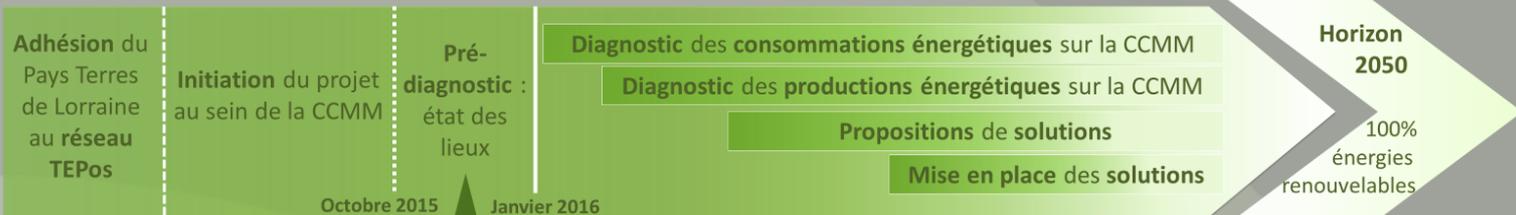


# TERRITOIRES À ÉNERGIE POSITIVE

Mise en place par la communauté de communes de Moselle et Madon

En 2010, trois collectivités fondent le réseau TEPos afin d'agir localement pour la transition énergétique. En 2014, c'est au tour des communautés de communes du pays Terres de Lorraine de s'inscrire dans cette dynamique. Aujourd'hui, 16 territoires participent au projet TEPos avec pour principaux objectifs de réduire leur consommation d'énergie et de diminuer leurs pollutions. A long terme, les territoires visent une indépendance énergétique.

Dans une première approche, la Communauté de Communes de Moselle et Madon (CCMM) a fait appel à des étudiants de l'ENSAIA afin de réaliser un diagnostic de ses dépenses énergétiques pour cibler les actions à entreprendre.



## 1- Collecte des données

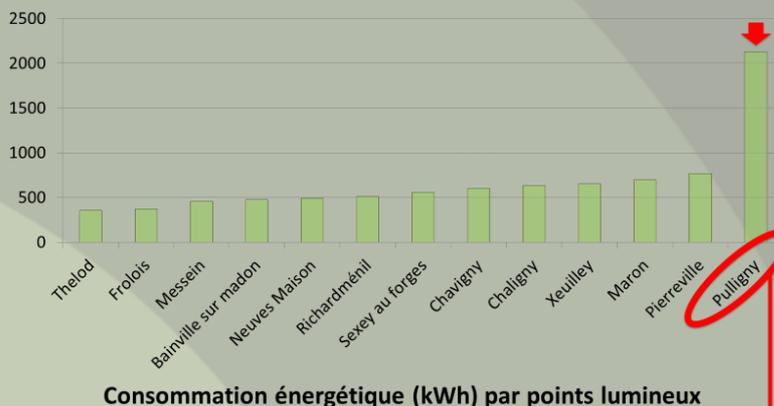
**Questionnaire**

RECHERCHE DE COMMUNES ET DE POINTS LUMINEUX DES COMMUNES ET VILLES DE MADON

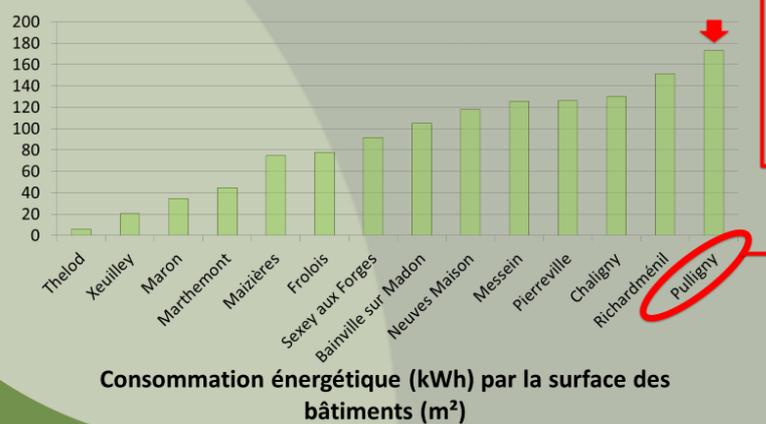
COMMUNE	adresse n°1	adresse n°2	adresse n°3
Thelod	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Frolois	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Messeim	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Bainville sur madon	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Neuves Maison	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Richardmémil	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Sexey au forges	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Chavigny	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Chaligny	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Xeuilleley	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Maron	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Pierreville	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République
Pulligny	11 rue de la République	11 rue de la République	11 rue de la République

## DEMARCHE EN 4 ETAPES

4- Propositions de solutions en réponse aux problèmes mis en avant



## 2- Analyse des données: Résultats des consommations des communes.



3- Premier aperçu des lieux à cibler en priorité :

Exemple : points lumineux de Pulligny atypiques : + 1000 kWh/pts lumineux. 1m² de bâtiment à Pulligny consomme 17 fois plus qu'à Thelod. Proposition d'un nouveau questionnaire pour affiner les informations.

L'état des lieux des consommations énergétiques permet de souligner les communes prioritaires. Un diagnostic précis est désormais possible pour suggérer des solutions judicieuses. Pas à pas, un territoire plus durable et autonome énergétiquement se dessine.

Tuteurs : Frantz FOURNIER,  
Sophie JOMINET

# Diagnostic énergétique dans la communauté de Moselle et Madon

**Rapport Final**

---

Mélanie BUISSON  
Léa COLLIN  
Théo JESPAS  
Guillaume LECOQ  
Samuel MITAIS  
Paul-André VERDON  
Leah WARTHER

Année 2015-2016



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE

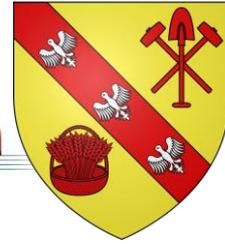


<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>5</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>6</b>
<b>Qu'est-ce que TEPos ?</b> .....	<b>6</b>
Présentation, but et objectifs .....	6
Définition et présentation de la dynamique TEPos .....	6
Buts et objectifs .....	6
Acteurs de la démarche .....	7
Les communautés de communes et les communes .....	7
Les intervenants TEPos .....	8
Les acteurs privés .....	8
Méthodologie de la démarche .....	9
Appel .....	9
Diagnostic .....	9
Solutions .....	9
Réalisation et exemples .....	9
<b>Qu'est-ce qu'un diagnostic ?</b> .....	<b>10</b>
État des lieux : Situation actuelle dans la Communauté de communes Moselle-Madon .....	10
Situation et éléments géographiques importants .....	10
Recensement des espaces publics des communes .....	11
Sources de production d'énergie de la CCMM .....	12
Consommation : Comment l'analyser ? .....	12
Définition, quantification et normes d'une consommation .....	12
Exemple pratique, l'éclairage de la CCMM .....	13
Exemple pratique : L'éclairage de la CCMM .....	16
Présentation de différents outils de diagnostics .....	18
Les outils proposés par l'ADEME .....	18
Un outil pour l'éclairage public : le pré-diagnostic OPEPA [18] .....	19
Les grandes lignes du DPE (Diagnostic de Performance Énergétique) .....	19
<b>Quelles solutions existent ?</b> .....	<b>22</b>
<b>Exemples d'économie d'énergie</b> .....	<b>22</b>
Acteurs ayant une démarche actuelle d'économie d'énergie .....	22
La Biovallée, une association de communautés de communes de grande envergure. ....	22
Gussing, petite ville au plan énergétique révolutionnaire .....	22
Le Thouarsais, une communauté de communes de l'envergure de la CCMM .....	22
Exemples d'économies à court terme .....	22
La rénovation des bâtiments .....	22
Eclairage public .....	24
Les actions de sensibilisation .....	25
Exemples d'innovation à long terme .....	26
La production d'énergie renouvelables .....	26
L'utilisation des ressources extérieures pour chauffer : géothermie, panneaux thermiques .....	27
Une action au niveau de l'économie locale des Communautés de Communes .....	28
<b>LA METHODE SUIVIE ET LES ACTIONS MENEES</b> .....	<b>30</b>
<b>A l'échelle de la communauté de communes : réception et traitement des questionnaires</b> .....	<b>30</b>
<b>A l'échelle de la commune : rencontre avec des élus, questionnaire OPEPA, contact avec la réalité</b> .....	<b>33</b>
<b>A l'échelle d'un secteur d'éclairage public</b> .....	<b>34</b>
<b>Des acteurs publics et privés au soutien des communes</b> .....	<b>34</b>

<b>AMENAGEMENT NOCTURNE DE L'ESPACE URBAIN : ELEMENTS PERTINENTS DIAGNOSTIQUES PAR SECTEUR, ET PROPOSITION DE SOLUTIONS .....</b>	<b>36</b>
<b>Coeur de ville à éclairage vétuste .....</b>	<b>36</b>
Présentation et diagnostic.....	36
Rénovations prévues et propositions de scénarii .....	36
<b>Quartiers en périphérie de l'agglomération, à éclairage vétuste.....</b>	<b>37</b>
Présentation et diagnostic.....	37
Propositions de scénarii de rénovation selon les besoins ciblés .....	37
<b>Quartiers à éclairage récemment rénovés.....</b>	<b>38</b>
Présentation et diagnostic.....	38
Rénovations mises en place : avantages et inconvénients rencontrés.....	39
<b>Des exemples de solutions financièrement intéressantes : Xeuilley et Pulligny .....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>42</b>
Sites internet.....	42
Autres sources : .....	43
<b>ANNEXES.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexe 1 : Exemple de questionnaire envoyé aux communes.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexe 2 – 3 : Pré-Diagnostic OPEPA.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexe 4 : Plan communal de Chaligny .....</b>	<b>46</b>



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



---

## *Résumé*

---

Dans le but de répondre aux attentes du Conseil Général de Lorraine, la Communauté de communes Moselle et Madon s'est lancée dans un projet de transition énergétique. Le programme TEPos propose d'aider les élus territoriaux à envisager des solutions pour réduire la consommation énergétique de leurs territoires. Dans le cadre de notre travail, nous allons amorcer ce programme. En effet, avant de réduire les consommations énergétiques, il faut avant tout les évaluer. L'objectif dans un premier temps est de présenter le programme TEPos ainsi que de décrire l'élaboration d'un diagnostic. Nous proposerons ensuite des solutions visant à réduire la consommation des structures les plus énergivores de la communauté de communes, avant d'envisager une production d'énergies renouvelables. Pour finir, nous nous concentrerons sur la problématique de l'éclairage public et nous détaillerons quelques pistes de réduction de la consommation d'énergie.

## Qu'est-ce que TEPos ?

### Présentation, but et objectifs

#### Définition et présentation de la dynamique TEPos

Pour mieux comprendre les enjeux présents dans la dynamique TEPos, il est nécessaire de se pencher sur la nature même de cet acronyme. Un Territoire à Energie Positive est une collectivité [3] prenant la forme de commune ou de communauté de communes dont les dépenses énergétiques sont minimisées [1]. Dans le meilleur des cas, le besoin en énergie de cette collectivité est pallié par une production d'énergies renouvelables.

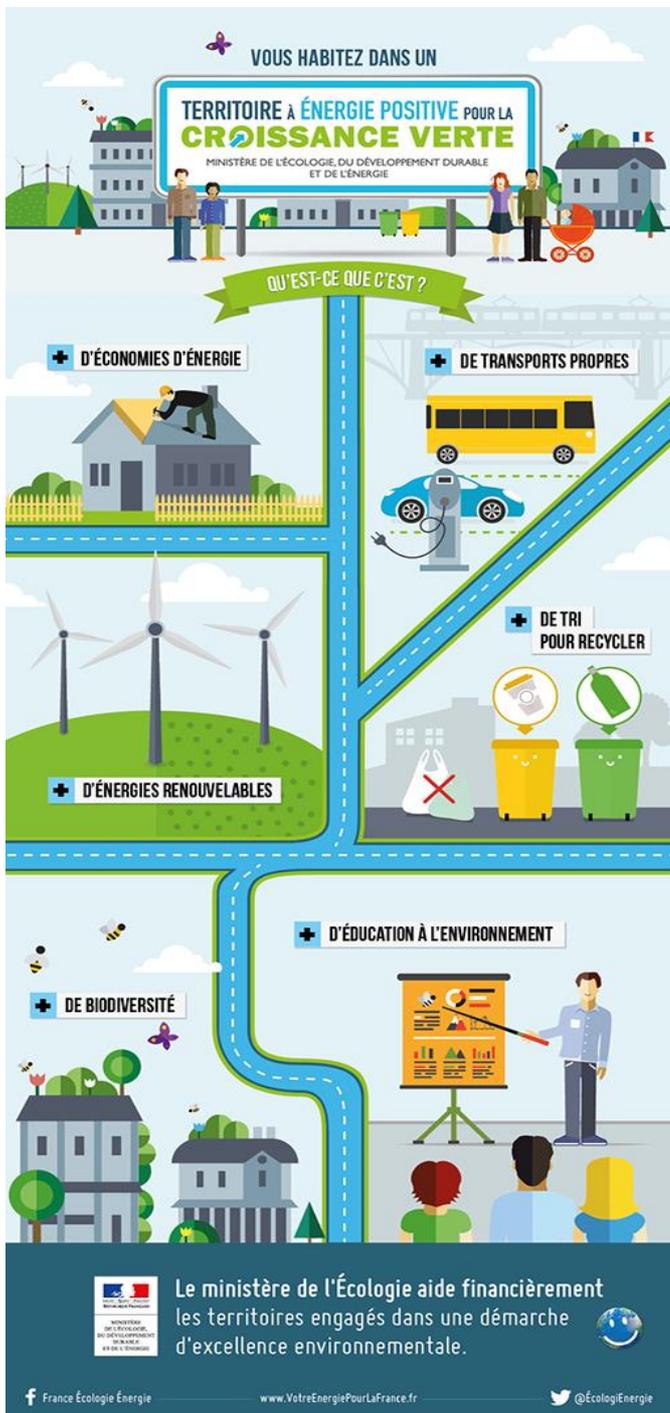
Le ministère de l'environnement, du développement durable et de l'énergie définit un territoire à énergie positive comme ce qui suit : « Un territoire à énergie positive pour la croissance verte (TEP-CV) est un territoire d'excellence de la transition énergétique et écologique » [2]. En 2015, le ministère récence 16 territoires participant au projet TEPos pour un total d'une centaine de communes [1].

Pourtant, la dynamique TEPos ne se limite pas simplement aux communautés de communes déjà inscrites. Elle propose un vaste réseau [1] permettant aux collectivités de prendre contact avec des intervenants spécialisés. C'est d'ailleurs cette spécificité qui signe aujourd'hui la singularité du projet TEPos. Entreprises, particuliers, la participation à la mise en place de territoires verts ne se limite plus aux communes.

#### Buts et objectifs

Les objectifs d'un projet TEPos s'axent autour de 6 grandes catégories [1], [2] :

- **La réduction de la consommation d'énergie.** Elle passe notamment par l'aménagement des bâtiments et des équipements publics. Par exemple, l'extinction de l'éclairage public après une certaine heure [3], permet non seulement d'économiser de l'énergie mais aussi de l'argent.
- **La diminution des pollutions et le développement des transports propres.** L'achat de voitures électriques, le développement des transports collectifs et du covoiturage sont des exemples d'actions mises en place par les communes afin de minimiser les émissions de gaz polluants.



- **Le développement d'énergies renouvelables.** Cette catégorie vient compléter la première en permettant de réduire le coût de consommation énergétique à travers la création d'une énergie verte. On peut par exemple citer la pose de panneaux photovoltaïques sur des équipements publics [3], la construction de parcs éoliens ou encore la création de réseaux de chaleur...
- **La préservation de la biodiversité** s'inscrit elle aussi dans les enjeux TEPos puisque le concept lui-même s'oriente autour du développement durable. Ainsi il prône la suppression des pesticides pour l'entretien des jardins publics, le développement de l'agriculture ou de la nature en ville, ...
- **La lutte contre le gaspillage et la réduction des déchets** énergétiques jouent un rôle important dans le bon fonctionnement des projets.
- **L'éducation à l'environnement** permet de cumuler les efforts publics et privés en favorisant la sensibilisation dans les écoles et l'information des habitants. Ce dernier point a pour objectif final d'interpeller des pouvoirs centraux (européens et nationaux) et locaux (communes rurales, agglomérations) afin de créer des conditions favorables à la transition énergétique.

## Acteurs de la démarche

La démarche TEPos fait intervenir de nombreuses personnes. Dans le but de comprendre son déroulement il est important d'en connaître les acteurs et leur rôle au sein du projet.

### Les communautés de communes et les communes

Les communes et communautés de communes (selon l'échelle et l'ampleur des projets) sont au cœur de la politique TEPos. Selon leur volonté d'agir, les communes peuvent aller jusqu'à créer un territoire 100% Energie renouvelable [1]. Les mairies et conseils intercommunaux sont les acteurs principaux. Ce sont eux qui détiennent les éléments et bien souvent le budget nécessaire pour mener à bien les missions qu'ils se sont fixés. Le financement d'un tel projet pose le problème d'investir des sommes importantes. De plus, le retour sur investissement peut prendre un certain temps selon les cas. Les projets de long terme, qui demandent le plus gros investissement, dépassent souvent largement ce que la commune ou la communauté peut supporter.

Ainsi, indirectement, d'autres acteurs influent les choix des communautés de communes, et ce, à plusieurs échelles. De la métropole, en passant par les départements et la région, jusqu'à l'Etat et l'Union Européenne. Ces acteurs fournissent différents modes de financement.

