

4 - PLAN D' ACTIONS

4.1 SELECTION DES ZONES-TESTS

Afin d'identifier des actions précises de maîtrise de la demande d'électricité ou de mise en place d'installations de production d'électricité (ou de chaleur) par les énergies renouvelables, cette étude intègre, suite au bilan régional, un travail beaucoup plus proche du terrain sur des « zones-tests ». Ces zones, dont le mode de sélection est présenté ci-après, ont été définies en fonction des enjeux intéressants qu'elles représentent sur ces thèmes.

L'objectif du travail sur les zones tests est de proposer des actions phares, bien adaptées aux réalités des besoins locaux. Une mise en œuvre rapide de ces actions permettra ensuite de démontrer plus en avant au acteurs locaux la faisabilité et la pertinence de ces solutions, et de créer ainsi une dynamique autour de l'étude de potentiel réalisée pour l'ensemble de la Région.

4.1.1) Méthode de sélection des zones : l'analyse géostatistique

La sélection de zones présentant un potentiel d'actions intéressant consiste à déployer un ensemble de méthodes qui constituent l'analyse géostatistique de la demande et du réseau³¹. Le principe directeur est que les actions de MDE et PDE peuvent être facilitées par une bonne compréhension des logiques territoriales sur le plan des réseaux et des déterminants de la demande. L'analyse statistique devient alors indispensable pour synthétiser un grand nombre d'indicateurs provenant de sources variées.

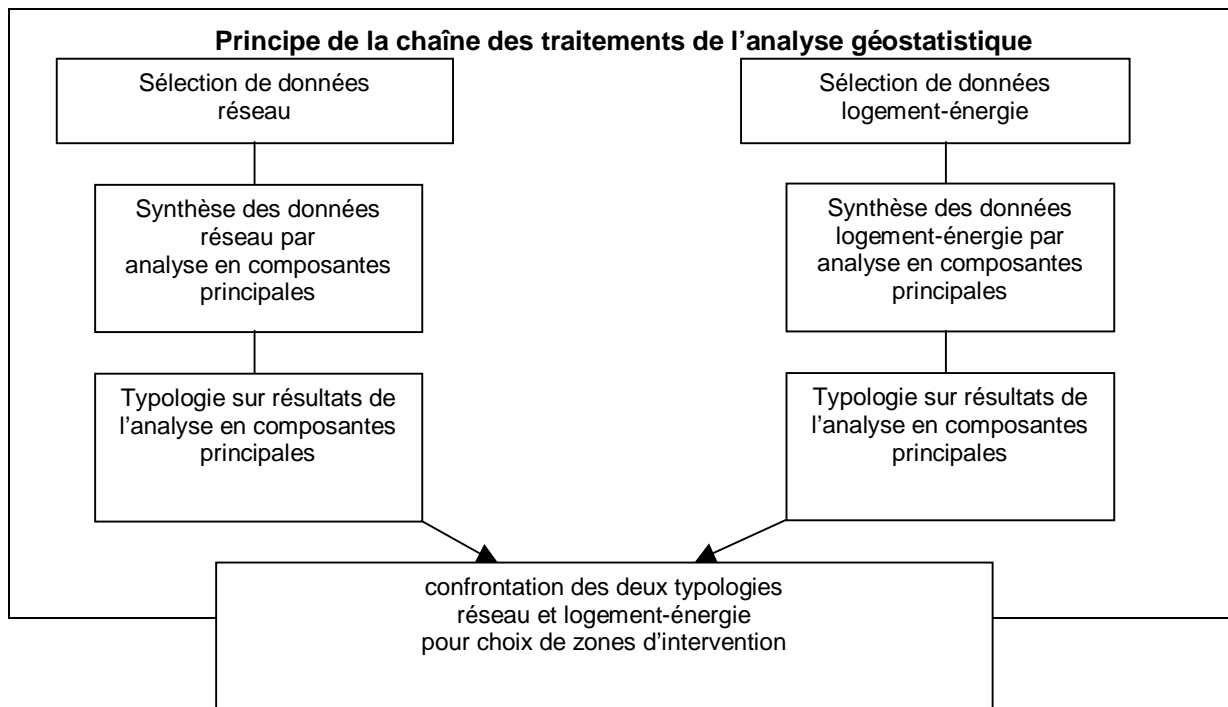
L'analyse géostatistique menée ici a pour but essentiel de fournir un jeu de zonages du réseau et de la demande qui sera la base du choix de zones d'actions articulées sur les zonages institutionnels préexistants.

Sur le plan technique, l'analyse géostatistique repose sur deux exercices de zonage menés en parallèle avec les mêmes méthodes mais sur deux jeux de données différents. Le premier champ de données est celui du réseau (source : GDO), le second, celui des données du logement et des consommations d'énergies (sources : INSEE ; EDF et traitements Explicit). Les deux zonages sont ensuite confrontés pour élaborer un choix réfléchi de zones d'actions qui combinent des caractéristiques intéressantes sur les deux plans et s'intègrent dans le contour d'un syndicat primaire d'électrification.

³¹ Cette chaîne de traitement a été construite dans le cadre d'un travail de thèse cofinancé par l'ADEME et EDF sur le département test de la Mayenne (de Gouvello et Nadaud, 2000, 2001). Les méthodes employées ici sont plus évoluées mais respectent le principe unificateur de l'analyse géostatistique.

☆ Présentation de la chaîne de traitement

La chaîne des traitements est résumée dans le schéma suivant.



4.1.2) Présentation de l'Analyse en Composantes Principales : principe et intérêt

L'analyse en composantes principales se place dans un corpus de méthodes dites multidimensionnelles, dans le sens où elles généralisent les notions communes de moyenne et variance à de nombreuses variables ou dimensions (d'où leur nom). L'encart suivant est une présentation non technique des principes génériques de ces méthodes.

Introduction rapide à l'analyse factorielle des données

Les méthodes d'analyse factorielle des données se placent dans la continuité de l'analyse statistique descriptive classique. Elles en sont une extension à un nombre de dimensions arbitraire : en statistique descriptive, on arrive à caractériser une variable ou un couple de variables à l'aide de la notion de covariance et de corrélation. L'analyse factorielle des données s'intéresse aux relations entre plus de deux variables.

Le principe élémentaire des méthodes d'analyse des données est de rechercher une description la plus synthétique possible des liaisons existant entre tous les couples de variables considérés dans un tableau de données. Pour cela, elles décomposent les liaisons entre les variables d'un tableau de données selon des critères de représentation optimale de ces liaisons. On cherche alors à construire de nouvelles variables appelées **facteurs** qui représentent de manière optimale les liaisons qui existent dans le tableau de données originales et telles que ces variables soient non corrélées : elles forment donc un système d'axes synthétiques deux à deux orthonormés.

Ces nouvelles variables synthétisent de manière optimale la structure de corrélation des données originales.

Nous utilisons dans les développements qui suivent deux méthodes :

- a) **l'Analyse en Composantes Principales (ACP)** qui permet d'analyser des tableaux composés de variables d'unités différentes
- b) **l'Analyse Factorielle des Correspondances simple (AFC)** qui permet d'analyser des tableaux de contingence, c'est-à-dire dont les éléments admettent une même unité de mesure (nombre de DMA, ou dépenses)

L'ACP est une méthode commode pour comprendre la structure des liaisons de plusieurs variables hétérogènes ; en ce sens elle constitue une décomposition optimale de la structure de corrélation présente dans un tableau de données.

L'AFC décrit une structure de corrélation des données en terme d'écart à l'hypothèse d'indépendance entre les variables, ainsi les facteurs expriment des distances entre profils de variables.

La différence entre les deux méthodes repose sur la définition des **distances entre individus statistiques** (dans la présente étude, il s'agit des départements en régime d'électrification rurale). Dans le cas de l'ACP, c'est la **distance euclidienne usuelle**, tandis que

pour l'AFC c'est la **distance du χ^2** , soit encore la distance à l'indépendance des profils entre deux modalités différentes. Cette distance, moins intuitive, est néanmoins très utilisée en statistique, son usage dans un contexte d'inférence statistique permet de tester les relations d'indépendance entre différents caractères, par le biais de tests dits d'indépendance.

Pour une présentation technique plus complète nous recommandons l'ouvrage de Bry (1997). Une présentation plus générale et très théorique se trouve dans Saporta (1990).

Rappelons toutefois que l'on appelle **variables actives** celles qui servent dans le calcul des facteurs.

Les **variables illustratives** sont des variables externes à l'analyse (c'est-à-dire qui ne servent pas dans le calcul) que place dans les résultats des axes factoriels afin d'illustrer les relations entre un thème externe à l'analyse.

Les méthodes factorielles ont deux vertus principales : elles synthétisent remarquablement des relations complexes entre de grands ensembles de données ; elles retirent très efficacement le bruit des données initiales. Ces deux qualités permettent de dresser des typologies homogènes très facilement.

Une application particulièrement importante de l'ACP dans le domaine public est la compression d'images satellitaires, tant géographiques que géologiques par exemple. En règle générale, 90 % de la structure d'une image se trouve résumée sur les trois premiers facteurs (ou axes) d'une ACP.

Le lecteur intéressé par les aspects plus techniques pourra consulter l'ouvrage majeur de Saporta (1990), au demeurant très théorique mais néanmoins intéressant pour le pont qu'il établit entre la statistique inférentielle et l'analyse des données « à la française ». Pour les méthodes factorielles proprement dites, on consultera avec profit les deux tomes de Bry (1996), en commençant avec les analyses factorielles simples. Pour les praticiens de l'analyse des données nous préconisons les ouvrages du CISIA, société éditrice du logiciel SPAD-N. L'auteur de ces analyses peut être consulté sur les références supplémentaires sur ce sujet passionnant.

L'intérêt de l'ACP dans cette étude se situe sur plusieurs plans :

- (1) faire émerger de manière claire la complexité des inter relations entre un grand nombre de variables mesurées sur un grand nombre d'individus (ici des communes) ;
- (2) construire de nouvelles variables (les composantes principales) qui représentent ces associations dans un système synthétique d'axes orthogonaux deux à deux ;
- (3) synthétiser les relations structurantes entre variables par ordre d'importance de ces relations : plus les axes sont profonds (de rang élevé), moins l'information qu'ils portent est structurante ;
- (4) débruiter les données par l'extraction des relations les plus systématiques et l'élimination du bruit présent dans les données.

Les vertus de l'ACP nous permettront d'obtenir une image plus claire de la structure de corrélation des données utilisées lors du calcul et comprendre quelles sont les relations les plus importantes. A l'issue de l'ACP nous serons en mesure de retenir un nombre plus limité de composantes principales sur lesquelles seront réalisées les typologies.

☆ Les variables retenues dans les deux ACP

Le choix des variables qui entrent dans le calcul est crucial pour la suite des traitements. Pour une approche plus pragmatique, nous avons choisi de retenir des variables réseau pour leur importance dans l'approche MDE/PDE. Nous estimons que les variables les plus pertinentes sur le plan des impacts sur les réseaux sont celles qui sont liées aux modes de consommation de l'énergie, c'est pourquoi nous avons retenu une ACP sur les données relatives aux logements et aux consommations d'électricité dans les communes.

a) Les variables de l'ACP réseau

Les variables que nous utilisons sont en **part relative** (pourcentage) **par commune**.

Le tableau suivant présente la liste des variables de l'ACP réseau accompagnée des statistiques élémentaires (minimum, maximum, moyenne et écart-type).

Variables	MIN	MAX	MOYENNE	ECARTYPE
Taux de lignes en fil nu	0	93	11	13
Taux de lignes en torsadé	0	100	69	20
Taux de lignes en souterrain	0	100	20	18
Taux de lignes en contrainte	0	79	7	9
Taux de lignes en fil nu de faible section	0	53	2	4
Taux de départs en contrainte	0	100	2	6
Taux de clients en contrainte	0	60	2	4
Taux de départs en précontrainte	0	100	9	12
Taux de clients en précontrainte	0	71	7	10
Taux de départs vides (sans clients rattachés)	0	55	5	8

Les variables sont cohérentes, aucune part relative ne dépasse 100 %. La moyenne du taux de départs en contraintes et de 2% ; elle est de 9% pour les départs en précontraintes. La variabilité est plus importante pour les contraintes et précontraintes que pour la structure des réseaux par type de conducteur. Enfin, on note la présence de près de 5 % de départs sans clients rattachés, le maximum atteignant le taux étonnant de 55 %.

b) les variables de l'ACP logement-énergie

Le tableau suivant reprend la liste des variables de l'ACP logement-énergie et leurs statistiques élémentaires.

Variables	MIN	MAX	MOYENNE	ECARTYPE
Taux de résidences principales construites après 1975	0	80	20	14
Taux de résidences principales construites avant 1975	16	91	52	10
Taux de résidences principales maisons individuelles	12	99	67	14
Taux de résidences principales tout électrique	0	38	9	6
Taux de résidences principales chauffées au gaz naturel	0	69	5	13
Taux de résidences secondaires	0	76	20	13
Taux de résidences secondaires tout électrique	0	29	3	3
Part de la consommation d'énergie industrielle	0	96	4	13
Part de la consommation d'énergie tertiaire	0	71	10	9
Part de la consommation d'énergie résidentielle	4	100	87	16
Taux de croissance de la population entre 1990 et 1999	-40	126	3	13

Les taux sont parfois très élevés mais les écart-types sont généralement plus faibles que les moyennes : les variations autour de la moyenne sont relativement faibles. On note toutefois les écarts très importants des taux de croissance de la population entre 1990 et 1999, bien que ce taux soit faible en moyenne (3 %).

★ Les Résultats des ACP réseau et logement-énergie

Les principaux enseignements obtenus par les deux ACP successives sont présentés en annexe. La description est essentiellement non technique et a pour but de décrire comment les données se structurent dans les deux analyses. Comme il a été dit plus haut, cette étape n'est pas indispensable pour la compréhension des résultats finaux. Pour plus de lisibilité, nous présentons directement les interprétations des zonages issus des ACP.

