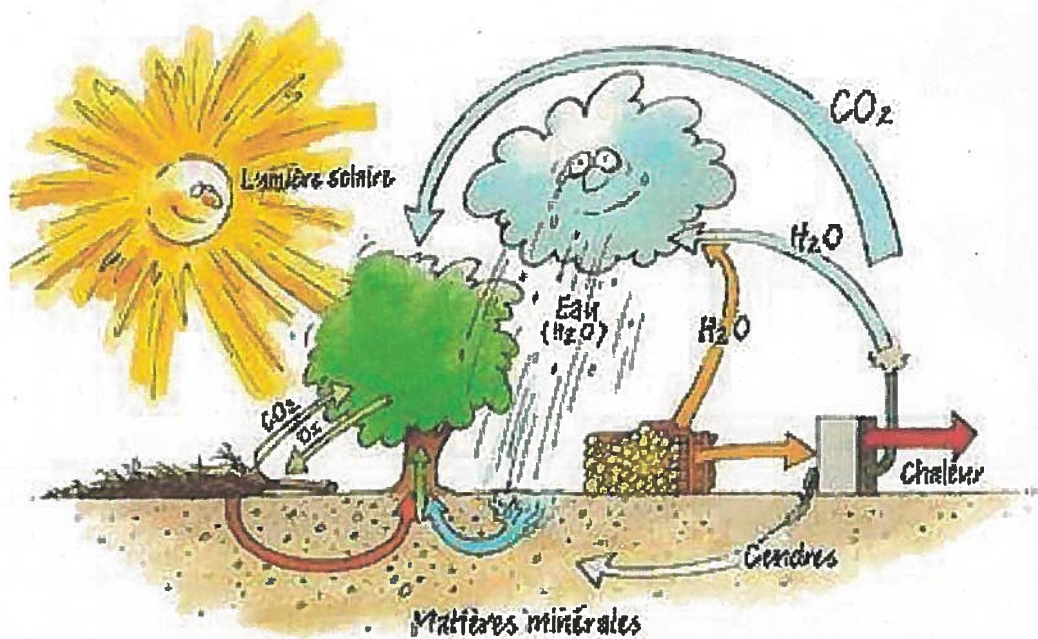


Le 10 Juin ?
17h

Étude de Préfaisabilité pour la mise en place d'une chaufferie ou d'un cogénérateur alimentés par une énergie renouvelable : le bois



Prévision d'un réseau de chaleur
sur un parc d'activité, situé à Montours (35)

ETUDE DE PREFAISABILITE
POUR LA MISE EN PLACE D'UNE CHAUFFERIE OU
D'UN COGENERATEUR ALIMENTES PAR UNE
ENERGIE RENOUVELABLE : LE BOIS

**PREVISION D'UN RESEAU DE CHALEUR
SUR UN PARC D'ACTIVITE, A MONTOURS (35)**

Tuteur de projet : M. Jacques AUGER

Photographie personnelle

Hélène ROISILLE
Projet Individuel
Lieu d'édition : TOURS

DIPLOME UNIVERSITAIRE :
MAGISTERE 1
Année : 2004-2005

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier M. Jean Malapert président de Coglais Communauté qui m'a proposé ce sujet de projet individuel et m'a accueilli dans ses locaux.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont aidé dans mon travail de recherche :

Tout le personnel de Coglais Communauté et plus particulièrement M. Jean Philippe Anota, chargé de mission environnement à la communauté de communes, pour le temps qu'ils m'ont accordé et les informations qu'ils m'ont fourni.

M. Claude Alexandre, dirigeant de la plate-forme de Bois 2R pour ses renseignements sur sa plate-forme de conditionnement.

M. Stéphane Cousin, chargé d'études bois forêt, à Biomasse Normandie, pour les informations qu'il m'a fourni sur la cogénération.

M. Eric Liebel, directeur du bureau d'études SODEXPER pour ses précisions sur une de ses études sur Fougères DS HUM.

M. Michel Pédron, association AILE (Association d'Initiative Locale pour l'Energie et l'Environnement), ingénieur chargé de mission "utilisation industrielle du bois énergie", pour les entretiens qu'il m'a accordé et ses précieuses explications sur les chaudières bois.

M. Gilles Petitjean, délégué régional de l'ADEME Bretagne (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) pour ses informations.

M. Alain Vitre, Technicien des serres à la coopérative Solarenn pour ses renseignements sur les serres.

Le bureau d'études BEC pour ses informations sur la consommation de bureaux en chaleur.

Je remercie aussi mon tuteur de projet M. Jacques Auger ainsi que les professeurs du CESA que j'ai pu rencontrer pour leurs conseils pour la réalisation de ce projet.

Enfin, je remercie mes amis pour leurs relectures et leurs conseils pour améliorer l'aspect et la compréhension de mon rapport.

AVANT-PROPOS

Vivement intéressée par les énergies renouvelables, j'ai voulu réaliser un projet sur ce thème car je pense qu'il est aujourd'hui important de les développer. De plus, je trouve que peu de projets d'énergies renouvelables sont réalisés dans le département d'Ille et Vilaine (35) où j'habite contrairement à d'autres départements de la Bretagne.

Ma recherche de projet s'est donc portée sur ce thème auprès des collectivités locales du département et plus particulièrement aux alentours de Fougères. Coglais Communauté, une communauté de communes ouverte aux idées innovantes, m'a proposé de travailler sur son projet d'éco-parc où elle compte utiliser des énergies renouvelables : le bois énergie avec la mise en place d'un cogénérateur ou une chaudière à bois et le vent avec la construction d'éoliennes.

J'ai choisi de traiter le sujet du bois énergie car c'est une filière que je ne connaissais pas ou peu et que ce projet m'a permis de découvrir. Par contre cela m'a aussi rendu le travail plus difficile.