Le premier est la subvention par les organismes gouvernementaux. Par exemple, les communautés qui désirent devenir un Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEP-CV) peuvent candidater pour une subvention du ministère de l'Ecologie. C'est le cas du Pays Terres de Lorraine qui fait partie des 212 lauréats nationaux (sur 500) ce qui se traduit par une subvention de 500 000 €. Cette subvention pourra même être renforcée à 2 millions d'euros selon la qualité du projet. TEP-CV est le label donné par le ministère de l'écologie, ce qui est donc différent de TEPOS, réseau constitué par les communautés de communes souhaitant devenir un territoire à énergie positive.

D'autres moyens de financer les travaux de rénovation ont été mis en place par les états. En France, le "Contrat de Performance Energétique" est un contrat qui s'adresse directement aux collectivités territoriales et concerne les professionnels du bâtiment. La collectivité investit dans la rénovation d'un bâtiment mais celle-ci a une garantie sur les travaux d'amélioration. D'après la "loi Grenelle I", ce contrat peut participer activement à atteindre une réduction de 40% des consommations des bâtiments publics.

Au Canada, le ministère des Services publics et de l'Approvisionnement propose une méthode de financement, *l'impartition éconergie*. L'entreprise qui assure les travaux de rénovation d'un bâtiment finance le projet, garantie les économies d'énergie et est payée pour leurs services à même les économies d'énergie réalisées. Lorsque le contrat expire, l'écart par rapport aux économies prévues sera pris en considération lors du paiement.

### Les intervenants TEPos

Les communes sont certes à l'origine des projets mais cela ne fait pas d'elles des expertes. Pour mieux comprendre les besoins et les opportunités de projets, des experts en diagnostic énergétique, au sein de bureaux d'études, épaulent les communes [1]. Ces experts permettent de réaliser un bilan des dépenses énergétiques de communes, et de proposer des actions afin de réduire leurs dépenses. Cette collaboration permet ainsi de déterminer les actions envisageables et cibler ainsi plus efficacement les priorités.

Enfin, il ne faut pas négliger l'aspect politique que représentent ces projets. Le ministère, ainsi que de nombreuses figures politiques, sont impliqués dans ces démarches et permettent de véhiculer les idées du projet TEPos auprès des particuliers [2].

### Les acteurs privés

Les acteurs privés forment une part importante du projet TEPos. Ceux-ci représentent la majeure partie des dépenses énergétiques d'un territoire et leur sensibilisation est primordiale. En effet, la reconversion des entreprises ou habitats en territoires énergiquement suffisants [1] permet aux communes d'élargir leurs champs d'action, ne se limitant plus de ce fait qu'aux simples infrastructures publiques.

## Méthodologie de la démarche

Maintenant que nous connaissons les différents acteurs d'un projet TEPOS, il est intéressant de se pencher sur son déroulement. Celui-ci comporte trois grandes phases distinctes qui n'auront pour but que de mettre en place des actions viables sur le long terme.

### Appel

Avant toute chose, pour qu'un projet se réalise, il faut nécessairement une envie d'agir de la part des différents acteurs. Cette Phase d'Appel au diagnostic pourrait paraître évidente, mais elle n'en est pas moins nécessaire. En effet, la réalisation de projet TEPOS passe d'abord par la volonté des communes et communautés de communes à changer leurs habitudes. Pour cela elles font donc appel à un spécialiste en diagnostic énergétique.

Cette phase n'est pourtant qu'à l'avant-poste du réel défi. C'est bel et bien le diagnostic qui reste la tâche la plus longue et la plus fastidieuse du projet.

### Diagnostic

La phase de diagnostic [4] propose un bilan des dépenses énergétiques avant de pouvoir proposer des solutions. Dans l'exemple d'une commune, celui-ci va nous permettre d'avoir un état des lieux mettant en avant les points forts et faibles des dépenses énergétiques, et ainsi prendre conscience de la situation actuelle.

Le diagnostic liste les dépenses énergétiques liées au chauffage et à l'éclairage principalement. De plus la consommation d'eau peut être étudiée. Cette étude est souvent répandue auprès des particuliers mais s'applique aussi bien pour les collectivités. Ce constat énergétique est réalisé tout en restant dans les lignes directrices des communes [4]. Par exemple il ne serait pas nécessaire de s'interroger sur la qualité d'une isolation lorsque la volonté communale est d'améliorer les consommations liées à l'éclairage.

Le diagnostic permet donc de donner cette fois une idée concrète et réelle des différents axes de progressions envisageables [4].

### Solutions

Celles-ci sont évoquées lors de la deuxième phase du diagnostic. Cette dernière consiste en un mot à « solutionner » les différentes situations. Pour cela, le passage par un « catalogue de mesures envisageables » [4] permet de connaître l'ampleur des différentes actions possibles. Ce catalogue regroupe les axes d'opérations et met en évidence les priorités [4].

Le choix des actions mises en place est laissé aux soins des communes (ou particuliers) en fonction de leur désir d'action et des coûts de réalisation [4]. Ce passage est obligatoire et permet de créer une dynamique. De petites modifications peuvent être apportées sur le terrain, et une fois les résultats visibles, il est envisageable de planifier sur le long terme [4].

### Réalisation et exemples

La phase de réalisation marque la finalisation du projet TEPOS, elle n'a pas de durée déterminée et dépend du budget des acteurs du projet.

Cette étape ne se limite pas à l'achèvement des travaux. Nous avons vu précédemment qu'il est tout aussi nécessaire d'impliquer les particuliers et les citoyens [1], [4]. Des actions d'information sont donc mises en place parallèlement au(x) projet(s) principal(aux). Il arrive ainsi que des particuliers se joignent aux projets en cours (installation de panneaux solaires, rénovation d'habitats). C'est donc conjointement avec ses citoyens qu'une commune transforme petit à petit ses territoires en Territoires à Energies Positives.

# Qu'est-ce qu'un diagnostic ?

## État des lieux : Situation actuelle dans la Communauté de communes Moselle-Madon

### Situation et éléments géographiques importants

Avant de commencer un diagnostic, il est nécessaire de présenter la commune ou communauté de communes où il aura lieu, afin de mieux l'appréhender. Voici donc quelques éléments sur le territoire étudié dans ce dossier : la communauté de communes Moselle et Madon.

La Communauté de communes Moselle et Madon, que l'on abrégera CCMM, est située en Meurthe et Moselle (région Champagne-Ardenne-Alsace-Lorraine), au sud de Nancy, sur un territoire à la fois urbain et rural. Elle est composée de 19 communes et compte 30 000 habitants [5]. Elle s'intègre dans un regroupement plus large, en coopérant avec les communautés voisines, au sein du pays Terres de Lorraine.



Le diagnostic énergétique souhaité porte sur les structures publiques des communes. Voici un état des lieux préalable afin d'évaluer les bâtiments que l'on devra considérer.

Remarque : Certaines communes ont plus détaillé la liste de leurs infrastructures que d'autres, d'où l'hétérogénéité de ce recensement.

<p><b>Bainville sur Madon</b></p> <p>Mairie École Salle des fêtes Maison des associations Stade Bibliothèque et centre de documentation Centre Jacques Parisot</p>	<p><b>Chaligny</b></p> <p>Mairie 4 écoles Crèche Salle polyvalente Salle des associations Foyer des Jeunes Foyer des anciens Stade Municipal (vestiaire) Hangar communal Atelier communal Salle de musique</p>	<p><b>Chavigny</b></p> <p>Mairie 2 Écoles Salle polyvalente Salle socio-éducative Stade Atelier municipaux</p>
<p><b>Flavigny sur Moselle</b></p> <p>Pas de données</p>	<p><b>Frolois</b></p> <p>Mairie École Salle polyvalente Local pompiers</p>	<p><b>Maizières</b></p> <p>Mairie École salle des fêtes + local technique Église Presbytère Salle des sports</p>
<p><b>Maron</b></p> <p>Mairie 2 écoles Salle polyvalente Centre d'activités Église Bibliothèque</p>	<p><b>Marthemont</b></p> <p>Mairie Salle polyvalente</p>	<p><b>Mereville</b></p> <p>Mairie / Salle polyvalente Ecole Salle Saint-Maurice Vestiaire de foot Atelier</p>
<p><b>Messein</b></p> <p>Mairie - poste École et périscolaire Vestiaire de foot Ateliers communaux Bibliothèque Salle du plan d'eau et de l'Acquêt d'eau Mille-clubs Aire de loisirs petite enfance Zone de loisirs des plans d'eau Base nautique</p>	<p><b>Neuves-Maisons</b></p> <p>Mairie Écoles primaires et maternelles 2 collèges Salle polyvalente Salle des fêtes Complexe socio-culturel Jean L'Hôte Complexes sportifs Atelier École de musique Usine sidérurgique</p>	<p><b>Pierreville</b></p> <p>Mairie - École Salle polyvalente Église</p>

<b>Pont-Saint-Vincent</b>  Mairie Écoles Lycée professionnel Salle des Sports Stade Gare Vol à voile	<b>Pulligny</b>  Mairie École maternelle / périscolaire École primaire Salle polyvalente Salle paroissiale	<b>Richardmémil</b>  Mairie École maternelle École Primaire Salle polyvalente Maison des temps libres Groupe périscolaire Complexe sportif Atelier Bibliothèque
<b>Sexey-aux-Forges</b>  Mairie École Salle polyvalente	<b>Thelod</b>  Mairie Salle polyvalente Stade Église	<b>Viterne</b> Groupe scolaire Salle polyvalente Salle périscolaire Complexe sportif
	<b>Xeuilley</b>  Mairie Groupe scolaire (2 écoles) Restaurant scolaire et garderie périscolaire Périscolaire Salle polyvalente Complexe sportif (stade + vestiaire) Atelier municipal Poste	

*Figure 3 : tableau recensant les espaces communs par commune [5], [6]*

## Sources de production d'énergie de la CCMM

La CCMM contient la seule usine sidérurgique du sud de la Lorraine, à Neuves-Maisons. Ce territoire est marqué par l'eau et la forêt, des sources d'énergies potentiellement exploitables [5].

## Consommation : Comment l'analyser ?

Un diagnostic peut se réaliser en trois points [7] :

1. État des lieux
2. Identification des problèmes et des solutions qui existent. (Cette étape est le diagnostic à proprement parler).
3. Audit, c'est à dire la planification et le chiffrage des actions à réaliser.

## Définition, quantification et normes d'une consommation

### Définition

La consommation est l'utilisation de richesses naturelles comme source d'énergie. Elle peut être suivie de sa dégradation au fur et à mesure de son utilisation dans le cas de matières non renouvelables. Dans notre cas, l'énergie produite est électrique ou due à la combustion de gaz ou de fioul. Elle sert à l'éclairage, l'alimentation et le chauffage.

La consommation d'énergie et sa production ont donc des coûts environnementaux et économiques qui dépendent :

- du type de matière utilisée initialement (énergie primaire). On distingue les combustibles fossiles, l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables.
- du rendement de conversion\* de l'énergie primaire en énergie finale, l'énergie finale étant celle utilisée par le consommateur)
- du transport de l'énergie finale vers les lieux de consommation.
- de l'efficacité énergétique de l'équipement des foyers, de l'efficacité isolante des bâtiments...

### Quantification

*\* Les rendements de conversion permettent de déterminer l'efficacité de la transformation de l'énergie primaire (souvent exprimée en tonnes équivalent pétrole ou "tep") en énergie finale (exprimée en kWh). L'énergie finale est toujours plus faible que l'énergie primaire.*

Le rendement est faible si le carburant est converti en énergie électrique : il est inférieur à 40%. Ainsi, pour 1 tep consommé chez soi sous forme d'électricité, le producteur a brûlé 2,5 tep dans sa centrale à charbon.

Convertir les kWh en tep [8]:

#### **La méthode théorique :**

Cette méthode est utilisée dans le cas d'une électricité produite directement (hydro-électricité, photovoltaïque, géothermie)

**11630 kWh => 1 tep**

#### **La méthode de "l'équivalent à la substitution"**

On a l'équation suivante :

$$k \times \text{tep}_{\text{de la méthode théorique}} = \text{tep}_{\text{réellement utilisé}}$$

Avec k le rendement de conversion.

En France, depuis 2002, on utilise les rendements k suivants, en fonction du type d'énergie primaire ayant produit l'électricité :

- production par centrale nucléaire : k = 33%
- production par centrale géothermique : k = 10%
- production autre : méthode théorique, k = 100%

### Normes

Les émissions de GES de l'Union Européenne sont dues pour 80% à la production et à la consommation d'énergie. Les normes permettent d'assurer que la transition énergétique soit respectée [9].

Exemple pratique, l'éclairage de la CCMM

L'éclairage public représente 15% de la consommation mondiale d'électricité. En réformant l'éclairage public grâce à de nouvelles technologies moins énergivores, on pourrait économiser 140 milliards de dollars, et réduire l'émission de CO2 de 580 millions de tonnes/an [9].

#### En France :

La consommation énergétique dédiée à l'éclairage concerne différentes sphères : l'éclairage public, l'éclairage résidentiel, et l'éclairage non résidentiel [9].

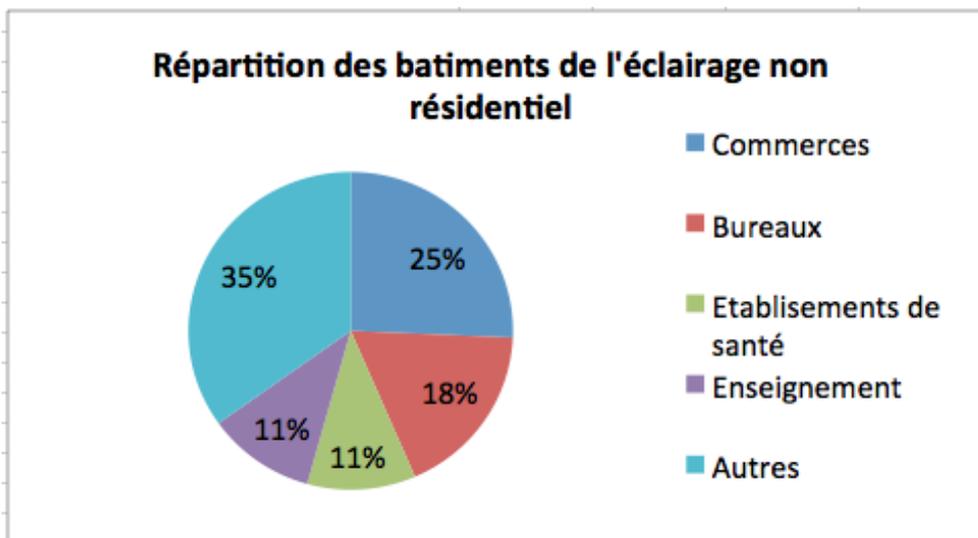
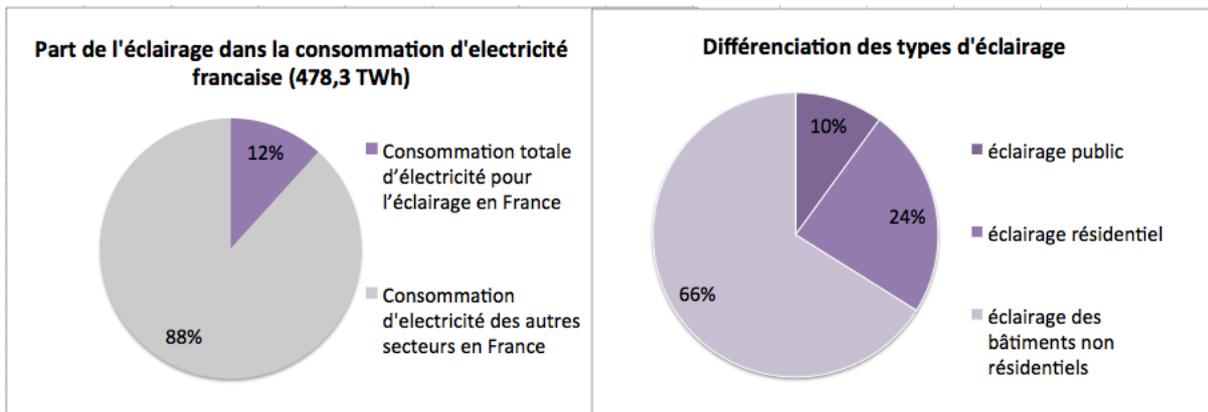


Figure 4: Différentes échelles de la part de l'éclairage dans la consommation énergétique française, zoom sur l'éclairage des bâtiments non résidentiels (UNEP)

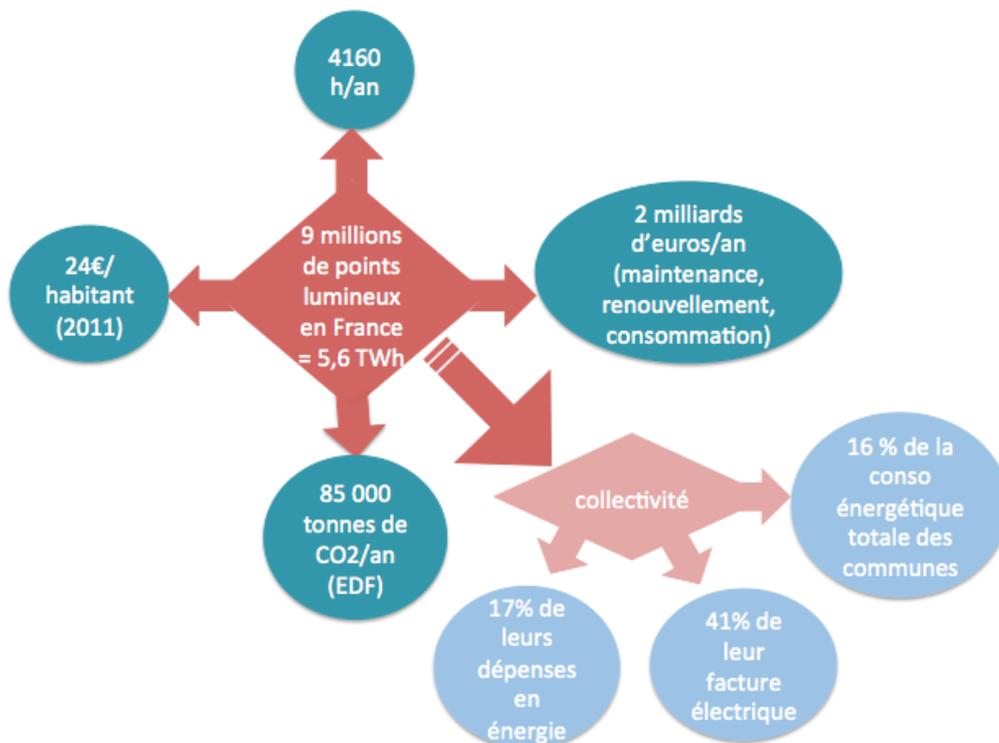


Figure 5 : l'éclairage public en chiffres

Pour le chauffage et l'alimentation : (UNEP)

En 2007, 66% de l'énergie consommée par le résidentiel-tertiaire est consacrée au chauffage (46 Mtep), 14% à l'eau chaude, 20% à l'électricité spécifique (ex. : climatisation) [2].