★ En guise de conclusion sur les ACP

Les deux ACP ont permis de mieux expliciter la structure des liaisons entre les variables des deux tableaux de données réseau et logement-énergie. L'interprétation séparée des axes montre que les ACP capturent l'essentiel des liaisons qui nous intéressent dans une optique de MDE : contraintes et précontraintes sur les réseaux, présences de résidences principales chauffées à l'électricité, de résidences secondaires, importance relative des consommations d'énergie industrielles et domestiques pour le logement-énergie. Nous avons décidé de ne retenir que les trois premiers axes d'inertie de chacune d'elle pour réaliser les typologies. Etant donné que pour les deux ACP le pourcentage de variabilité de l'ensemble des données est identique (68 %), nous avons un bon résumé statistique bien que certains éléments soient peut-être gommés. Cependant, en examinant les tableaux de corrélation entre variables et facteurs, nous pouvons voir que ces éléments sont partiellement pris en compte sur les axes précédents mais de manière atténuée : avec des corrélations plus faibles.

Rappelons enfin que nous aurions pu faire une ACP simultanée des deux thèmes réseau et logement-énergie. Ce raccourci comporte quelques risques, notamment le fait qu'un thème s'impose par rapport à l'autre, le risque le plus élevé étant que le thème réseau puisse être masqué par le thème logement-énergie. La pratique actuelle de l'analyse des données préconise de faire dans ce cas des analyses dites de co-

inertie qui permettent de mélanger plusieurs thèmes sans que l'un supplante l'autre, par le biais de pondérations spéciales des tableaux de données. Ces méthodes ont l'avantage de constituer le bon angle d'approche, cependant, si leur mise en œuvre n'est pas plus compliquée sur le plan formel, leur interprétation est beaucoup plus délicate. Il nous paraît plus simple et surtout d'un point de vue opérationnel plus clair d'effectuer deux ACP séparées qui seront confrontées pour sélectionner des zones d'intervention.

4.1.3) Méthode d'agrégation sous contrainte de voisinage

Munis des composantes principales des deux ACP réseau et logement-énergie, nous allons réaliser une classification des communes en groupes homogènes. Cette étape recourt à des méthodes de classification automatique dont les grandes lignes sont présentées de manière non technique dans l'encart suivant.

La classification automatique

La classification automatique est une branche à part entière de la statistique. Cette discipline doit son essor aux progrès de l'informatique qui demeure le seul moyen d'appliquer efficacement ses méthodes. La classification automatique se situe donc au confluent de l'algorithmique, de l'informatique et des statistiques. La classification automatique vise à répondre à la question du **classement de nombreux individus en groupes homogènes**. Cette question se pose dans de très nombreux contextes, c'est ce qui explique la véritable explosion des méthodes de classification automatique depuis les années 1960.

La pratique de la classification automatique admet une grande variabilité en fonction des problèmes posés, de la nature des données à classer et de l'efficacité numérique des méthodes. Un point important est que certains auteurs préfèrent travailler sur les données brutes tandis que d'autres préfèrent filtrer les données par une analyse factorielle préalable. La seconde approche est celle qui prévaut dans l'école française de l'analyse des données, c'est elle que nous utilisons. Cette pratique « à la française » montre que les classes trouvées sont plus clairement séparées et donc interprétables.

Les principes généraux de la classification automatique font appel à deux notions primordiales :

- (1) la définition d'une **distance** entre les objets à classer ;
- (2) et d'une **règle d'agrégation** qui permet de constituer les classes.

La combinaison de ces deux principes unificateurs définit presque entièrement les méthodes de classification. Nous décrivons deux catégories. Le choix précis des méthodes combine un ensemble de considérations dont principalement le temps de calcul nécessaire au vu du nombre d'objets à classer.

On distingue couramment deux catégories d'algorithmes de classification :

- (1) les algorithmes agglomératifs ;
- (2) les algorithmes à initialisation aléatoire.

Le premier type d'algorithme suppose que chaque objet forme une classe distincte pour agglomérer les objets progressivement jusqu'à ce que tous soient rassemblés en une seule classe. Par construction, les classes formées sont emboîtées les unes dans les autres ce qui explique le nom de l'algorithme. Les algorithmes hiérarchiques ont pour avantage de permettre de ne pas fixer à l'avance le nombre de classes : celui-ci se lie sur un « arbre d'agrégation » qui résume le déroulement du processus d'agglomération.

Le second type d'algorithme sélectionne au hasard des centres de classes puis utilise la distance pour former des groupes homogènes par agglomération. Ces algorithmes ont pour principal avantage la rapidité d'exécution ainsi que la possibilité de répéter le processus afin d'en tester la stabilité. Leur désavantage est qu'il faut leur préciser un nombre de classes à l'avance, en outre, ils ne fournissent pas un critère de sélection claire du nombre de classes : il faut procéder par essai erreur, à moins d'avoir une idée du nombre optimal de classes.

Notre pratique est de procéder à une classification hiérarchique, de sélectionner le nombre de classe pertinent puis à le valider par une méthode du second type appelée nuées dynamiques. Si les deux partitions diffèrent trop nous en cherchons une nouvelle.

Les méthodes de classification automatique ne tiennent pas compte de l'information géographique présente dans les données. Cet inconvénient est particulièrement gênant lorsque la géographie est une caractéristique porteuse de sens pour les données.

Plusieurs raffinements des méthodes de classification ont été proposés pour tenir compte de l'information géographique, nous en évoquons trois que nous avons utilisé couramment :

- (1) la classification avec coordonnées spatiales pondérées (Berry, 1966 ; Calciu, 1995) ;
- (2) la classification sous contrainte de contiguïté (Lebart, 1978) ;
- (3) la classification probabiliste avec contrainte de voisinage (Ambroise et al., 1997)

Ces trois méthodes sont de complexité croissante.

La première consiste à effectuer une classification avec un algorithme classique mais en ajoutant les coordonnées spatiales des individus en variables supplémentaires. L'avantage est la simplicité d'exécution, l'inconvénient l'absence de justification claire du procédé. Ces algorithmes sont principalement utilisés dans le domaine de l'écologie. Ils tendent à être supplantés par des algorithmes plus sophistiqués.

La seconde méthode consiste à effectuer la classification sur un « graphe de contiguïté » qui code numériquement les relations de voisinage entre les objets. L'avantage de cette méthode est sa rapidité puisque le nombre de voisins est toujours beaucoup plus limité que le nombre total d'objets à classer. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle tend à séparer dans des classes différentes des objets éloignés dans l'espace mais très similaires sur le plan statistique : elle tend à privilégier la proximité géographique au détriment de l'homogénéité statistique.

La troisième méthode est la plus évoluée mais aussi la plus complexe. Elle est basée sur l'algorithme « Estimation Maximisation » (EM) qui est fondé sur la notion de vraisemblance classifiante associée aux partitions. Cet algorithme a pour avantage de donner des fondements statistiques beaucoup plus sûrs aux méthodes de classification en raison de l'interprétation probabiliste de son fonctionnement. L'algorithme NEM que nous avons employé permet de tenir compte de la proximité géographique via un terme de régularisation spatiale ajustable relativement au graphe de contiguïté des objets à classer. Ce terme permet d'éviter de séparer les objets similaires mais éloignés : cet algorithme privilégie donc la proximité statistique. Son principal inconvénient réside dans sa sensibilité aux conditions d'initialisation. Il est préférable d'initialiser NEM sur une partition établie par une méthode classique, (non géographique) puis de le laisser améliorer cette partition en tenant compte des proximités spatiales.

Le lecteur intéressé par les aspects techniques pourra consulter l'ouvrage récent de Jambu (2001), l'un des grands auteurs français de la classification automatique. L'auteur de ces analyses peut être consulté sur les références supplémentaires sur ce sujet passionnant.

Pour une présentation plus technique de l'algorithme NEM aux thèses de Ambroise (1996) et Dang (1998) disponibles sur le site de l'Université de Technologie de Compiègne. Voir aussi « Spatiale Clustering and the EM Algorithm ». Ambroise, Govaert, 1997, disponible sur demande auprès de Franck Nadaud.

La méthode de classification employée est une version modifiée de l'algorithme probabiliste Estimation-Maximisation de manière à tenir compte de la régularité spatiale des données. Cette approche donne des classes spatialement plus homogènes tout en garantissant une excellente homogénéité statistique, ce qui intuitivement correspond bien à ce que nous cherchons : des groupes de communes homogènes même si individuellement elles sont éloignées.

La méthode de zonage Estimation-Maximisation avec contrainte de voisinage s'est déroulée de la manière suivante pour les deux jeux de données :

- (1) extraction des coordonnées des centres des communes pour construction du graphe de voisinage des communes ;
- (2) calcul des graphes de voisinage des quatre et huit plus proches voisins ;
- (3) choix du coefficient de pénalisation spatiale à la valeur par défaut (soit 1,0) ;
- (4) calcul de deux partitions initiales par une méthode de classification hiérarchique pour déterminer le nombre de classes à demander à l'algorithme NEM ;
- (5) réalisation des deux partitions avec le logiciel NEM sur le graphe des quatre plus proches voisins ;
- (6) extraction et interprétation des résultats.

Nous sommes obligés de passer par une classification intermédiaire puisque les algorithmes du type de NEM doivent se voir indiquer le nombre de classes demandé. Une première partition est faite avec une méthode de classification hiérarchique usuelle qui permet de mieux juger du nombre de classes intéressant à retenir, ce nombre de classe est ensuite demandé à NEM. **Pour chacun des deux zonages, nous obtenons quatre classes.**

Un dernier test a été effectué en comparant les résultats des partitions pour les graphes de voisinage des quatre plus proches voisins et des huit plus proches voisins : les partitions sont très peu différentes, par conséquent nous avons conservé les résultats relatifs au graphe des quatre plus proches voisins.

☆ *Caractérisation et explicitation des zonages finaux*

L'explicitation des zonages spatialisés consiste à recalculer des valeurs moyennes des variables pertinentes pour chaque catégorie. En comparant chaque catégorie avec les autres et à la moyenne générale, il est possible de comprendre la logique interne de chaque classe, et donc de les interpréter plus clairement.

a) Les classes du zonage réseau

Les tableaux qui suivent reprennent respectivement les profils en pourcentage par classe pour les variables actives de l'ACP.

Zonage réseau en quatre classes	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Bourgogne
Effectif des classes (communes)	739	734	422	123	2018
Part des lignes aériennes fil nu	6,3	9,0	25,6	19,5	13,3
Part des lignes aériennes torsadé	83,8	54,5	55,8	65,8	64,0
Part des lignes souterraines	9,9	36,6	18,6	14,7	22,7
Part des lignes en contrainte	4,5	4,4	15,9	11,2	7,9
Part des lignes aériennes fil nu faible section	1,4	0,6	2,3	13,3	1,8
Taux de départs mal alimentés	2,0	0,7	2,6	14,0	1,9
Taux de clients mal alimentés	1,2	0,4	1,5	12,7	1,2
Taux de départs en précontrainte	11,1	3,5	8,1	10,6	6,8
Taux de clients en précontrainte	10,4	2,8	7,1	9,7	5,7
Taux de départs BT vides (zéro clients)	4,1	7,3	9,7	5,7	7,2

La classe 1 a un réseau très différent des autres : faible proportion de fil nu, dont faible section mais aussi de souterrain, proportion la plus élevée de lignes torsadées (83,8 % contre 64 % en moyenne sur la région). Le taux de DMA et de CMA est égal à la moyenne, par contre les taux de départs et de clients en précontrainte sont nettement plus élevés que la moyenne (11 et 10 % pour respectivement 7 et 6 %) ; **c'est une classe de contraintes faibles mais de précontraintes fortes.**

La classe 2, à la différence de la précédente, a la plus faible proportion de lignes torsadées mais la plus forte pour le souterrain (36,6 % contre 22,7 % en moyenne), la part des lignes en contrainte y est plus faible que la moyenne (4,4 % contre 7,9 %), les taux de départs et de clients en contrainte sont les plus faibles de la région : respectivement 0,7 % (contre 1,9 % en moyenne) et 0,4 % (contre 1,2 %) soit trois fois moins que sur l'ensemble de la région. La part des clients et des départs en précontrainte sont aussi les plus faibles de la région. C'est la **classe des communes dont la qualité de fourniture est la meilleure tant sur le plan des contraintes que des précontraintes, c'est aussi la classe des communes avec le plus de réseaux souterrains.**

La classe 3 a une plus faible part de lignes torsadées que la moyenne régionale (55,8 % pour 64,0 %), une forte proportion de fil nu (25,6 %), dont peu de lignes en faible section (2,3 %). Par contre la part des lignes BT en contrainte y est élevée, bien que les taux de départs et de clients en contrainte soient proches de la moyenne, la part des clients et des départs en précontrainte est un peu plus élevée que la moyenne. **C'est une classe de communes aux réseaux moyennement contraints mais représentant près d'un sixième de la longueur totale des réseaux BT.**

La classe 4 présente moins de fil nus que la précédente, mais bien plus de faible section (13,3 % contre 1,8 % sur l'ensemble de la région). La part des lignes en contraintes est élevée mais moins qu'en classe 3, les taux de contraintes et de précontraintes sont les plus élevés de l'ensemble des classes : 14 % des départs sont en contrainte (1,9 % sur la région), ainsi que 12,7 % des clients (contre 1,2 % sur la région) ; les taux de précontraintes sont aussi plus élevés que la moyenne régionale. **Cette classe est celle des communes dont les réseaux sont les plus contraints et précontraints.**

La description précédente permet d'isoler au moins une classe prioritaire sur le plan de la MDE/PDE sur les réseaux, la dernière qui est en quelque sorte la classe des « points noirs » de la région. La classe trois, des réseaux moyennement contraints présente un intérêt sur le plan curatif, tandis que la classe 1 des réseaux précontraints présente un intérêt pour des programmes macro préventifs.

Le dernier tableau présente quelques statistiques sur la répartition des potentiels de clients et de départs en contrainte et en précontrainte.

Indicateurs de contrainte et de précontrainte	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Bourgogne
Nombre total de CMA	1761	1210	2441	2423	7835
Nombre total de clients en précontrainte	16028	10548	13736	3243	43555
Nombre de clients en précontrainte hors DMA	14666	9673	11890	1857	38086
Nombre total de DMA	253	168	383	219	1023
Nombre total de départs en précontrainte	1409	869	1191	166	3635
CMA par DMA	7.0	7.2	6.4	11.1	7.7
Client en précontrainte par départ en précontrainte	10.4	11.1	10.0	11.2	10.5

Les classes 3 et 4 apparaissent bien en tête pour le nombre de départs et de clients en contrainte. De même pour les classes 1 et 3 sur le plan des clients et des départs en précontrainte (hors DMA). Les densités de clients par DMA ou départ en précontrainte permettent de nuancer les propositions précédentes : plus les départs sont denses, plus la MDE devient difficile et perd de sa rentabilité.

