais aussi sous les réseaux électriques;
- Optimiser les consommations des systèmes existants : cela passe par l'isolation des bâtiments, un meilleur suivi des réseaux bois-énergie et par l'incitation des particuliers à remplacer leurs chaudières bois vétustes ;
- **Encourager les autres énergies renouvelables** comme énergie de substitution aux énergies fossiles.

<u>Aérothermie – Aquathermie – Géothermie</u>

Sauf exception, l'utilisation des pompes à chaleur présente un potentiel de développement plus fort pour la construction neuve que dans l'ancien.

Pour l'aérothermie, la rigueur du climat vosgien incite à privilégier le prélèvement des calories sur l'air ambiant plutôt que sur l'air extérieur. Différentes sources peuvent être exploitées dans l'industrie, le tertiaire (hôpitaux, parkings fermés) et dans l'habitat.

Le territoire détient un fort potentiel de développement de la géothermie de minime importance en raison de la quasi-inexistence d'affleurements granitiques et de la présence de nappes d'eau souterraines à fort potentiel et faible profondeur, notamment dans la moitié sud du SCoT et au niveau de la nappe alluviale de la Moselle. Une meilleure localisation de la ressource permettrait d'offrir des garanties supplémentaires nécessaires à l'essor de la filière. Le contexte géologique profond du territoire offre également des opportunités pour la production d'électricité et pour l'alimentation de l'industrie en chaleur.

Méthanisation

Le gisement des ressources méthanisables sur le territoire provient essentiellement des exploitations agricoles à hauteur de 84%, puis à 6.5% des herbes d'accotement et à 6% des boues de stations d'épuration. Il permettrait de couvrir l'équivalent de 27% des besoins locaux en gaz naturel distribué en réseau. La valorisation de ce gisement dépend de sa proximité avec les besoins énergétiques du territoire, notamment pour valoriser la chaleur produite par cogénération, et de la capacité du territoire à mobiliser les acteurs producteurs de ces déchets. Trois zones à fort potentiel méritent ainsi d'être approfondies en priorité : au Sud/Sud-Ouest du SCoT, au niveau de la vallée de la Moselle et à proximité de Charmes.

Solaire

54% des toitures du territoire sont susceptibles d'accueillir une installation solaire. Ce gisement permet d'évaluer le potentiel maximal de production photovoltaïque à une couverture de 32% des consommations électriques du territoire. Ce sont les secteurs du tertiaire dans un premier temps, de l'habitat et de l'industrie dans un deuxième temps, qui présentent le plus fort potentiel de développement avec une parité réseau attendue respectivement à l'horizon 2015 et 2018. Le principal enjeu du solaire pour le SCoT est d'anticiper la Réglementation Thermique (RT) 2020, qui se traduira par l'équipement de la quasi-totalité des constructions neuves de panneaux photovoltaïques.

<u>Eolien</u>

Le gisement en vents du territoire compte parmi les plus importants de Lorraine. Le Schéma Régional de l'Eolien (SRE) indique que les sensibilités paysagères et écologiques liées à l'éolien sont marginales et localisées. La principale contrainte qui limitait jusqu'à aujourd'hui l'essor de l'éolien sur le territoire est le radar de Jeuxey, dont le démantèlement est à l'étude et pourrait s'opérer à l'horizon 2016-2017. Cependant, de nouvelles contraintes aéronautiques militaires viennent impacter la quasi-totalité du gisement, limitant le potentiel à deux sites dans le Val de Vôge. En plus de l'accompagnement des rares projets susceptibles de voir le jour, il conviendrait également de veiller à préserver le gisement par des mesures préventives écologiques et paysagères dans la perspective d'une évolution des servitudes rédhibitoires.

Chaleur de récupération

Le tissu industriel du territoire offre un potentiel de valorisation en chaleur fatale situé essentiellement le long du Sillon Mosellan : sur 457 entreprises, on en dénombre 187 susceptibles de présenter un gisement valorisable. Les activités où se situe l'essentiel du gisement sont l'industrie de la chimie, du papier-carton, de la métallurgie, de la mécanique et de l'agro-alimentaire. La proximité du gisement et des besoins énergétiques, couplée à la présence de réseaux de chaleur urbains susceptibles de distribuer la chaleur sont des atouts pour le territoire, tout comme l'existence du projet *Green Valley*, développé sur le site de Norske Skog à Golbey, comme pionnier national de l'écologie industrielle.

Avec 23% de l'énergie consommée fournie par les ENR&R, le territoire du SCoT a atteint fin 2015 l'objectif de la loi de transition énergétique pour 2020. Cette avance, couplée à un potentiel net riche et diversifié, offre la possibilité aux élus du territoire de viser des objectifs plus ambitieux que ceux décrits dans la réglementation. Le territoire peut donc prétendre à s'inscrire dans la trajectoire de l'autonomie énergétique à long terme pour devenir un *Territoire à Energie Positive*. La faisabilité technico-économiques des solutions à mettre en œuvre et les moyens à disposition du territoire doivent de toute évidence être approfondies, mais la concrétisation d'une telle utopie n'est pas tant question de ressources, que d'une volonté politique affirmée et d'une synergie entre les acteurs du territoire autour d'une vision commune. Ce travail de précision du potentiel, de spatialisation multiscalaire des différents enjeux énergétiques et d'élaboration d'une feuille de route stratégique à court et moyen terme sera mené dans le cadre du schéma structurant des EnR&R pour un SCoT *Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte des Vosges Centrales*.

ANNEXES

11.1 An	nexes bois-énergie	.186
11.1.1	Classification des bois déchiquetés propres	.186
11.1.2	Localisation des producteurs de plaquettes forestières en Lorraine	.187
11.1.3	Bilan technico-économique de la production de biomasse dans	les
formati	ions hors forêts	.188
11.2 An	nexes éoliennexes éolien	192
11.2.1	Evolution de la puissance installée en France	
11.2.2	Etat du développement éolien dans la Grande Région	.192
11.2.3	Cartographie d'implantation du projet d'Avrainville-Hergugney	.193
11.2.4	Analyse des servitudes du projet de Gruey-lès-Surances	.194
11.3 An	nexes hydroélectricité	.195
11.3.1	Extrait lié l'hydromorphologie des PAOT 2010 & 2013 pour le SCoT	.195
11.3.2	Extrait du PAOT 2013-2015 sur les bassins du SCoT	.202
11.3.3	Sites potentiels en Lorraine pour la création de nouvelles centrales	.202
11.3.4	Sites potentiels en Lorraine pour la réhabilitation de centrales existantes	.203
11.3.5	Caractéristiques de l'hydrolienne fluviale à l'étude à Orléan	.205
	nexes chaleur fatale	
11.4.1	Technologies de valorisation de la chaleur fatalefatale	206