→ Comment réduire la facture énergétique ?

Le thermique et l'éclairage sont des axes majeurs pour réduire la facture énergétique d'un bâtiment. Le bâtiment représente 76% de la consommation énergétique des communes [9]. Concernant la CCMM, il faudrait, pour affiner cet aspect monétaire, posséder les factures énergétiques des communes.

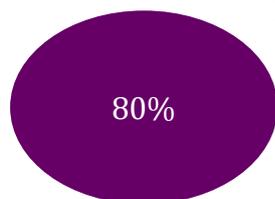


Figure 6 : Part de chaque type de bâtiment dans la facture éclairage intérieur des collectivités : A eux seuls, les bâtiments d'enseignement publics et privés (20 % du parc tertiaire) consomment une quantité d'électricité proche de l'éclairage public : 4 TWh [7]

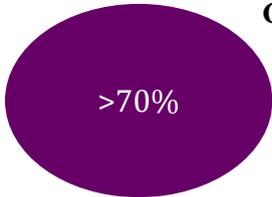


L'AFE (association française de l'éclairage) indique les normes en termes d'éclairage public en France. La norme NF EN 13201, applicable depuis 2005, est nécessaire pour accéder à la transition éclairagiste et ainsi conduire à la transition énergétique de la CCMM.

**Installations d'éclairage du tertiaire datant de plus de 20 ans et considérées par l'AFE comme inefficaces d'ici 2017.**



*En France, 30% du parc d'éclairage public est composé de lampes à vapeur de mercure (= ballons fluo). Le reste du patrimoine est composé à 60% de lampes sodium haute pression et à 10% d'autres lampes (LED, iodures métalliques) (2012). Les communes rurales concentrent la majorité des ballons fluo encore en fonction (AFE). En remplaçant 3 millions de ballons, on réaliserait des économies annuelles de 800 GWh = consommation annuelle (hors chauffage et eau chaude) de 300 000 ménages [7].*



**Consommation diurne d'éclairage intérieur des bâtiments.** Avec des systèmes de gestion (détection de présence, asservissement de la lumière naturelle), le potentiel d'économies peut aller jusqu'à 70 %. Ainsi dans un bâtiment neuf, l'éclairage représente 1% seulement du budget du bâtiment [7].

N.B. : le retour sur investissement en éclairage intérieur est plus rapide que celui en éclairage public

Exemple d'économies d'énergie réalisées par la ville de Pau :

Salle de classe	Anciens luminaires (2008)	Luminaires fluorescents T5	Luminaires LED (2015)
Coûts investissement (fourni et posé)		1400€ HT	1600€ HT
Puissance installée	1350 W	384 W	195 W
Consommation annuelle par classe	3375 kWh	480 kWh	244 kWh
Coûts d'exploitation et de maintenance sur 20 ans	8 746,88 €	1620,00 €	536,25 €
Economie d'énergie annuelle		2895 kWh	3131 kWh
Economie d'énergie sur 20 ans		72375 kWh	78281 kWh

*Figure 7 : tableau présentant des économies d'énergie réalisées par changement de matériel d'éclairage [7].*

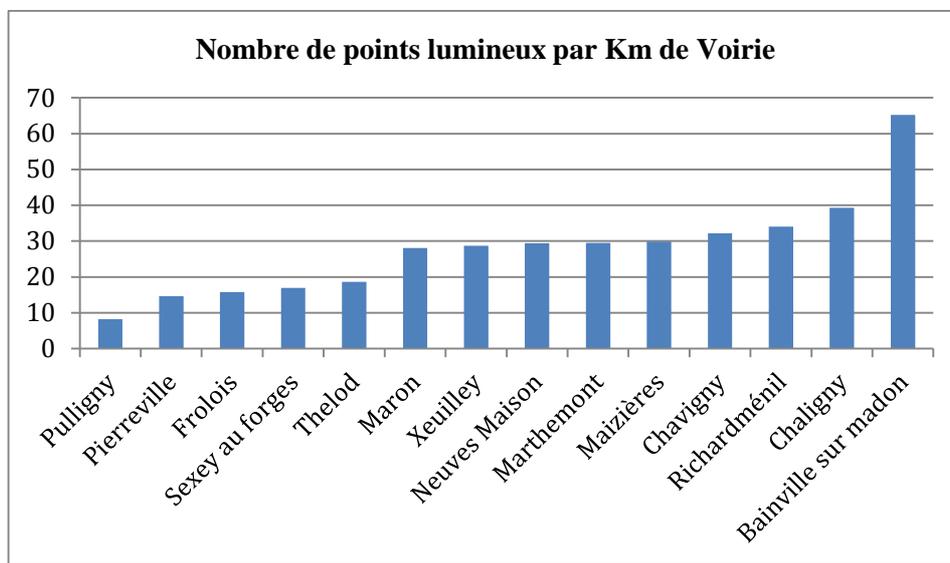
Exemple pratique : L'éclairage de la CCMM

Tout diagnostic implique un traitement de données brutes. Pour cela, différents logiciels existent. Nous avons à notre disposition Excel. Le logiciel gepweb360 peut également être utilisé car il facilite les traitements. Afin de comparer les communes, il est judicieux de choisir un facteur adapté, ne dépendant pas de paramètres variables entre les communes. Ici, nous choisissons de compter le nombre de points lumineux par km de voirie, afin de ne pas avoir d'influence de la taille des communes.

Voici le suivi d'un raisonnement de diagnostic sur l'exemple de l'éclairage des communes.

Consommation de la CCMM en termes d'éclairage public :

*Les communes disposent d'une voirie d'éclairage. On comptabilise ainsi le nombre de points lumineux sur cette voirie.*



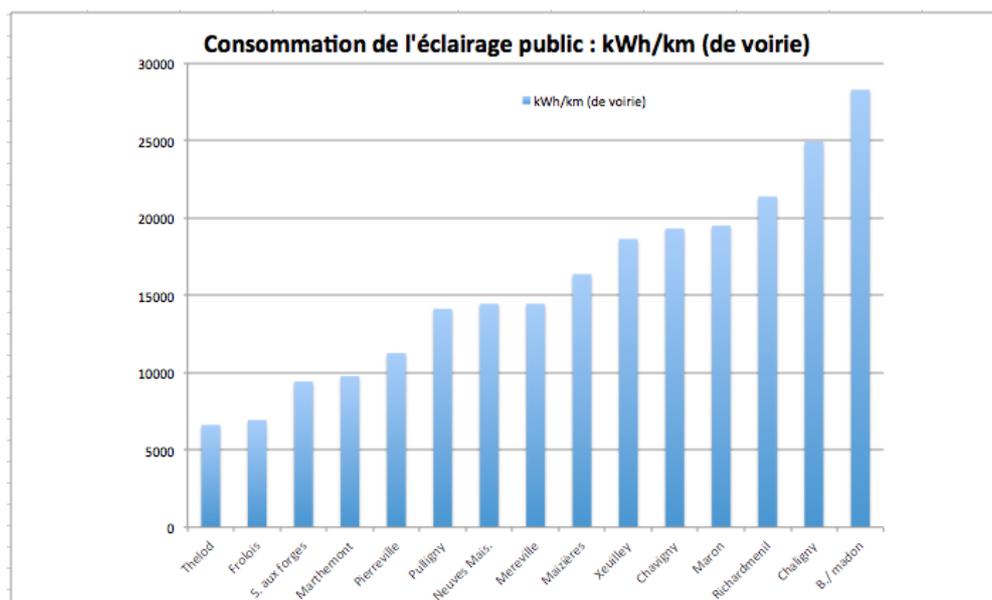
*Figure 8 : graphique présentant le nombre de points lumineux par km de voirie de 15 communes de la CCMM [6].*

Classement des communes en fonctions de leur nombre de points lumineux par km de voirie (ordre décroissant) :

1. Pulligny : 8 points lumineux par km de voirie
2. Pierreville, Frolois, Sexey-Aux-Forges : environ 16 points lumineux par km de voirie
3. Maron, Xeulley, Neuves-Maison, Marthemont, Maizieres, Chavigny : environ 30 points lumineux par km de voirie
4. Chaligny, Richardmenil : environ 40 points lumineux par km de voirie
5. Bainville-sur-Madon : environ 60 points lumineux par km de voirie

*Ce résultat est-il synonyme d'une haute consommation en énergie par kilomètre pour la commune de Bainville-sur-Madon ? Peut-on corrélér nombre de points lumineux par km de voirie avec la consommation d'électricité pour l'éclairage public par km ?*

Pour vérifier cela, nous comparons les communes via leur consommation d'électricité pour l'éclairage public par km de voirie.



*Figure 9 : graphique présentant la consommation moyenne pour l'éclairage public par km de voirie pour 15 communes de la CCMM [6].*

Après lecture de ce graphique, nous observons que la commune de Bainville-sur-Madon se distingue

encore une fois des autres communes avec une consommation de 28 286 kWh/km.

Les communes de Frolois et Thélod ont peu de points lumineux/km et également la plus faible consommation en kWh/km. Il serait donc intéressant d'étudier leur politique d'éclairage afin de s'en inspirer pour les autres communes.

Aux remaniements près, on remarque une certaine cohérence entre le nombre de points lumineux/km et la consommation de la commune/ km en terme d'éclairage.

Nous pouvons cependant nous demander à quoi est dû un tel écart entre les communes. Est-ce à cause d'une mauvaise gestion des points lumineux ? En effet, les points lumineux ne consomment pas nécessairement la même énergie en fonction des communes. Par exemple, nous pouvons supposer que certains points lumineux anciens nécessitent une consommation d'énergie importante.

Nous allons donc étudier la répartition de la consommation en énergie pour chaque point lumineux dans les différentes communes.

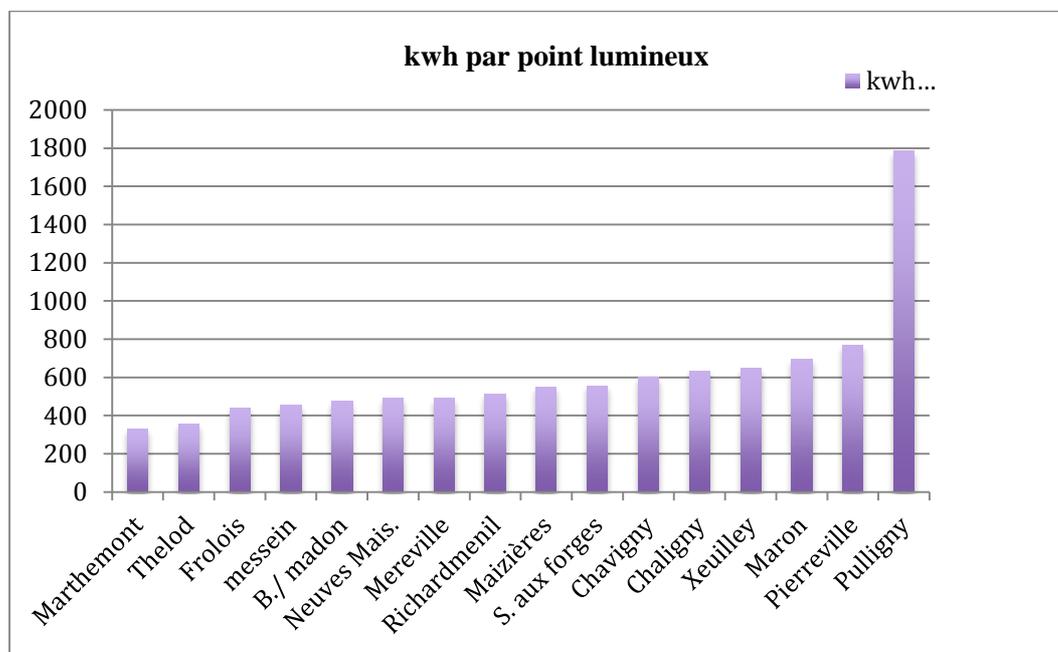


Figure 10 : graphique indiquant la consommation énergétique moyenne d'un point lumineux pour 15 communes de la CCMM [6].

On note une consommation par point lumineux hétérogène. Elle s'échelonne de 331 KWh/point (Marthemont) à 767 kWh/point (Pierreville). Bainville-Sur-Madon ne se distingue pas en tant que commune qui consommerait beaucoup dans ce cadre. Mais la commune de Pulligny a une consommation très supérieure à la moyenne. Celle-ci approche les 1800 kWh, soit plus du double de la consommation des autres communes. Serait-ce dû au faible nombre de points lumineux de la commune ? S'agit-il des mêmes points lumineux pour l'ensemble de la communauté de commune (type d'éclairage, ancienneté) ?

Et qu'en est il de la géographie des communes, des voies de circulation dont dépend le type d'éclairage ?

Il peut être utile, à ce stade de raisonnement, de compléter les données obtenues par une sortie sur le terrain.

La confrontation des comportements énergétiques de communes, permet de mettre en avant les forts écarts à la moyenne. Ces cas extrêmes permettent d'identifier dans un premier temps les problèmes à cibler les plus urgents.

## Présentation de différents outils de diagnostics

Les outils proposés par l'ADEME

Pour accompagner la transition écologique et énergétique, l'État français s'est doté d'un organisme capable d'aider les entreprises, les collectivités territoriales et les particuliers dans leurs démarches énergétiques et environnementales. Il s'agit de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), créée en 1991, et placée sous la tutelle des ministères en charge de l'écologie ; de l'éducation nationale ; et de l'enseignement supérieur et de la recherche. L'une de ses missions est de mettre à disposition du public ses compétences d'expertise et de conseil dans différents domaines du développement durable, comme celui de l'efficacité énergétique [16]. A ce titre, l'ADEME propose différents documents d'aide à la décision, notamment

Dans le cadre de ce projet, on se reportera notamment au Diagnostic Énergie-Bâtiment, au Diagnostic Éclairage public, et à la fiche de synthèse Diagnostic Énergie-Éclairage public. Ce dernier document est un cahier des charges qui précise les éléments que doit contenir le diagnostic, c'est à dire ce sur quoi l'ADEME peut apporter son suivi et son soutien, et les questions auxquelles il doit répondre. Les deux autres documents consistent en une fiche qui doit accompagner un diagnostic plus précis. Ces fiches font notamment ressortir les recommandations du prestataire de l'étude et peuvent être un outil pour aider les communes ou des entreprises à effectuer elles-mêmes un pré-diagnostic. Tous ces documents peuvent aider éclaircir et définir un projet de rénovation d'une installation, en apportant une aide dans l'identification des enjeux du projet. En particulier, l'ADEME propose aussi un outil de pré-diagnostic de l'éclairage public en ligne : l'outil OPEPA.

Un outil pour l'éclairage public : le pré-diagnostic OPEPA [18]

OPEPA vise à estimer le coût des installations électriques dans leur état actuel, et les économies possibles en cas de rénovation envisageables, à court (extinctions nocturnes) ou à long terme. Cet outil prend pour cela en compte les données d'exploitation (consommation, changement des lampes), leur coût, et la performance des installations. Il se présente sous la forme d'un questionnaire (voir ci-dessous) et permet une première approche de l'état de l'éclairage public et des points d'amélioration possibles.

The image shows a web-based questionnaire titled "Outil de prédiagnostic en éclairage public". At the top right, it indicates "Votre commune compte de 500 à 2 000 habitants" with a "Modifier" link. A green "Obligatoire" (Mandatory) label is on the left. The questionnaire consists of several fields, each with a question and a corresponding input box or dropdown menu:

- Type de rue \* (dropdown menu)
- Nombre de foyer lumineux identiques \* (text input)
- Nature de la source lumineuse \* (dropdown menu)
- Puissance de la source (en Watt) \* (text input)
- Nature de l'appareillage \* (dropdown menu)
- Nature des luminaires \* (text input)
- Etat du luminaire \* (dropdown menu)
- Type d'allumage-extinction \* (dropdown menu)
- Extinction nocturne \* (dropdown menu, currently set to "Non")
- Présence d'un dispositif de régulation et variation de tension en armoire \* (dropdown menu, currently set to "Non")

*Figure 13 : exemple de questionnaire de pré diagnostique [18]*

Quatre idées de rénovations ou d'adaptations sont envisagées par cet outil :

- Extinction nocturne aux heures creuses.
- Remplacement de la source et de l'appareillage.
- Remplacement complet du luminaire
- Remplacement complet du luminaire avec module de gradation ou de bi-puissance.

En ce qui concerne le diagnostic énergétique d'un bâtiment, le résultat attendu s'apparente à ceux des diagnostics de performance énergétique. Les résultats déjà présentés plus haut quant aux consommations d'énergie des bâtiments publics s'apparentent à une première partie d'un DPE, mais celui-ci est plus complet et dépasse le travail de pré-diagnostic.