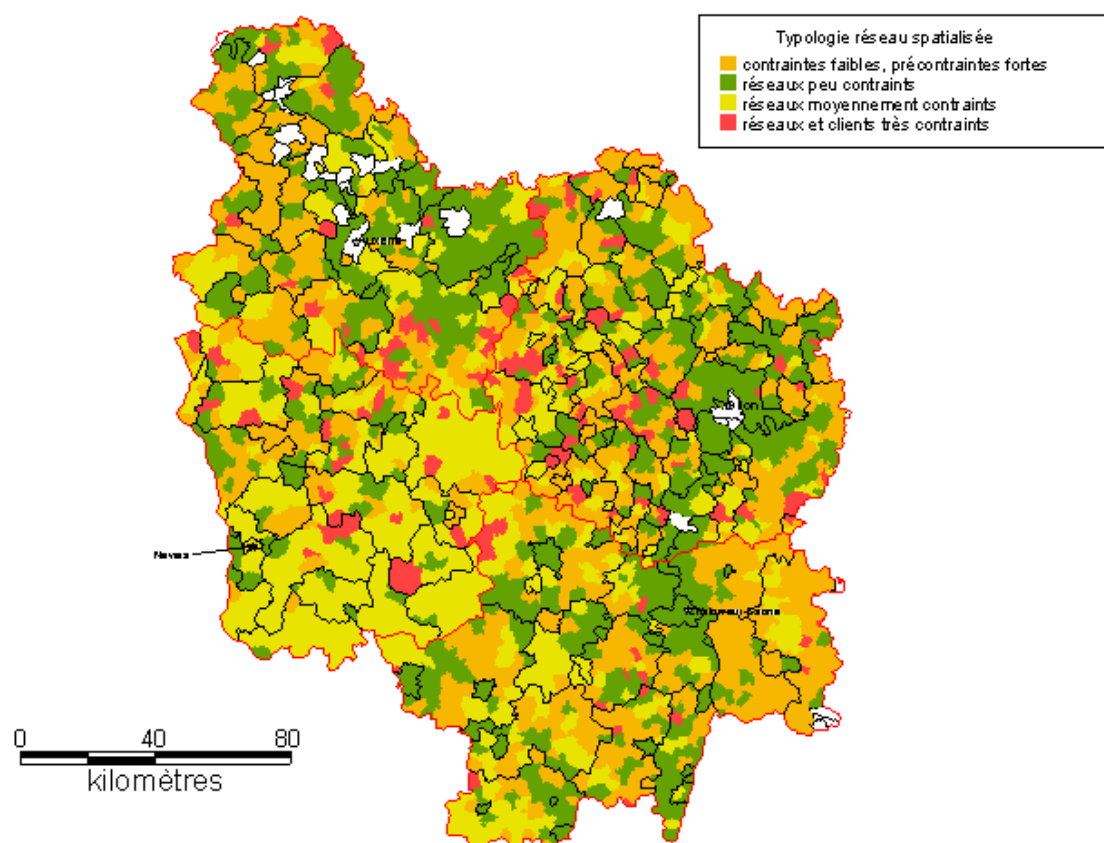
On remarque immédiatement que les départs en précontrainte sont en moyenne plus denses que les DMA, avec 10 clients environ, pour un peu moins de 8 pour les DMA. Les classes les plus propices sur le plan de ce critère sont les classes 1, 2 et 3 sur le plan des DMA, la classe quatre, avec en moyenne 11 clients par DMA paraît moins intéressante qu'au premier abord.

Considérons le croisement des différentes catégories de communes par département

Département	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
Côte d'Or	281	255	107	58	701
Nièvre	65	64	159	24	312
Saône et Loire	243	217	92	17	569
Yonne	150	198	64	24	436
Bourgogne	739	734	422	123	2018

La classe 1 est essentiellement répartie sur la Côte d'Or et la Saône et Loire ; de même que la classe 2. La classe trois se trouve en majorité entre la Côte d'Or et la Nièvre, tandis que la classe 4 concerne la Côte d'Or.

La carte ci-après présente la typologie réseau.



On remarque immédiatement la plus forte implantation de communes de la classe 2 à proximité de grandes zones urbaines, notamment Dijon, Auxerre et Châlon-sur-Saône. De même pour les communes aux réseaux très contraints dans la Nièvre. Ce dernier département paraît n'être composé que de communes de la classe trois.

b) Les catégories du zonage logement-énergie.

Le tableau suivant reprend les pourcentages en ligne du zonage logement-énergie.

Zonage énergie-logement en quatre classes	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Ensemble
Effectif (communes)	172	456	816	601	2045
Part de RP* construites après 1975	25.6	37.9	16.9	10.2	24.5
Part de RP construites avant 1975	62.7	48.9	57.0	44.5	57.0
Part des RP maisons individuelles	40.5	77.7	69.5	52.6	54.0
Part des RP tout électrique	16.4	19.2	10.7	7.9	14.9
Part des RP chauffées au gaz	43.3	16.4	3.1	0.4	26.1
Taux de résidences secondaires	2.5	7.1	16.9	36.1	9.9
Taux de résidences secondaires électricité	18.1	19.5	14.4	16.8	16.6
Part de la consommation finale industrielle	42.8	1.9	1.6	0.6	30.5
Part de la consommation finale tertiaire	22.3	16.1	10.4	9.5	19.5
Part de la consommation finale résidentielle	34.9	82.0	88.1	89.9	50.0
Taux de croissance de la population	-1.9	6.0	-1.2	0.7	0.0

*RP : résidences principales

Le classe 1 se compose de 172 communes dont une part importante sont des logements collectifs, la part des résidences principales tout électrique s'élève à 16,4 %, un peu plus que la moyenne (14,9 %), par contre le chauffage au gaz est beaucoup plus développé que dans le reste du département (43,3 % des résidences principales contre 26,1 %). La part de résidences secondaires est la plus faible de la région (2,5

%, contre 9,9 %). Pour ces communes la consommation finale d'énergie se répartie entre consommation industrielle (42,8 %), tertiaire (22,3 %) et résidentielle (34,9 %). Noter que c'est la seule classe qui a une consommation finale industrielle significative (moins de 2 % pour les autres classes). **La classe 1 est une classe de communes urbaines qui concentrent des activités industrielles et tertiaires significatives.**

La classe 2 compte une part relative plus élevée de résidences principales relativement plus récentes (37,9 %), de maisons individuelles (77,7 % contre 54 % en moyenne), et la part la plus élevée des résidences principales tout électrique (19,2 %), la pénétration du gaz est encore élevée relativement aux autres classes de communes (16,4 % contre 3 % ou moins). La part des résidences secondaires est faible (7,0 %). Sur le plan des consommations d'énergie finale, l'industrie pèse peu (1,9 %) le tertiaire un peu plus (16,1 %) mais le domestique est le plus grand poste (82 %), noter que la croissance de la population est la plus importante (+ 6,0 %) de l'ensemble des classes. **Les communes de cette classes sont des communes au caractère plutôt résidentiel où l'électricité et le gaz ont les mêmes parts de marché, la consommation est essentiellement résidentielle et la population en croissance.**

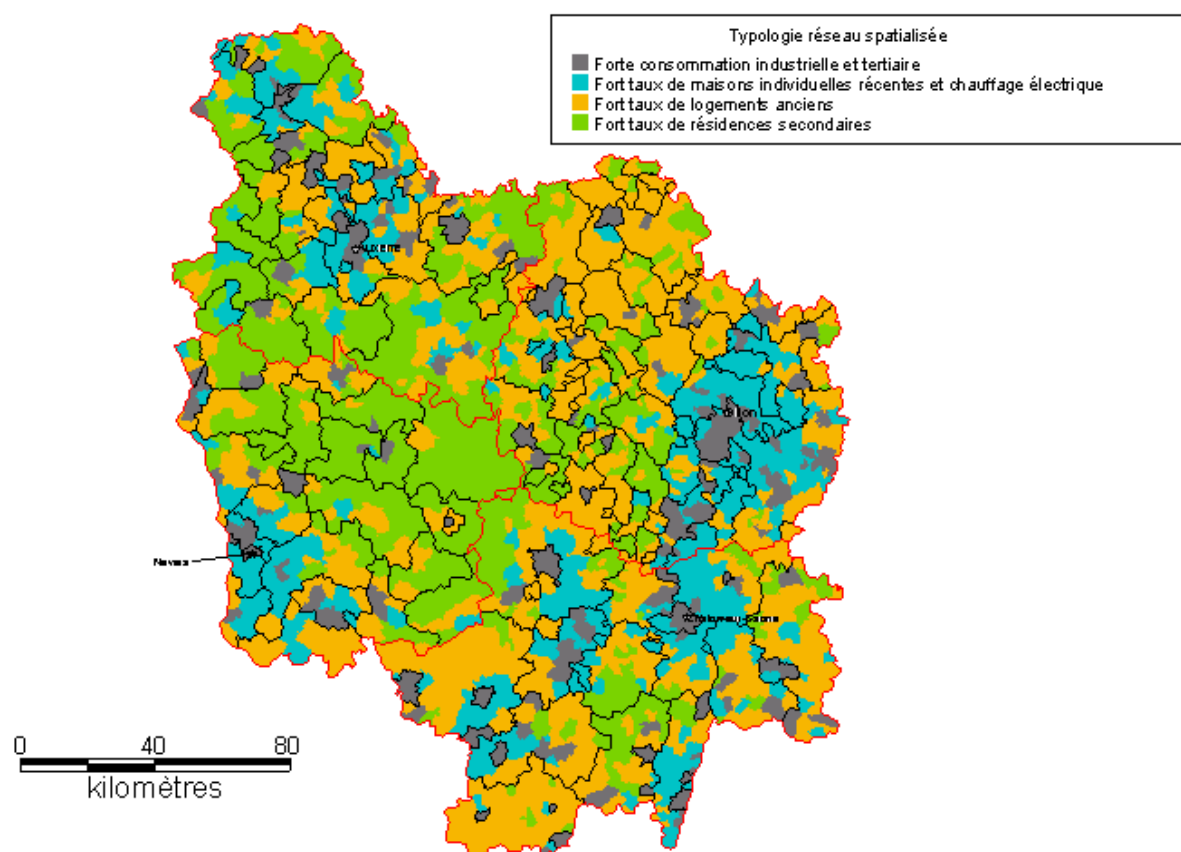
La classe 3 regroupe le plus grand effectif (816 communes), des logements plus anciens, une proportion élevée de maisons individuelles, dont une part plus faible est tout électrique. Le gaz a une très faible pénétration dans les logements (3,1 %) mais le taux de résidences secondaires est plus élevé que la moyenne (16,9 % contre 9,9 %), la consommation d'énergie finale est résidentielle à 88 %. **C'est une classe de communes résidentielles au parc de logement plus ancien avec une proportion significative de résidences secondaires.**

La classe 4 compte 601 communes, si la part des résidences principales anciennes et récentes est plus faible que la moyenne c'est en raison de la part très élevée des résidences secondaires de cette classe : 36,1 % contre 9,9 %, soit plus de trois fois la moyenne régionale. Ce qui explique la part très faible des résidences principales tout électrique (7,9 % contre 14,9 %). La part des consommations industrielles est négligeable (0,6 %), les consommations résidentielles représentent 89,9 % du total. Enfin, la population est stable (+0,7 % entre 1990 et 1999). **C'est une classe de communes résidentielles où la pénétration de l'électricité est faible mais où le nombre de résidences secondaires est très élevé.**

La croisement du zonage logement-énergie est résumé dans le tableau suivant.

Département	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Ensemble
Côte d'Or	62	180	333	132	707
Nièvre	21	40	80	171	312
Saône et Loire	57	138	271	107	573
Yonne	32	98	132	191	453
Bourgogne	172	456	816	601	2045

La carte ci-après présente enfin le zonage logement-énergie.



La carte permet de mieux interpréter les classes.

Nous remarquons immédiatement que les communes de la catégorie 1 sont visiblement des pôles d'activité économique en raison de l'importance des consommations industrielles et tertiaires. On distingue notamment les agglomérations de Dijon, Chalon-sur-Saône, Nevers et Auxerre. A proximité de ces pôles d'activité nous trouvons les communes de la classe 2 : ce sont des communes plus périurbaines, à forte vocation résidentielle, et c'est pourquoi on y trouve peu de résidences secondaires mais aussi une forte pénétration du gaz et de l'électricité dans les résidences principales. Les catégories 3 et 4 semblent constituer deux sous catégories de l'espace rural, notamment selon la proportion des résidences secondaires. Ces communes sont remarquablement réparties sur des départements distincts. Ainsi les communes de la classe 3 sont plus caractéristiques de la Côte d'Or et de la Saône et Loire, tandis que celles de la classe 4 sont plus caractéristiques de l'Yonne et surtout de la Nièvre.

4.1.4) Conclusion sur l'analyse géostatistique : du zonage d'étude aux zones d'action

L'analyse géostatistique apporte deux visions des thèmes réseau et logement-énergie. Ces deux champs de données sont liés mais d'une manière complexe comme on en jugera au regard des cartes finales. Toutefois il est possible de discerner d'importants recoupements entre zonages réseau et logement-énergie. Notamment, les similitudes Nièvre-Yonne et Côte d'Or-Saône et Loire. On notera aussi la remarquable homogénéité de la Nièvre pour les deux zonages : ce département donne l'impression de n'être composé que d'une seule classe dans chaque zonage. La difficulté est maintenant d'articuler zonage d'étude et zones de projet. Passer de l'analyse à l'action. Nous estimons que le plus simple est de tout simplement superposer les cartes des zonages d'étude sur le zonage institutionnel des maîtres d'ouvrages de l'électricité. En effet, comme elles sont porteuses des projets, il semble préférable de s'appuyer sur leurs territoire d'action, quitte à délaissier l'exactitude du zonage statistique. Au contraire, celui-ci trouve toute son utilité puisqu'il devient un fondement d'une action localisée sur un territoire pertinent sur le plan institutionnel. Par conséquent, pour clore l'analyse géostatistique, les zones finales sont décrites dans les paragraphes suivants, sur la base d'un croisement des critères des deux zonages que nous venons de présenter. Il s'agit de retenir des communes aux caractéristiques propices sur les deux plans en inspectant les cartes des zonages selon quelques catégories de communes, et de voir comment elles se combinent sur des territoires de syndicats d'électrification rurale qui seront sélectionnés.