11.1 Annexes bois-énergie

11.1.1 Classification des bois déchiquetés propres

Classification professionnelle simplifiée des combustibles bois déchiquetés propres (non adjuvantés)

Source: L'essentiel sur les indices du bois-énergie – Série Économique – RCE 16 – Mars 2013

catégorie et forme	classe de granulométrie	classe d'humidité	taux cendres	Contenu énergétique	préconisations d'utilisation	nature, origine combustible
Petites plaquette C1	es bois calibrées fi P16-P45A	ns sèches M15-M30	A0.5-A0.7	3,4 à 4,2 MWh/t moy: 3800 kWh/t	petite à très petite chaudière P < 200kW - 300 kW foyer volcan, désilage vis	PF, CIB sans écorces
Plaquettes calib C2	rées ressuyées P45-P63	M30-M40	A1.0-A2.0	2,8 à 3,4 MWh/t moy: 3100 kWh/t	petite à moyenne chaudière de 400 kW jusqu'à 1,5 MW foyer volcan, désilage vis	PF, CIB % écorces faible
Plaquettes-broya C3	ats non calibrés hu P63-P125	imides M35-M45	A1.5-A3.0	2,5 à 3,1 MWh/t moy: 2800 kWh/t	moyenne chaudière 800 KW < P < 3 - 5 MW foyer grille (voire volcan)	mix-produit PF, CIB, BFV % écorces < 50%
Broyats non cali C4	brés très secs P100-P200	M10-M20	A1.0 - A3.0	3,9 à 4,5 MWh/t moy: 4200 kWh/t	moyenne à grosse chaudière 0,8 - 1 MW < P < 3 à 5 MW foyer grille ou équivalent	broyat palettes BFV, CIB sans écorces
Broyats-mélang C5	es non calibrés trè P100-P200	s humides M40-M55	A3.0-A5.0	1,9 à 2,8 MWh/t moy: 2400 kWh/t	très grosse chaudière P > 5 - 6 MW foyer grille ou équivalent	Mix produit PF, CIB % écorces élevé % BFV peu élevé

humidité	valeur
M10-M20	10% < H < 20%
M15-M30	15% < H < 30%
M30-M40	15% < H < 30% 30% < H ≤ 40%
M35-M45	35% < H < 45%
M40-M55	40% < H < 55%

PF Plaquette forestière (ou assimilée) CIB Connexes des industries du bois

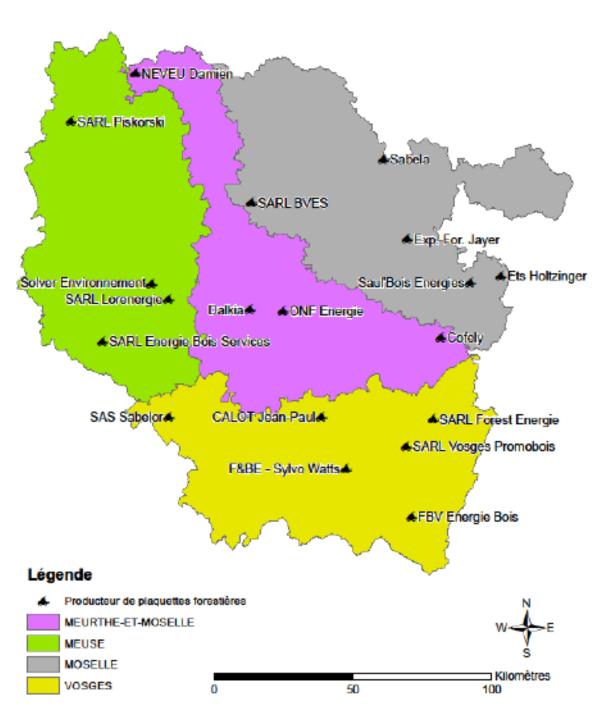
BFV Bois en fin de vie

Classes d'humidité et de granulométrie respectant la norme NF EN 14961-1 (Oct. 2010)

classe de	fraction de 7	5% du poids	fraction gross	ière plaquettes	fraction fine (< 3,15 mm)
granulométrie	minimale	maximale	% en masse	long max	
P16-P45A	3,5mm	45 mm	< 3%	< 100 mm	< 8%
P45A-P63	8 mm	63 mm	< 6%	< 100 mm	< 6%
P63-P125	8 mm	125 mm	< 6-10%	< 200 mm	< 4%
P100-P200	16 mm	200 mm	< 10%	< 350 mm	< 10%

attention: distinguer la fine (< 1 mm qui doit toujours être < 2-3%) de la fraction fine de plaquette (< 3,15 mm)

11.1.2 Localisation des producteurs de plaquettes forestières en Lorraine



Source: GIPEBLOR, 2008

11.1.3 Bilan technico-économique de la production de biomasse dans les formations hors forêts

Extraits de la synthèse des résultats

Etude réalisée dans le cadre d'une bourse d'expérimentation intitulée « Production de biomasse à partir des formations hors-forêts 2006-2009 », Forêt Bois de l'Est

Type d'exploitation:

- **Coupe à blanc**: Couper tous les arbres sur toute la longueur
- **Coupe sélective**: Sélection des plus belles tiges (éventuellement dans un objectif bois d'oeuvre), qui demeureront après exploitation et qui maintiendront les différentes fonctions de la haie (brise-vent, biodiversité…).
- Coupe partielle: Exploitation d'une partie de la largeur de la formation (réduction de l'emprise)

Choix des chantiers:

- **Haie haute 1**: Cette haie aux origines naturelles est depuis de nombreuses années non entretenue. Son rôle de brise-vent pour les habitations environnantes s'est donc amoindri avec le temps : en effet, celle-ci est progressivement devenue opaque aux vents, créant alors des phénomènes de turbulences et d'accélération des masses d'air.
- **Haie haute 2**: La haie bordant l'ancienne voie ferrée permettait de limiter l'effet sonore du passage d'un train. Désormais, ces couverts font intégralement partie du paysage. Un entretien s'avère alors nécessaire pour permettre le maintien de ses différentes fonctions.
- **Haie haute 3**: La voie romaine est un itinéraire régulièrement emprunté par les randonneurs. Ce chemin présente néanmoins l'inconvénient de demeurer humide. Une exploitation du couvert était alors nécessaire pour augmenter la durée d'ensoleillement et pour dégager des branchages, la voie de circulation.
- **Haie fruitière et friche**: Sur les terrains exploités par la Ferme de Braquemont, subsistaient d'anciennes lignes de verger tombant en désuétude ainsi qu'une parcelle s'enfrichant. Ces boisements ont alors été exploités dans le but de rendre leur intérêt pastoral à ces parcelles.
- **Ripisylve**: Suite aux importantes crues qu'à connu le pays de Mirecourt en octobre 2006, une décision préfectorale a alors été prise pour restaurer la ripisylve du Madon. Ce fut ainsi l'occasion pour la Ferme de Braquemont de valoriser ce bois par son déchiquetage. De plus, nous avons pu bénéficier d'un tronçon expérimental où nous avons réalisé l'ensemble de l'exploitation dans l'objectif de chiffrer les différents coûts de production, dans un premier cas avec exploitation traditionnelle, et dans un second avec débardage à cheval.