Les grandes lignes du DPE (Diagnostic de Performance Énergétique)

Le Diagnostic de Performance Énergétique est l'outil généralement utilisé pour analyser la consommation énergétique d'un bâtiment. Un tel diagnostic est désormais obligatoire avant toute vente [19]. Il vise notamment à classer un bâtiment en fonction de sa performance énergétique (consommation d'énergie par surface kWh/m<sup>2</sup>/an) sur une étiquette énergie qui le situe comme économe ou énergivore, ainsi que sur une étiquette climat indiquant ses émissions de gaz à effet de serre. D'après la loi, il doit aussi contenir [20] :

- Les caractéristiques du bâtiment, des équipements et leur utilisation,
- Une évaluation de la consommation des équipements et les dépenses qui en résultent,
- Une évaluation de la quantité de gaz à effet de serre rejetée pour l'énergie consommée,
- Une évaluation de la quantité d'énergie renouvelable produite par le bâtiment,
- Des recommandations pour améliorer la performance énergétique du bâtiment, avec une évaluation du coût et de l'efficacité des aménagements proposés.

Dans le cadre du projet TEPos, c'est ce type de diagnostic qu'est amené à faire le Conseiller d'Energie Partagée (CEP), selon les mêmes principes. Le travail de Laurent Vogel, CEP du pays Terres de Lorraine, permet de cibler quels sont les faiblesses d'un bâtiment, ses points à améliorer, et de proposer déjà des préconisations précises sans en évaluer le coût, les économies et l'efficacité.

On peut présenter la méthodologie utilisée sous forme d'un tableau qui reprend toutes les mesures faites par le diagnostiqueur. Pour chaque installation, on indique si l'efficacité énergétique (EF) est bonne, moyenne ou mauvaise :

Domaine expertisé	Éléments du domaine étudiés et résultat en terme d'efficacité énergétique			
Enveloppe	Murs	Fenêtres et portes	Toiture	Plancher bas
	Matériau, état, isolation, EF.	Équipement, matériau, état, isolation, EF.	Matériau, état, isolation, EF.	Matériau, état, isolation, EF.
Chauffage	Production	Régulation	Distribution	Emission
	Installation (poêle à gaz, fioul, chauffage électrique...) et état de l'installation, EF.	Équipement de régulation, état et vétusté, EF.	Équipement de distribution de la chaleur (si la chaudière est éloignée du lieu à chauffer, pertes d'énergie possibles), état et isolation, EF.	Équipement d'émission de la chaleur dans la pièce (radiateur, poêle...), état et vétusté, EF.
Eau chaude	Production		Distribution	Emplacement
	Installation (ballon électrique, chauffe-eau à gaz, solaire...) et état de l'installation, EF.		Équipement de distribution de l'eau chaude (si éloignement du lieu d'utilisation de l'eau chaude), distance, état et isolation, EF.	Lieu où se trouve l'installation, s'il est chauffé/isolé (perte d'énergie sinon), distance au lieu d'utilisation, EF.
Usage spécifique	Éclairage		Ventilation	Appareils spécifiques

de l'électricité			
	Lampes utilisées, leur vétusté, EF.	Installation (VMC, absence de ventilation...) et son état, EF.	Quels sont les appareils présents susceptibles de consommer de l'électricité (réfrigérateur, photocopieur...)

*Figure 14 : tableau de méthodologie d'un diagnostic*

# Quelles solutions existent ?

## Exemples d'économie d'énergie

### Acteurs ayant une démarche actuelle d'économie d'énergie

La Biovallée, une association de communautés de communes de grande envergure.

Situation : Sur les 4 Communautés de Communes du Val de Drôme, du Diois, du Pays de Saillans et du Crestois, dans la vallée de la Drôme.

Population : 53 000 habitants

Budget : 7 millions d'euros

Consommation d'énergie en 2010 : [15] 936 000 MW (hors transport)

Implication dans la dynamique TEPOS : La Biovallée est un membre fondateur du réseau TEPOS (depuis 2010). Son objectif est de devenir un territoire à énergie positive d'ici 2040 en diminuant de 20% ses consommations énergétiques, et en développant la production locale d'énergies renouvelables.

Gussing, petite ville au plan énergétique révolutionnaire.

Situation : Est de l'Autriche

Population : 4000 habitants

Budget : Inconnu

Consommation d'électricité : Inconnue

Implication dans la dynamique TEPOS : La ville appartenait à la région la plus pauvre d'Autriche. Suite à son plan énergétique, elle produit maintenant 99% de son chauffage via des énergies renouvelables et est autosuffisante à 75 % en électricité.

Le Thouarsais, une communauté de communes de l'envergure de la CCMM

Situation : 33 communes situées en Aquitaine-Limousin-Poitou-Charente

Population : 36 382

Budget : Inconnu

Consommation d'électricité : Inconnue

### Exemples d'économies à court terme

Les économies à court terme permettent dans de nombreux cas de diminuer de façon significative la facture énergétique, avec une rentabilité atteinte au bout de quelques années au maximum. Si elles ne permettent pas à elles seules d'obtenir une autonomie énergétique, elles sont un premier pas vers des objectifs plus ambitieux et montrent l'engagement du territoire.

La rénovation des bâtiments

En France, les bâtiments représentent 46 % de la consommation nationale d'énergie finale et 23 % des émissions de gaz à effet de serre [2].

Parmi les premières actions à entreprendre une fois le diagnostic fait, la diminution de la consommation en énergie des bâtiments apporte des résultats rapides et appréciables. Ceci se fait à travers la rénovation et l'isolation des bâtiments, premiers pas dans la dynamique TEPOS. La rénovation se focalise dans un premier temps sur les bâtiments gourmands en énergie. De nombreux travaux peuvent être faits pour limiter la consommation de chauffage ou d'électricité. On peut en différencier deux types:

- les rénovations visant à augmenter l' "efficacité énergétique", en ayant un meilleur résultat pour une même consommation d'énergie. On peut, par exemple, chercher à utiliser des appareils avec un meilleur rendement, pour des systèmes de chauffage, d'éclairage, de ventilation ou de climatisation.
- les "économies d'énergie" sont les rénovations visant à diminuer l'apport en énergie nécessaire pour un même résultat. L'isolation du bâtiment par exemple permet de limiter les besoins en chauffage du bâtiment [39].

Cette logique s'applique aussi bien aux bâtiments résidentiels, aux maisons individuelles, qu'aux bâtiments publics dans le domaine tertiaire (administratif, enseignement). Dans un premier temps, nous nous intéressons à ces derniers.

Il existe plusieurs échelles de rénovations :

- les rénovations *mineures*, superficielles, à faible coût, qui permettent d'avoir un résultat rapide. Par exemple, il s'agit de calfeutrer les endroits où il y a des pertes, ou d'améliorer l'éclairage du bâtiment.
- les rénovations *majeures*, qui demandent plus d'investissement sans toutefois modifier le bâti. L'isolation du bâtiment, notamment en changeant portes et fenêtres, et l'amélioration du système de chauffage en sont des exemples.
- les rénovations *profondes*, qui sont beaucoup plus coûteuses mais qui génèrent des économies plus importantes (jusqu'à 60% d'économies en énergie). On peut prendre comme exemple un changement de toiture, une reconfiguration de la disposition des fenêtres ou encore la transformation des systèmes de chauffage, d'éclairage ou de ventilation. Nous verrons l'exemple de la géothermie et du solaire dans les économies à plus long terme [39].

Plus les rénovations sont profondes, plus l'effet sera à long terme mais plus les économies d'énergie seront importantes. D'autre part, les rénovations auront d'autant plus de sens que le bâtiment est vieux : la première réglementation thermique date de 1974. Les rénovations sur les bâtiments construits avant cette date auront un impact plus fort que pour les autres.

Dans la thématique de TEPOS, nous présentons ici l'exemple du dispositif mis en place par la Biovallée : DORÉMI (Dispositif Opérationnel de Rénovation énergétique des Maisons Individuelles). DORÉMI est un outil de formation-action encadré par Enertech (bureau d'étude) et par l'Institut négaWatt. Son objectif est de rénover des logements dans le but de baisser les consommations d'énergie afin d'atteindre l'étiquette A ou B, c'est à dire une consommation de 50kWh/m<sup>2</sup>/an.

Cette rénovation est assurée par des artisans locaux qui ont été sélectionnés et formés au préalable. Ainsi, plus d'une centaine d'emplois a été créés et une dizaine de chantiers est en cours.

Une part de ce travail consiste à convaincre les particuliers qui ont peur d'investir. Voici certains de leurs arguments :

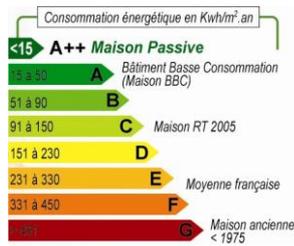
Inquiétudes des particuliers	Arguments de DORÉMI
Est-ce rentable ?	Oui ! <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les économies d'énergies sont réelles.</li> <li>• On gagne immédiatement en confort.</li> <li>• C'est intéressant de rénover en ce moment car le coût de l'énergie va augmenter.</li> </ul> Cette rénovation permet d'augmenter le prix de la maison en cas de revente.
En combien de temps est-ce rentabilisé ?	En 10 ans environ. Après 10 ans, on gagne même des bénéfices.
Dois-je rénover en plusieurs fois ou d'un seul coup ?	Il est plus efficace et beaucoup moins coûteux de la rénover en une seule fois.
A quels professionnels s'adresser ?	Aux professionnels formés par DORÉMI
Dois-je les encadrer moi-même?	Non, un pilote fait l'intermédiaire entre les clients et les artisans tout en supervisant le chantier. Ainsi, on gagne en efficacité.

Figure 15 : tableau de questions réponses pour l'investissement

Ainsi le dispositif DORÉMI dynamise le secteur de la rénovation énergétique en fournissant l'offre (via la sensibilisation des particuliers), la demande (en supervisant l'organisation des chantiers) et la formation des professionnels. Il a permis à la Biovallée de recevoir le premier prix de «L'accompagnement des professionnels » du Ministère de l'Ecologie.

Pour stimuler et diffuser les politiques de rénovation ou de construction de bâtiments durables, des labels ont été créés. Prenons l'exemple du label BEPOS, Bâtiment à Energie POSitive, mis en place par l'association Effinergie en association avec l'ADEME et le ministère de l'Ecologie. Ce label est à l'image du territoire à énergie positive mais appliqué au bâtiment. Un bâtiment qui produit plus d'énergie renouvelable ou au moins autant qu'il ne consomme d'énergie non renouvelable peut être labellisé BEPOS. Si ce label en tant que tel n'a pas vraiment d'impact, il y a tout de même des avantages fiscaux à être certifié [40].

*Figure 16 : classement du label BBC*



Une échelle énergétique a été mise en place et classe les bâtiments selon leur consommation énergétique. Sur cette échelle est indiqué le label BBC (Bâtiment Basse Consommation) qui est aussi délivré par Effinergie [40].

Pour finir, La Maison Passive indiquée sur cette échelle est un autre label qui peut être apparenté à BEPOS, les objectifs de ce dernier étant toutefois un peu plus ambitieux.

## Eclairage public

En ce qui concerne les innovations que l'on peut mettre en place relativement rapidement pour réduire la consommation d'électricité due à l'éclairage, il s'agit surtout de solutions techniques visant à rénover les lampadaires. A ce titre, des sites comme celui de l'AFE ou de l'ADEME sont des mines d'informations.

On peut envisager premièrement une extinction des lampadaires aux heures creuses. Une telle décision entraîne des économies d'énergies non négligeables et de nombreuses communes en France l'ont déjà adoptée. Elles sont au nombre de 1459 selon le site NUITFRANCE [22].

En ce qui concerne les luminaires, on peut facilement remplacer les ampoules. En effet, toutes n'ont pas la même consommation énergétique. Il existe plusieurs types d'ampoule. Chaque type d'ampoule possède son spectre d'émissions et ses caractéristiques propres. Le choix de tel ou tel type d'ampoule peut varier en fonction du spectre d'émission recherché ou du rendu des couleurs. Mais toutes ces ampoules n'ont pas la même efficacité lumineuse (qui est le flux lumineux fourni par puissance consommée, en Lm.W-1). Les technologies actuelles offrent différentes solutions pour trouver le meilleur équilibre entre usage judicieux de la lumière, minimum d'énergie consommée, et coût de l'installation.

Les ampoules à vapeur de sodium basse pression possèdent la meilleure efficacité lumineuse (hors leds) et fournissent une lumière quasiment monochrome (jaune). Nécessitant une faible puissance, elles ont un intérêt en éclairage routier [27].

Les lampes à vapeur de sodium haute pression, principalement utilisées en France [24], possèdent une bonne efficacité lumineuse, un bon rendu des couleurs, et une durée de vie qui peut être très longue (jusqu'à 16000 heures sans perte d'intensité lumineuse, 24000 heures sinon). Si certaines consomment jusqu'à 1000 watts, on peut en trouver fonctionnant à partir de 50 watts [23]. C'est donc une solution possible de remplacement d'ampoules vétustes, notamment les ampoules à vapeur de mercure.

Les ampoules à vapeur de mercure, ou ballon fluorescent, ont la moins bonne efficacité énergétique et ne sont actuellement plus produites car inadaptées aux normes européennes d'efficacités énergétiques (75 Lm/W).

Enfin, les diodes électroluminescentes ou leds sont une technologie à la durée de vie fortement supérieure aux lampes à décharges précédemment présentées. Elles sont aussi beaucoup moins consommatrices d'énergie et présentent une bonne efficacité lumineuse. Elles restent néanmoins moins puissantes que certaines lampes à décharge. Le surcoût d'installation est aussi plus cher généralement. Par ailleurs, il existe aussi un débat quant à la pollution lumineuse due à la forte brillance et aux couleurs froides de ces leds. En termes de consommation énergétique, cette option reste la plus performante [23].

Ces différents types d'ampoule font parties des solutions pour réduire la consommation énergétique due à l'éclairage. En France, l'éclairage est composé à 60% d'ampoules à vapeur de sodium haute pression, 30% d'ampoules à vapeur de mercure, et pour 10% d'autres types d'ampoules (LED, iodures métalliques) [24].

Pour réduire la consommation d'énergie des lampadaires, on peut aussi remplacer avantageusement le ballast. Le ballast est un auxiliaire d'alimentation interposé entre le réseau d'alimentation électrique et la lampe. Son rôle est de limiter le courant arrivant aux lampes à la valeur requise. Celui-ci peut-être ferromagnétique ou électronique. Le ballast électronique étant souvent plus efficace que le ballast

ferromagnétique car moins dissipateur d'énergie par effet joule, bien que sa gamme de puissance et sa durée de vie soient plus limitées. Son coût est aussi plus important. On peut avantageusement remplacer un ballast ferromagnétique par un ballast électronique plus économe en énergie [25]. De plus, il existe maintenant sur le marché des ballasts à gradation ou bi-puissance qui peuvent faire varier la puissance délivrée aux lampadaires au cours de la nuit, selon les besoins de l'éclairage. Un tel dispositif induit des économies d'énergie.

Enfin, le changement du lampadaire lui-même peut influencer sur la consommation. Le choix d'un lampadaire à l'ULOR (Upward Light Output Ratio: i.e. proportion de lumière émise au-dessus de l'horizontale) le plus réduit possible nécessite moins de puissance émise pour une même valeur d'éclairage au sol. Par ailleurs, on peut jouer sur l'heure d'allumage et d'extinction des lampadaires. Des dispositifs permettent un allumage coordonné avec le lever et le coucher du soleil.

Néanmoins, ce n'est pas l'éclairage public qui est la plus grande source d'économie pour les collectivités, mais bien l'éclairage intérieur. En effet, l'éclairage intérieur consomme 7 TWh contre 5,6 TWh pour l'extérieur. C'est donc notamment dans ce domaine que des rénovations et des améliorations sont possibles. A titre d'exemple, on peut citer la ville de Pau qui a entamé en 2008 une rénovation de l'éclairage de ses locaux d'enseignement (250 salles, 1500 luminaires) : allumage et extinction automatique, prise en compte de la lumière naturelle, différenciation de l'éclairage côté fenêtre et côté couloir, luminaire à basse luminance pour améliorer le confort visuel (en se conformant aux recommandations de la NF EN 12464-1).

Une première phase de rénovation a eu lieu en 2008 avec des tubes fluorescents T5. Résultats: - 77 % de consommation (mesurée sur cinq ans)

Pour un investissement de 400 000 € et un retour sur investissement calculé de 2,5 ans.

Une 2e phase a été enclenchée en 2015. Résultats de l'opération de rénovation en LED en 2015 :

- Un surcoût d'environ 15 % des solutions LED par rapport aux tubes fluorescents
- Division par 13 de la consommation d'électricité par rapport à la solution T8 ferromagnétique

Enfin, afin de valoriser la démarche, un atelier pédagogique sur la lumière a été proposé dans les salles rénovées [26].

## Les actions de sensibilisation

L'une des composantes essentielle de TEPos est la sensibilisation du public visé. Ici, nous ciblons non seulement les utilisateurs des bâtiments communaux mais plus généralement les habitants des communes et les entreprises.

De nombreuses façons permettent de le faire, à divers degrés.

Une méthode simple, mais qui peut avoir un impact significatif sur la consommation est la sensibilisation des utilisateurs à des comportements plus économes en énergie en utilisant de façon raisonnée leurs outils (chauffage, éclairage dans le cas des bâtiments communaux). La sensibilisation peut prendre la forme de formations ou d'affiches où le comportement à adopter est explicité. Ainsi, dans la plupart des projets de développement durable, on note une volonté d'information voire de formation du public visé. Nous pouvons citer par exemple la Communauté de communes du Thouarsais où cette infographie a été réalisée pour aider les habitants à choisir judicieusement leur ampoule électrique [28].