4.2 PRESENTATION DES ZONES TESTS

La méthode statistique de l'ACP (Analyse en Composantes Principales) utilisée pour sélectionner les zones tests a été exploitée sous deux angles : le premier avec des critères concernant le réseau et le second avec des critères sur les caractéristiques de logement et la consommation d'énergie. L'étude simultanée des deux cartes ainsi obtenues a permis de sélectionner des zones présentant un intérêt sur ces deux aspects et s'intégrant au mieux dans les contours d'un syndicat primaire.

Chacune de ces zones présente des caractéristiques propres sur des aspects logement-population-énergie et réseau. Quatre zones ont été définitivement choisies comme zones tests par le comité de pilotage ainsi que la ville de Nevers, notamment pour des actions de MDE, dans le but d'élargir l'étude sur une problématique urbaine. Ces périmètres sont représentés dans la carte ci-dessous.

Les principales caractéristiques des zones sont présentées ci-après. Les données réseaux sont issues de la GDO. Elles sont présentées plus en détails pour chaque zone dans les cahiers annexes par département.

Localisation des 4 zones sélectionnées



4.2.1) Laignes en Côte d'Or

Situation

Le syndicat primaire de Laignes est situé au Nord de la Côte d'Or, à 5km à l'ouest de Chatillon sur Seine. Cette zone est faiblement peuplée avec une moyenne de 150 habitants par commune.



Caractéristiques de la population et des logements

Un quart de la population de la zone du syndicat primaire vit à Laignes qui comptait 880 habitants en 1999. L'évolution de la population est nulle en global sur la zone mais les variations d'une commune à l'autre sont très hétérogènes. Alors que Larrey a perdu 27% de sa population en 10 ans, Villedieu qui est directement voisine en a gagné autant. On ne distingue cependant pas de tendance migratoire géographique particulière à l'intérieur de la zone, comme l'illustre la carte de gauche ci-après. Les logements sont pour la plupart des maisons construites avant 1975, et on remarque que sur la zone, il y a une résidence secondaire pour trois résidences principales.

Activité économique et consommations énergétiques

La zone ne compte aucune entreprise industrielle de plus de 20 salariés recensée par la DRIRE. Quelques-unes de communes au nord de la zone ont une activité agricole spécialisée dans la viticulture. L'activité tertiaire représentée en bleu est très faible sur l'ensemble du syndicat primaire, sauf dans la commune de Laignes où est concentrée l'activité de la zone.

Les consommations énergétiques tous secteurs confondus s'élèvent à 5 713 Tep dont 586 Tep électrique pour 3 596 habitants. Les consommations électriques de la zone se partagent selon le tableau qui suit :

Consommation électrique du syndicat primaire de Laignes

Electricité pour l'eau chaude dans le tertiaire	1%	Tertiaire : 19%
Electricité pour la cuisson dans le tertiaire	1%	
Electricité spécifique dans le tertiaire	12%	
Electricité pour le chauffage dans le tertiaire	5%	
Electricité pour l'eau chaude des ménages	20%	Ménages : 81%
Electricité pour la cuisson des ménages	13%	
Electricité spécifique des ménages	35%	
Electricité pour le chauffage des ménages	13%	
Electricité dans l'Industrie	0%	Industrie : 0%
Total de l'électricité consommée	100%	100%

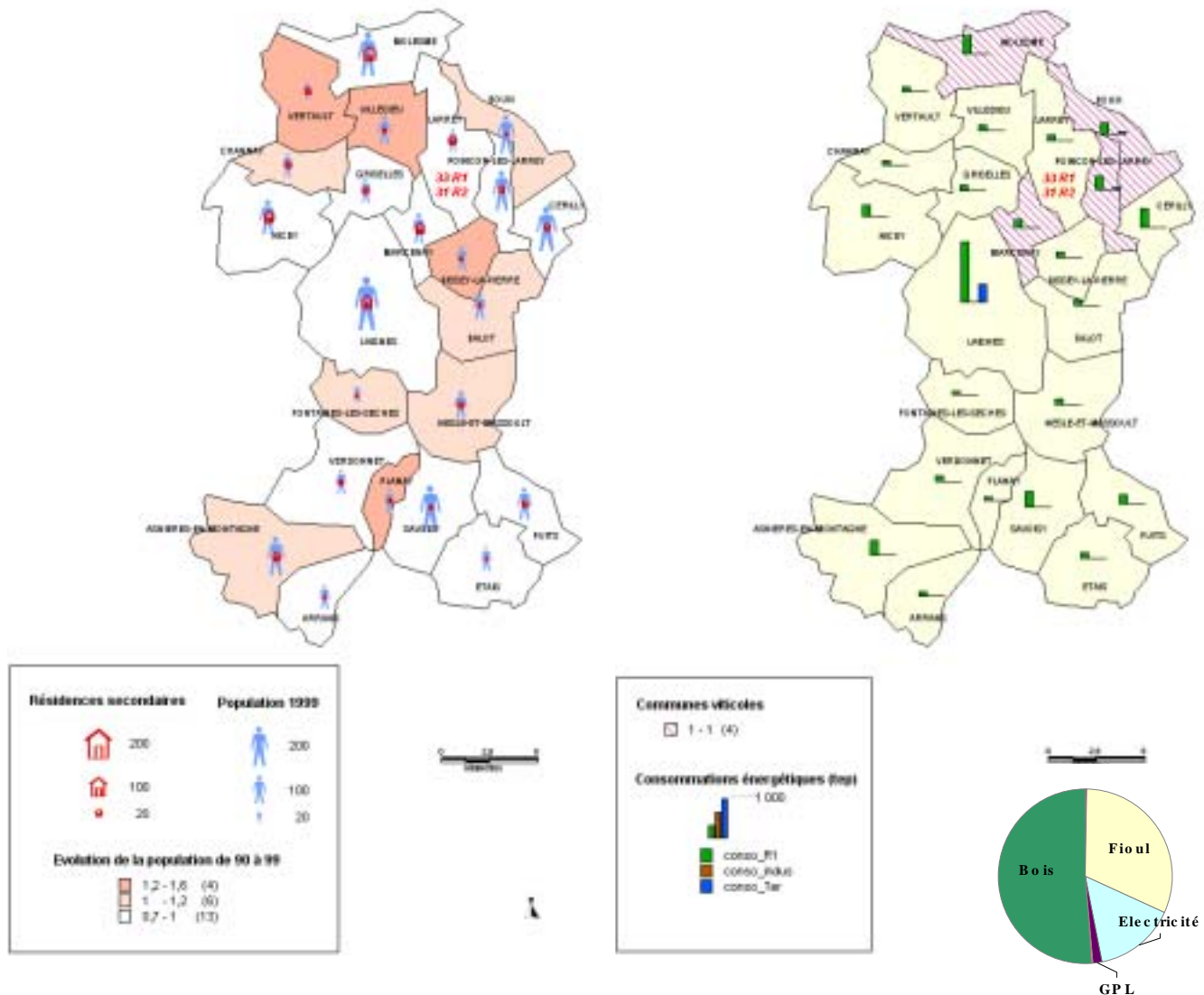
Source : Explicit

Les résidences principales « tout électrique » représentent 7% du parc des résidences principales.

Les résidences secondaires « tout électrique » représentent 13% du parc des résidences secondaires.

Les consommations de fioul dominent largement les consommations électriques et d'autant plus si l'on utilise le mode de conversion récemment adopté par la France. En effet, si on considère que 1MWh = 0.086 Tep et non 0.222 Tep, alors : la consommation d'électricité sur le territoire du syndicat primaire de Laignes ne s'élève plus qu'à 227 Tep au lieu de 586 Tep.

La consommation de fioul est très importante, celle du bois l'est encore plus, les habitants de la zone consomment 0.6 Tep de bois par personne et par an.



Caractéristiques du réseau électrique

Le réseau de distribution de Laignes alimente 2418 clients pour un nombre total de 155 départs (soit 16 clients en moyenne par départ). Le réseau, d'une longueur totale de 74 km, est constitué à 74% de fil torsadé et à 14% de fil en souterrain. Il y a 146 départs en pré-contrainte qui concernent 2277 clients. Seulement 3 départs sont en contrainte, et 50 clients sont en contraintes sur ces départs (le nombre de clients sur les départs en contrainte est donc élevé). La chute de tension maximum est relativement faible : elle n'atteint que 11,8 %.

4.2.2) Montsauche dans la Nièvre

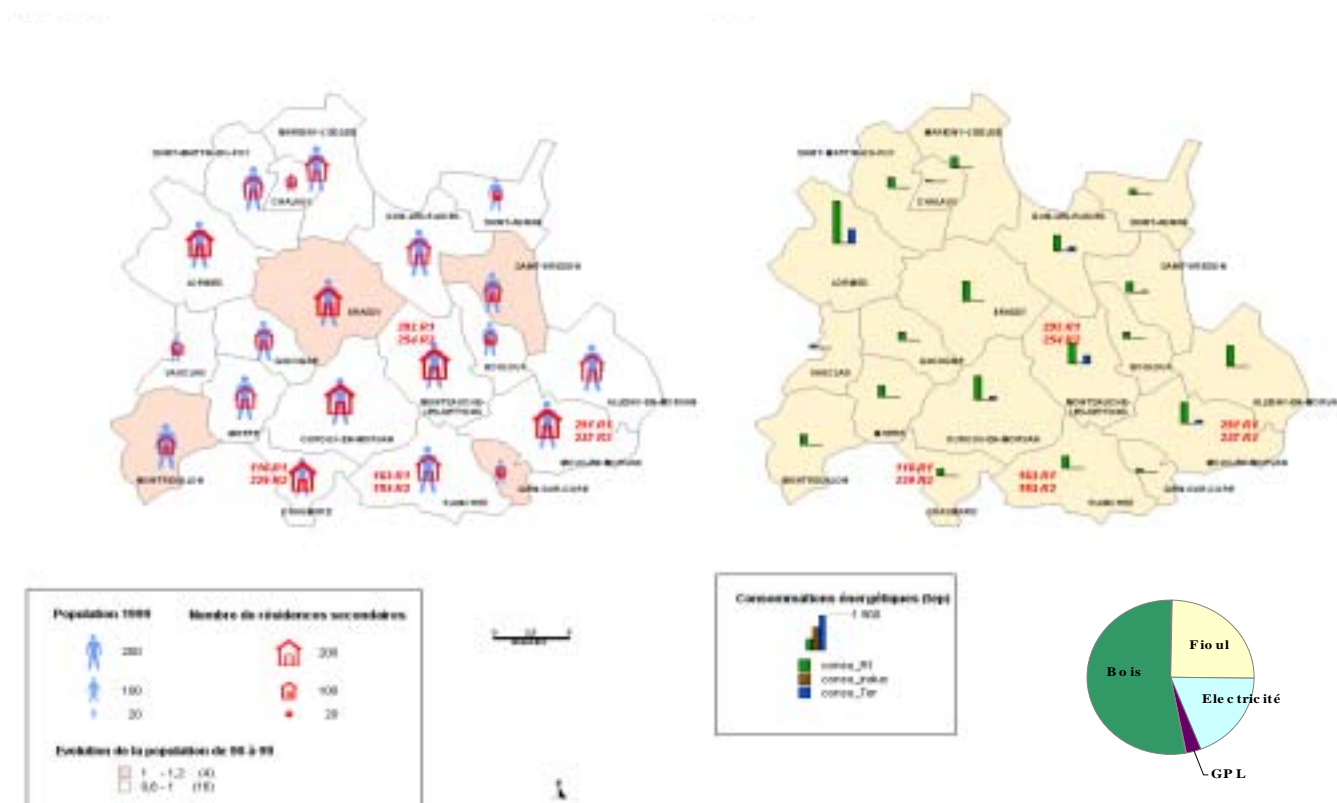
Situation

Le syndicat primaire de Montsauche, composé de 20 communes, est situé dans le parc naturel régional du Morvan, au Nord Est de la Nièvre. Il s'agit d'une zone rurale à fort taux de boisement (de 45 à 55% du territoire), assez irriguée notamment par 'Le Chalaux' et 'La Cure'.

Caractéristiques de la population et des logements

Cette zone se dépeuple assez fortement : une chute de 9% de la population sur la syndicat primaire de Montsauche a été enregistrée de 1990 à 1999, avec des chutes plus importantes de l'ordre de 20% pour Ouroux, 34% pour Chalaux, ou encore 23% pour Vauclair. En revanche, le taux de résidence secondaire est très fort, phénomène uniforme sur la zone, avec même des communes comme Chaumard et Planchez au centre du Parc, dont le nombre de résidences secondaires dépasse celui des résidences principales.

Il existe une corrélation intéressante entre le dépeuplement et le taux de résidences secondaires, on observe en effet que les communes où le nombre de résidences secondaires dépasse le nombre de résidences principales, sont celles qui ont les plus fortes chutes de population.



Activité économique et consommations énergétiques

Le secteur est plutôt résidentiel, avec une activité tertiaire non négligeable en raison du tourisme en saison, et une absence d'activité industrielle lourde, la plus grosse activité étant une entreprise d'emballage située à Dun Les Places, employant 100 personnes.

En ce qui concerne les consommations énergétiques, elles s'élèvent à 13 938Tep dont 1 850Tep électriques. Les consommations électriques de la zone se partagent selon le tableau qui suit :

Consommation électrique du syndicat primaire de Montsauche

Electricité pour l'eau chaude dans le tertiaire	2%	Tertiaire : 24%
Electricité pour la cuisson dans le tertiaire	1%	
Electricité spécifique dans le tertiaire	15%	
Electricité pour le chauffage dans le tertiaire	6%	
Electricité pour l'eau chaude des ménages	12%	Ménages : 76%
Electricité pour la cuisson des ménages	13%	
Electricité spécifique des ménages	35%	
Electricité pour le chauffage des ménages	16%	
Electricité dans l'Industrie	0%	Industrie : 0%
Total de l'électricité consommée	100%	100%

Les résidences principales « tout électrique » représentent 10% du parc des résidences principales

Les résidences secondaires « tout électrique » représentent 13% du parc des résidences secondaires.

La particularité de cette zone repose sur la forte consommation (environ 0.7 Tep par an et par personne) de bois en raison de la disponibilité de la ressource sur place. Le fuel occupe néanmoins une place importante des consommations. Ce phénomène peut venir du fait que beaucoup de bâtiments sont probablement peu isolés en raison de leur âge et il est alors plus systématique et habituel pour les habitants en milieu rural d'avoir recours au fioul plutôt qu'à l'électricité.