Récapitulatif technique

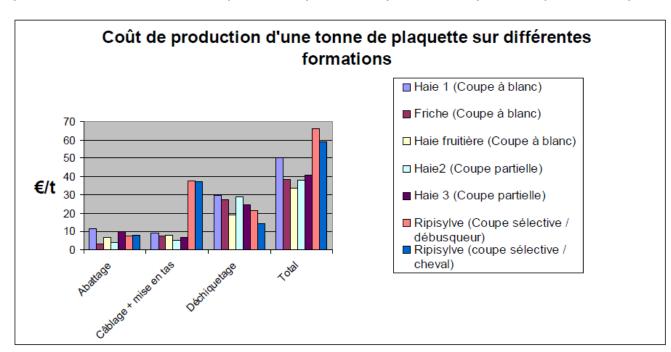
Chantier	Haie haute 1	Haie haute 2	Haie haute 3	Friche	Haie fruitière	Ripisylve (exploitation traditionnelle)	Ripisylve avec débardage à cheval)
Peuplement	Frênes, Chênes, Peupliers, Aubépines, Epines noires	Frênes, Chênes, Merisiers, Aubépines, Epines, Robiniers Faux Acacia	Frênes, Erables, Noisetiers, Ormes, Aubépines	Epines	Mirabelliers	Saules, aulnes glutineux, frênes communs, érables	Erables, frênes, acacias, saules, charme, aulnes, peupliers, tilleuls
Opération	Coupe à blanc (100 %)	Coupe partielle (75 %)	Coupe partielle (50 %)	Coupe à blanc (100 %)	Coupe à blanc (100 %)	Coupe sélective (36%)	Coupe sélective (32 %)
Longueur / largeur / diamètre moyen	180 m / 6 m / 5,7cm	504 m / 7,8	519 m / 1,5 à 3 m / 6,5		346 m / 5,6cm	450 m / 23 cm	325 m / 26 cm
Temps d'abattage	9	9,75	12	1,5	3	12	16
Temps de mise en andain (en heure)	4,25	7,92	4,84	2,17	2.25	24,5	32
Temps de broyage (en heure)	1,85	5,73	2,33	1	0.67	2,67	2,17
Temps de transport (en heure)	0,5	1,5	1,32	0,33	0,33	1,36	1,7
Quantités produites (en tonne fraîche)	14,74	47,02	23,22	8,72	8,88	30,88	38,6
Quantités produites (en MAP)	51	153	75,6	25	25	88.01	110.01
Rendement horaire du bûcheronnage (en tonne / heure)	1,64	4.82	3,66	5,81	2,96	2,57	2.41
Rendement horaire de la mise en andain (en tonne / heure)	3.47	5,94	4,80	4.01	3.94	1,26	1.21
Rendement horaire du broyage (en tonne / heure)	7.97	8,20	9,97	8.72	13,25	11,53	22,7
Dégâts au sol et au peuplement	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable

Récapitulatif financier

Chantier	Haie haute 1	Haie haute 2	Haie haute 3	Friche	Haie fruitière	Ripisylve (exploitation traditionnelle)	Ripisylve avec débardage à cheval)
Peuplement	Frênes, Chênes, Peupliers, Aubépines, Epines noires	Frênes, Chênes, Merisiers, Aubépines, Epines, Robiniers Faux Acacia	Frênes, Erables, Noisetiers, Ormes, Aubépines	Epines	Mirabelliers	Saules, aulnes glutineux, frênes communs, érables	Erables, frênes, acacias, saules, charme, aulnes, peupliers, tilleuls
Opération	Coupe à blanc (100 %)	Coupe partielle (75 %)	Coupe partielle (50 %)	Coupe à blanc (100 %)	Coupe à blanc (100 %)	Coupe sélective (36%)	Coupe sélective (32 %)
Longueur/ largeur / diamètre moyen	180 m / 6 m / 5,7cm	504 m / 7,8	519 m / 1,5 à 3m / 6,5		346 m / 5,6cm	450 m / 23 cm	325m / 26 cm
Abattage (en €/T)	11,6	3,94	9,82	3.27	6.42	7.4	7,88
Mise en andain (en €/T)	8,99	5,16	6,44	7.69	8.00	37.53	37.02
Broyage (en €/T)	29.62	28.87	24.46	27.47	19.29	21.27	14.18
Transport (en €/T)	2.25	2.16	3.24	2.62	2.20	1.18	1.13
Quantités produites (en Tonne fraîche)	14,74	47,02	23,22	8.72	8,88	30.88	38.6
Quantités produites (en MAP)	51	153	75,6	25	25	88	110
Coût du chantier	773.29 €	1887.23€	1020.84 €	357.99 €	318.81 €	2075.53	2324.04
Prix par tonne (€/T)	52.46	40.14	43.96	41.05	35.90	67.21	60.2

Synthèse des résultats

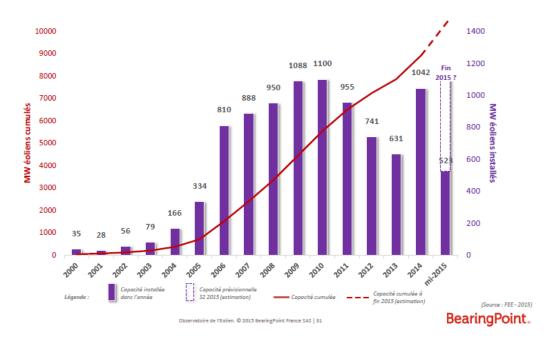
	Haie haute 1	Haie haute 2	Haie 3 haute	Friche	Haie fruitière	Ripisylve (exploitation traditionnelle)	Ripisylve (débardage à cheval)
Diamètre moyen (cm)	5,7	6,9	6,8		5,6	21	26
Hauteur moyenne (m)	8	7	8			16	18
Largeur (m)	6	6	2			/	/
Type de coupe	A blanc	Partielle	Partielle	A blanc	A blanc	Sélective	Sélective
Prélèvement en volume	100%	75%	50%	100%	100%	36%	32 %
Rendement (tonne de MF / 100 m)	8,2	9,3	4,5		2,56	4.5	8.2