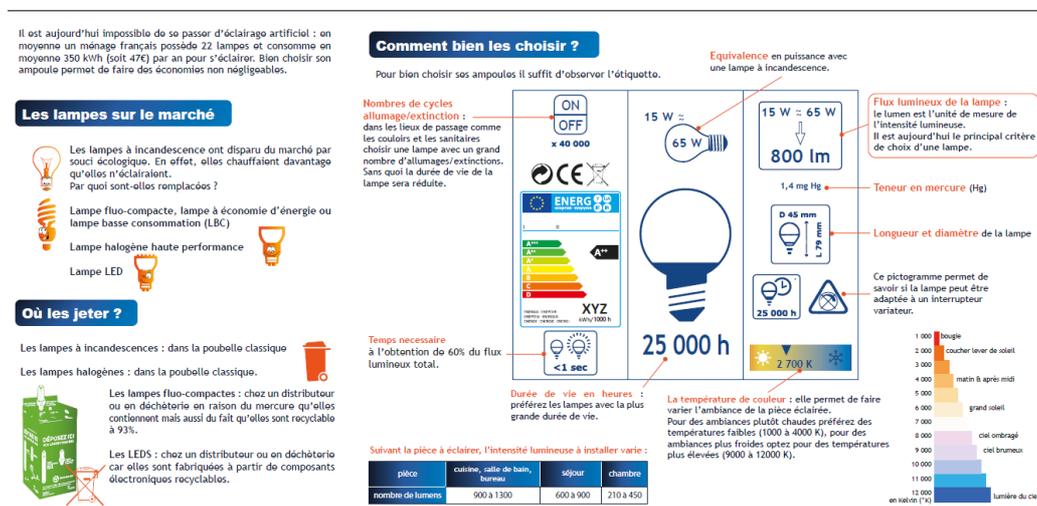


Figure 17 : infographie de sensibilisation [28]

L'appel à des étudiants afin de réfléchir à ces questions fait partie des actions encouragées par le projet TEPOS. Nous pouvons prendre pour exemple ce projet même ou bien le colloque organisé par le Pays Terres de Lorraine en partenariat avec l'ENSAIA sur les territoires à énergie positive. Ceci s'inscrit dans une dynamique de long terme, lorsqu'il s'agit de formation à un futur domaine de profession [27].

Enfin, l'implication directe des habitants dans l'effort de réduction des dépenses énergétiques peut s'illustrer par le programme lorrain "familles à énergie positive". Il propose à des familles de réduire leur consommation d'énergie en adoptant les bons comportements. Le programme se présente sous la forme d'un concours où les équipes (familles) s'affrontent pour une réduction maximale. Outre l'aspect ludique, ce programme vise à diffuser les comportements à adopter et montrer qu'il est possible de réduire sa consommation individuellement et de ce fait sa facture énergétique. Si l'objectif initial est d'atteindre 8% d'économies d'énergie, certaines familles ont réalisé jusqu'à 18% entre 2011 et 2012. On retrouve la même démarche dans la Biovallée [21].

## Exemples d'innovation à long terme

Si les économies à court terme sont essentielles pour montrer l'engagement des territoires dans la dynamique TEPOS et de ce fait bénéficier de certains avantages (financiers, d'image...), les communautés peuvent aussi s'engager dans des objectifs de plus longue période. Par exemple, le Thouarsais s'est engagé à devenir un territoire à énergie positive d'ici 2050 [28].

Pour un territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (TEP-CV), les objectifs majeurs sont fixés à l'horizon 2030. Les territoires s'engagent à respecter les objectifs de la loi sur la transition énergétique avant cette date, c'est-à-dire à observer :

- Une diminution de 40% des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990
- Une diminution de 20% de la consommation en énergie par rapport à 2012
- 32% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale [2].

### La production d'énergie renouvelables

TEPOS vise, en plus de la diminution d'énergie, une totale indépendance énergétique, économiquement rentable et ayant un impact minimal sur l'environnement. Si pour cela, en premier lieu il va s'agir de diminuer la facture énergétique des communes et développer une prise de conscience autour de ces dépenses, le programme encourage à voir plus loin pour atteindre un objectif de 0% d'énergie non renouvelable. Des communes ont élaboré des stratégies de production d'énergie renouvelable en fonction de leurs ressources. Nous avons choisi de différencier deux échelles de production. Une production à grande échelle, sur des sites dédiés, capables de fournir de l'énergie à au moins la collectivité dans son ensemble. Une production à petite échelle concernerait les systèmes de production à l'échelle d'un bâtiment ou d'une maison.

- **Systèmes de production à grande échelle [28]:**

#### Thouarsais :

Dans cette communauté de commune dont la taille se rapproche de celle de la CCMM, la création d'un parc dédié aux énergies renouvelables permet la production d'une partie des besoins en énergie. Le parc TIPER est un exemple de réhabilitation de terres non utilisées mises au service du programme TEPOS. Sur ces 70 ha appartenant anciennement à une base militaire, ont été réunies différentes technologies de production : l'éolien, le solaire et la méthanisation. Grâce à ses 3 parcs solaires, 2 parcs éoliens et son usine de méthanisation, la communauté de communes prévoit une production de 56 MW dans 2 ans, soit 15% de la consommation actuelle. Ce projet devrait générer une soixantaine d'emplois et demande près de 125 millions d'euros d'investissement. Il contribue donc à l'économie de la communauté en créant localement des emplois [29].

### Biovallée :

La Biovallée s'engage dans la dynamique TEPos en produisant de l'électricité via l'installation de panneaux photovoltaïques, l'exploitation d'une centrale hydroélectrique de 930kW dans la commune de Luc en Diois, et l'exploitation de grandes et petites éoliennes pour une production de 5000 kWh. De plus, un projet de Centrale sur adduction d'eau potable est en cours [21.2]

### Güssing :

Dans cette ville d'Autriche a été développée une technologie innovante : La gazéification. La gazéification est une production de gaz à partir de déchets organiques. Ces déchets peuvent être par exemple des déchets du bois, ce qui rend cette technique intéressante dans les régions forestières. Le principe de la gazéification repose sur la séparation des composants du bois grâce à de la vapeur. Cette vapeur est obtenue grâce à la combustion d'une partie du gaz produit, cet outil est donc tout à fait complet. Le gaz produit par gazéification est un gaz combustible. En effet, il est composé de monoxyde de carbone et d'hydrogène. Après purification, il peut donc être vendu comme gaz naturel ou bien peut servir à produire du diesel synthétique. De plus, le refroidissement nécessaire au conditionnement du gaz peut permettre d'alimenter un système de chauffage.

### Pays Terres de Lorraine, auquel appartient la CCMM.

Deux groupes de travail sur la question du renouvelable existent : un sur l'éolien et l'autre sur la méthanisation. Pour cette dernière, la CCMM est accompagnée par l'ENSAIA et sa plateforme de méthanisation à la Bouzule [30], [31].

#### • **Systèmes de production à petite échelle :**

Aujourd'hui les panneaux photovoltaïques fleurissent sur les toits des maisons en France. Des démarcheurs repèrent sur Internet les maisons ayant une bonne exposition et proposent la mise place de ces panneaux. Ces offres concernent les particuliers qui déduisent de leurs dépenses énergétiques l'énergie produite. De nombreux exemples de bâtiments publics recourant au photovoltaïque sont aussi recensés. Par exemple, à Lorient l'installation de panneaux solaires sur une école permet la production de 15 à 20% des besoins de l'école.

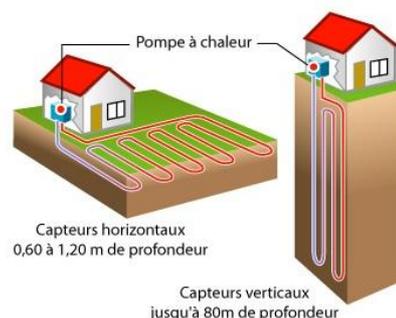
Dans le même ordre d'idée, l'éolienne individuelle est apparue. Cependant, le marché est beaucoup plus limité et est sujet à débat quant à la fiabilité et la rentabilité de ces installations.

L'utilisation des ressources extérieures pour chauffer : géothermie, panneaux thermiques

Nous voyons ici des exemples de rénovations profondes d'un bâtiment qui ont une rentabilité plus sur le long terme. En effet, pour la géothermie par exemple, l'installation est rentable après 10 ans environ.

On s'intéressera ici à la géothermie de basse énergie qui permet de chauffer et de refroidir un bâtiment grâce à la chaleur du sol. La géothermie basse énergie peut prendre deux formes : figure 18, schéma d'une installation d'une pompe à chaleur géothermique.

- à capteurs horizontaux enterrés à environ 1 mètre de profondeur mais demande une surface de terrain assez importante (environ 1,5 fois la taille du bâtiment)
- à capteurs verticaux allant de 12 à 150 mètres de profondeur. Cette solution est plus coûteuse mais a un rendement plus important



La géothermie basse énergie est un exemple de Pompe A Chaleur (PAC). Il en existe bien d'autres exemples tels que les pompes aérothermiques qui captent la chaleur de l'air. Ces différentes PAC présentent chacune leurs avantages et inconvénients. Le principal inconvénient est leur faible rendement ce qui exige que le bâtiment soit très bien isolé pour avoir un intérêt. Mais ces PAC utilisent une source inépuisable et non polluante et ont l'avantage de pouvoir aussi refroidir le bâtiment en été.

Un autre exemple de source inépuisable et non polluante est l'énergie solaire. Si les panneaux photovoltaïques sont bien connus, les panneaux thermiques se font plus discrets. Ces panneaux utilisent l'énergie du soleil directement pour le chauffage, notamment comme chauffe-eau. Si le rendement varie selon la région, il peut tout de même apporter près de 50% des besoins en eau chaude d'un foyer à Lille. Ce qui signifie qu'il reste un outil efficace même si la région n'est pas particulièrement ensoleillée.

Avec la production d'énergie à petite échelle, l'utilisation de tels systèmes de chauffage représente aussi une économie sur le transport et le stockage de l'énergie, qui s'accompagne nécessairement de pertes et a un coût lié au développement des réseaux de transport et des systèmes de stockage [41].

## Une action au niveau de l'économie locale des Communautés de Communes

Une autre dimension de TEPOS qui maintient un lien entre tout ce qui a été évoqué est le développement d'une économie performante mais sociale et respectueuse de l'environnement. En favorisant par exemple les circuits courts, les dépenses énergétiques liées au transport des marchandises et à leur stockage sont fortement diminuées. Ces circuits favorisent aussi l'économie locale en étant pourvoyeurs d'emplois. On pourrait aussi parler de circuit court de l'énergie lorsque celle-ci est produite sur place et crée des emplois autour de cette thématique (entretien des outils). De plus, dans un contexte de territoire à énergie positive, il y aura potentiellement plus d'énergie produite que consommée. Ce surplus peut être destiné à un marché plus large comme le prévoit par exemple la CC du Thouarsais avec son parc TIPER à grand potentiel de production d'énergies renouvelables.

Un territoire à énergie positive est aussi un territoire qui s'occupe de l'énergie utilisée en amont, lors de la conception et/ou de l'importation de produits. Une façon de réduire cette consommation moins visible car souvent délocalisée, est de développer une filière de gestion des déchets. Cette filière peut générer des emplois et contribuer à l'économie. Nous pouvons citer l'exemple de la méthanisation qui revalorise les déchets agricoles notamment, ou encore le recyclage tel que nous le connaissons : verre, papier, métaux...

L'autre défi au niveau économique est de rassembler les divers acteurs d'une même filière. Ainsi, toutes les étapes de la transformation d'un produit ou d'une matière première se fait en un seul endroit. L'objectif est le même que dans les exemples précédents : éviter les dépenses en énergie liées au transport ou au stockage.

Des actions environnementales transversales à TEPOS et plus globalement au développement durable.

Au-delà des solutions techniques présentées plus haut, il existe d'autres types d'actions entraînant une baisse de la consommation énergétique. Il s'agit généralement de projets plus politiques qui peuvent dépasser le projet TePos. En effet, l'enjeu n'est pas tant la réduction de la consommation à tous prix que des changements issus d'une réflexion sur l'urbanisme nocturne comme le souligne Roger Narboni, concepteur de lumière, dans son livre L'éclairage des villes [32].

Dans cet état d'esprit, plusieurs programmes et associations proposent des actions concrètes et réfléchies. Par exemple, une commune peut choisir de repenser sa politique d'éclairage public et de devenir une réserve de ciel étoilé de l'IDA (International Dark-Sky Association).

L'association délivre 5 titres possibles [33]. Celui de Communauté Internationale de Ciel Étoilé (International Dark Sky Community) peut intéresser les communes de Moselle et Madon. Ces communautés sont définies comme « une ville ou toute autre collectivité territoriale qui montre un dévouement exceptionnel dans la protection du ciel de nuit par la mise en œuvre et l'application d'un code de qualité de l'éclairage, une éducation au ciel de nuit, et une implication dans la protection du ciel étoilé ». Devenir réserve de ciel étoilé est plus contraignant: Il s'agit d'un territoire d'environ 700 km<sup>2</sup> choisi selon les mêmes critères que ceux du Parc International de Ciel Etoilé, composé d'un cœur et d'une zone tampon. Il existe déjà en France une telle réserve au Pic du Midi. Un tel projet est donc possible et implique principalement une gestion plus durable de l'éclairage public. De plus amples informations sont disponibles sur le site de l'IDA [33].

Avec un objectif semblable à l'IDA et en coopération avec celle-ci, l'ANPCEN (l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne) cherche à agir en France (niveau local et national) pour répondre aux multiples enjeux soulevés par la qualité de la nuit. [34].

Cette association propose notamment une charte d'engagement aux communes qui souhaitent repenser leurs politiques d'éclairage public. Deux cents cinquante-neuf communes l'ont actuellement signée, dont Strasbourg [35]. Une charte semblable existe pour les conseils généraux.

L'association peut donc accompagner les communes dans leurs politiques d'amélioration de l'éclairage public, tant pour mieux en comprendre les enjeux que pour défricher les sujets des normes et des installations possibles. Pour ce faire, l'association s'appuie sur un réseau de correspondants locaux.

Parmi ses actions phares, on peut citer le concours Villes et Villages étoilés qui a lieu tous les deux ans (le dernier en date eut lieu en 2015). Ce cadre permet en tout cas de mieux cerner les questions pour améliorer sa politique d'éclairage public : le dossier à remplir en ligne aide à évaluer les éléments techniques, la qualité, et la pertinence du choix des installations.

Quelque soit le résultat du concours, la commune reçoit un courrier individualisé indiquant ce qui peut être amélioré, et une fiche bilan qui positionne la commune par rapport aux étiquettes environnementales développées par l'association. Ces étiquettes reprennent quatre grands axes : la puissance lumineuse moyenne, l'orientation de la lumière (quel pourcentage se trouve au-dessus de l'horizontal), le spectre d'émission des lampes, et le coût global d'utilisation en prenant en compte le temps de fonctionnement des lampadaires [36]. Un tel concours peut s'avérer être un projet stimulant et fédérateur pour une commune.

Plus généralement, la diminution de la pollution urbaine fait partie des objectifs d'un Territoire à Energie Positive pour la Croissance Verte (comme Moselle-Madon). Cela peut-être une diminution de la pollution lumineuse comme évoqué ci-dessus, mais cela concerne aussi beaucoup la pollution atmosphérique qui est à l'origine du réchauffement climatique. Si un territoire à énergie positive est un territoire qui doit utiliser et produire une énergie propre, c'est bien pour minimiser la pression sur l'environnement et notamment la pollution due à l'utilisation des énergies fossiles. D'autres aspects environnementaux entrent en compte tels que la préservation de la biodiversité et des espaces verts qui rendent des services que n'importe quelle innovation technologique ne pourra pas remplacer. Il existe des exemples de services parfois inattendus rendus par l'environnement. Citons les arbres qui sont dans les villes et dont le rôle de régulateur de température n'est pas négligeable en milieu urbain. Si l'été leur ombre et l'humidité qu'ils entretiennent réduit les coûts de climatisation, l'hiver ils empêchent la circulation de l'air froid et ne gênent pas la propagation de la lumière s'ils sont à feuilles caduques, ce qui peut avoir un impact sur la consommation en chauffage d'un bâtiment.

Cette bibliographie est un premier travail qui nous a permis d'introduire le projet TEPos et les problématiques associées. Par la suite, nous avons orienté notre travail sur un aspect plus précis: l'éclairage public.