SOMMAIRE

Remerciements.....	2
Avant-propos.....	3
Sommaire.....	4
Introduction.....	5
I. LE CONTEXTE LOCAL.....	6
I.1. LE COGLAIS.....	6
I.1.1. <i>Un territoire à la marge de trois régions</i>	6
I.1.2. <i>Une intercommunalité déjà ancienne</i>	8
I.1.3. <i>Une évolution socio-économique liée à l'A84</i>	10
I.2. LE PARC D'ACTIVITE : LES MARCHES DE BRETAGNE.....	14
I.2.1. <i>L'emplacement de la ZAC</i>	14
I.2.2. <i>Fougères DS HUM</i>	15
I.2.3. <i>L'éco-parc, une volonté de concrétiser le développement durable</i>	18
II. LE BOIS ENERGIE.....	20
II.1. LE BOIS, RESSOURCE LOCALE ET RENOUVELABLE.....	20
II.1.1. <i>La valorisation des déchets des entreprises</i>	21
II.1.2. <i>Le TTCR (Taillis à Très Courte Rotation)</i>	23
II.1.3. <i>Le bocage, un gisement à exploiter</i>	24
II.2. LA CHAUDIERE A BOIS.....	25
II.3. LA COGENERATION.....	27
III. L'ETUDE TECHNIQUE.....	29
III.1. LE CADRE DE L'ETUDE.....	29
III.1.1. <i>Les deux hypothèses prévues</i>	29
III.1.2. <i>Les besoins énergétiques</i>	30
III.2. LA PREMIERE HYPOTHESE : FOUGERES DS HUM ET UN HECTARE DE SERRES.....	31
III.2.1. <i>La solution de la chaufferie bois</i>	33
III.2.2. <i>La solution de la cogénération</i>	35
III.3. LA DEUXIEME HYPOTHESE : AGRANDISSEMENT DE FOUGERES DS HUM.....	38
III.3.1. <i>La chaufferie bois</i>	39
III.3.2. <i>Le cogénérateur</i>	40
III.4. PROPOSITION.....	41
III.4.1. <i>Aménagement</i>	42
III.4.2. <i>Informations complémentaires</i>	43
Conclusion.....	45
Table des matières.....	46
Index des sigles.....	48
Index des Illustrations.....	49
Bibliographie.....	50
ANNEXES.....	51

INTRODUCTION

Aux portes de la Bretagne, se trouve le Coglais, situé au nord est de l'Ille et Vilaine, à 15 minutes de Fougères. Ce territoire rural, en perte de vitesse redevient dynamique depuis qu'il est traversé par une autoroute. Sa communauté de communes : Coglais Communauté est aussi à l'origine de ce dynamisme avec la mise en place de nouveaux projets. Elle a décidé de créer un parc d'activité, à coté de l'autoroute, fondé sur les notions de développement durable. Cet éco-parc va, pour l'instant, accueillir une entreprise de déshumidification de fourrages. Cette entreprise, Fougères DS HUM, est un projet monté par les agriculteurs du secteur.

De la chaleur est nécessaire pour sécher les fourrages, Coglais Communauté a envisagé de mettre en place sur cet éco-parc, une source de chaleur produite à partir d'une ressource renouvelable qui pourrait alimenter les différentes activités présentes sur la zone. Cette source de chaleur peut correspondre à une chaudière à bois ou un cogénérateur, des installations qui ont la particularité de fournir de la chaleur à partir de la combustion du bois. Le cogénérateur utilise, en plus, une partie de cette chaleur pour produire de l'électricité.

Une implantation de l'une ou l'autre de ces installations est à étudier pour le parc d'activité. Mais, afin de déterminer laquelle est la plus intéressante, différentes hypothèses d'activités qui pourraient se développer sur le parc, sont à formuler pour évaluer les besoins en chaleur à satisfaire. Le souhait de la communauté de communes est d'attirer des serres par la mise en place d'un réseau de chaleur. Celles-ci ont, en effet, besoin de beaucoup de chaleur toute l'année. Les installations seront, donc, définies en fonction des besoins énergétiques de la première entreprise à s'installer sur la zone d'activité : Fougères DS HUM et de ceux liés à l'implantation de serres.

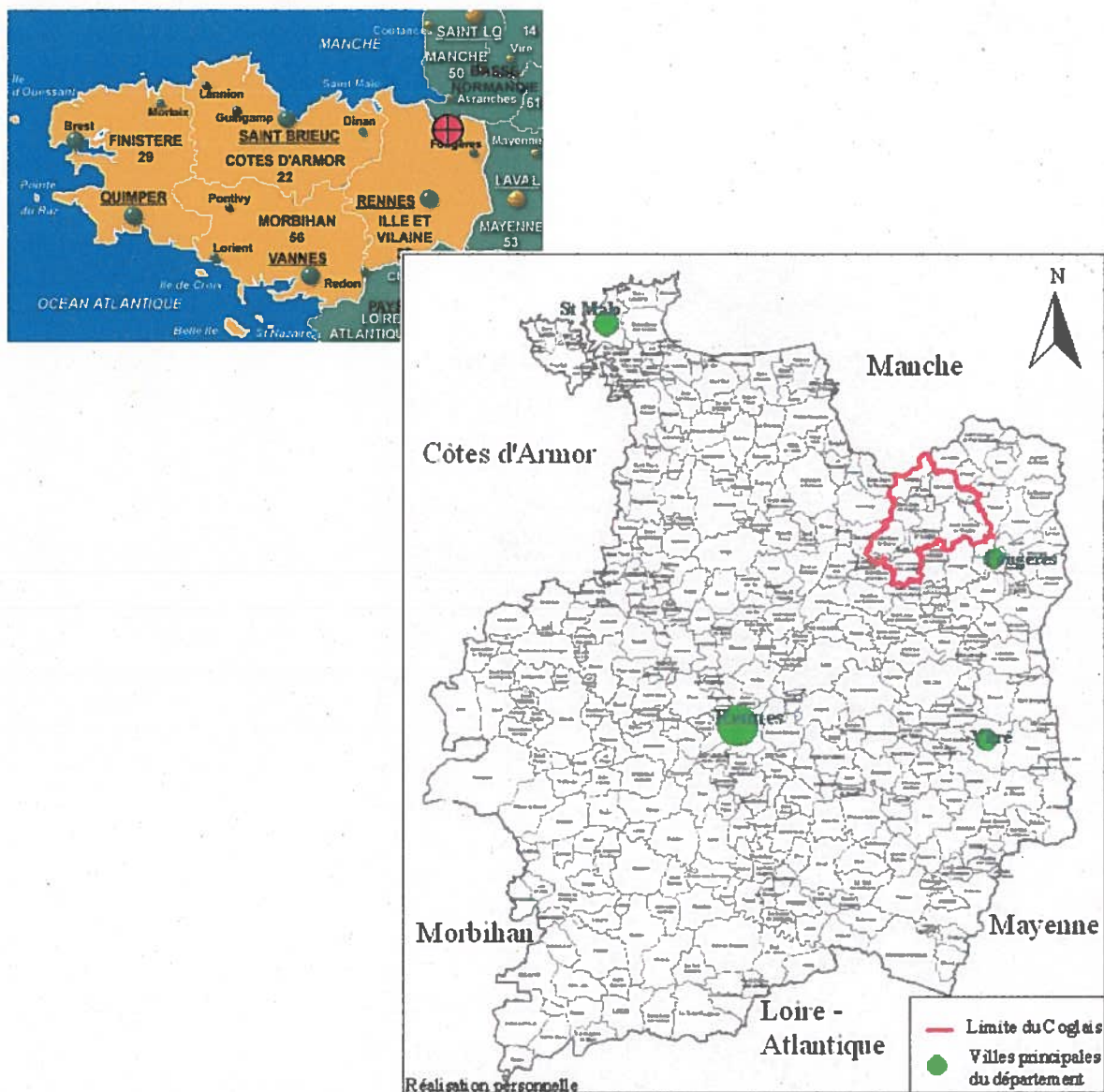
Cette étude aborde d'abord le contexte local pour situer le projet dans son ensemble. Une partie, ensuite, traitera du bois énergie afin de définir les ressources en bois du territoire du Coglais et de préciser le fonctionnement d'une chaudière à bois et d'un cogénérateur. Enfin la dernière partie permettra de définir chaque installation pour les hypothèses émises et de déterminer la solution préférable.