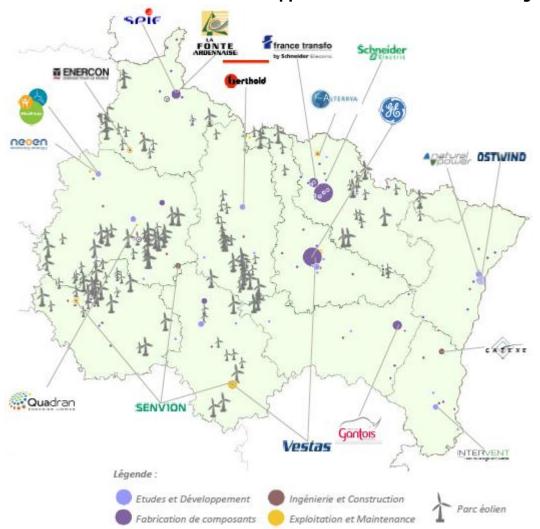
11.2 Annexes éolien

11.2.1 Evolution de la puissance installée en France

Evolution de la puissance éolienne installée en France métropolitaine à mi-2015



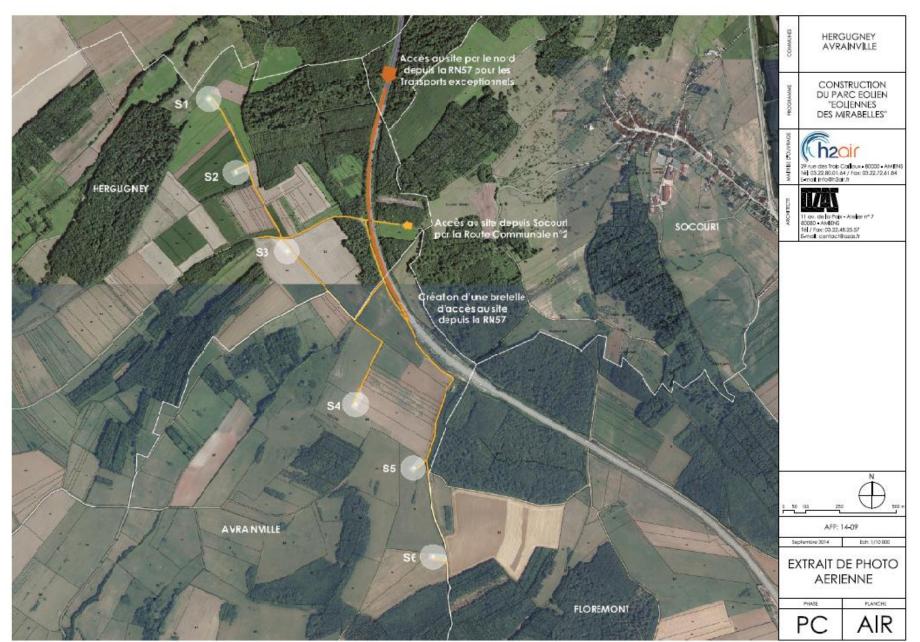
11.2.2 Etat du développement éolien dans la Grande Région



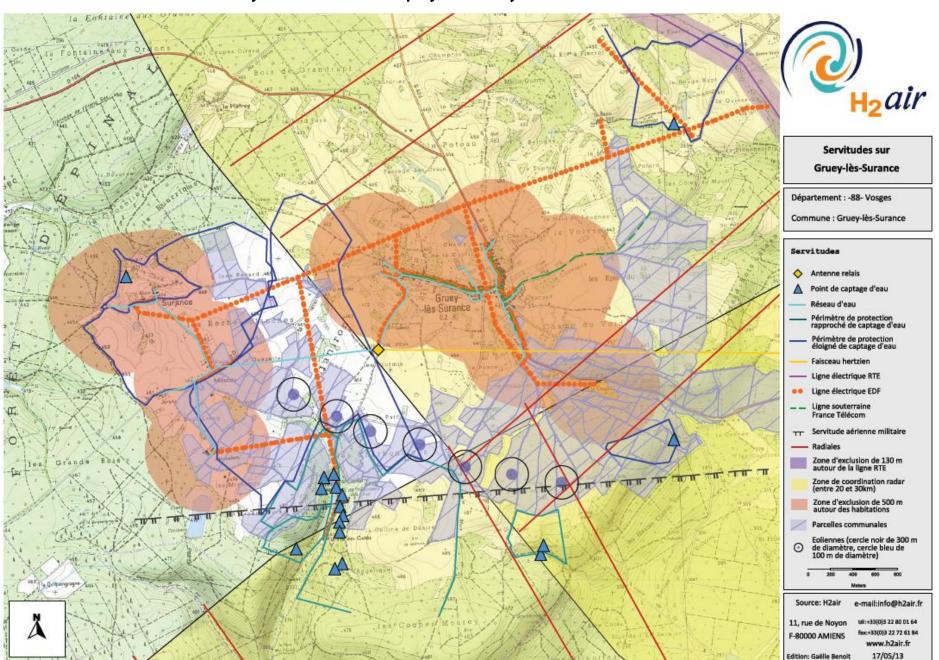
Implantation du tissu éolien en Grande région Alsace-Champagne-Ardennes-Lorraine

192

11.2.3 Cartographie d'implantation du projet d'Avrainville-Hergugney



11.2.4 Analyse des servitudes du projet de Gruey-lès-Surances



11.3 Annexes hydroélectricité

11.3.1 Extrait des PAOT 2010 & 2013 des bassins du SCoT en lien avec l'hydromorphologie

Enjeux du bassin élémentaire : Madon

Ce bassin est situé dans le secteur de travail Moselle-Sarre du district Rhin.

Les villes principales sont Mirecourt, Dompaire, Vézelise, Haroué et Bainville sur Madon.

Les cours d'eau principaux sont le Madon, le Colon et le Brénon.

Le bassin a une superficie de 1 070 km² (limite ajustée aux communes rattachées au bassin).