Caractéristiques du réseau de distribution

Sur les 74 km de réseau, 74% sont en torsadé, 14% en souterrain, 12% en fil nu et 4% en faible section. Sur les 155 départs, alimentant 16 clients en moyenne (soit 2400 clients au total), 146 départs et 2280 clients sont en précontrainte. 3 départs sont en contrainte (avec une chute de tension maximum de 12%) et 50 clients sont mal alimentés. Au total, ce sont près de 95 % des clients qui sont en précontraintes. En ajoutant les clients mal alimentés, cela porte à plus de 2 300 clients pour lesquels la qualité de fourniture en électricité peut potentiellement poser des problèmes. Le réseau de ce syndicat est très précontraint. Le nombre de clients par départ y est plus élevé que la moyenne de la région (16 contre 10).

4.2.3) Le Maconnais – Beaujolais dans la Saône et Loire

Situation

La zone du syndicat primaire du Maconnais - Beaujolais représente 56 communes et est située au Sud de la Saône et Loire sur un territoire allongé correspondant à une zone à forte activité viticole. Cette zone entoure la ville de Mâcon sans l'englober.

Caractéristiques de la population et des logements

Le Mâconnais est très fortement peuplé relativement aux autres zones de cette analyse. La population a augmenté de 5% en moyenne de 1990 à 1999, de manière assez homogène dans la zone avec une amplitude faible des variations. Ce phénomène est assimilable au caractère périurbain de la zone, avec Mâcon à proximité.

Il y a d'ailleurs peu de résidences secondaires ; le taux est inférieur à la moyenne bourguignonne.

Activité économique et consommations énergétiques

On observe une activité tertiaire dans toutes les communes du sud de la zone. Toutes les communes du territoire ont sur leurs terres au moins trois exploitations viticoles. L'activité industrielle lourde n'y est pas homogène, elle est même presque inexistante sauf à Saint Martin, à côté de Macon, où on compte quatre grosses industries dont une spécialisée dans les produits laitiers et qui consomme 16 000Tep d'énergie dont un tiers d'électricité à elle seule.

La consommation énergétique de la zone s'élève à 51 717Tep dont 16 073Tep électriques. La distribution des consommations électriques est comme suit :

Consommation électrique du syndicat primaire du Maconnais

Electricité pour l'eau chaude dans le tertiaire	1%	Tertiaire : 24%
Electricité pour la cuisson dans le tertiaire	1%	
Electricité spécifique dans le tertiaire	16%	
Electricité pour le chauffage dans le tertiaire	5%	
Electricité pour l'eau chaude des ménages	11%	Ménages : 59%
Electricité pour la cuisson des ménages	7%	
Electricité spécifique des ménages	25%	
Electricité pour le chauffage des ménages	15%	
Electricité dans l'Industrie	18%	Industrie : 18%
Total de l'électricité consommée	100%	100%

Les consommations électriques du secteur résidentiel pèsent moins que dans les autres zones en raison du caractère plus urbain de celle ci et donc de la plus grande présence de logements collectifs ou de maisons récentes dotées d'une meilleure isolation. Par contre le taux de maisons tout électrique n'est pas plus faible. En effet, les résidences principales « tout électrique » représentent 17% du parc des résidences principales. Les résidences secondaires « tout électrique » représentent 19% du parc des résidences secondaires mais elles sont peu nombreuses.

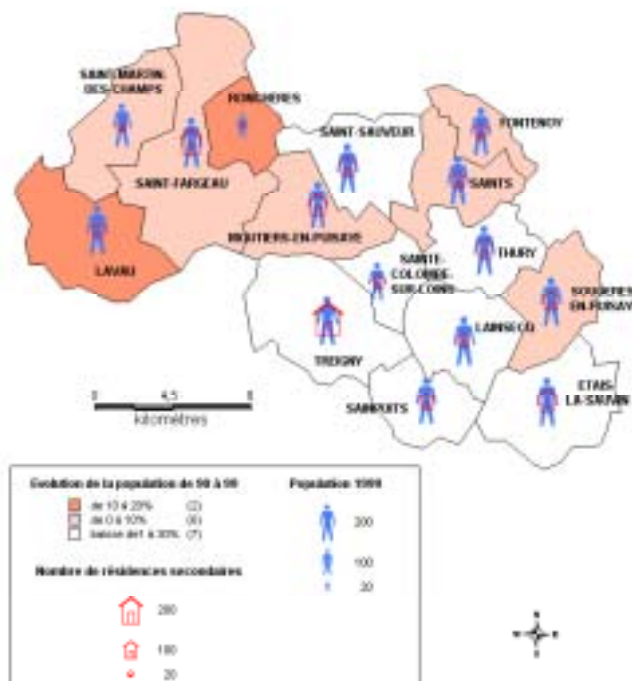
4.2.4) Saint-Sauveur et le Loing dans l'Yonne

Situation

Ces deux syndicats primaires voisins sont situés dans le Sud-Ouest de l'Yonne, ils constituent ensemble 15 communes. Auxerre est situé à 20 km au Nord Est de la zone. Le syndicat primaire du Loing est constitué des trois communes les plus à l'Ouest de la zone et les autres communes appartiennent au syndicat primaire de Saint Sauveur.

Caractéristiques de la population et des logements

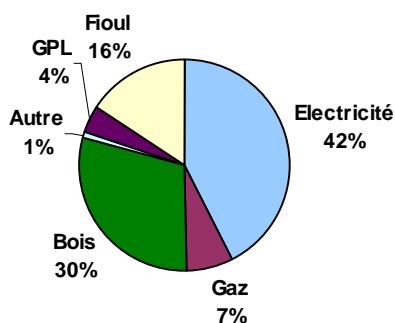
La tendance générale est au dépeuplement dans cette zone. Il y a une importante proportion de résidences secondaires dans toute la zone mais plus particulièrement à Moutiers en Puisaye, à Treigny et à Saint Fargeau où le taux de résidence secondaire est sensiblement égal au taux de résidence principale.



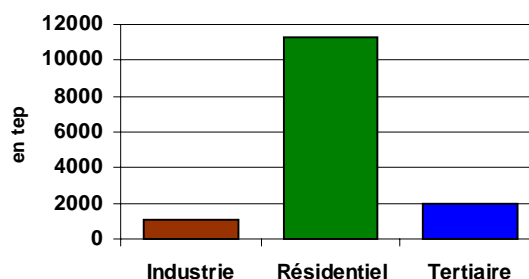
Activité économique et consommation énergétique

La zone sélectionnée dans l'Yonne est une zone essentiellement résidentielle avec une faible activité tertiaire et une activité industrielle réduite à deux entreprises de plus de 20 salariés (une fabrique de carreaux en céramique à Saint-Sauveur et un constructeur de métaux à Saint-Fargeau). L'électricité est l'énergie la plus consommée sur la zone, suivie du bois qui sert exclusivement au chauffage des ménages.

Répartition des consommations par énergie



Consommation d'énergie par secteur



La répartition des consommations électriques entre les différents secteurs est comparable aux deux premières zones plutôt rurales, à savoir Laignes et Montsauche. On remarque que systématiquement, le plus gros poste de consommation électrique est celui des usages spécifiques dans les ménages.

Consommation électrique de la zone des syndicats du Loing et de Saint-Sauveur

Electricité pour l'eau chaude dans le tertiaire	2%	Tertiaire : 20%
Electricité pour la cuisson dans le tertiaire	1%	
Electricité spécifique dans le tertiaire	12%	
Electricité pour le chauffage dans le tertiaire	5%	
Electricité pour l'eau chaude des ménages	16%	Ménages : 74%
Electricité pour la cuisson des ménages	10%	
Electricité spécifique des ménages	27%	
Electricité pour le chauffage des ménages	21%	
Electricité dans l'Industrie	6%	Industrie : 6%
Total de l'électricité consommée	100%	100%

Dans cette zone, 20% des résidences secondaires sont « tout électrique », ce qui est une proportion élevée relativement aux autres zones sélectionnées.

Caractéristiques du réseau électrique

Le réseau de ce syndicat a une longueur totale de 280 km environ pour 608 départs (soit une longueur moyenne par départ de 500m) et alimente près de 6000 clients. Les $\frac{3}{4}$ du réseau sont en torsadé mais il reste encore 15% de fil nu et 8% de faible section. 49 départs sont en précontrainte et 330 clients sont en précontrainte sur ces départs. Il y a 19 départs mal alimentés et 47 clients en contrainte subissent des chutes de tension pouvant atteindre 15 %.

4.2.5) La ville de Nevers dans la Nièvre

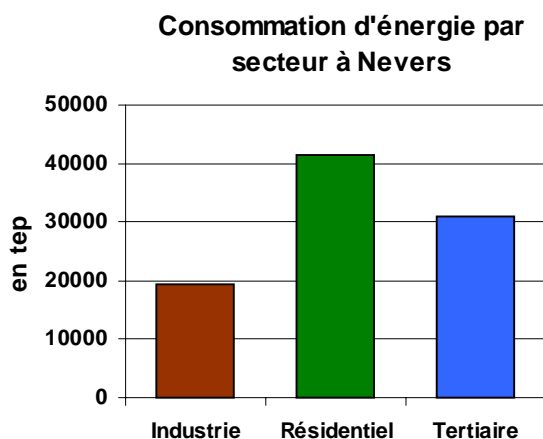
Caractéristiques de la population et des logements

Il y avait 40 932 habitants à Nevers en 1999, ce chiffre est en très légère baisse depuis 1990 (2% d'habitants en moins). Les trois quarts des logements datent d'avant 1975. Les deux tiers des logements sont collectifs ce qui permet de diversifier la problématique de maîtrise de demande d'électricité, par rapport aux autres zones.

Population de Nevers	40 932 hab	18% du département
Consommation énergétique de Nevers	91 600 Tep	16% du département

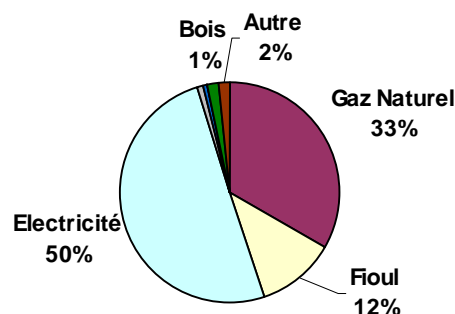
Activité économique et consommations énergétiques

La ville consomme 91.6 kTep d'énergie selon le bilan des consommations des trois secteurs étudiés pour les zones tests. 50.3% des consommations de Nevers sont électriques. La proportion des consommations relatives au gaz est au-delà de la moyenne régionale, en revanche, la place du bois dans les consommations est très faible dans la ville de Nevers.



Source : Explicit

Répartition des consommation par énergie



Source : Explicit

Les consommations électriques de la ville sont presque également réparties entre les différents secteurs :

Consommations électriques de la ville de Nevers

Electricité pour l'eau chaude dans le tertiaire	2%	Tertiaire : 38%
Electricité pour la cuisson dans le tertiaire	2%	
Electricité spécifique dans le tertiaire	24%	
Electricité pour le chauffage dans le tertiaire	10%	Ménages : 36%
Electricité pour l'eau chaude des ménages	5%	
Electricité pour la cuisson des ménages	3%	
Electricité spécifique des ménages	18%	
Electricité pour le chauffage des ménages	10%	Industrie : 25%
Electricité dans l'Industrie	25%	
Total de l'électricité consommée	100%	100%

Les résidences principales « tout électrique » représentent 19% du parc des résidences principales. Les résidences secondaires « tout électrique » représentent 20% du parc des résidences secondaires même si celles-ci sont peu nombreuses.

Exemples d'actions de MDE et ENR engagées ou en projet dans la ville de Nevers

La Ville de Nevers a engagé depuis plusieurs années des actions ambitieuses en matière d'efficacité énergétique et de promotion des énergies renouvelables. Parmi celles-ci on compte :

- L'installation d'une cogénération pour le réseau de chaleur du quartier de Banlay, soit 1200 logements et 6 structures communales. 57% des besoins thermiques assurés sur une année.
- La volonté de développer une démarche HQE sur toutes les nouvelles constructions significatives de la ville.
- La maîtrise des consommations liées à l'éclairage du camping et l'ECS solaire envisageable.
- L'installation de bornes de parcmètre alimentées par l'énergie solaire
- Le projet d'énergie solaire photovoltaïque raccordé au réseau sur le centre technique horticole.
- Le projet solaire thermique pour l'ECS sur la maison de la culture et des sports.
- Un prédiagnostic énergétique sur la totalité des bâtiments communaux est actuellement en cours, il doit envisager systématiquement la possibilité de solutions renouvelables (bois, solaire, géothermie...). Les 4 ou 5 projets les plus pertinents seront réalisés.

4.3 PROPOSITION D' ACTIONS

4.3.1) Définition des actions

Après la caractérisation précise de toutes les communes concernées, un questionnaire a été envoyé à chacune d'entre elles afin de pré identifier des actions éventuelles mais également de cerner leur sensibilité respective aux énergies renouvelables et à la maîtrise de l'énergie. Toutes les communes ont été rappelées et des rendez-vous ont été pris avec les communes dont, soit le contenu du questionnaire retourné paraissait intéressant, soit le contact téléphonique présageait un dialogue constructif. Sur les 116 communes auxquelles a été envoyé un questionnaire, 60 l'ont retourné, et 31 ont fait l'objet d'une visite.

4.3.2) Les informations recueillies auprès des communes

☆ Présentation des actions choisies

Les visites dans les communes ont permis de définir des actions potentielles de maîtrise de l'énergie ou d'utilisation des énergies renouvelables. Les 17 fiches action qui en résultent sont présentées en annexe. Chacune de ces fiches présente le contexte général de l'action proposée (conditions de la rencontre, commune et sites concernés), une estimation, en première approche, des besoins recensés et des caractéristiques de l'installation ou des actions nécessaires, une brève description des conditions de faisabilité et les éléments économiques à prendre en compte pour la réalisation de cette opération. Les interlocuteurs identifiés pour le projet sont également indiqués. Enfin, une note (de 1 à 5) caractérisant l'intérêt global de l'action proposée permet de hiérarchiser les actions entre elles. Cette note est déterminée d'après la moyenne des notes sur les critères suivants :

- Critère économique : coût de la réalisation, économies éventuelles
- Critère de faisabilité : état d'avancement du projet, conditions de réalisation
- Critère environnemental : valorisation des ressources locales, enjeux environnementaux globaux
- Critère social : création d'activité en local ; baisse des charges pour les occupants ou utilisateurs
- Critère de priorité locale : motivation exprimée par l'élu rencontré ; degré d'urgence du projet
- Critère démonstratif : aspect exemplaire pour les autres communes ; aspect pédagogique et informatif pour les utilisateurs et/ou visiteurs concernés.