I. LE CONTEXTE LOCAL

I.1. LE COGLAIS

I.1.1. Un territoire à la marge de trois régions

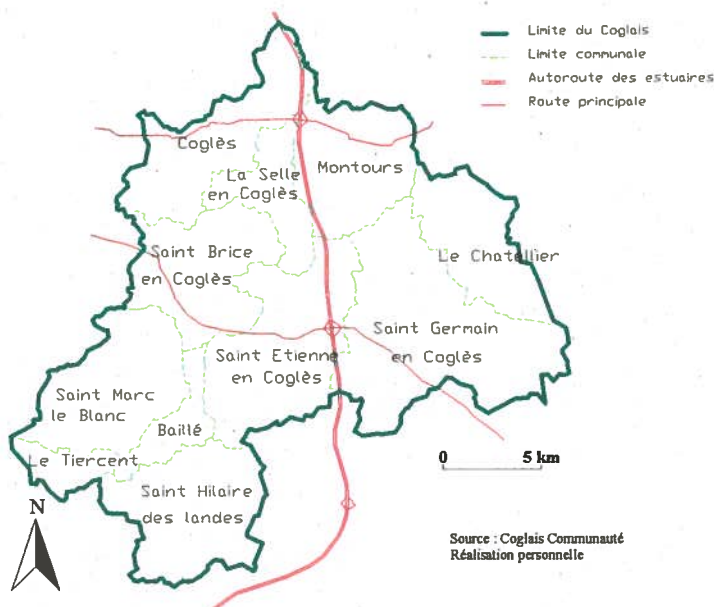
Le Coglais correspond aux limites du canton de Saint Brice en Coglès encore appelé canton du Coglais. Il se situe au nord est du département d'Ille et Vilaine en région Bretagne, jouxtant le département de la Manche (Normandie) au nord et celui de la Mayenne (Pays de Loire).



Carte 1 : Localisation du Coglais

Le Coglais est composé de 11 communes représentant une superficie totale de 17007ha :

- Baillé
- Coglès
- La Selle-en-Coglès
- Le Châtelier
- Le Tiercent
- Montours
- Saint Brice-en-Coglès
- Saint Etienne en Coglès
- Saint Germain-en-Coglès
- Saint Hilaire-des-Landes
- Saint Marc-le-Blanc



Carte 2 : Les communes du Coglais

Le Coglais apparaît comme un territoire unitaire avec une identité et une spécificité bien marquées au sein du pays de Fougères. Ce territoire serait un ancien pagus romain. Il est perçu comme peuplé de gens volontaires qui ont su se réapproprier leur territoire et mettre en place un dynamisme intercommunal en créant l'Association du Coglais. Ses habitants définissent souvent l'identité du Coglais par le parlé local, le granit, le paysage, l'habitat en granit et quelques spécialités culinaires comme le pommé.

Mais il s'avère qu'au cours du temps les limites actuelles du Coglais ont souvent évoluées et c'est seulement à partir de 1801 que les 11 communes furent regroupées. Deux entités distinctes apparaissent, toutefois, au sein du Coglais : un groupe de sept communes au nord relevant d'un découpage très ancien ayant depuis toujours la juridiction de Saint Brice en Coglès et un second groupe de quatre communes au sud souvent qualifiées de « pays bleu ». L'unité du Coglais se serait donc imposée à l'ensemble des onze communes lors de la création de l'association du Coglais en 1967. Ainsi, une nouvelle identité basée plus sur des notions de qualité de vie (paysage, patrimoine, habitat, dynamisme intercommunal,...) s'est forgée peu à peu autour du nouveau découpage cantonal.¹

Le paysage du Coglais est l'une des caractéristiques définissant son identité.

Ce territoire a un aspect verdoyant avec la présence d'eau, d'un bocage à mailles serrées et de quelques chaos granitiques.