	MADON
District	Rhin
Secteur de travail	Moselle-Sarre
Nombre total de masses d'eau de rivière (y compris présence partielle sur le bassin hydrographique)	22
dont fortement modifiées et artificielles	1
Linéaire total de masses d'eau de rivière (en km)	407
Nombre total de masses d'eau de lacs (tous types)	0
dont fortement modifiées et artificielles	0
Nombre total de masses d'eau souterraine (y compris présence partielle sur le bassin ajusté aux limites des communes qui y sont rattachées)	8

Enjeux

Hydromorphologie	Assainissement des collectivités
++	+++
Industrie et artisanat	Agriculture
+	+++

Pression	Manière dont la pression se manifeste
Altération de l'hydro- morphologie	Des barrages de prise d'eau (moulins) sur le Madon perturbent la libre circulation de la faune et le transport solide (banalisation et enfoncement du fond, étalement et donc réchauffement de la ligne d'eau). Mais il est considéré en bon état, voire très bon état par secteurs. En revanche, beaucoup de ses affluents (notamment le Brénon) sont dégradés (travaux hydrauliques mal calibrés). Les inondations dans le bassin du Madon et particulièrement dans l'agglomération mirecurtienne, sont liées d'une part à des aménagements urbains insuffisamment maîtrisés et à un manque d'entretien régulier du Madon et de ses affluents et d'autre part à la gestion globale du bassin versant.
Industrie et artisanat	Activité industrielle peu présente.
Agriculture	Activité agricole importante orientée vers l'élevage et les cultures qui est à l'origine de la pollution par les effluents d'élevage produits en quantité importante, et de pollutions diffuses par les pesticides et les nitrates utilisés sur les cultures (maïs, colza).
Assainissement des collectivités	efficiente discontenzant ou annie qui été collectées. La saint des communées constitue la manuière commune de

MISEN des Vosges, Directive Cadre sur l'Eau : plan d'actions départemental 2010 - page 13/40

Détail des actions emblématiques 2010

Restaurer les fonctionnalités générales des milieux aquatiques du bassin versant du Colon

Masse d'eau	Maître d'ouvrage	Commune	Mesure	Actions prévues en 2010
COLON	SI DE LA VALLEE DU COLON	Plusieurs	Renaturation des cours d'eau	Lancement de l'étude diagnostic en 2010

Enjeux du bassin élémentaire : Haute Moselle

Ce bassin est situé dans le secteur de travail Moselle-Sarre du district Rhin.

Les villes principales sont Epinal, Golbey, Neuves-Maisons et Thaon-lès-Vosges.

Les cours d'eau principaux sont la Moselle, l'Avière et l'Euron.

Le bassin a une superficie de 1010 km² (limite hydrographique) et s'étend sur 990 km² (limite ajustée aux communes rattachées au bassin).



	HAUTE MOSELLE
District	Rhin
Secteur de travail	Moselle-Sarre
Nombre total de masses d'eau de rivière	21
(y compris présence partielle sur le bassin hydrographique)	
dont fortement modifiées et artificielles	3
Linéaire total de masses d'eau de rivière (en km)	470
Nombre total de masses d'eau de lacs (tous types)	1
dont fortement modifiées et artificielles	1
Nombre total de masses d'eau souterraine	
(y compris présence partielle sur le bassin ajusté aux limites des communes qui y sont rattachées)	8

Enjeux

Hydromorphologie	Assainissement des collectivités
++	+++
Industrie et artisanat	Agriculture
++	+++

Pression	Manière dont la pression se manifeste
Altération de l'hydro- morphologie	La vallée de la Moselle est marquée par la présence de nombreuses gravières en lit majeur et barrages en lit mineur perturbant la libre circulation des poissons migrateurs et le fonctionnement global du cours d'eau (banalisation et enfoncement du fond, étalement et donc réchauffement de la ligne d'eau). Des zones d'extractions et des ballastières remplacent les zones humides dans les secteurs amont, ce qui provoque des perturbations hydrauliques, biologiques et de la qualité des eaux. De plus, ces extractions induisent des phénomènes d'incision du lit avec des conséquences sur la nappe d'accompagnement, les crues et les étiages. Les affluents de la Moselle sont dégradés à cause de travaux agricoles ou de présence d'étangs. Malgré un bon potentiel écologique, le petit chevelu de ruisseaux est souvent perturbé dans sa liaison avec la Moselle par la présence du canal (passage en siphon) ou des ballastières (détournement, recalibrage).
Industrie et artisanat	Diversité industrielle importante (papier, cuir, acier, transformation des métaux, produits de l'agriculture) principalement le long de la Moselle. Sept établissements sont responsables des rejets de type micropolluants dans le milieu. Les principaux polluants retrouvés sont des métaux et des composés organochlorés.
Agriculture	D'un point de vue économique les élevages représentent la principale activité de la zone et les céréales représentent la moitié de la SAU (surface agricole utile).
	Un certain nombre de communes rurales continuent d'avoir des rejets directs au milieu naturel. En effet, des réseaux d'assainissement ont souvent été construits sans qu'aucun ouvrage d'épuration ne traite les effluents avant le rejet au milieu naturel.

Détail des actions emblématiques 2010

Restaurer les fonctionnalités générales des milieux aquatiques du bassin versant de l'Euron

Masse d'eau	Maître d'ouvrage	Commune	Mesure	Actions prévues en 2010
EURON	CC du Bayonnais	Plusieurs	Renaturation des cours d'eau	Lancement de la phase de maîtrise d'œuvre et définition du programme technique en 2010.

Restaurer l'équilibre quantitatif de la nappe des grès du trias inférieur pour maintenir durablement ses usages

Masse d'eau	Maître d'ouvrage	Commune	Mesure	Actions prévues en 2010
Nappe des grès du trias inférieur	De nombreux maîtres d'ouvrages sont susceptibles d'être concernés par les futures actions à mettre en place définies dans le cadre du SAGE	180	Gestion concertée	Mettre en place un Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (périmètre défini en 2009, Commission Locale de l'Eau à créer)

Détail des actions emblématiques 2013-2015

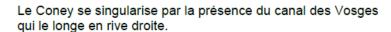
Hydromorphologie

Actions Clés	Mesures Clés	Masse Eau	Commune principale	Maître d'ouvrage	libellé détaillé de l'action à lancer
Restauration des cours d'eau	Restauration des cours d'eau	DURBION 1	DESTORD	CC DE L'ARENTELE, DURBION, PADOZEL	suivi
Restauration des cours d'eau	Restauration des cours d'eau	DURBION 2	LONGCHAMP	CC DE L'ARENTELE, DURBION, PADOZEL	suivi
Restauration des cours d'eau	Restauration des cours d'eau	EURON	DAMAS-AUX-BOIS	CC DU BAYONNAIS	suivi
Acquisition de zones humides	Acquisition de zones humides	MOSELLE 3	ARCHETTES	CNE D'ARCHETTES	suivi
Continuité écologique des cours d'eau	Continuité écologique des cours d'eau	MOSELLE 3	EPINAL	SNC SAINT LAURENT	courrier d'information des obligations et des échéances
Restauration des cours d'eau	Restauration des cours d'eau	MOSELLE 3	EPINAL	1	Structuration de la Maitrise d'ouvrage
Restauration des cours d'eau	Restauration des cours d'eau	MOSELLE 4	VINCEY	CNE DE VINCEY	selon les suites données à l'arrêté de mise en demeure (suivi ou procès verbal)
Restauration des cours d'eau	Restauration des cours d'eau	MOSELLE 4	VINCEY	1	Structuration de la Maitrise d'ouvrage
Continuité écologique des cours d'eau	Continuité écologique des cours d'eau	RUISSEAU D'ARGENT	ARCHETTES	CC LA VOGE VERS LES RIVES DE LA MOSELLE	travaux

Enjeux du bassin élémentaire : Coney

Ce bassin est situé dans le district Saône amont.