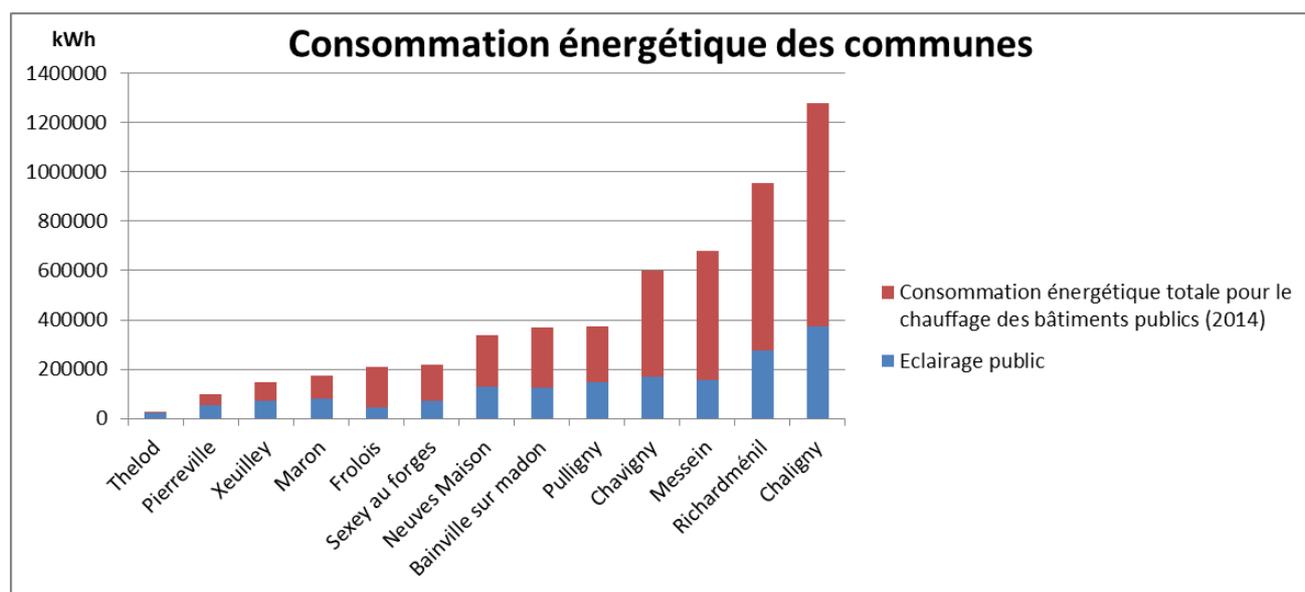
Dans un premier temps les élus ont établi un questionnaire à destination de chaque commune afin de réaliser un diagnostic des dépenses énergétiques. A partir de l'étude de ces questionnaires, nous avons orienté notre travail à différentes échelles : par communes et par secteurs d'éclairage.

## A l'échelle de la communauté de communes : réception et traitement des questionnaires

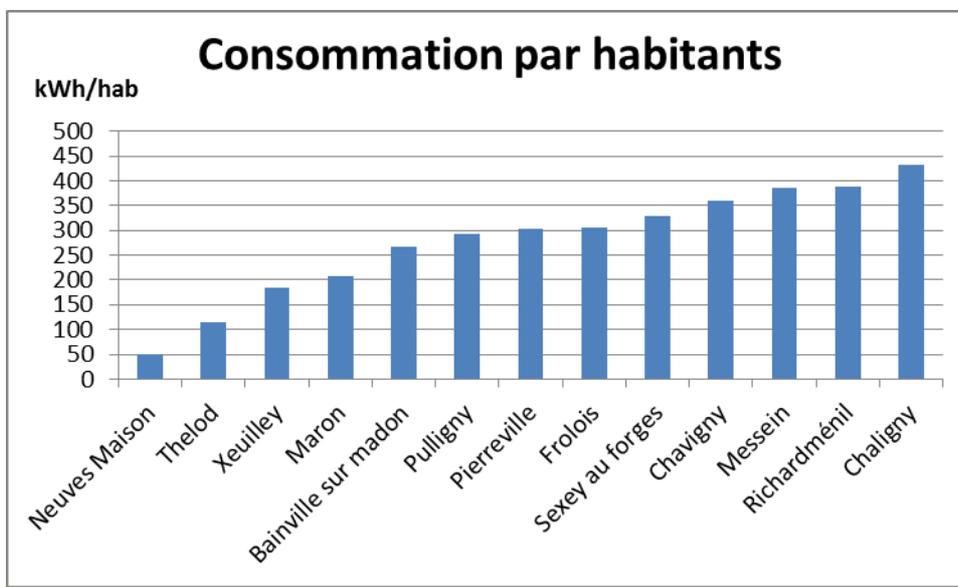
Notre projet a débuté avec la réception de questionnaires à l'automne 2015. Ces questionnaires recensent les dépenses énergétiques des communes (électricité, gaz, fioul) et leur répartition (bâtiment, éclairage public) (*annexe1*). Le but était de cibler les actions à entreprendre en priorité par rapport à l'importance de la consommation énergétique. Ce diagnostic liste les dépenses énergétiques liées au chauffage et à l'éclairage principalement.

La collecte des questionnaires nous a permis de réaliser une analyse de données. Nous avons donc synthétisé l'ensemble des données sur différents graphiques pour les rendre plus appréciables et pour pouvoir comparer les communes entre elles.

Deux graphiques ont retenu notre attention et ont permis d'établir une liste de communes à cibler en priorité.

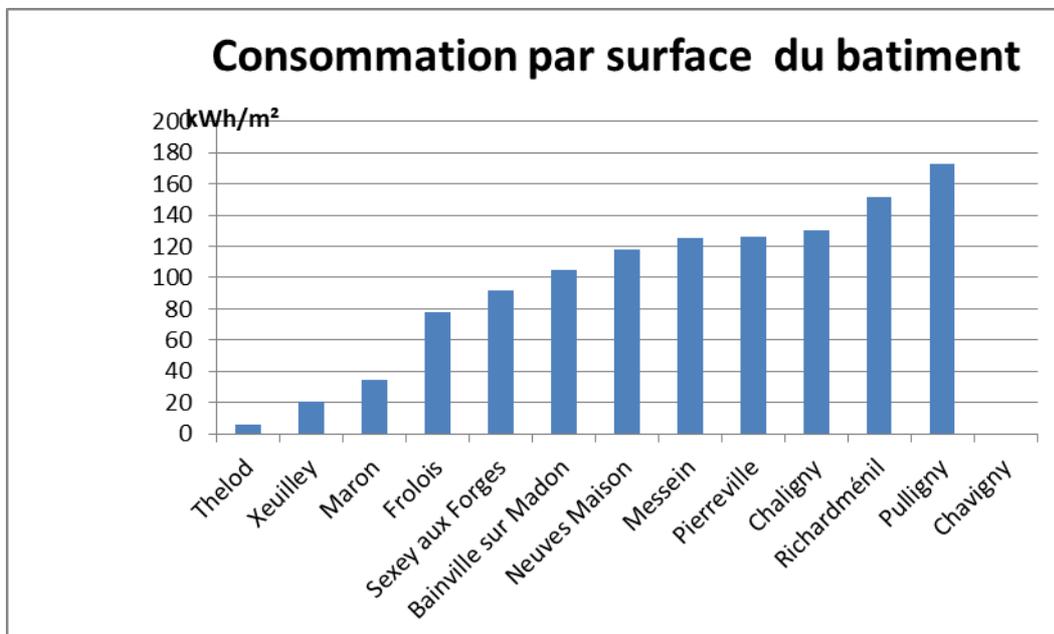


Ce graphique permet de comparer les villes au niveau de leur consommation énergétique, qui comprend l'éclairage public et les dépenses liées aux bâtiments municipaux. Il a donc permis de déterminer quelles villes étaient les plus susceptibles de réduire les dépenses de la communauté de communes. Ce graphique est tout de même à moduler en fonction de la taille de la ville ainsi que des infrastructures présentes : certains types de bâtiments communaux ne sont pas présents dans toutes les communes.



La consommation rapportée au nombre d'habitants permet de lisser les différences de taille des communes.

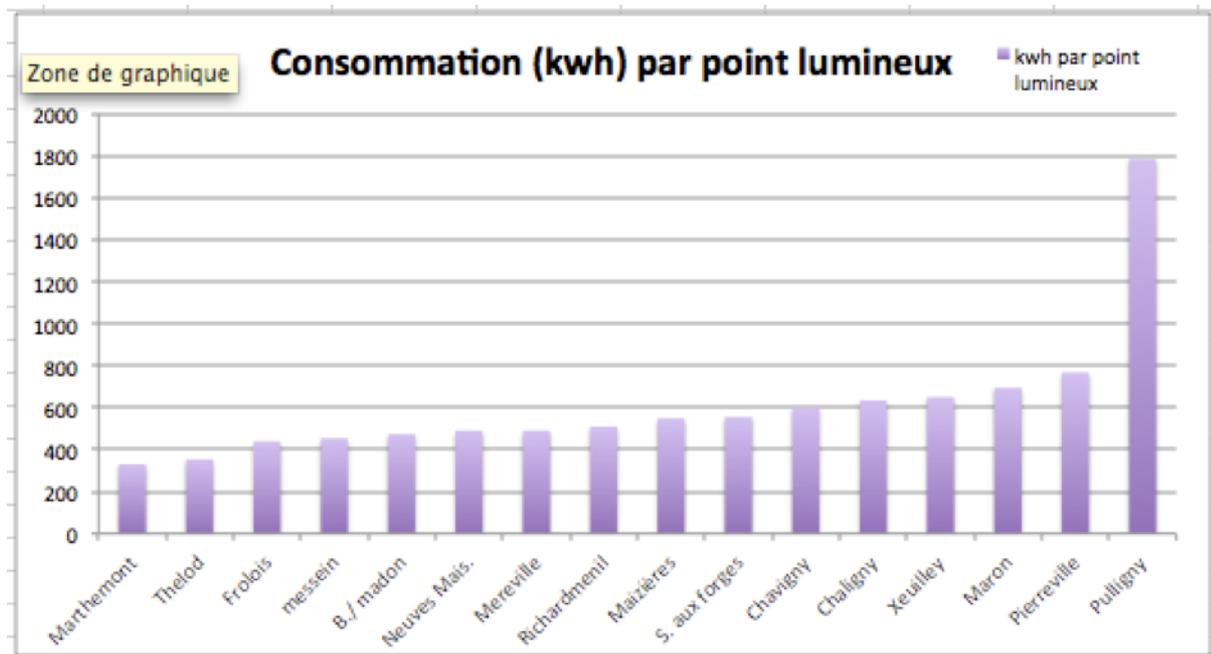
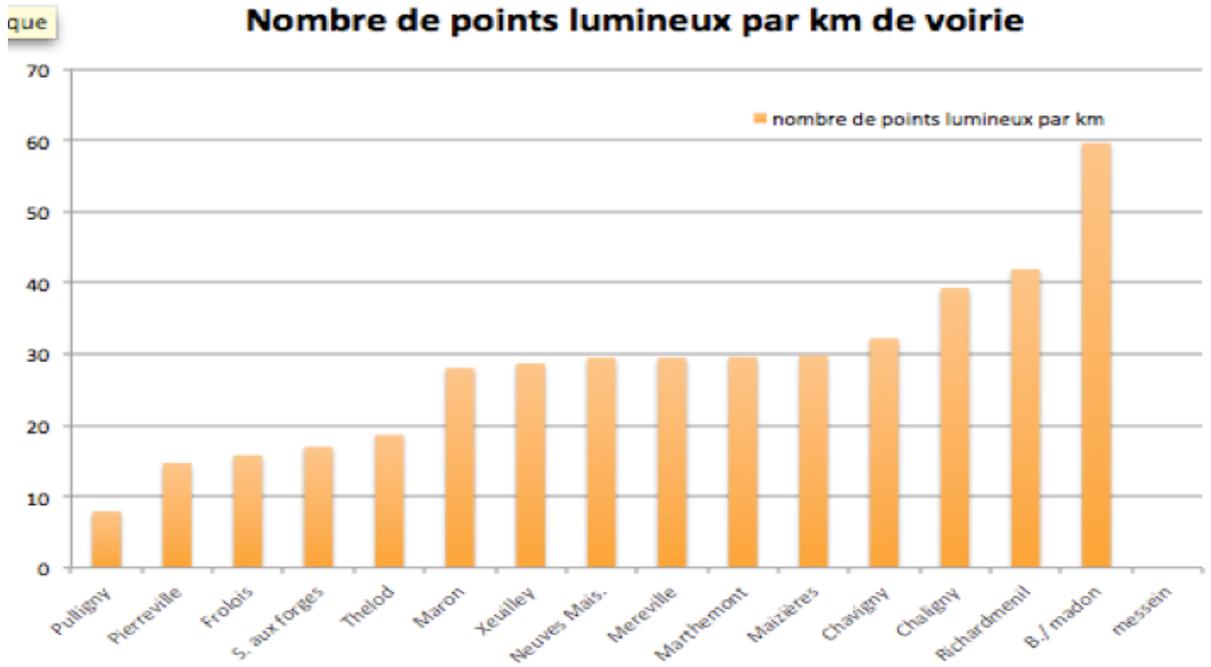
Nous choisissons ensuite de distinguer la consommation des bâtiments publics, de la consommation de l'éclairage public.



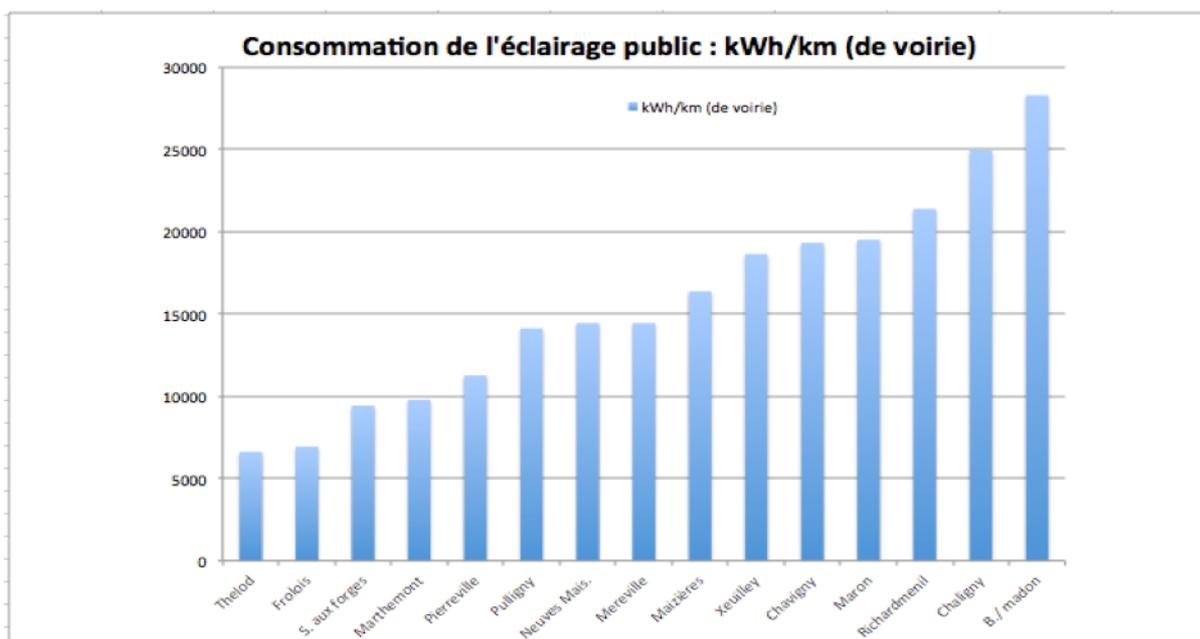
En rapportant la consommation énergétique des bâtiments communaux à leur surface, on peut se rendre compte d'une consommation excessive des bâtiments dans une ville par rapport aux autres, et ce en s'affranchissant de l'influence de la taille ou du nombre de bâtiments sur les résultats.

Ces deux derniers graphiques sont complémentaires, une ville avec peu d'habitants et qui consomme beaucoup peut-être le signe d'installations vétustes et sur-consommatrices. Cependant, s'il y a de nombreux bâtiments communaux, la consommation par habitant augmente alors que ces bâtiments peuvent profiter à l'ensemble de la communauté de communes (salles des fêtes, gymnases par exemple).

Des informations complémentaires sur la configuration de l'éclairage public et de sa consommation ont permis de pousser l'analyse plus loin. En effet, grâce à ces informations, nous pouvons connaître la densité des points lumineux dans les villes (nombre de points lumineux par km) ainsi que la consommation de ces points lumineux. On peut alors cibler les villes dont la densité de points lumineux paraît plus élevée ou dont les points lumineux consomment plus d'énergie que la moyenne.



Ces graphiques sont complémentaires. Par exemple, on peut voir qu'en moyenne un point lumineux à Pulligny consomme plus de deux fois plus que les autres villes. Cependant, c'est aussi une des villes où il y a le moins de points lumineux au kilomètre. Ces deux graphiques permettent de voir sur quel paramètre il faut jouer dans chaque ville, afin de diminuer la consommation énergétique : on peut ainsi diminuer le nombre de points lumineux ou les rendre plus efficaces. Le graphique suivant est une synthèse de ces deux éléments et nous montre la consommation de l'éclairage public en prenant compte à la fois la densité des points lumineux et leur consommation énergétique.



On voit par exemple que Pulligny, dont les points lumineux consomment énormément par rapport aux autres villes, n'a pas une consommation énergétique élevée au kilomètre du fait d'une très faible densité d'éclairage.

Ces questionnaires permettent une première approche de la consommation des villes. Cependant, les villes n'ont pas toutes eu le même degré de précision au sein de leur réponse. Il faudrait ainsi envisager un questionnaire plus précis pour connaître la consommation bâtiment par bâtiment. Cependant après concertation avec notre commanditaire, nous avons décidé de nous concentrer sur l'éclairage public. Nous avons alors opté pour un questionnaire plus précis concernant seulement l'éclairage public. Le diagnostic OPEPA ainsi que l'outil développé et mis à disposition par l'ADEME nous sont apparus comme la meilleure façon de procéder pour étudier l'éclairage public. Ces outils nous ont guidés une fois sur le terrain.

D'autre part, nous avons besoin d'informations concrètes pour compléter notre interprétation des graphiques. En effet, selon la configuration de la ville (le type de route, le type de quartier) un éclairage plus ou moins conséquent est à envisager. Par exemple, une route départementale demandera un éclairage plus important donc potentiellement plus consommateur. Cela peut expliquer des différences de consommation au kilomètre entre les villes.

Ce premier travail à l'échelle de la communauté de communes de Moselle-Madon est important pour avoir une vue d'ensemble et construire un projet cohérent. Il permet aussi de cibler les communes prioritaires. A l'issue d'une réunion avec Sophie JOMINET, nous décidons d'orienter notre étude sur les communes de Chaligny et Xeulley en particulier.