¹ Référence bibliographique 7

Pourtant ce territoire est non homogène, on peut distinguer différents types de paysages :

- un bocage à maille très serré,
- un paysage de bocages dénaturés avec ouverture des parcelles et linéaires de haies,
- un bocage dénaturé avec présence d'un milieu « naturel » forestier plus important,
- un paysage très ouvert où le bocage a presque totalement disparu¹.



Photographie 1 : Paysages du Coglais

I.1.2. Une intercommunalité déjà ancienne

L'intercommunalité entre les 11 communes commence après la seconde guerre mondiale avec la création de différents syndicats (syndicat d'électrification, syndicat des eaux...). Une structure « non administrative » est également fondée au sein de ce territoire : l'association cantonale du Coglais en 1967 afin de surmonter les conflits sociaux de l'après guerre, association toujours existante.

En 1977, un nouveau syndicat voit le jour au Coglais : le Syndicat Intercommunal pour la Recherche et la Création d'Emplois (SIRCEB), à la suite de la fermeture d'une société de lingerie industrielle licenciant plus de 400 salariés. Depuis le 31 décembre 1992, ce syndicat s'est transformé en Communauté de Communes ce qui lui a permis d'élargir ses compétences. Depuis 2004, la Communauté des Communes du Coglais se nomme « Coglais Communauté » et gère les compétences suivantes : l'aménagement de l'espace, le développement économique, la voirie d'intérêt communautaire, l'habitat, l'environnement et la solidarité (sports, culture, enfance et jeunesse).

¹ Référence bibliographique 8

Cette communauté de communes appartient au pays de Fougères. Ce pays est composé de cinq communautés de communes (Communauté de Communes d'Antrain, Coglais Communauté, Communauté de Communes du Pays de Saint-Aubin du Cormier, Fougères Communauté, Louvigné Communauté). Ce regroupement date de la fin des années 60. Les différentes communes se sont regroupées en SIEP (Syndicat Intercommunal d'Etudes et de Programmation) pour réaliser un SDAU (Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme) dès les années 1970 afin de rechercher une cohérence globale du territoire. Ce SDAU a été remplacé, en 1995 par un schéma directeur, toujours en application mais un SCOT (Schéma de COhérence Territoriale) est actuellement à l'étude.



Carte 3 : Le Pays de Fougères

Le Coglais est traversé par l'autoroute A84 appelée aussi « autoroute des estuaires » reliant Rennes à Caen, elle a été mise en service en 2001. Cette autoroute s'intègre dans le réseau routier européen qui dessert la façade atlantique de l'Europe du Nord (Danemark) au sud du Portugal. Grâce à cette autoroute, le territoire du Coglais se trouve à peine à 40 minutes de Rennes et 3h30 de Paris. Il est également traversé par la RD 155, axe Sud-Est/Nord-Ouest allant vers Saint Malo et la RD 15 reliant Antrain à Louvigné du Désert.

Par contre, il n'existe plus de réseau ferroviaire sur le pays de Fougères mais des lignes régulières de cars font la liaison Rennes/Fougères et Saint Malo/Fougères (desservant les communes de Saint Brice en Coglès et Saint Etienne en Coglès).

L'arrivée de l'A84 a permis de désenclaver ce territoire rural qui ne bénéficiait pas d'axe de communication majeur.

I.1.3. Une évolution socio-économique liée à l'A84

Une population vieillissante

La population du Coglais est de 10295 habitants au dernier recensement INSEE (1999), avec une densité de population assez faible 61 habitants/km² (densité nationale : 105 habitants/km²). Les communes les plus importantes sont Saint Brice en Coglès avec 2395 habitants, suivi de Saint Germain en Coglès (1793 habitants) et Saint Etienne en Coglès (1430 habitants).

Le Coglais a connu un ralentissement de sa croissance démographique entre 1975 et 1999. Seules deux communes ont connu une augmentation de population entre les deux derniers recensements : Baillé (+10,5%) et Saint Hilaire des Landes (+3,2%). Ces communes situées au sud du Coglais bénéficient de l'influence du Bassin de Rennes. Par contre, la commune du Tiercent située juste à côté de ces communes ne profite pas de ce dynamisme car depuis 1982, elle a perdu un quart de sa population. En ce qui concerne la commune de Montours, la croissance démographique reste relativement stable.

	1982	1990	1999	Variation 82/90	Variation 90/99
Baillé	296	285	915	-0,3%	10,5%
Coglès	652	609	566	-6,6%	-7,1%
La Selle-en-Coglès	491	461	447	-6,1%	-3%
Le Châtelier	407	407	393	0%	-3,4%
Le Tiercent	218	184	162	-15,6%	-12%
Montours	807	810	806	0,3%	-0,5%
Saint Brice-en-Coglès	2477	2484	2395	0,3%	-3,6%
Saint Etienne en Coglès	1422	1461	1430	2,7%	-2,1%
Saint Germain-en- Coglès	1781	1794	1793	0,7%	-0,1%
Saint Hilaire-des- Landes	756	893	922	18,1%	3,2%
Saint Marc-le-Blanc	1214	1108	1086	-8,7%	-2%
CCC	10411	10496	10295	0,8%	-1,9%

Tableau 1 : Evolution démographique des communes du Coglais depuis 1982 (Source : CREDAF)