Les villes principales sont Xertigny, Bains les Bains et Vauvillers (70).





Le bassin a une superficie de 494 km² (limité hydrographique) et s'étend sur 370 km² environ dans le département des Vosges.

	Coney	
District Saône amont		
Secteur de travail	-	
Nombre total de masses d'eau de rivière	16	
(y compris présence partielle sur le bassin hydrographique)	(15 dans le département des Vosges)	
Linéaire total de masses d'eau de rivière (en km)	335	
Nombre total de masses d'eau de lacs (tous types)	0	
Nombre total de masses d'eau souterraine		
(y compris présence partielle sur le bassin ajusté aux limites des communes qui y sont rattachées)	5	

Enjeux

Hydromorphologie	Assainissement des collectivités	
+++	+	
Industrie et artisanat	Agriculture	
++	-	

Pression	Manière dont la pression se manifeste
Altération de l'hydro- morphologie	La vallée du Coney est marquée par la présence, en rive droite, du canal des Vosges. Ce canal est alimenté par le Coney et ses affluents en rive droite ainsi que pas le réservoir de Bouzey. De nombreux ouvrages d'échange d'eau ponctuent leur cours. Ces ouvrages (passages à siphons) et les éclusées réalisées agissent sur la morphologie du Coney, sur son régime hydrique et constituent un obstacle à la continuité écologique. Le Coney est jalonné de microcentrales hydroélectriques. L'absence de gestion coordonnée de ces microcentrales à l'échelle du cours d'eau conduit à des conflits d'usage et des perturbations du fonctionnement de l'hydrosystème. Un grand nombre de ces ouvrages sont infranchissables et forment un obstacle à la continuité écologique. La partie aval du cours d'eau est fortement affectée par cette problématique.
	Le Coney et ses affluents sont également concernés par la présence de nombreux étangs (pisciculture, irrigation, loisirs) souvent installés au fil de l'eau, qui perturbent l'hydromorphologie et la qualité de ces cours d'eau.
Industrie et artisanat	Dans les Vosges, la partie amont du Coney est touchée par la présence d'industries (industrie laitière, industrie du bois,) dont 5 sont classées au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Des toxiques sont retrouvés sur la partie amont du Coney.
Agriculture	Cette problématique n'est pas dominante. Le secteur de la Vôge est essentiellement concerné par de l'élevage « bovin laitier ».
Assainissement des collectivités	réason dissociais coment est connent été construite conscruir ou par dénuration ne troite les efficants quant

MISEN des Vosges, Directive Cadre sur l'Eau : plan d'actions départemental 2010 - page 29/40

Détail des actions emblématiques 2010

Restaurer les fonctionnalités générales des milieux aquatiques des différents cours d'eau du bassin versant du Coney

Masse d'eau	Maître d'ouvrage	Commune	Mesure	Actions prévues en 2010
ruisseau de gruey	CC Val de Vôge	Plusieurs		
ruisseau la morte-eau	CC Saône Vosgienne	Plusieurs	Créer un dispositif de	
ruisseau de la fresse	CC Val de Vôge	Plusieurs	franchissement pour la dévalaison/montaison -	
ruisseau l'aitre	CC Vôge vers rives de la Moselle	Plusieurs	Elaborer un plan de	
ruisseau de cône	CC Vôge vers rives de la Moselle	Plusieurs	gestion des plans d'eau	
ruisseau de francogney	A préciser	Plusieurs		
ruisseau des auriers	Charmois l'Orgueilleux à confirmer	Plusieurs		
ruisseau de falvinfoing	CC Val de Vôge	Plusieurs	Elaborer un plan de gestion des plans	
ruisseau d'hautmougey	CCVal de Vôge	Plusieurs	d'eau	
Le Coney de sa source au Ruisseau d'Hautmougey	CCVal de Vôge	Plusieurs	Elaborer un plan de gestion des plans d'eau	Mise en place d'un dispositif de gestion concertée, le contrat de rivière tête de bassin de la Saône ; lancement
Le Coney du ruisseau d'Hautmougey à la confluence avec la Saône	CC Val de Vôge	Plusieurs	Mettre en place un plan de gestion coordonnée des différents ouvrages à l'échelle du bassin versant ; créer un dispositif de franchissement pour la dévalaison/montaison	de différentes études : étude hydrogéomorphologique du BV du Coney, étude et élaboration du plan de gestion des plans d'eau, étude d'inventaire et de diagnostic des microcentrales
ruisseau des sept pêcheurs	POVA Uzemain charmois	Plusieurs	Créer un dispositif de franchissement pour la dévalaison/montaison - Elaborer un plan de gestion des plans d'eau - Restaurer les habitats aquatiques en lit mineur et milieu lagunaire - reconnecter les annexes aquatiques et zones humides du lit majeur et restaurer leur espace fonctionnel	

Détail des actions emblématiques 2013-2015

Hydromorphologie

Actions Clés	Mesures Clés	Masse Eau	Commune principale	Maître d'ouvrage	libellé détaillé de l'action à lancer
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	Le Coney de sa source au Ruisseau d'Hautmougey	GRUEY LES SURANCE	CC Val de Vôge	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	Le Coney de sa source au Ruisseau d'Hautmougey	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	Le Coney du ruisseau d'Hautmougey a la confluence avec la Saone	FONTENOY LE CHATEAU	DUBOIS Jean Marie	suivi des travaux
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	Le Coney du ruisseau d'Hautmougey a la confluence avec la Saone	FONTENOY LE CHATEAU	DUBOIS Jean Marie	suivi des travaux
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	Le Coney du ruisseau d'Hautmougey a la confluence avec la Saone	FONTENOY LE CHATEAU	CC Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	Le Coney du ruisseau d'Hautmougey a la confluence avec la Saone	I	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Perturbation du fonctionnement hydraulique	Mettre en place un plan de gestion coordonnée des différents ouvrages à l'échelle du bassin versant	Le Coney du ruisseau d'Hautmougey a la confluence avec la Saone	1	Fédération de pêche 88 / Etat / EPTB?	Définition d'une stratégie d'intervention sur les ouvrages infranchissables du Coney (priorisation) et élaboration d'un plan de gestion
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau d'hautmougey	GRUEY LES SURANCE	CC Val de Vôge	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau d'hautmougey	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau de cone	XERTIGNY	CC Vôge vers les rives de la moselle	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau de cone	XERTIGNY	CC Vôge vers les rives de la moselle	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau de cone	ı	Collectivité/EPTB Saône Doubs	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau de cone	ı	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau de falvinfoing	GRUEY LES SURANCE	CC Val de Vôge	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau de falvinfoing	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau de francogney	CHARMOIS L'ORGUEILLEUX	Commune de Charmois l'Orgueilleux	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau de francogney	CHARMOIS L'ORGUEILLEUX	Commune de Charmois l'Orgueilleux	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau de francogney	CHARMOIS L'ORGUEILLEUX	Commune de charmois l'orgueilleux	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau de francogney	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau de gruey	GRUEY LES SURANCE	CC du Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau de gruey	GRUEY LES SURANCE	CC du Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau de gruey	GRUEY LES SURANCE	CC Val de Vôge	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau de gruey	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau de la fresse	FONTENOY LE CHATEAU	CC Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau de la fresse	FONTENOY LE CHATEAU	CC Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
	l			l	L