## A l'échelle de la commune : rencontre avec des élus, questionnaire OPEPA, contact avec la réalité

Le choix de ces villes est particulièrement intéressant car d'après les graphiques ci-dessus, Xeulley a une consommation énergétique parmi les plus faibles et Chaligny parmi les plus élevées.

Notre première rencontre s'est faite avec des élus de Chaligny. Nous avons pu rencontrer M. KREMER, premier adjoint au Maire et Mme WAZYLEZUCK, conseillère municipale. L'objectif premier de cette rencontre était de collecter les données nécessaires pour le diagnostic OPEPA. Cependant, rencontrer des élus et des habitants connaissant leur ville a permis de se confronter à la réalité et il nous a été présenté un certain nombre de contraintes que nous n'avions pas envisagées. Si dans l'idée, les élus étaient plutôt pour une rénovation de l'éclairage public, l'élément financier est vite ressorti. Les communes disposant aujourd'hui d'un budget de plus en plus serré d'après les élus, il devient difficile d'investir dans de telles rénovations. Bien qu'en théorie la rénovation de l'éclairage public est à plus ou moins long terme rentable, il faut pouvoir investir assez d'argent dès le départ. Il s'agit ici d'une réelle contrainte puisque certains élus se positionnent contre des emprunts pour investir dans ce genre de projet.

Une autre contrainte à laquelle nous n'avions pas pensé est celle de la dégradation des espaces municipaux et de la réticence des habitants à couper ou à trop réduire l'éclairage nocturne. En effet, d'après M. KREMER, un

certain nombre de dégradations ont lieu pendant la nuit et cela serait favorisé en cas d'extinction nocturne. Lors d'une visite de la ville, nous avons demandé les avis de quelques personnes et un habitant de la cité ouvrière souhaitait que ces lampadaires soient allumés en permanence. Néanmoins, il semble que ce soit plus le sentiment d'insécurité qui pose problème, que la délinquance [41]. Au contraire dans un autre quartier, l'éclairage est vu comme une source de pollution lumineuse par les habitants.

Lors de la visite suivante à Xeuilley, M. BAGARD, premier adjoint au Maire et M. FONTAINE, deuxième adjoint au Maire nous ont reçus. L'objectif était différent cette fois-ci puisque Xeuilley a su profiter des subventions délivrées pour le TEP-CV pour investir dans l'éclairage public. Ces aides ont été délivrées dans le cadre d'un appel à projet national, pour des projets où au moins une économie d'énergie de 40% est réalisée. Xeuilley a choisi de rénover son éclairage car l'investissement est réalisable sur des délais courts et ne demande pas une déstructuration totale de l'existant. La commune répondra ainsi à la norme européenne d'éclairage EN 13 201. M. BAGARD travaillant dans une société d'éclairage public, il a favorablement motivé le choix de la commune pour engager des travaux dans ce domaine.

Dans un cas comme dans l'autre la proposition de réalisation du questionnaire OPEPA a été vu comme une bonne opportunité et fut acceptée, dans la mesure où c'est un outil neutre (il n'a pas de vocation commerciale contrairement à un diagnostic établi par une société privée). Ceci montre une volonté des élus à s'impliquer dans la démarche TEPos. Nous avons également pu constater que les travaux réalisés dans les communes de la CCMM ont un effet "boule de neige" sur les communes voisines : la réussite d'une commune pousse ses voisins à s'engager dans cette démarche positive.

La diversité des secteurs que nous avons constaté à Chaligny (différences techniques : lampadaires et ampoules différentes, et différences entre les habitants) nous a conduit à nous intéresser à une échelle plus grande qu'une ville : celle du secteur.

## A l'échelle d'un secteur d'éclairage public

Nous avons pu constater que chaque secteur possédait des besoins propres et des installations d'éclairage particulières. Nous avons donc découpé la ville en secteur d'éclairage en fonction du type d'installation présente.

A Chaligny, nous avons travaillé avec les élus sur le plan de la ville (*annexe 4*) et avons pu différencier au moins 4 secteurs différents :

- le centre historique, qui a de vieilles installations difficilement rénovables dû au fait de la présence d'un patrimoine classé (l'église notamment)
- la cité ouvrière, où les installations sont les plus vieilles mais où les habitants sont particulièrement sensibles à la question de l'éclairage.
- le secteur résidentiel, avec un éclairage plus récent mais qui peut être vu comme trop puissant par les habitants dont certains dénoncent une pollution lumineuse
- le nouveau quartier de la médiathèque, avec un éclairage LED neuf

Nous voyons donc que si chaque secteur a des spécificités techniques (forme et taille du mat et/ou du ballaste, ancienneté de l'installation, performance de l'installation..) qui seront prises en compte dans le diagnostic OPEPA, il y a de nombreuses autres contraintes avec lesquelles il faut composer: la volonté des élus et celle des habitants, la première étant soustraite à la deuxième, le type de rue, leur fréquentation...

## Des acteurs publics et privés au soutien des communes

Au cours de notre recherche, nous avons été confronté à de nombreux acteurs, publics ou privés qui peuvent accompagner les communes dans leurs projets d'éclairage. Nous pouvons citer des entreprises telles que la société "Stéphane Pariset", des associations telles que l'ANPCEN (Association National pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes), AFE (Association Française de l'Eclairage), des acteurs publics comme l'ADEME ou le SDE 54 (Syndicat Départemental d'Electricité de Meurthe-et-Moselle). Tous ces acteurs peuvent apporter leur expertise et leur expérience.

L'ADEME apporte plus particulièrement une expertise dans les phases de diagnostics. Les entreprises ont l'expérience du terrain. L'AFE est une mine d'information pour toutes les technologies et politiques d'éclairage. L'ANPCEN est une association militante qui développe une réflexion et des actions locales autour de la problématique de l'éclairage nocturne. Enfin, le SDE est aussi en plein dans le problème.

Afin de réaliser des économies d'énergie, le SDE propose d'axer la rénovation de l'éclairage autour de 5 problématiques :

- **Rationaliser les coûts énergétiques, en cherchant à réduire l'émission de lumière.** Cela implique d'adapter les sources lumineuses en fonction du niveau d'éclairement souhaité, et de choisir un matériel de rendement énergétique et photo-métrique adaptés.
- **Maîtriser le flux lumineux.** Le réflecteur permet de choisir la direction d'éclairement et de bien éclairer la chaussée. Les lampes tubulaires (horizontales) et les vasques en verre sont à privilégier. Ces dernières ont une meilleure dépréciation dans le temps, et limitent la perte de flux liée au vieillissement du matériel. Il existe des indices de référence concernant les certificats d'économie d'énergie de protection IP (RES-EC-04\*, ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, source SDE).
- **Maximiser l'efficacité lumineuse des lampes et des appareillages.** La fiche RES-EC-04 indique une efficacité qui doit être supérieure à 80 lumens/watt (ce qui doit être vérifié auprès des fournisseurs).
- **Maîtriser l'allumage.** Un pilotage inadapté (à 10min près), entraîne des heures de fonctionnement inutile et joue sur la facture énergétique de la commune. L'allumage au crépuscule, de tous les points lumineux semble être la technique la plus efficace.
- **Ajuster ses abonnements électriques pour éviter des surcoûts sur la facture.** L'abonnement est calculé à partir de la puissance réelle (en kVA) installée. Il faut alors penser à déclarer le changement de puissance à EDF.

En s'appuyant sur l'exemple de Chaligny et Xeuilley et en regroupant nos informations, nous avons pu dégager trois grands types de secteurs : des secteurs au coeur de ville à l'éclairage déjà vétuste comme pour les secteurs plus en périphérie. Le troisième type étant les secteurs à l'éclairage récemment rénové. Pour chacun de ces secteurs, on peut relever des points positifs comme certaines difficultés, ou des pratiques à éviter. La politique d'éclairage ainsi que les choix techniques méritent alors d'être différents.

## **Coeur de ville à éclairage vétuste**

### **Présentation et diagnostic**

Par "coeur de ville" on désigne ici plus généralement la partie historique de la commune. Il s'y trouve depuis longtemps des habitations, souvent mitoyennes, quelques commerces, et généralement des bâtiments publics comme la mairie. En ce qui concerne l'éclairage, il peut-être divers. On peut ainsi observer des luminaires accrochés aux poteaux électriques et des lampadaires lanternes à 4 faces qui ont aussi un rôle esthétique.

A Chaligny, l'éclairage est composé en majorité de lampes à vapeur de sodium haute pression (SHP), alimentées par différentes puissances selon la nécessité : 70, 100 ou 120W. Ces dernières sont progressivement remplacées au profit des 100W car elles demandent trop d'énergie. Cette technologie est très répandue et fiable.

A Xeuilley, l'éclairage est également composé de SHP. Cette technologie correspond aujourd'hui au deux tiers de l'éclairage public de la commune. Ici, la puissance des lampadaires est de 100W. Quant à l'allumage et l'extinction, ils sont déclenchés à une heure précise et stable par un minuteur réglé d'avance.

Il est aisé d'y faire le diagnostic OPEPA soit pour l'ensemble du centre, soit pour quelques rues en particulier si le type de lampadaire diffère trop d'une rue à l'autre. Nous avons fait une première estimation présentée en annexe 2.

### **Rénovations prévues et propositions de scénarii**

Des améliorations, des rénovations sont envisageables afin de réduire la consommation d'énergie tout en prenant soin de la qualité de vie.

Une action simple et efficace est l'extinction nocturne. Il existe de nombreuses expériences d'extinctions nocturnes partielles réussies [42]. Néanmoins, cette proposition reste délicate. Il faut envisager de moduler ce type de mesure. Par exemple, l'extinction nocturne n'est pas forcément adaptée à des quartiers très animés la nuit.

D'autres solutions simples peuvent être envisagées, comme nous l'avons signalé plus haut dans la bibliographie.

A Xeuilley, la commune a fait appel à l'entreprise Pariset pour réaliser un devis. Tout d'abord, la commune a opté pour des ampoules SHP à 70W au lieu de 100W. Cela correspond à 30% d'économie d'énergie à utilisation constante.

L'autre rénovation est le remplacement du minuteur par une horloge astronomique sur les conseils de Laurent Vogel (conseiller d'énergie partagée du Pays Terres de Lorraine). A partir d'indications géographiques et temporelles, l'horloge astronomique calcule la position du soleil et détermine alors les instants crépusculaires. C'est à ce moment que sont allumés les lampadaires, pour une utilisation optimale de l'éclairage.

On peut noter ici qu'une autre solution d'allumage des lampadaires est possible. Il s'agit d'une cellule photoélectrique qui allume le lampadaire lorsque le ciel se fait sombre. Encore une fois, un tel dispositif nécessite d'être bien pensé. Ce dispositif n'a pas toujours été fiable à Chaligny, où des habitants l'ont parfois

obstrué ou éclairé via une lampe afin de modifier l'éclairage. De même, à Chaligny, des horloges astronomiques ont été volées. Il s'agit donc d'être prudent dans certaines zones.

Dans le cas de travaux plus importants, tel que le remplacement des mats, il est intéressant de prendre en compte les besoins de la rue, de réfléchir à l'espacement des mats, le choix du spectre d'émission de l'ampoule, le rendu des couleurs en fonction de cette lumière... Une lumière proche de la lumière visible permettra un meilleur rendu, mais une lumière plus chaleureuse serait moins perturbante pour la biodiversité [42]. D'autre part, tant pour éviter la pollution lumineuse du ciel nocturne que des voisins habitants à l'étage, il est important de réduire au maximum l'ULOR (Upward Light Out Ratio), c'est-à-dire la quantité de lumière émise au dessus de l'horizontale. Tous les types de lampadaires ne sont pas égaux de ce point de vue.

Pour finir, dans le cas de mise en valeur de monuments, certaines pratiques permettent de réduire la facture énergétique : adapter l'intensité de l'éclairage au bâtiment (par exemple, la pierre blanche reflète plus la lumière), utiliser l'éclairage avec sobriété ; et l'éteindre à partir d'une certaine heure, quand le public n'est plus présent.

## Quartiers en périphérie de l'agglomération, à éclairage vétuste

### Présentation et diagnostic

Les quartiers en périphérie de l'agglomération ont des contraintes différentes. Ils ont été ajoutés tardivement dans l'agglomération et sont occupés par un public particulier. Malgré cet ajout tardif, certains ont cependant un éclairage vétuste : on y trouve ainsi bien souvent encore des luminaires de type « boule », peu efficaces, gaspilleurs d'énergie et créateur de pollution lumineuse. Nous nous intéresserons ici à deux types de quartiers : les quartiers résidentiels et les zones d'activités.

Les quartiers résidentiels ont souvent une densité plus faible, due à la présence de maisons individuelles et de nombreux jardins. On en regroupe 2 types de quartiers résidentiels différents :

- La cité ouvrière est un « ensemble concerté d'habitat ouvrier, généralement mono-familial ». Les habitants sont assez sensibles en ce qui concerne l'éclairage de leurs rues. Ce type de quartier étant relativement ancien, l'éclairage s'il n'a pas été rénové est une cible prioritaire. En effet, c'est le cas à Chaligny, l'éclairage est celui qui est le plus en mauvais état et le plus consommateur. Nous avons donc choisi d'appliquer le pré-diagnostic OPEPA à ce quartier, malgré un certain manque d'informations. Donc, si avec les informations que nous avons il est tout de même intéressant de le faire, il faut prendre les résultats avec un certain recul. Nous avons fait quelques estimations au niveau du nombre de lampadaires par exemple. (*annexe 3*)
- Le quartier résidentiel du Fond du Val.

Les zones d'activités, quant à elles, sont vidées de tout public la nuit. L'éclairage nocturne de ces lieux a deux raisons principales : le sentiment d'insécurité qui pousse à considérer l'éclairage public comme un remède aux dégradations et aux vols ; ainsi que la volonté de mettre en avant les zones commerciales. Il est à noter que la loi interdit l'éclairage des commerces entre 1 heure du matin et 6 heures [43], cependant il peut être intéressant d'aller plus loin, et au cas par cas de réfléchir à l'utilité de l'éclairage dans certaines zones.

### Propositions de scénarii de rénovation selon les besoins ciblés

Dans les quartiers résidentiels, s'il y a possibilité de rénover, on peut opter pour des luminaires moins consommateurs, comme ceux décrits dans les autres parties, ou pour l'extinction d'un luminaire sur deux (ce qui est difficile à mettre en place sans reconfiguration complète du réseau de distribution électrique). Ici, la priorité est d'éclairer la voirie, et non pas les maisons ou les jardins. L'espacement des mats permet également de réduire l'éclairage. De plus, certains nouveaux mats qui dirigent leur flux lumineux vers le bas diminuent la pollution nocturne. Pour finir, la baisse d'intensité lumineuse est un moyen simple pour baisser la consommation énergétique. L'intensité minimale est bien souvent de 10-15 lux [44] pour raisons de sécurité publique, cependant il est possible de descendre en dessous de 10 lux : aucune étude n'a prouvé le lien entre luminosité et délinquance. Une baisse d'intensité a été faite à Xeuilley : la facture s'est allégée, bien que la différence ne soit quasiment pas détectable à l'oeil nu.

Si la sécurité, notamment due aux transports dans ce quartier nécessite un éclairage constant, il est nécessaire de le prendre en compte. Nous pouvons tout d'abord mentionner certains luminaires qui ne s'allument

que s'ils détectent un usager sur la route. Il peut être également intéressant de réfléchir à une simple baisse d'intensité des lampes en milieu de nuit. Cela peut se régler sur l'armoire électrique ou à distance sur les modèles les plus récents (qui malheureusement ont un coût important). Des aménagements complémentaires peuvent permettre de maintenir la sécurité, tels que des systèmes rétro-réfléchissants, des ralentisseurs, une signalisation particulière, un revêtement plus clair de la chaussée afin d'augmenter la visibilité. [44]

Une solution simple pour faire des économies d'énergie est de ne pas négliger la maintenance du réseau d'éclairage dans ces quartiers en périphérie. Un nettoyage régulier des luminaires permet un éclairage plus important. [44]

Ces remarques sont applicables aux zones d'activités. Il est nécessaire de juger au cas par cas de l'utilité de l'éclairage de ces zones selon leur situation : sont-elles traversées par des véhicules de nuit ? Par des piétons ? Un éclairage intense est-il nécessaire par sécurité ? Si l'éclairage privé des bâtiments souhaite être conservé à proximité des commerces, c'est à eux d'entamer une réflexion sur l'éclairage afin d'attirer la clientèle tout en gaspillant le moins d'énergie possible. Une extinction nocturne ou une baisse d'intensité peuvent être envisagées après 23 heures, quand la traversée des zones commerciales est plus rare, plutôt qu'après 1 heure comme l'indique la loi. [43]

Le diagnostic OPEPA propose un certain nombre de solutions et estime leur impact sur la consommation énergétique ainsi que le retour sur investissement (*annexe 2*). Les solutions proposées sont :

- l'extinction nocturne, dont on a les avantages énergétiques et économiques mais avec des problématiques évoquées précédemment.
- Le remplacement d'ampoule : par des SHP à 50 W par exemple.
- Le remplacement complet du luminaire
- Le remplacement complet du luminaire avec module de gradation ou de bi-puissance

## Quartiers à éclairage récemment rénovés

On se focalise plus particulièrement ici sur l'éclairage à LED qui est une technologie qui progresse dans l'éclairage public. A Xeuilley comme à Chaligny, on peut avoir un premier retour sur ce type d'éclairage.

### Présentation et diagnostic

A Xeuilley, un tiers de l'éclairage est composé de LED. Leur première installation a été réalisée en 2012 dans la rue Sous-Les-Vignes. Les deux autres zones où a été installée cette technologie sont le lotissement du Hureau et le lotissement du Lacé.