☆ Retour d'information

Le principal enseignement à retenir de ces visites est le manque manifeste d'information sur ces problématiques ; les acteurs locaux sont globalement ouverts et intéressés par les énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie mais ne visualisent pas leur application à l'échelle locale. Très souvent, nos interlocuteurs ont regretté de ne pas nous avoir rencontrés plus tôt, avant d'avoir mené à bien certains projets pour lesquels une action aurait pu être proposée. Il faut rappeler que les principaux interlocuteurs à l'échelle locale associés à la problématique de l'énergie sont les commerciaux d'EDF, très présents sur le terrain (et fréquemment cités par les interlocuteurs rencontrés).

De manière générale, les acteurs locaux sont plus sensibilisés au bois-énergie (mais restent très peu informés) qu'aux autres énergies renouvelables, qui leur semblent réservées aux régions plus ensoleillées, plus ventées... Cette observation reflète une volonté de valorisation des ressources locales, qui paraît naturellement plus proche de leurs préoccupations que des arguments environnementaux plus généraux.

Comme souvent dans de petites communes au budget limité, l'argument économique est un frein au développement de « nouvelles » technologies pour lesquelles les arguments environnementaux sont insuffisants. Les acteurs locaux sont absolument méconnaissants des aides éventuelles existantes, et ne sauraient généralement pas où aller chercher cette information. Sur les 31 maires ou adjoint au maire rencontrés, aucun n'avait connaissance de l'existence de l'Espace Info Energie à Dijon.

4.3.3) Actions potentielles à moyen terme

Toutes les actions potentielles révélées lors des visites n'ont pas pu faire l'objet d'une fiche-action : il s'agit généralement de projets à plus long terme pour lesquels les informations disponibles sont encore trop peu précises. Il est intéressant cependant de les prendre en compte et d'effectuer un suivi de l'avancement de ces projets afin de pouvoir intervenir à l'amont de leur démarrage, au moment le plus propice.

☆ *Syndicat primaire de Laignes, Côte d'Or*

Laignes

Rencontre le 09/10/2003

Cette commune est très active et dynamique, notamment sur les problématiques des EnR et de la maîtrise de l'énergie. La construction d'un réseau de chaleur au bois, et la création de sa propre filière d'approvisionnement à partir des connexes d'une scierie présente sur le territoire de la commune pourrait servir d'exemple, en particulier dans le Châtillonnais où les ressources en bois sont abondantes.

Bissey la Pierre

Rencontre le 10/10/2003

Une étude de faisabilité a été réalisée pour la réhabilitation d'une ferme auberge privée, sans mesure particulière d'efficacité énergétique, et dont les montants de travaux sont élevés. Sans les travaux de rénovation nécessaires, notamment pour le chauffage, cette ferme-auberge sera contrainte de fermer.

Marcenay

Rencontre le 10/10/2003

Il est prévu de rénover dans quelques années le gîte d'étape (capacité d'accueil de 5 personnes) localisé au premier étage de la mairie actuellement chauffée à l'électricité.

Villedieu

Rencontre le 10/10/2003

Un propriétaire privé a racheté une ancienne scierie « le moulin de Beaulieu » non raccordée au réseau qui fonctionnait à l'hydroélectricité. Après avoir essayer en vain de remettre la turbine en marche (le bief est toujours existant), le propriétaire a effectué une demande de raccordement auprès d'EDF. Les prix de raccordement étant trop élevés, il s'est équipé d'un groupe électrogène.

Vertault

Rencontre le 10/10/2003

La ferme de la Motte est en cours de réhabilitation pour faire une maison d'accueil pour jeunes occupée à l'année. La demande de raccordement, pourtant très onéreuse, vient d'être acceptée. Il pourrait être envisagé une solution solaire thermique pour les besoins permanents en eau chaude sanitaire.

Dans le cadre d'une opération cœur de village, la commune a par ailleurs prévu de réhabiliter un logement.

Savoisie

Une étude de faisabilité est en cours pour la mise en place d'un générateur solaire photovoltaïque sur l'école maternelle. La réalisation tardive de cette étude n'a pas permis de mettre en œuvre une démarche globale de MDE. En particulier, le mode de chauffage retenu ne permet pas aujourd'hui à la commune de bénéficier de la totalité des aides ADEME et Région prévue pour ces projets³².

³² Le chauffage électrique enlève beaucoup du caractère démonstratif d'un générateur solaire photovoltaïque raccordé au réseau, du fait d'un taux de couverture des besoins nécessairement plus faible. Il augmente de plus la confusion très présente dans le grand public –et les médias généralistes- entre le solaire photovoltaïque et le solaire thermique, où on parle souvent de « chauffage solaire ».

☆ *Syndicat primaire de Montsauche, Nièvre*

Moux-en-Morvan

Rencontre le 03/11/03

A long terme, la commune envisage de rénover la salle des fêtes.

Alligny-en-Morvan

Rencontre le 03/11/03

Un propriétaire privé a pour projet de rénover le moulin de Marnay pour y construire une maison d'accueil pour enfants à but pédagogique sur le thème des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie. A cet effet il désire remettre en marche le moulin et créer de l'électricité.

A l'occasion de la construction d'une conduite en eau potable depuis le barrage de Chambou, on peut envisager l'installation d'une turbine hydroélectrique.

Dun-Les-Places

Rencontre le 04/11/03

Il est prévu de rénover totalement les 15 logements communaux actuellement vétustes et sans chauffage central. La relative proximité de ces logements (dispersés dans 4 bâtiments) permet d'envisager la construction d'un réseau de chaleur au bois auquel pourraient être intégrés la mairie et le bureau de Poste.

Montreuillon

Rencontre le 04/11/03

Depuis plusieurs années déjà le maire désire éclairer l'aqueduc de Montreuillon, long de 750 mètres environ et haut de 33 mètres. Les demandes de raccordement au réseau n'ont pas encore abouties du fait du montant élevé. Une étude de potentiel hydroélectrique sur la canalisation en eau potable permettrait éventuellement d'apporter une solution d'éclairage par les énergies renouvelables.

Ouroux-en-Morvan

Rencontre le 04/11/03

Il est prévu de construire de nouveaux logements HLM. Il pourrait être intéressant de construire un réseau de chaleur au bois (approvisionné par la filière qui est en train de se développer sur la commune), de proposer l'énergie solaire thermique pour les besoins en eau chaude sanitaire et de préconiser des actions de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments³³.

Montsauche

Rencontre le 04/11/03

Le débit du barrage de Montsauche sur le lac des Settons (entre 2 et 7 m³/s) permet d'envisager l'installation d'une microcentrale hydroélectrique, à condition que les contraintes administratives environnementales soient compatibles avec cette installation. Le dénivelé utilisable n'est pas connu précisément. A titre d'illustration du potentiel de production ; avec par exemple une chute d'eau de 10 mètres et un débit moyen de 2 m³/sec, il est possible d'installer une centrale d'au minimum 100 kW.

³³ A l'image d'opérations réalisées par exemple dans la Drôme (intégration des techniques bioclimatiques dans la construction pour limiter les besoins de chaleur et mise en place de financements pour aider les familles à acquérir des matériels électroménager performants en vue de diminuer au maximum les charges dans les logements, ce qui apporte à l'office HLM une garantie d'un meilleur taux de recouvrement des loyers). Informations auprès de l'ADIL de la Drôme.

★ *Syndicat primaire du Maconnais-Beaujolais, Saône-et-Loire*

Senozan

Rencontre le 20/10/03

La mairie a pour projet de construire un nouveau bureau de poste en face de la mairie et de transformer le bureau de poste actuel en logement dans le cadre d'une opération cœur de village.

Saint-Gengoux-de-Scissé

Rencontre le 20/10/03

La mairie a prévu de construire deux nouveaux logements communaux pour lesquels une action combinée de chauffage au bois et d'eau chaude sanitaire solaire est envisageable. Il serait intéressant d'étudier les possibilités locales d'approvisionnement en combustible bois notamment à partir des connexes d'une importante parquetterie présente sur la commune.

Bissy-la-Maconnaise

Rencontre le 20/10/03

L'ensemble du réseau de cette commune semble présenter des problèmes : les clients se plaignent régulièrement des microcoupures et de petites chutes de tension, qui apparaissent essentiellement tôt le matin et en début de soirée. Les données de la GDO ne reflètent pas cette observation, et une étude approfondie permettrait de mieux définir le problème afin d'y trouver des solutions.

Solutré-Pouilly

Rencontre 21/10/03

La commune prévoit, à long terme, de réhabiliter un logement dans le cadre d'une opération cœur de village.

★ *Syndicat primaire de Loing- Saint-Sauveur, Yonne*

St Martin des Champs

Rencontre le 30/10/2003

Une salle culturelle de 250 m² doit être reconstruite d'ici quelques années.

Il s'agit d'une commune rencontrant des problèmes d'alimentation électrique récurrents et le maire souhaiterait améliorer la situation en soulageant le réseau par le recours aux énergies renouvelables.

4.3.4) Proposition d'actions plus globales

Dans les communes rurales, de nombreux projets peuvent aboutir grâce au financement des opérations cœur de village. On pourrait imaginer une mesure supplémentaire à l'obtention de ce financement qui imposerait la réalisation d'une étude de potentiel en MDE ou EnR lors de la présentation du projet.

Des observations récurrentes lors des visites permettent par ailleurs de proposer des actions plus globales, à mener sur des domaines d'activités particuliers.

☆ Gestion du patrimoine et suivi des consommations

Il est important de rappeler ici qu'une des premières actions à mettre en œuvre dans une commune est le suivi des consommations par bâtiment. Cette démarche simple de gestion n'est pas toujours réalisée dans les communes, alors qu'elle permet souvent des économies substantielles : optimisation des contrats de fourniture, des livraisons de combustibles... La meilleure visibilité sur les coûts permet de sensibiliser les communes sur les coûts de l'énergie, et leur apporte des éléments pertinents d'aide à la décision adaptés à leurs besoins pour leurs choix énergétiques.

☆ MDE dans les hôtels-restaurants

De nombreux restaurants et petits hôtels se trouvent notamment sur le Maconnais – Beaujolais et sur Montsauche. Les usages de l'électricité (froid ; ECS et éclairage notamment) dans ces bâtiments présentent très souvent des potentiels d'économies importants.

Un recensement des établissements, puis une visite afin de recenser les usages, permettrait de définir des solutions types adaptées aux usages spécifiques liés à cette activité. Une démarche directe est en effet nécessaire dans ce type de secteur pour inciter à l'optimisation des usages, les habitudes de travail et les contraintes liées à l'activité de ces établissements font que les questions de l'énergie sont très peu abordées par les gérants. Le matériel professionnel est de plus généralement peu performant d'un point de vue énergétique, car ce n'est pas là un critère de choix principal pour les utilisateurs. Un travail sur plusieurs établissements en parallèle permettrait d'effectuer des recherches auprès des fabricants pour identifier les appareils les plus performants du marché.

☆ MDE dans les exploitations viticoles

Les contraintes sur le réseau de distribution HTA sur des zones viticoles lors des périodes de vendanges ont été signalés par certains syndicats d'électricité. Ces contraintes seraient liées aux usages de forte puissance (groupes froid notamment) dans les exploitations lors des vendanges. A l'image des laiteries, des solutions doivent pouvoir être trouvées pour limiter et étaler les appels de puissance de ces équipements. Une étude technique avec recensement détaillé des usages et profils d'utilisation sur quelques exploitations, complétée par une instrumentation (mesures des courbes de charges et éventuellement des évolutions de tension associées), permettrait de définir des solutions et d'en chiffrer les enjeux. Il est à noter que la GDO ne met en général pas en évidence de contraintes dans ces zones, du fait de paramétrages de profils de consommation types qui ne peuvent pas intégrer facilement le caractère saisonnier de ces usages.

En parallèle, une étude d'identification des possibilités de méthanisation du moud de raisin pourrait être menée. Des expérimentation en cours semblent montrer qu'il est possible de faire fonctionner un moteur à gaz dans de bonnes conditions à partir de cette méthanisation.

☆ MDE dans les résidences secondaires

Le grand nombre de résidences secondaires, notamment sur Montsauche, génère des contraintes importantes sur le réseau de distribution les vendredi soir (mise en marche simultanée du chauffage et des autres usages domestiques dans de nombreuses maisons). Ces contraintes sont mal mises en évidence par

la GDO, du fait des difficultés de prise en compte des profils de consommation des résidences secondaires³⁴.

Des campagnes de mesures sur les départements comportant de nombreuses résidences secondaires permettrait de quantifier ces problèmes. En parallèle, des enquêtes auprès des clients pour recenser les usages et habitudes de consommation apporteraient les informations nécessaires à la définition de solutions (programmation notamment). Des leviers d'incitation à la mise en place des solutions seront à trouver, l'enquête pouvant dans un premier temps donner des éléments de réponses.

³⁴ Le nombre de résidences secondaires sur chaque département est une information qui est stockée dans la GDO, mais elle est généralement peu à jour. De plus, compte tenu de l'intermittence d'occupation, il est difficile, au regard de la consommation en électricité, de connaître a priori le mode de chauffage de ces clients.

CONCLUSIONS

L'étude de « MDE et PDE sur les territoires des autorités concédantes de la distribution publique d'électricité » en Bourgogne a mis en évidence les potentiels importants pour l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables.

La Bourgogne est la première région en France où une telle étude est pilotée par les Syndicats départementaux d'Electricité. Maîtres d'ouvrages des travaux sur le réseaux de distribution publique d'électricité, ils sont des interlocuteurs privilégiés des communes qui sont leurs adhérents. Leur approche pragmatique liée notamment à leur gestion quotidienne de travaux sur le terrain, font de ces acteurs des partenaires efficaces pour la mise en œuvre de projets de MDE et de PDE.

L'approche retenue consistait à identifier des zones tests à partir d'une part de l'analyse spatialisée des consommations d'énergie et des potentiels en PDE et d'autre part de l'analyse du réseau de distribution basse tension. Les zones tests répondent donc à deux critères essentiels : une situation énergétique présentant des enjeux intéressants, du fait de l'activité économique, de l'évolution de l'urbanisme ou du développement des résidences secondaires ; et un taux de départs en contraintes ou en pré-contraintes élevé. Des études de cas spécifiques ont été menées pour identifier des actions à engager pour desserrer cette double contrainte.