Actions Clés	Mesures Clés	Masse Eau	Commune principale	Maître d'ouvrage	libellé détaillé de l'action à lancer
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau de la fresse	GRUEY LES SURANCE	CC Val de Vôge	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau de la fresse	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau de la prairie	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau des auriers	CHARMOIS L'ORGUEILLEUX	Commune de charmois l'orgueilleux	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau des auriers	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau des cailloux	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau des sept pecheurs	GIRANCOURT	POVA Uzemain Charmois	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau des sept pecheurs	GIRANCOURT	POVA Uzemain Charmois	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau des sept pecheurs	GIRANCOURT	POVA Uzemain Charmois	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau des sept pecheurs	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Perturbation du fonctionnement hydraulique	Déterminer et suivre l'état quantitatif des cours d'eau et des nappes	ruisseau des sept pecheurs	1	Etat (intégration au réseau de suivi des débits des Dreal)? / AERM&C (réseau de surveillance)?	Structuration de la Maitrise d'ouvrage – organisation d'une réunion en 2013 avec VNF et services de l'Etat
Dégradation morphologique	Restaurer les habitats aquatiques en lit mineur et milieux lagunaires	ruisseau des sept pecheurs	GIRANCOURT	POVA Uzemain Charmois	Structuration de la Maitrise d'ouvrage
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau du morillon	1	EPTB Saone Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Dégradation morphologique	Restaurer les habitats aquatiques en lit mineur et milieux lagunaires	ruisseau du morillon	1	EPTB Saone doubs	faire émerger des projets de restauration des habitats aquatiques dans le cadre du Contrat de rivière de tête de bassin de la Saône
Dégradation morphologique	Restaurer les habitats aquatiques en lit mineur et milieux lagunaires	ruisseau du morillon	ı	EPTB Saone doubs	faire émerger des projets de restauration des habitats aquatiques dans le cadre du Contrat de rivière de tête de bassin de la Saône
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau l'aitre	XERTIGNY	CC Vôge vers les rives de la moselle	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau l'aitre	XERTIGNY	CC Vôge vers les rives de la moselle	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau l'aitre	XERTIGNY	CC Vôge vers les rives de la moselle	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau l'aitre	I	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau la morte-eau	MARTINVELLE	CC Saône Vosgienne	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau la morte-eau	MARTINVELLE	CC Saône Vosgienne	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau la morte-eau	1	EPTB Saône Doubs/CC saône vosgienne	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau la morte-eau	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la dévalaison	ruisseau le bagnerot	BAINS LES BAINS	CC du Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Altération de la continuité biologique	Créer ou aménager un dispositif de franchissement pour la montaison	ruisseau le bagnerot	BAINS LES BAINS	CC du Val de Vôge	identification des ouvrages prioritaires à effacer / aménager
Autre problème	Elaborer un plan de gestion du plan d'eau	ruisseau le bagnerot	1	Collectivité/EPTB Saône Doubs	suivi de l'élaboration d'un plan de gestion
Gestion locale à instaurer ou développer	Mettre en place un dispositif de gestion concertée	ruisseau le bagnerot	1	EPTB Saône Doubs	finalisation du programme d'action et signature

11.3.2 Extrait du PAOT 2013-2015 sur les bassins du SCoT

11.3.3 Liste des sites potentiels en Lorraine pour la création de nouvelles centrales

CODE_HYDRO_TRONC	CODE_HYDRO_ sous secteur	NOM COURS D'EAU	Puissance nouveaux sites (MW)	Productible nouveaux sites (GWh)
200 026 816	A41	BOUCHOT (LE)	1,0	3,3
200 027 178	A41	BOUCHOT (LE)	0,4	1,5
603 002 951	U04	COMBEAUTE (LA)	0,3	1,1
200022470	A60	FAVE (LA)	0,5	1,8
200025567	A60	MEURTHE (LA)	0,9	3,2
200 028 233	A40	MOSELLE (LA)	0,4	1,5
200026		MOSELLE (LA)	1,5	6,0
200026		MOSELLE (LA)	3,0	12,0
200014	A69	MOSELLE (LA)	8,0	38,0
200014	A68	MOSELLE (LA)	5,5	24,0
200020036	A61	RABODEAU (LE)	0,5	1,8