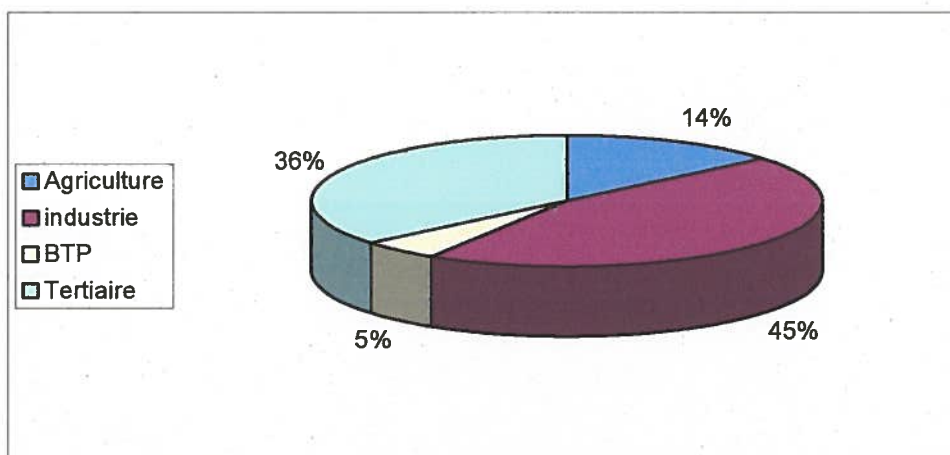
Cette population est vieillissante d'après les deux derniers recensements. Elle suit la tendance du Pays de Fougères où les moins de 40 ans représentent moins de la moitié de la population (49%). Pour le territoire du Coglais, ce vieillissement s'explique par le fait qu'en l'espace de 10 ans, les 75 ans et plus ont augmenté de 22% alors que les moins de 20 ans ont diminué de 15,6% et ils sont désormais inférieurs en nombre aux 60 ans et plus (23,3% contre 26,8%).

Mais depuis 2001, c'est-à-dire la date de l'ouverture de l'autoroute A84, les indicateurs montrent une natalité croissante et dans certaines communes une augmentation importante du nombre de permis de construire (par exemple sur la commune de Montours en 2004, le nombre de permis de construire correspond à celui des 15 dernières années).

Activité sur le territoire intercommunal

Le territoire du Coglais comptait 4763 actifs en 1999. Cette population active est en très légère progression (+0.7%) depuis 1990.

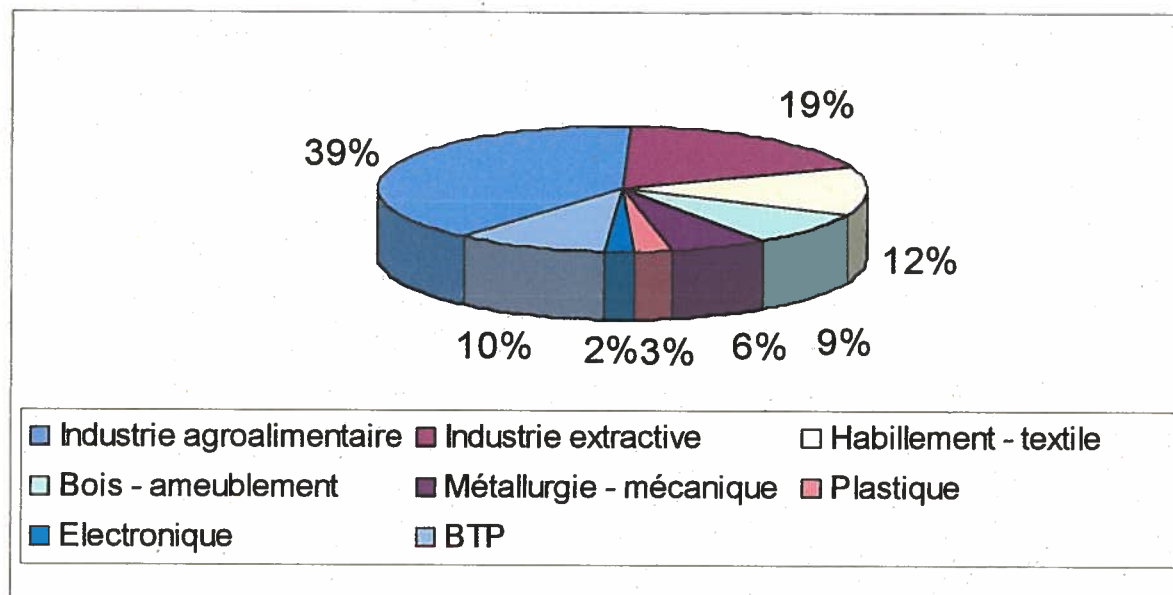
Malgré une augmentation importante du chômage en 2001, la situation de l'emploi apparaît plus favorable au sein du Coglais dû à une baisse de 20% des demandeurs d'emploi entre 2001 et 2002 alors qu'au même moment on assistait à une baisse de seulement 8,1% dans le pays de Fougères et à l'inverse à une hausse de 5,3% dans le département d'Ille et Vilaine. La tranche de population la plus fortement touchée par le chômage est les 25-49 ans (62,5% des demandeurs d'emplois). Le taux de chômage au 1^{er} janvier 2004 est situé aux alentours de 6,4% ce qui équivaut à peu près à celui du Pays de Fougères.



Graphique 1 : Répartition de la population active par activités
(Source : CREDAF)

Le territoire est encore fortement agricole avec 14% des emplois en 2003 contre 9% en Bretagne et 5% en France même si ce secteur d'activité est en déclin avec une diminution de près de 45% du nombre d'agriculteurs entre 1990 et 1999. Le Coglais compte en 2000 encore 505 exploitations totalisant 13347 ha de SAU (Surface Agricole Utile). Mais ces exploitations sont de petites tailles, en effet, 46% ont une superficie inférieure à 20 ha et seulement 18,4% ont une taille supérieure à 50 ha. De plus, l'âge des agriculteurs est relativement moyen : 48% des agriculteurs ont entre 40 et 54 ans et la part des agriculteurs qui partiront en retraite dans les 5 prochaines années (les plus de 55 ans) est de 23% contre 29% de moins de 40 ans. La production agricole du Coglais était, comme beaucoup de territoires en Bretagne, basée sur la tradition de la polyculture élevage. Mais depuis la modernisation du milieu, le territoire a sa production orientée essentiellement vers la filière laitière. Le département d'Ille et Vilaine est le premier producteur laitier de France et le territoire du Coglais fournit 3% de cette production. L'élevage de viande bovine constitue également une part importante de l'activité agricole du Coglais. Par contre, on trouve peu d'élevages porcins et avicoles.

Le secteur secondaire est le secteur prédominant du territoire du Coglais car il embauche 45% des actifs soit 1919 emplois. La principale activité est l'industrie agroalimentaire (laiterie, abattoir) qui représente 39% des emplois dans le Coglais. L'industrie du granit est aussi une composante importante due à la présence de gisements. Enfin le textile (12%) et le bois (9%) sont aussi des filières économiques non négligeables du Coglais.