Le bilan énergétique de la Bourgogne

La région consomme 3 850 000 Tep d'énergie (sur la base d'une conversion $1\text{MWh}=0.222\text{ Tep}$). La Saône et Loire est le département qui consomme le plus d'énergie. Tous secteurs confondus, elle totalise 38% des consommations de la région. Elle est suivie de la Côte d'Or avec 29%, puis de l'Yonne avec 19% et enfin de la Nièvre avec 14% des consommations régionales. En dehors de la part du bois qui s'élève à 12%, la ventilation des consommations régionales par énergie est proche de celle de la France. L'électricité représente 47% des consommations, le gaz en représente 22% et le fioul 15%. L'énergie dominante du secteur résidentiel est le bois, ou l'électricité selon le mode de conversion ($1\text{MWh}=0.222$ ou 0.086Tep). Celle du secteur tertiaire est très largement l'électricité et enfin, l'énergie dominante consommée dans le secteur industriel est le gaz ou l'électricité suivant le mode de conversion.

Un potentiel EnR à exploiter

Les énergies renouvelables présentées ici sont encore peu développées sur la région, alors qu'elle présentent toute un potentiel intéressant qui mériterait d'être mieux exploité. Compte tenu des leurs enjeux respectifs différents, des budgets éventuellement nécessaires et des dynamiques en place, des priorités restent à définir en terme de développement par filière. De par son approche générale, et les enseignements tirés du travail sur les zones tests, la présente étude peut apporter des éléments d'aides à la décision permettant de hiérarchiser les actions à mener et d'orienter (voire augmenter) les moyens humains et financiers.

Une dynamique régionale à poursuivre et à développer :

La dynamique créée sur le bois énergie au travers du Plan Bois et de nombreuses initiatives locales est à poursuivre et à intensifier. La ressource étant disponible, il s'agit aujourd'hui d'augmenter la demande, en diffusant régulièrement l'information auprès des décideurs locaux, à l'image des commerciaux des autres énergies qui suivent l'évolution des chaufferies pour anticiper les éventuels remplacements permettant de changer de combustible.

De même, pour tirer profit du réseau d'installateur Qualisol qui existe sur la Région, la demande doit augmenter sur le solaire thermique. Une meilleure information et une simplification des aides permettrait d'accroître le nombre de projets, notamment chez les particuliers, le solaire bénéficiant aujourd'hui d'une

très bonne image. Pour les installations collectives, la démarche s'apparente à celle du bois, une information régulière étant nécessaire pour que les projets (neuf ou réhabilitation) soient orientés vers le solaire.

Des enjeux sur la MDE appliquée au réseau de distribution

L'étude des données GDO sur l'ensemble de la Région a mis en évidence un potentiel de projets de MDE micro permettant d'optimiser les dépenses de renforcements sur le réseau de distribution. Ces opérations, qui nécessitent une approche au cas par cas, apportent souvent un plus par rapport aux travaux classiques car l'amélioration de la qualité de fourniture de l'électricité s'accompagne généralement d'une amélioration des usages de l'électricité chez les clients. Ces projets sont encore peu développés du fait de la nécessité de monter un dossier de financement auprès du FACE pour chaque départ basse tension concerné et de l'attente des décrets d'application de l'article 17 de la loi de février 2000³⁵. Un projet de demande au FACE a été élaboré dans le cadre de cette étude pour permettre aux syndicats d'électricité de bénéficier de programmes annuels de MDE afin de traiter au fil de l'eau les départs pour lesquels des solutions de MDE sont économiquement rentable face à un renforcement.

Un besoin d'information manifeste en local

La rencontre d'acteurs locaux sur les zones à enjeux a confirmé le manque d'information dont disposent les maîtres d'ouvrages locaux sur les énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie en général. Ceux qui s'intéressent naturellement à ces questions trouvent les informations dont ils ont besoin. Les autres, qui sont de loin les plus nombreux, voient ainsi leurs projets s'orienter en fonction des habitudes de travail sur la commune ou de celle du maître d'œuvre choisi.

Si les techniques EnR et MDE existent et sont aujourd'hui largement éprouvées ; leur faible développement est dû notamment au fait qu'elle ne sont pas intégrée en amont dans les projets. Une définition plus précise des programmes de travaux, intégrant les EnR et la MDE, permettrait de ne plus voir ces solutions comme des surcoûts et des contraintes ajoutées à l'équipe de maîtrise d'œuvre, comme c'est parfois le cas lorsqu'elles sont étudiées trop tard dans un projet. Elle permet de plus à un architecte de se les approprier pour mieux les intégrer dans son projet.

Le rôle de l'assistant à maître d'ouvrage est ici primordial. La mise en place de chargés de missions énergie sur un ensemble de commune doit permettre, en plus d'une bonne diffusion d'information, d'assister les maîtres d'ouvrage dans la définition de leurs programmes de travaux, pour faire en sorte que les EnR et la MDE soient, a minima, étudiés en amont des projets. Ce travail de proximité permet de plus d'effectuer le suivi nécessaire à la mise en place des actions³⁶.

³⁵ l'article 17 de cette loi sur la modernisation du service public de l'électricité autorise les maître d'ouvrages à financer des travaux de MDE chez les clients lorsque ces travaux permettent des économies d'investissements sur les réseaux.

³⁶ C'est ce manque de suivi qui n'a pas permis par exemple de convertir les potentiels importants de MDE identifiés sur les collèges et Lycées de la région ces dernières années en économies réelles. Pour pallier le manque de temps et de connaissances de certains décideurs sur les sujets de l'énergie, il leur faut un interlocuteur pour les accompagner dans leurs choix.

ANNEXES

1 - PROPOSITION DE DEMANDE DE FINANCEMENT – MDE MICRO

2 - RESULTATS DES DEUX ACP

3- FICHES- ACTION

	N°	COMMUNE	INTITULE
LAINES	1	LARREY	MDE Logements tout électrique
	2	LARREY	Chaufferie Bois pour la nouvelle Mairie
	3	SAVOISIE	MDE dans les exploitations laitières
	4	MOLESME	Chaufferie Bois pour une résidence d'hébergement
MONTSAUCHE	5	ALIGNY EN MORVAN	Chauffage Bois et ECS Solaire dans un gîte d'étape
	6	MOUX EN MORVAN	ECS Solaire dans un camping
	7	MHERE	Réseau de Chaleur avec chaufferie Bois
	8	OUROUX EN MORVAN	Chauffage bois et ECS Solaire dans une maison pour retraités
MACONNAIS BEAUJOLAIS	9	IGE	ECS Solaire pour des logements communaux
	10	MONTBELLET	MDE micro sur un départ BT
	11	OZENAY	Chauffage Bois et ECS Solaire dans un café restaurant
	12	LA ROCHE VINEUSE	Eclairage d'un site touristique par solaire photovoltaïque
LONG – ST SAUVEUR	13	TREIGNY	Chaufferie Bois pour une école primaire
	14	TREIGNY	Chauffage Bois pour des logements communaux
	15	ST SAUVEUR EN PUISAYE	Réseau de Chaleur entre bâtiments communaux
	16	ST SAUVEUR EN PUISAYE	Photovoltaïque et Maîtrise de l'Energie pour la maternelle
	17	NEVERS	Opération de communication et diffusion des outils de MDE

ANNEXE 1

Projet de procédure de demande par les syndicats d'électrification de financement d'opérations de MDE micro par le FACE tranche A/B EnR/MDE

Objectif : Définition d'un programme annuel de MDE micro sur un nombre de départs et un budget défini.

Maîtres d'ouvrages : Syndicats d'électrification de la Bourgogne

Année de réalisation : 2004/2005

Les départs ne sont pas identifiés dès la demande, l'objectif étant de pouvoir les traiter rapidement et donc d'avoir un accord a priori du comité restreint du FACE sur une enveloppe budgétaire MDE micro par département.

1. Type de départs concernés

1/ approche GDO :

- maximum de 10 clients par départ
- maximum 3 clients en contrainte
- longueur du départ supérieure à 600 mètres (valeur dépassée par 20 % des départs) ou bien 500 mètres (30 %).
- caractéristiques de la ligne (le cas échéant)

A noter que si on restreint le critère à 3 clients par départ seulement (dont au moins un mal alimenté) et à 600 au moins ; nous obtenons au moins 44 départs intéressants à examiner ; si on prend dans les 30 % les plus longs (500 m) nous avons 58 départs à considérer pour l'ensemble de la Bourgogne.

2/ approche économique pure :

- coûts du renforcement supérieur à 10 000 € par client desservi (pourra être ajusté par département en fonction des coûts moyens habituels pratiqués en renforcements – possibilité par exemple de sélectionner les 10% présentant le plus fort coût par client).
- ligne non vétuste (appréciation vétuste / non vétuste à définir pour cadrer la sélection)

Il n'est pas prévu de critère de profondeur de chute de tension, les études et opérations menées ces dernières années ayant montré que la MDE micro peut résoudre des problèmes même dans des cas de fortes contraintes.

2. Nombre de départs concernés :

le nombre de départs indiqués comme potentiels à partir de la GDO est déterminé selon les critères suivants :

- longueur de départ supérieure à 600m
- départ comportant au maximum 10 clients
- départ comportant au maximum 3 clients mal alimentés

Le nombre de départs dont le traitement par la MDE micro sera prévu sur 2004 est de :

- Côte d'Or : 5 (24 départs potentiels identifiés à partir de la GDO)
- Nièvre : 10 (48 identifiés à partir de la GDO)
- Saône et Loire : 20 (104 identifiés à partir de la GDO)
- Yonne : 5 (22 identifiés à partir de la GDO)

Ce nombre volontairement limité permet de s'assurer de travailler exclusivement sur des départs favorables pour la MDE micro. L'année 2004 peut servir de phase de validation de la méthode. Compte tenu des volumes en jeu, et en fonction des résultats de ces premiers projets, un fonctionnement annuel pourra être prévu.

3. Budget :

Budget demandé : 15 000 € par départ en moyenne (travaux et ingénierie liée aux travaux de MDE)

Soit budget demandé par département :

- Côte d'Or : 75 000 € (économie minimum attendue de 20 000 €)
- Nièvre : 150 000 € (économie minimum attendue de 40 000 €)
- Saône et Loire : 300 000 € (économie minimum attendue de 80 000 €)
- Yonne : 75 000 € (économie minimum attendue de 20 000 €)

En moyenne, le coût de renforcement de ce type de départ par les méthodes classiques serait de 60 000 €. A partir d'un report d'investissement moyen de 5 ans (hypothèse volontairement prudente) ; le bilan économique actualisé présentera un bénéfice minimum de 4 000 € par départ traité en MDE micro.

Pour plus d'efficacité et un meilleur service apporté aux clients et aux collectivités locales, Les opérations seront gérées en parallèle, mais seront traitées indépendamment les unes des autres d'un point de vue économique.

La justification économique exacte de chaque projet (correspondant à un départ seulement) sera calculée préalablement à chaque opération selon les circulaires du Ministère de l'Industrie et de l'Agriculture du 6 mars et du 13 avril 1995 qui se place du point de vue de la collectivité maître d'ouvrage.

Une évaluation plus large que le cadre de la circulaire pourra être prévue ; et notamment :

- Du point de vue des clients concernés
- Du point de vue du concessionnaire

Cette évaluation permettra de faire apparaître les enjeux (avantages et inconvénients induits) pour tous les acteurs.

4. Déroulement proposé pour la mise en place d'opérations de MDE micro :

1/ obtention de l'accord du comité restreint sur un volume de départs pour 2004

2/ mise en place d'un tri en interne dans les syndicats des demandes de renforcement dont le coût de renforcement est supérieur à 10 000 € par client desservi

3/ étude des départs potentiels identifiés par la GDO :

- visite préalable sur site pour validation du paramétrage de la GDO, recueil des remarques éventuelles des clients
- le cas échéant demande de mise à jour de la GDO avec nouvelle valeur de chute de tension simulée

4/ mise en place de mesures de chutes de tension sur les trois phases a minima en extrémité de l'antenne la plus en contraintes du départ pour valider le besoin de travaux et fixer un « état initial » utile à l'évaluation des opérations

5/ pour les départs les plus favorables à la MDE micro :

- étude de solutions alternatives réseau (équilibrage ; DAT...)
- étude de solutions alternatives MDE chez les clients
- calculs économiques selon les circulaires (et élargis)

6/ lancement des travaux de MDE pour les sites où la justification économique est validée

7/ retour d'information au comité restreint du FACE

pour chaque réunion du comité restreint du FACE, préparation d'un état d'avancement par département des projets de MDE micro : nombre de départs étudiés, solutions retenues, travaux en cours, coûts prévisionnels par projet, coûts réels...

8/ en fin de travaux, établissement des états récapitulatifs avec une note de synthèse par départ des actions mises en œuvre et des résultats.

9/ suivi des opérations réalisées : contact des clients concernés pour la validation du fonctionnement des solutions mises en place et enregistrements de chutes de tension dans des conditions similaires à celles des mesures initiales pour valider la disparition des contraintes.

5. En cas d'ajustement nécessaire du programme :

Le budget alloué par département par le FACE sera exclusivement dédié à la réalisation d'opérations de MDE micro permettant d'éviter et de différer des renforcements avec une justification économique conforme aux circulaires du Ministère de l'Industrie. Dans le cas d'un ajustement nécessaire du contenu du programme annuel défini (nombre de départ traités et/ou budget moyen par départ notamment), une demande préalable sera faite auprès du comité restreint du FACE présentant la modification proposée et sa justification en fonction par exemple de l'avancement et des résultats des premiers projets engagés.

6. Regroupement des départs :

Les départs étudiés seront, autant que faire se peut, regroupés géographiquement afin d'optimiser les phases d'étude, de suivi, et de coordination avec les différents partenaires (agences EDF, syndicats primaires).

7. Type de solutions utilisées :

Les actions à mettre en œuvre seront définies à partir des 7 familles de solutions présentées dans le guide méthodologique des opérations de MDE micro :

- actions réseau (DAT, transformateur tri-mono)
- Gestion de l'énergie
- Electronique de puissance (onduleur + stockage...)
- Production décentralisée (EnR ; groupe électrogène...)

Le dispositif proposé pourra à terme concerner tous les types de solutions mais, en l'absence de décret d'application de l'article 17 de la loi du 10 février 2000, il se bornera à la mise en place d'équipement qui resteront propriété de la collectivité.