·		
Total Lorraine nouveaux sites	22	94

Potentiel hydro-électrique pour la création de nouvelles centrales en Lorraine

Source: Etude UFE 2011

11.3.4 Liste des sites potentiels en Lorraine pour la réhabilitation de centrales existantes

Potentiel Hydroélectrique	LORRAINE

CODE_HYDRO_TRONC	CODE_HYDRO_ sous secteur	NOM COURS D'EAU	Puissance équip. seuils existants (MW)	Productible équip. seuils existants (GWh)
200001110		A POP A S		
350 004 149	H11	ARE (L')	0,1	0,4
300 009 272		AIRE (L')	0,2	0,5
300 008 670 300006793	H11 H11	ARE (L')	0,1	0,5 1.4
	846		-	
200001608 603002181	U01	CHIERS (LA) CONEY (LE)	0,6	2,2
603002961 200027125	U01 A41	CONEY (LE) MOSELOTTE (LA)	0,2	0,8
200027174	A41		0,1	0,4
		MOSELOTTE (LA)	-	
200027174 200027235	A41	MOSELOTTE (LA) MOSELOTTE (LA)	0,1	0,4
200027235	A41	MOSELOTTE (LA)	0,2	0,8
200027295	A41	MOSELOTTE (LA)	0,2	0,8
200027366	A41	MOSELOTTE (LA)	0.4	1.4
200027475	A41	MOSELOTTE (LA)	0.5	1.6
200027617	A41	MOSELOTTE (LA)	0.3	0.9
200027703	A41	MOSELOTTE (LA)	0.6	2.3
200027744	A41	MOSELOTTE (LA)	0.6	2,1
200027677	A41	MOSELOTTE (LA)	0.3	1,1
200027580	A41	MOSELOTTE (LA)	0.6	2.0
200027580	A41	MOSELOTTE (LA)	0.2	0.7
200027399	A41	MOSELOTTE (LA)	0.8	2,7
200022927	A60	MEURTHE (LA)	0.1	0.5
200022604	A60	MEURTHE (LA)	0,2	0,9
200022482	A60	MEURTHE (LA)	0.1	0.5
200022482	A60	MEURTHE (LA)	0,1	0,5
200022329	A60	MEURTHE (LA)	0,1	0,5
200022193	A60	MEURTHE (LA)	0,2	0,9
200021818	A60	MEURTHE (LA)	0,2	0,7
200021280	A60	MEURTHE (LA)	0,2	0,7
200021046	A60	MEURTHE (LA)	0,2	0,7
200020888	A61	MEURTHE (LA)	0,3	1,0
200020444	A63	MEURTHE (LA)	0,4	1,4
200020297	A63	MEURTHE (LA)	0,4	1,5
200020297	A63	MEURTHE (LA)	0,5	1,6
200019958	A63	MEURTHE (LA)	0,5	1,7
200017767	A63	MEURTHE (LA)	0,3	1,2
200017731	A63	MEURTHE (LA)	0,4	1,5
200018241	A67	MEURTHE (LA)	1,1	3,7
200017176	A69	MEURTHE (LA)	1,1	3,9
200016686	A69	MEURTHE (LA)	1,1	3,7
200016000	A69	MEURTHE (LA)	1,1	3,8
200022965	A66	MORTAGNE (LA)	0,1	0,4
200021723	A66	MORTAGNE (LA)	0,1	0,4
200018552	A67	MORTAGNE (LA)	0,1	0,5
200028441	A40	MOSELLE (LA)	0,3	1,1

200028318	A40	MOSELLE (LA)	0,1	0,5
200028109	A40	MOSELLE (LA)	0,2	0,9
200028090	A40	MOSELLE (LA)	0,3	1,1
200028007	A40	MOSELLE (LA)	0,2	0,7
2000127868	A40	MOSELLE (LA)	0,3	1,1
200027656	A40	MOSELLE (LA)	0,2	0,7
200027082	A42	MOSELLE (LA)	0,7	2,6
200026785	A42	MOSELLE (LA)	0,5	1,7
200026236	A42	MOSELLE (LA)	0,9	3,0
200026145	A42	MOSELLE (LA)	1,0	3,6
200026063	A42	MOSELLE (LA)	1,4	4,8
200025428	A44	MOSELLE (LA)	0,9	3,3
200023922	A44	MOSELLE (LA)	0,8	2,7
200018678	A51	MOSELLE (LA)	1,3	4,4
200017390	A55	MOSELLE (LA)	1,3	4,6
200017238	A55	MOSELLE (LA)	1,2	4,2
200016973	A55	MOSELLE (LA)	1,2	4,1
200017041	A55	MOSELLE (LA)	1,1	4,0
200016944	A57	MOSELLE (LA)	2,2	7,6
200015204	A58	MOSELLE (LA)	1,2	4,2
200014653	A69	MOSELLE (LA)	2,2	7,8
200005121	A82	ORNE (L')	0,2	0,5
200004488	A84	ORNE (L')	0,3	1,1
200004276	A84	ORNE (L')	0,3	1,0
603002783	U04	SEMOUSE (LA)	0,1	0,4
603002874	U04	SEMOUSE (LA)	0,1	0,4
603003104	U04	SEMOUSE (LA)	0,1	0,5
200017786	A65	VEZOUVE (LA)	0,6	2,2
200026005	A43	VOLOGNE (LA)	0,1	0,5
200026005	A43	VOLOGNE (LA)	0,3	0,9
200025652	A43	VOLOGNE (LA)	0,1	0,5
200025378	A43	VOLOGNE (LA)	0,2	0,9
200025379	A43	VOLOGNE (LA)	0,2	0,6
200025184	A43	VOLOGNE (LA)	0,2	0,7
200024653	A43	VOLOGNE (LA)	0,2	0,8
200024589	A43	VOLOGNE (LA)	0,7	2,5
200024885	A43	VOLOGNE (LA)	0,2	0,6
2000124984	A43	VOLOGNE (LA)	0,4	1,4
200025380	A43	VOLOGNE (LA)	0,2	8,0

Total Lorraine équipement de seulis existants	40	142

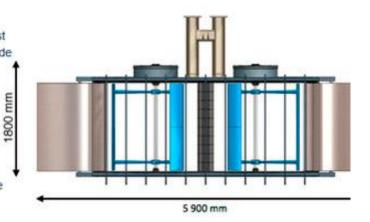
11.3.5 Caractéristiques de l'hydrolienne fluviale à l'étude à Orléan

HYDROQUEST RIVER 1.40

est une hydrolienne avec un étage de deux roues. Elle est constituée d'une turbine, de génératrices et d'une barge de support.

Caractéristiques principales :

- · Profondeur minimale du cours d'eau 2,2 m
- · Roues diamètre 1500 mm et hauteur 1500 mm ;
- · Hauteur totale 1,8 m
- . Largeur totale 5,9 m
- Puissance nominale électrique 40 kW par hydrolienne avec une vitesse d'écoulement de 3,1 m/s.

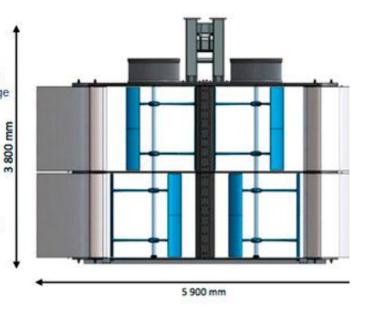


HYDROQUEST RIVER 2.80

est une hydrolienne avec deux étages de deux roues. Elle est constituée d'une turbine, de génératrices et d'une barge de support.

Caractéristiques principales :

- . Profondeur minimale du cours d'eau 4,2 m
- · Roues diamètre 1500 mm et hauteur 1500 mm ;
- · Hauteur totale 3,6 m
- Largeur totale de 5,9 m
- Puissance nominale électrique 80 kW par hydrolienne avec une vitesse d'écoulement de 3,1 m/s



Usage

11.4 Annexes chaleur fatale