Graphique 2 : Répartition des emplois par secteurs d'activités industriels en 2003 (Source : CREDAF)

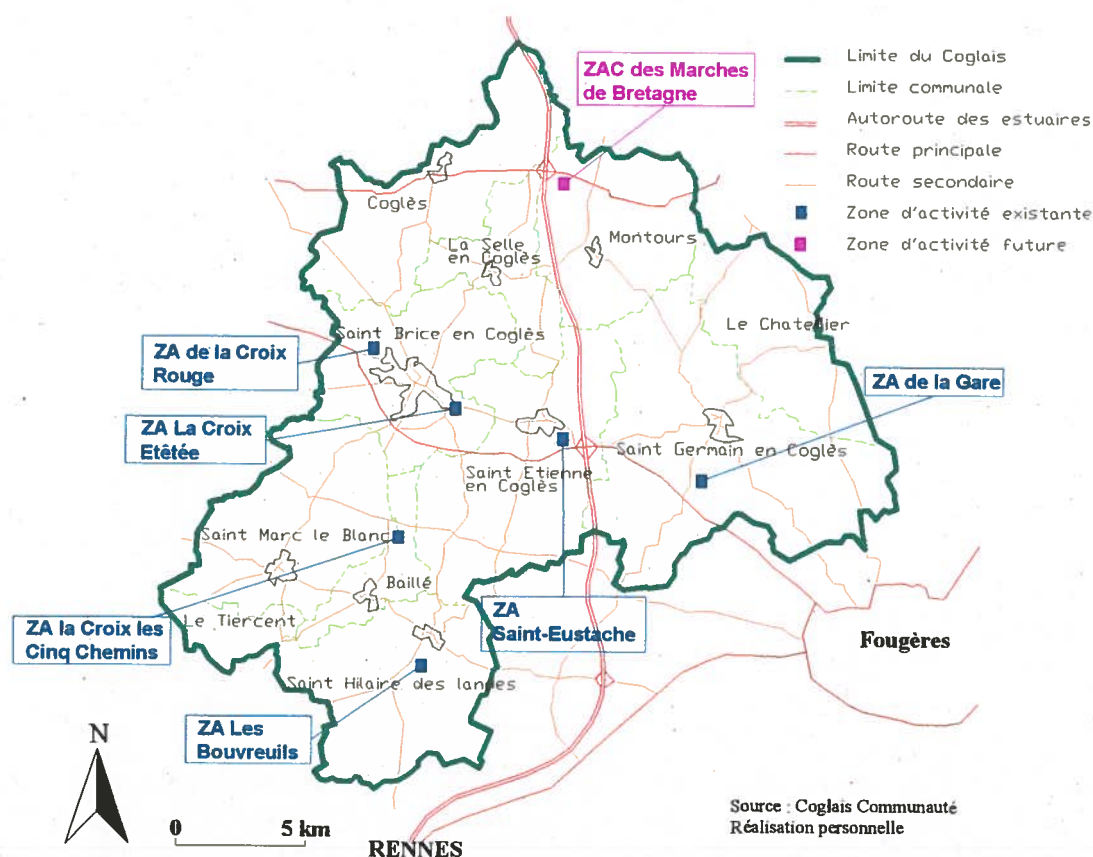
Le nombre d'emplois industriels n'évolue pas (en 1998 : 1921 et en 2003 : 1919) malgré que le secteur industriel agroalimentaire connaisse une hausse importante de ses effectifs (+ 104) entre 1998 et 2003. Par contre, l'industrie extractive (-68 postes) et le textile (-37) subissent une baisse de leurs effectifs. Le Coglais est donc de plus en plus dépendant de l'agroalimentaire.

Le secteur tertiaire est en augmentation dans la communauté de communes depuis les années 80. En effet, une hausse de 11% des effectifs dans ce secteur a été enregistrée entre 1998 et 2003. On dénombre 65 établissements de 3 salariés ou plus. Les principaux domaines d'emplois dans ce secteur sont la santé/l'action sociale et le transport qui représentent à eux deux plus de la moitié des emplois. Mais les 17 entreprises tertiaires comptant plus de 10 salariés implantées dans le Coglais se concentrent sur deux communes : Saint Brice en Coglès et Saint Etienne en Coglès.

En ce qui concerne le tissu artisanal et commercial, 165 établissements étaient comptabilisés au 1^{er} janvier 2003 au sein du territoire de la communauté de communes dont 106 (64,2%) étaient implantés dans les communes de Saint Brice en Coglès (55), Saint Germain en Coglès (27) et Saint Etienne en Coglès (24). Ce nombre d'entreprises est relativement stable depuis 1995 avec cependant une diminution en 2000-2001 (158 entreprises) et une augmentation en 2002 (168 entreprises).

Sites d'activités existants

Le territoire du Coglais compte aujourd'hui 6 zones d'activités économiques (2 à Saint Brice en Coglès, 1 à Saint Etienne en Coglès, 1 à Saint Germain en Coglès, 1 à Saint Hilaire des Landes et 1 à Baillé) comme le montre la carte 4. Ces zones d'activités (ZA) se situent dans la partie sud du territoire, on constate une absence de zone d'activité au nord du Coglais. La ZAC (Zone d'Aménagement Concertée) des marches de Bretagne permettrait de réduire cette disparité.