Dans le cas d'équipements après compteurs, autres financements (Client ; ADEME & EDF ; Région...) pourront être sollicités.

ANNEXE 2

RESULTATS DES DEUX ACP

☆ Résultats de l'ACP réseau

Les dix variables actives de l'ACP réseau se décomposent complètement sur les cinq premiers axes d'inertie :

Décomposition	AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4	AXE 5
Valeur propre	2.8	2.1	1.8	1.5	1.0
% de variance	28	21	18	15	10
% cumulé	28	49	67	82	92

Ce tableau signifie que l'axe 1 représente l'effet de trois variables, l'axe 2, de deux variables etc. Au total, sur les dix variables actives, les cinq premiers axes résument en fait les liaisons entre 9 d'entre elles : les cinq axes suivants sont bien un bruit de fond.

Chaque axe apporte un pourcentage précis de la variabilité contenue dans le tableau de donnée ; la dernière ligne donne la progression du total sur les axes considérés. En somme la totalité de l'information contenue dans le tableau de donnée est compressée sur cinq axes d'inertie, et les deux tiers sur les trois premiers.

Interprétons maintenant la signification de chacun des axes.

Variables	Sigle	Corrélations des variables avec les axes				
		AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4	AXE 5
Taux de lignes en fil nu	TAER	0,54	-0,58	0,37	-0,37	-0,12
Taux de lignes en torsadé	TTOR	-0,23	0,87	0,02	-0,41	0,13
Taux de lignes en souterrain	TSOUT	-0,14	-0,57	-0,29	0,74	-0,06
Taux de lignes en contrainte	TLGCUMA	0,49	-0,52	0,37	-0,48	-0,04
Taux de lignes en fil nu de faible section	TLGFAIBL	0,85	0,22	-0,29	0,12	0,05
Taux de départs en contrainte	TDMA	0,86	0,23	-0,25	0,10	-0,01
Taux de clients en contrainte	TCMA	0,81	0,24	-0,31	0,13	0,07
Taux de départs en précontrainte	TDPREC	0,20	0,30	0,79	0,38	-0,08
Taux de clients en précontrainte	TCLIPRECSDC	0,17	0,27	0,77	0,45	0,07
Taux de départs vides (sans clients rattachés)	TDVIDE	0,02	-0,27	0,09	0,02	0,96

La valeur des **corrélations entre variables originales et les axes** de l'ACP permet d'interpréter la **nature** des axes. Cela exprime l'intensité des liaisons et l'importance relative des variables dans la formation de chaque axe. Les corrélations positives et négatives indiquent des oppositions entre variables ; les variables sont associées lorsque leurs corrélations sont proches. Nous avons accentué en **gras les corrélations positives** et en **gras italique les corrélations négatives**, mais pour un seuil de +/-0,50.

L'axe 1 associe les communes avec des taux de réseaux en fil nu de faible section, avec le taux de départ en contrainte et le taux de clients en contrainte. Ces variables se trouvent plus faiblement associées avec les communes qui ont un taux élevé de réseaux en fil nu. Noter qu'il n'y a pas d'effet taille au sens stricte puisque l'on trouve deux corrélations négatives (taux de réseaux torsadés et souterrains). **L'axe 1 est l'axe des communes aux réseaux très contraints qui tendent à avoir beaucoup de fil nu faible section**

L'axe 2 oppose les communes selon la structure de leurs réseaux : d'une part les communes dont le taux de torsadé est élevé qui se trouvent opposées aux communes ayant du fil nu, du souterrain et une grande longueur de réseaux en contrainte. **L'axe 2 est un axe de composition des réseaux qui oppose le torsadé, au souterrain, au fil nu et aux longueurs de réseaux en contrainte.**

L'axe 3 est l'axe des précontraintes : tant en terme de départs qu'en terme de clients sur ces départs.

L'axe 4 est un axe redondant des communes ayant une part de souterrain élevée.

L'axe 5 est celui des communes qui ont un taux de départs vides très élevé.

L'interprétation des axes permet donc de voir qu'au premier ordre ce sont les contraintes qui différentient les communes, au second ordre la part du torsadé, c'est-à-dire la structure des réseaux et au troisième ordre l'importance des départs et clients en précontrainte.

Nous notons une certaine redondance sur l'axe 4, de plus, comme l'axe 5 porte une variable informative nous estimons que **les trois premiers axes de l'ACP réseau seront suffisants pour établir la typologie réseau.**

☆ Résultats de l'ACP logement-énergie

Comme pour l'ACP réseau, le tableau suivant reproduit la décomposition de l'information du tableau sur les cinq premiers axes.

Décomposition	AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4	AXE 5
Valeur propre	4.0	2.0	1.5	1.0	0.9
% variance	36	18	14	9	8
% cumulé	36	54	68	77	85

Sur les 11 variables de l'ACP logement, nous pouvons voir que les quatre premiers axes jouent le rôle d'au moins une variable, soit au total, 8,4. Tout comme pour l'ACP réseau, les cinq premiers axes représentent la structure de corrélation d'au plus neuf des 11 variables actives. De même, le pourcentage cumulé jusqu'au troisième axe est identique à celui de l'ACP réseau : 68 %. Le nombre de variables représentés par les trois premiers axes est plus élevé que dans l'ACP réseau.

Le tableau des corrélations entre variables et axes de l'ACP permet de les interpréter.

Variables	Sigle	Corrélations des variables avec les axes				
		AXE1	AXE2	AXE3	AXE4	AXE5
Taux de résidences principales construites après 1975	TRPap75	-0,76	0,41	-0,38	-0,23	-0,08
Taux de résidences principales construites avant 1975	TRPav75	-0,25	-0,11	0,83	0,32	0,17
Taux de résidences principales maisons individuelles	TRPMI	-0,66	0,63	0,18	-0,08	0,10
Taux de résidences principales tout électrique	TRPELEC	-0,69	0,12	-0,37	-0,07	-0,09
Taux de résidences principales chauffées au gaz naturel	TRPGN	-0,65	-0,35	-0,08	0,17	-0,14
Taux de résidences secondaires	TRS	0,89	-0,27	-0,26	0,00	0,02
Taux de résidences secondaires tout électrique	TRS_TELEC	0,58	-0,21	-0,43	0,05	0,14
Part de la consommation d'énergie industrielle	TCEF_IND	-0,45	-0,65	0,08	-0,48	0,37
Part de la consommation d'énergie tertiaire	TCEF_TER	-0,52	-0,39	-0,24	0,57	-0,33
Part de la consommation d'énergie résidentielle	TCEF_RES	0,64	0,73	0,07	0,07	-0,12
Taux de croissance de la population entre 1990 et 1999	TCPOP90/99	-0,19	0,26	-0,38	0,44	0,72

L'axe 1 oppose deux types de communes : d'une part, les communes qui ont une proportion plus élevée de résidences principales récentes (après 1975), une part élevée de maisons individuelles, une proportion élevée de chauffage électrique principal et de chauffage au gaz, d'autre part les communes qui ont une forte proportion de résidences secondaires dont des résidences secondaires avec chauffage électrique mais aussi les communes pour lesquelles la part des consommations d'énergie résidentielle est élevée. **Cet axe est un axe d'opposition des communes avec beaucoup de résidences secondaires aux communes**

qui ont beaucoup de résidences principales notamment chauffées à l'électricité, au gaz et relativement plus récentes. C'est un axe de structure des logements.

L'axe 2 oppose les communes qui ont une forte consommation d'énergie industrielle aux communes qui ont une forte consommation d'énergie résidentielle associée à une forte proportion de résidences principales maisons individuelles. **C'est un axe opposant consommation résidentielle et consommation industrielle d'énergie.**

L'axe 3 est l'axe des communes qui ont une proportion plus élevée de résidences principales plus anciennes (avant 1975).

L'axe 4 est l'axe des communes qui ont une forte consommation tertiaire.

L'axe 5 ne représente que les communes dont la population a crû le plus vite entre 1990 et 1999.

L'ACP logement-énergie est essentiellement axée autour de la structure des logements notamment de l'opposition résidences principales / résidences secondaires, des consommations industrielles et résidentielles. Sur le plan de la demande, nous voyons que la présence du chauffage électrique (et du gaz) est un élément prépondérant. Par conséquent, nous pouvons estimer que les déterminants de la demande sont correctement pris en compte. Compte tenu de l'importance de l'opposition entre consommations résidentielles et industrielles ainsi que du caractère marginal des axes 4 et 5 **nous retiendrons les trois premiers axes pour effectuer la typologie logement.**

COMPARATIF SYNTHETIQUE DES QUATRE ZONES RETENUES

Tableaux généraux par thèmes :

1. Thème réseau

Département	21	58	71	89
Syndicat	LAIGNE S	MONTSAUC HE	MACONNAI S- BEAUJOLAI S	SAINT- SAUVEUR-EN- PUISAYE
Nombre de départs	155	734	1645	368
Nombre de clients BT	2418	7595	19068	3832
Nombre de clients mal alimentés	50	361	184	33
%	2.1	4.8	1.0	0.9
Nombre de clients en précontrainte	292	1229	1818	314
%	12.1	16.2	9.5	8.2
Nombre de clients en précontrainte sur départs en précontrainte	235	881	1642	243
Nombre de départs mal alimentés	3	42	26	10
%	1.9	5.7	1.6	2.7

2. Thème logement-énergie

Département	21	58	71	89
Syndicat	LAIGNE S	MONTSAUC HE	MACONNAIS- BEAUJOLAIS	SAINT-SAUVEUR- EN-PUISAYE
Population 1999	3596	8188	35495	4795
Taux de croissance 1990-1999	-0.5	-8.9	5.2	-3.3
Nb de résidences secondaires	491	3235	1326	1228
<i>Dont chauffage électrique</i>	65	430	258	190
Nb de résidences principales	1480	3832	13923	2109
<i>Dont chauffage électrique</i>	142	500	2887	406
Part des RP après 1975	10.7	9.4	30.2	10.3
Part des RP avant 1975	55.7	39.5	54.4	47.5
Part des RP maisons individuelles	62.7	45.9	75.7	54.8
Part des RP tout élec	4.6	4.9	14.9	8.4
Taux de résidences secondaires	22.0	41.3	8.1	33.7
Part de la consommation énergétique industrielle	0.0	0.0	27.1	9.5
Part de la consommation énergétique tertiaire	11.3	14.0	15.6	12.0
Part de la consommation énergétique résidentielle	88.7	86.0	57.3	78.5

Note : tous les ratios relatifs au logement sont calculés sur le total des logements.

Syndicat de Laigne, Côte d'Or

2418 clients BT dont 50 mal alimentés (2,1 %)
155 départs BT dont 3 mal alimentés (1,9 %)

Une population stable (-0,5 % entre 1990 et 1999)
Un parc de résidences principales relativement ancien (11 % construits après 1975)
Majoritairement composé de maisons individuelles (63 %)
Une faible pénétration de l'électricité (4,6 % des logements)
Un taux de résidences secondaires de 22 % du total des logements

Un syndicat résidentiel sur le plan énergétique : 88,7 % de la consommation finale, 11,3 % pour le tertiaire

Syndicat de Montsauche, Nièvre

7595 clients BT dont 361 mal alimentés (4,8%)
734 départs BT dont 42 mal alimentés (5,7%)

Une population de 8188 habitants en 1999 mais décroissante (-8,9 % entre 1990 et 1999)
Un parc de logements plutôt anciens
Une très forte proportion de résidences secondaires : 41,3 %
Avec une pénétration moyenne du chauffage électrique : 4,9 %

Une consommation d'énergie résidentielle (86 %) et tertiaire (14 %)

Syndicat du Maconnais-Beaujolais, Saône-et-Loire

19608 clients BT, dont 184 mal alimentés (1,0 %)
1645 départs BT, dont 26 mal alimentés (1,6 %)

Population : 35 495 en 1999, en croissance (+5,2 % entre 1990 et 1999)
Un parc de résidences principales maison individuelles (75,7 % du parc de logements)
Peu de résidences secondaires (8,1 % du parc de logements)
Une pénétration égale du chauffage électrique et au gaz (14,9 % du parc de logements)

Forte consommation d'énergie industrielle (27, 1 %), puis tertiaire (15,6 %), part plus faible de la consommation résidentielle sur les quatre zones (57,3 %).

Syndicat de Saint-Sauveur, Yonne

3832 clients BT dont 33 mal alimentés (0,9 %)
368 départs BT dont 10 mal alimentés (2,7 %)

population en 1999 : 4795, en faible recul (-3,3 %) entre 1990 et 1999
Parc de résidences principales avant 1975 : 47,5 %, après 1975 : 10,3 %
Pénétration élevée de l'électricité dans les résidences secondaires : 8,4 %
Un taux de résidences secondaires élevé : 33,7 % du parc de logements

Consommations industrielle (9,5 %) et tertiaire (12,0 %), forte consommation résidentielle : 78 %

ANNEXE 3

FICHES-ACTION

	N°	COMMUNE	INTITULE
LAIGNES	1	LARREY	MDE Logements tout électrique
	2	LARREY	Chaufferie Bois pour la nouvelle Mairie
	3	SAVOISIE	MDE dans les exploitations laitières
	4	MOLESME	Chaufferie Bois pour une résidence d'hébergement
MONTSAUCHE	5	ALIGNY EN MORVAN	Chauffage Bois et ECS Solaire dans un gîte d'étape
	6	MOUX EN MORVAN	ECS Solaire dans un camping
	7	MHERE	Réseau de Chaleur avec chaufferie Bois
	8	OUROUX EN MORVAN	Chauffage bois et ECS Solaire dans une maison pour retraités
MACONNAIS BEAUJOLAIS	9	IGE	ECS Solaire pour des logements communaux
	10	MONTBELLET	MDE micro sur un départ BT
	11	OZENAY	Chauffage Bois et ECS Solaire dans un café restaurant
	12	LA ROCHE VINEUSE	Eclairage d'un site touristique par solaire photovoltaïque
LOING - ST SAUVEUR	13	TREIGNY	Chaufferie Bois pour une école primaire
	14	TREIGNY	Chauffage Bois pour des logements communaux
	15	ST SAUVEUR EN PUISAYE	Réseau de Chaleur entre bâtiments communaux
	16	ST SAUVEUR EN PUISAYE	Photovoltaïque et Maîtrise de l'Energie pour la maternelle
	17	NEVERS	Opération de communication et diffusion des outils de MDE