L'ensemble de l'installation diffère du reste du village. Il s'agit de mâts de 6 mètres espacés de 30 mètres chacun, disposés sur un seul côté de la voirie (l'orientation des ampoules permet un bon éclairage de l'ensemble de la rue). Ces lampadaires actuellement en place ont aussi remplacé deux projecteurs de 400 watt, et 3 lampadaires de 100 watt dans la rue menant au Hureau. Enfin, la commune a mis en place une réduction de 50% de la puissance fournie aux LED durant la nuit, entre 23 heures et 5 heures du matin. Comme il a été écrit plus haut, aux dires des élus qui nous ont reçu, l'abaissement de l'éclairage est quasiment insensible lors de cette période, à l'inverse de l'abaissement de la consommation.

L'éclairage LED de Chaligny est du même acabit. Il s'agit de mâts supportant plusieurs luminaires. Ces luminaires possèdent deux plaquettes de LED. Quelques lampes d'éclairage public sont également présents au sol. Il est à noter qu'une seule plaquette de LED n'assurait pas une intensité lumineuse assez importante, d'où le choix de mettre deux plaquettes de LED plutôt qu'une. Cette décision fut prise par la commune lors de l'installation.



Lampadaire équipé de LED à Xeuilley

## Rénovations mises en place : avantages et inconvénients rencontrés

On ne cherche pas à évoquer de rénovations possibles sur des éléments aussi récents. Néanmoins, il est possible de faire attention à quelques points à propos de ces nouvelles technologies. Si à Xeuilley, il n'est pas ressorti de réticence quant à l'éclairage LED, à Chaligny, des habitants se plaignaient d'un éclairage trop intense. Par ailleurs, ces éclairages sont souvent plus brillants et éblouissants.

On peut aussi discuter des motivations qui poussent les communes à mettre en place ces travaux. Lors de rencontres, des problèmes liés ont été évoqués. Certaines communes en sont dépendantes, et leur distribution peut être hétérogène. Ainsi, des communes possédant de vieux éclairages au mercure ne sont pas toujours prioritaires face à des communes à l'éclairage récemment rénové. Or les normes concernant le type d'éclairage public imposent un changement de ces luminaires.

## Des exemples de solutions financièrement intéressantes : Xeuilley et Pulligny

Avant de se lancer dans la rénovation, un pronostic des résultats en terme de consommation a été dressé par l'entreprise Stéphane Pariset. C'est notamment ce pronostic qui a permis au projet d'être retenu pour le label TEP-CV, et d'obtenir l'appui financier qui s'ensuit.

	Avant	Après	Économie réalisée (net et pourcentage)
Puissance installée (W)	15480 W	9170,7 W	6309,3 W soit 40,76 % d'économie
Eclairage annuel (h)	4200 h	4018 h	182 h économie : 4,33%
Energie consommée (kWh)	65016 kWh	36848 kWh	28168 kWh économie : 43,32%
Abonnement (€TTC)	1 773,67 €	1 050,76 €	722,91 € économie : 40,76%
Coût de l'énergie (€TTC)	6 145,47 €	3 482,95 €	2662,52 € économie : 43,32%
Total Facture TTC	7 919,15 €	4 533,72 €	3385,43 € économie : 42,75%

Cette rénovation permet donc une économie générale de 40% en moyenne de la consommation d'énergie. Cette réduction de la consommation se répercute directement sur le budget alloué à l'éclairage. Cette amélioration est toujours intéressante. En effet, bien qu'en moyenne en France l'éclairage public ne compte que pour 17% des dépenses en énergie, c'est 41% de la facture électrique des communes. De plus, d'un point de vue écologique, on peut compter sur de nombreux autres effets d'un éclairage repensé [34]. De telles performances sur de nombreuses communes permettrait aussi de réduire de manière assez importante la consommation énergétique globale.

Dans la commune de Pulligny, des propositions sont faites pour le changement d'éclairage.

Nous avons récupéré les devis réalisés par l'entreprise Stéphane Pariset. Une conversion de l'éclairage de la commune vers un éclairage LED, permettrait de réaliser des économies de consommation énergétique, ainsi que des économies financières.

La facture totale de la commune pour l'éclairage public comprend les frais TTC de l'abonnement ainsi que les frais TTC de l'énergie consommée.

La situation actuelle diagnostiquée est la suivante :

Facture totale de  
la commune :  
**15 172,03**  
**€TTC/an**

Energie  
consommée :  
**126 420**  
**kWh**

**4200 h** de  
fonctionnement à  
une puissance de  
**30,1 kW**

Avec la solution LED, on obtient les chiffres suivants :

Facture totale de  
la commune :  
**7 031,55**  
**€TTC/an**

Energie  
consommée :  
**58 590**  
**kWh**

**4200 h** de  
fonctionnement à  
une puissance de  
**13,95 kW**

La facture énergétique de la commune concernant l'éclairage public serait donc diminuée de moitié environ.

---

## *Conclusion*

---

La gestion de notre consommation énergétique est un défi majeur aujourd'hui. Elle nous interroge notamment sur la durabilité de nos modes de vie et notre dépendance aux énergies fossiles. On dresse le constat que le modèle actuel n'est pas optimal. Face à ces enjeux généraux, des citoyens se mobilisent, et des actions qui cherchent à fédérer les acteurs concernés se mettent en place au niveau local et national. Le réseau TEPos, en cherchant à rassembler des collectivités autour d'un même projet de production et de consommation durables d'énergie, en est un exemple. Impliquées dans ce projet, les communes peuvent amorcer les diagnostics préalables permettant de mieux analyser l'usage de leur énergie. De nombreuses solutions et d'innovations techniques existent déjà ou sont en projet pour répondre aux problèmes soulevés par les diagnostics. C'est en tout cas la dynamique en cours sur la Communauté de Communes de Moselle et Madon. En dressant un premier bilan commune par commune et bâtiment par bâtiment de ses consommations énergétiques, elle s'inscrit dans la dynamique portée par le pays Terre de Lorraine visant à devenir un territoire à énergie positive. En se centrant sur l'éclairage public, l'étude des données collectées permet d'avoir une vue d'ensemble des consommations et souligne les villes où il faut agir en priorité. Une analyse plus poussée permet d'envisager les solutions les plus judicieuses. Pour cela, nous disposons d'outils adaptés tels que le diagnostic OPEPA. Des rénovations adaptées à la situation et à la volonté politique et écologique sont ensuite possibles. Bien que la rénovation de l'éclairage public semble être un poids dans le budget d'une commune, il faut garder en tête que, comme toute amélioration qui a lieu dans le cadre du développement durable, les retombées bénéfiques sont économiques, écologiques et sociales.

Sites internet

**[1] Site national de TEPOS :**

<http://www.territoires-energie-positive.fr/>

**[2] Site du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie**

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Un-territoire-a-energie-positive.html>

**[5] Site de la communauté de communes de Moselle et Madon**

<http://www.cc-mosellemadon.fr/>, 2015

[http://www.cc-mosellemadon.fr/files/2015-01/projet\\_de\\_territoire.pdf](http://www.cc-mosellemadon.fr/files/2015-01/projet_de_territoire.pdf), 2015

**[7] Agence Française de l'éclairage**

<http://afe-eclairage.fr>

**[8] Données sur la consommation, agence internationale de l'énergie :**

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Ressources\\_et\\_consommation\\_%C3%A9nerg%C3%A9tiques\\_mondiales](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ressources_et_consommation_%C3%A9nerg%C3%A9tiques_mondiales), 2016

<http://www.iea.org/>, 2016

**[9] UNEP : United Nations Environment Programs**

<http://www.unep.org>

**[16] :** <http://www.ademe.fr/connaître>

**[17] :** <http://www.diagademe.fr/diagademe/vues/accueil/documentation.jsf>

**[18] OPEPA, ADEME**

<http://opepa.ademe.fr/>

**[19]** Article L271-4 du Code de la construction et de l'habitation

**[20]** Article R134-2 partie réglementaire du Code de la construction et de l'habitation

**[21] La Biovallée**

1. <http://www.biovallee.fr>

2. <http://www.colibrienergie.com/>

**[22]** <http://www.nuitfrance.fr/?page=extinctions&partie=statistiques>

**[24]** <http://www.afe-eclairage.fr/docs/2015/11/17/11-17-15-3-56->

[Eclairage\\_public\\_comparatif\\_solutions\\_pour\\_realiser\\_economies\\_Fiche\\_AFE\\_2015.pdf](Eclairage_public_comparatif_solutions_pour_realiser_economies_Fiche_AFE_2015.pdf)

**[26]** [http://www.afe-eclairage.fr/docs/2015/11/17/11-17-15-3-50-Eclairage\\_collectivites\\_chiffres\\_cles.pdf](http://www.afe-eclairage.fr/docs/2015/11/17/11-17-15-3-50-Eclairage_collectivites_chiffres_cles.pdf)

**[27] Projets Lorraine**

<http://www.eie-lorraine.fr/leie-ouest-54-accompagne-la-demarche-vers-des-territoires-a-energie-positive/>

<http://www.eie-lorraine.fr/145-familles-a-energie-positive-en-lorraine/>

<http://lorraine.familles-a-energie-positive.fr/fr/familles-a-energie-positive-c-est-quoi-5308.html>

**[28] Exemples de territoires**

<http://www.territoires-energie-positive.fr/content/view/full/159266>

<http://www.thouars-communaute.fr/>

**[29] Le parc TIPER**

<http://www.tiper.fr/projet.html>

**[30] La Bouzule**

[http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/plateforme\\_methanisationw.pdf](http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/plateforme_methanisationw.pdf)

**[31]** <http://cpl.asso.fr/actus/vers-des-territoires-%C3%A0-%C3%A9nergie-positive-colloque-du-pays-terres-de-lorraine>

**[33]** <http://darksky.org/idsp/>

**[34]** [http://www.anpcen.fr/?id\\_rub=11](http://www.anpcen.fr/?id_rub=11)

**[35]** [http://www.anpcen.fr/?id\\_rub=96&id\\_ss\\_rub=115](http://www.anpcen.fr/?id_rub=96&id_ss_rub=115)

**[36]** [http://www.anpcen.fr/index.php5?id\\_rub=19](http://www.anpcen.fr/index.php5?id_rub=19)

**[37]** [http://www.lemonde.fr/festival/article/2015/06/10/des-bacteries-lumineuses-pour-eclairer-la-ville-du-futur\\_4651321\\_4415198.html](http://www.lemonde.fr/festival/article/2015/06/10/des-bacteries-lumineuses-pour-eclairer-la-ville-du-futur_4651321_4415198.html) et <http://www.glowee.fr/>

**[39] Ministère des Services publics et de l'Approvisionnement (Canada)**

<http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/>

**[40] Associations**

<http://www.effinergie.org/>

**[41]** [http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/10/07/comment-reduire-sa-consommation\\_1250570\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2009/10/07/comment-reduire-sa-consommation_1250570_3244.html)

[42] : site de l'AFE - Eclairage public et insécurité [http://www.afe-eclairage.fr/docs/2014/12/09/12-09-14-11-11-eclairage\\_public\\_et\\_insecurite\\_securite.pdf](http://www.afe-eclairage.fr/docs/2014/12/09/12-09-14-11-11-eclairage_public_et_insecurite_securite.pdf)

Autres sources :

**[3] Qu'est-ce qu'un TEPCV ?**

Vidéo : France Ecologie Energie

**[4]** *100% Territoires à Energie Positive, En route vers des Territoires à Energie Positive en Europe : Motivations, Démarches, Témoignages*. Publication : Isabelle Meiffren. Sortie : 31/03/2015

**[6]** questionnaire rempli par les communes

**[23]** R. COUILLET, *Éclairage des espaces publics*, 2014, Édition le Moniteur, pp. 131, ISBN 978-2-281-11754-7

**[25]** R. COUILLET, *Éclairage des espaces publics*, 2014, Édition le Moniteur, pp. 137, ISBN 978-2-281-11754-7

**[32]** R. NARBONI, *Les éclairages des villes vers un urbanisme nocturne*, 2012, Infolio, pp. 9,11, ISBN 978-2-88474-645-8

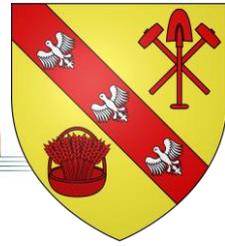
**[38] : Carte ign**

<http://tab.geoportail.fr>

**[43]** MEB-ancpen : P. THIEVENT et al., Eclairage du 21ème siècle et biodiversité, *LES CAHIERS DE BIODIV'2050 : COMPRENDRE*, numéro 6, juillet 2015, pp. 39 (version pdf [http://www.ancpen.fr/docs/20150705154513\\_gnxyp6\\_doc167.pdf](http://www.ancpen.fr/docs/20150705154513_gnxyp6_doc167.pdf))

**[44]** Charte en faveur d'un éclairage raisonné sur le territoire de Grenoble-Alpes Métropole <http://www.rhone-alpes.ademe.fr/sites/default/files/image/Encarts/cahier-technique-recommandations-eclairage-exterieur.pdf>

**[45]** Site de Légifrance : Arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027003910>



#### **PARTENAIRES :**

- Communauté de communes de Moselle et Madon
- Mairie de Chaligny
- Mairie de Xeulley

#### **TUTEURS UNIVERSITAIRES :**

- Frantz FOURNIER
- Yves LEROUX
- Sophie JOMINET

#### **ELEVES INGENIEURS :**

- Mélanie BUISSON
- Léa COLLIN
- Théo JESPAS
- Guillaume LECOQ
- Samuel MITAIS
- Paul-André VERDON
- Leah WARTHER

## Annexe 1 : Exemple de questionnaire envoyé aux communes

### BÂTIMENTS ET ECLAIRAGES PUBLICS :

#### ENSEMBLEMENT DES CONSOMMATIONS ET DEPENSES ENERGETIQUES DES COMMUNES DE MOSELLE ET MAD

BATIMENTS	surface plancher en m <sup>2</sup> *	Type d'énergie utilisée pour le chauffage (gaz, fioul, élec...)	Elec	Gaz	Nbre de Kwatt/heure totaux consommés en 2014 - année complète** ( tous types d'énergie confondus : éclairage bâtiments, alimentation électricité, chauffage...)
Ecole du Mont	1435	Gaz	9 865	16 477	26 342
Ecole du Centre	530	Gaz	4 245	61 941	66 186
Ecole du Val Fleurion	581	Gaz	22 915	107 737	130 652
Ecole Banvoie	1230	Gaz	14 793	216 848	231 641
Total Ecoles	3776		51 818	403 003	454 821
Mairie	562	Gaz	8 773	99 191	107 964
Crèche	428	Gaz	42 525	51 356	93 881
Foyer des Jeunes	106	Gaz	6 157	31 306	37 463
Foyer des anciens	140	Gaz	691	41 642	42 333
salle polyvalente	425	Electricité	31 869	4 227	36 096
Salle de musique	150	Electricité	23 779		23 779
Salle des associations	40	Electricité	10 386		10 386
Total Salles	615		66 725		66 725
Vestiaires foot	241	Electricité	23 667		23 667
Hangar communal	390		7 693		7 693
Atelier communal	75	Electricité	187		187

\* En cas de difficulté pour déterminer la surface, se référer à votre contrat d'assurance

\*\* Pour info : 1 litre de fioul = 10 kwatt/heure

	linéaire de voirie en km	nombre de points	Kwatt/heure consommés en 2014 - année
<b>ECLAIRAGE PUBLIC</b>	15	589	374 043

## Annexe 2 – 3 : Pré-Diagnostic OPEPA

Nous avons effectué sur internet un pré-diagnostic OPEPA pour deux secteurs d'éclairage. Ces résultats présentent une estimation grossière des économies possibles suivant 3 scénarios de rénovation : - L'extinction nocturne partielle

- Le remplacement de la source et de l'appareillage (tout en gardant le mat)
- Remplacement complet du luminaire avec module de bi-puissance

Chacun de ces scénarios est présenté pour deux types d'ampoules : les ampoules à vapeur de sodium haute-pression (SHV) et les LED.

Les secteurs pris en compte sont respectivement le village de Xeulley à l'éclairage SHV, et un exemple de rue que l'on peut trouver à la cité ouvrière de Chaligny. Voici les éléments que nous avons pris en compte. Il est à noter que ceux-ci ne sont pas assez précis, nous avons rempli le questionnaire à partir

des informations que nous avons à disposition. Il serait intéressant de refaire ce diagnostic avec plus d'indications pour une estimation plus précise.

Estimation d'après les données récupérées à Xeuilley (or quartiers résidentiels) :

Type de rue	Voie secondaire ou transversale (15 lux)
Nombre de foyer lumineux identiques	110 (chiffre récupéré des questionnaires)
Nature de la source lumineuse	Sodium Haute Pression
Puissance de la source (watt)	100
Nature de l'appareillage	Ferromagnétique avec amorceur et condensateur
Nature des luminaires	 Fonctionnel
Type d'allumage-extinction	Horloge non astronomique
Etat du luminaire	Moyen

Estimation d'après les données récupérées à la cité ouvrière de Chaligny, pour une rue :

Type de rue	Voie résidentielle ou de lotissement (7,5 lux)
Nombre de foyer lumineux identiques	30
Nature de la source lumineuse	Sodium Haute Pression
Puissance de la source (watt)	70
Nature de l'appareillage	Ferromagnétique avec amorceur et condensateur
Nature des luminaires	 Résidentiel vétuste avec lampe verticale sans paralume
Type d'allumage-extinction	Horloge non astronomique
Etat du luminaire	Mauvais

**Pour une question de format, le diagnostic OPEPA n'est disponible que sous version papier.**

## Annexe 4 : Plan communal de Chaligny

**Pour une question de format, le plan communal de Chaligny n'est disponible que sous version papier.**