Carte 4 : Localisation des Zones d'Activités sur le territoire du Coglais

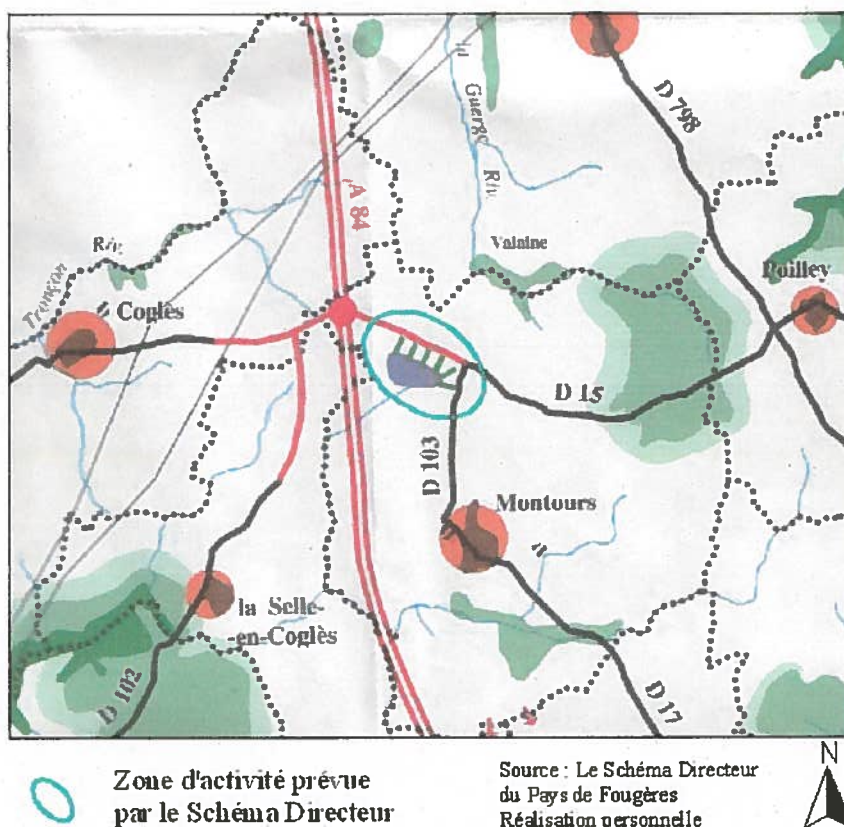
Le département d'Ille et Vilaine possède de nombreuses zones d'activités aux vocations variées mais les secteurs les plus représentés sont ceux de l'industrie avec l'électronique et cosmétique, l'agroalimentaire et le transport logistique, et le commerce artisanal. Dans le Pays de Fougères (sans Coglais Communauté), 32 zones d'activités sont recensées ce qui représentent 500 ha. En ce qui concerne le sud du département de la Manche, le secteur dispose de peu de zones d'activités ; de plus elles sont de petites tailles (majoritairement inférieur à 10 ha). Cette situation favorise donc l'implantation de la ZAC des marches de Bretagne au nord du Coglais.

Le Coglais est le second pôle d'emploi du secteur industriel du Pays de Fougères. Les entreprises présentes sur les zones d'activités sont principalement des entreprises commerciales et industrielles majoritairement dans l'agroalimentaire et la fabrication du bois. Par contre, il reste sur beaucoup de zones éloignées de l'A84, du terrain à pourvoir. Mais la ZAC des Marches de Bretagne dispose de l'avantage d'être située au bord de l'autoroute. De plus, le fait de proposer un parc d'activité avec un aménagement de qualité environnementale peut permettre un démarquage vis-à-vis de la concurrence qui pourrait attirer certaines entreprises.

I.2. LE PARC D'ACTIVITE : LES MARCHES DE BRETAGNE

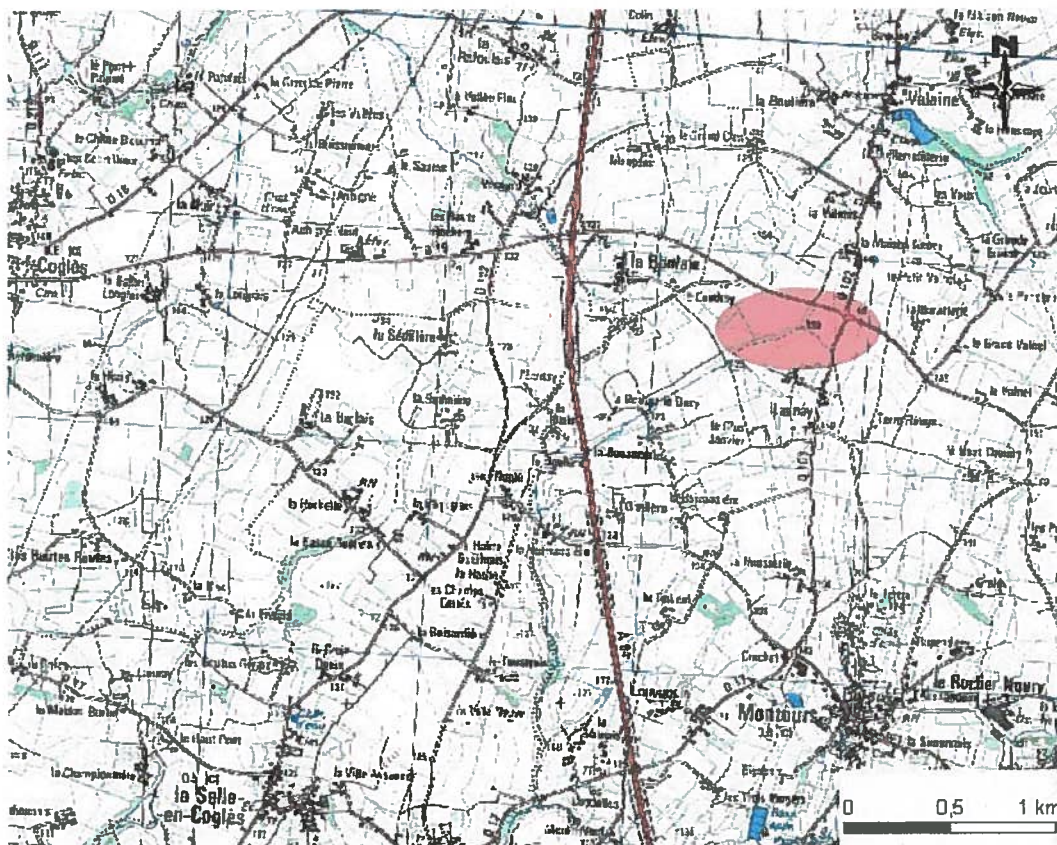
I.2.1. L'emplacement de la ZAC

La communauté de communes a prévu de mettre en place une Zone d'Aménagement Concertée d'une centaine d'hectares. Cette zone sera réalisée par tranches ; pour l'instant une zone d'activité intercommunale est définie dans le schéma directeur du Pays de Fougères de 1995 pour une surface de 10 ha. Ce schéma directeur tient rôle de documents d'urbanisme car Montours n'en possède pas au niveau communal jusqu'à présent, un PLU (Plan Local d'Urbanisme) est en cours d'élaboration. Mais ce schéma directeur est actuellement en modification pour un SCOT.



Carte 5 : Extrait du Schéma Directeur du Pays de Fougères

Ce parc d'activité « les marches de Bretagne », localisé, pour une première tranche, sur la commune de Montours au niveau du lieu-dit de La Boulaie, s'étend donc sur une surface d'environ 10 ha. Le Coglais possède, depuis le 31 décembre 1992, la compétence « développement économique », la mise en place de ce parc d'activité est une des actions de cette compétence dans le but de favoriser l'action locale et l'emploi.



Carte 6 : Localisation de la ZAC (Source : Coglais Communauté)

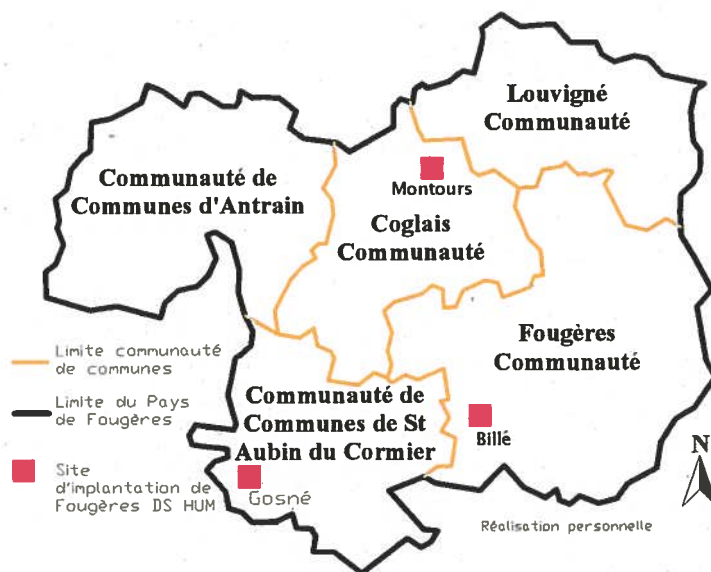
Le parc se situe à environ 60 km de Rennes et 15 de Fougères. De plus, il se trouve aux abords de l'autoroute des Estuaires, l'A84 ; directement desservi par un échangeur relié à la RD 15 (Louvigné du désert – Antrain), le parc bénéficie donc d'une bonne desserte routière.

Le parc d'activité doit pour l'instant accueillir une entreprise Fougères DSHUM

I.2.2. Fougères DS HUM

Fougères DS HUM est une entreprise de déshumidification. Ce procédé innovant consiste à extraire l'eau des fourrages à basse température, c'est-à-dire sécher le fourrage.

Ce projet est mené par une coopérative d'agriculteurs du pays de Fougères et devrait aboutir à la construction de deux autres sites dans le pays si le procédé est validé. Ces deux autres sites seraient localisés à Billé et Gosné afin de desservir la majorité du pays de Fougères (cf. Carte 7).



Carte 7 : Les sites d'implantation de Fougères DS HUM dans le pays de Fougères

Le procédé de fonctionnement consiste d'abord à refroidir l'air pour le décharger de son humidité puis le réchauffer (à partir de l'énergie récupérée lors de la première étape) et enfin souffler l'air sec et chaud au travers du fourrage. Ce cycle sera réalisé grâce à des pompes à chaleur (DZU®).

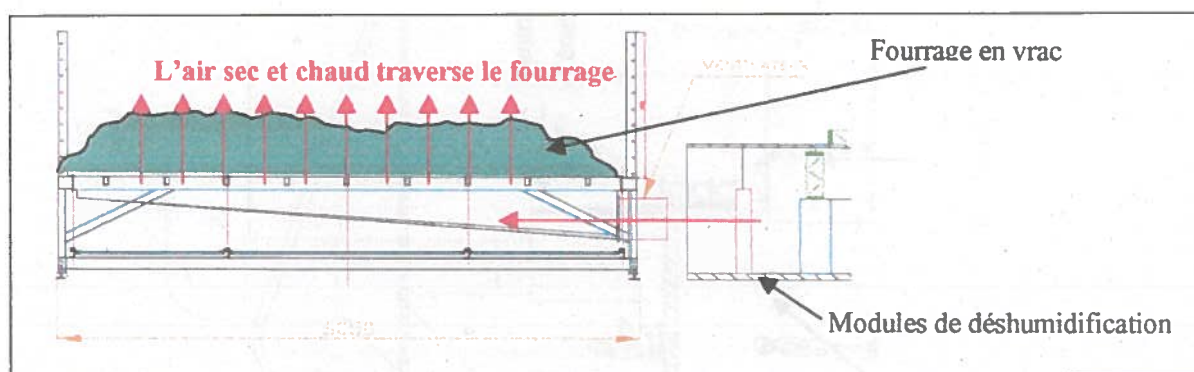


Schéma 1 : Séchage du fourrage (Source : Coglais Communauté)

Le fourrage dès son arrivée, est déchargé sur le tapis de convoyage, ensuite les aéro-engrangeurs propulsent et répartissent le fourrage sur le tapis de séchage. Ce tapis est composé d'une série de modules. Il est alimenté en air sec par des pompes à chaleur couplées à des ventilateurs. L'air chaud (40°C) et sec soufflé dans le fourrage ressort frais et humide et est aspiré par des centrales de reprises qui déchargent cet air de son eau en la condensant sur des plaques froides de la DZU. Cette eau de condensation est ensuite rejetée à l'extérieur dans le réseau pluvial.

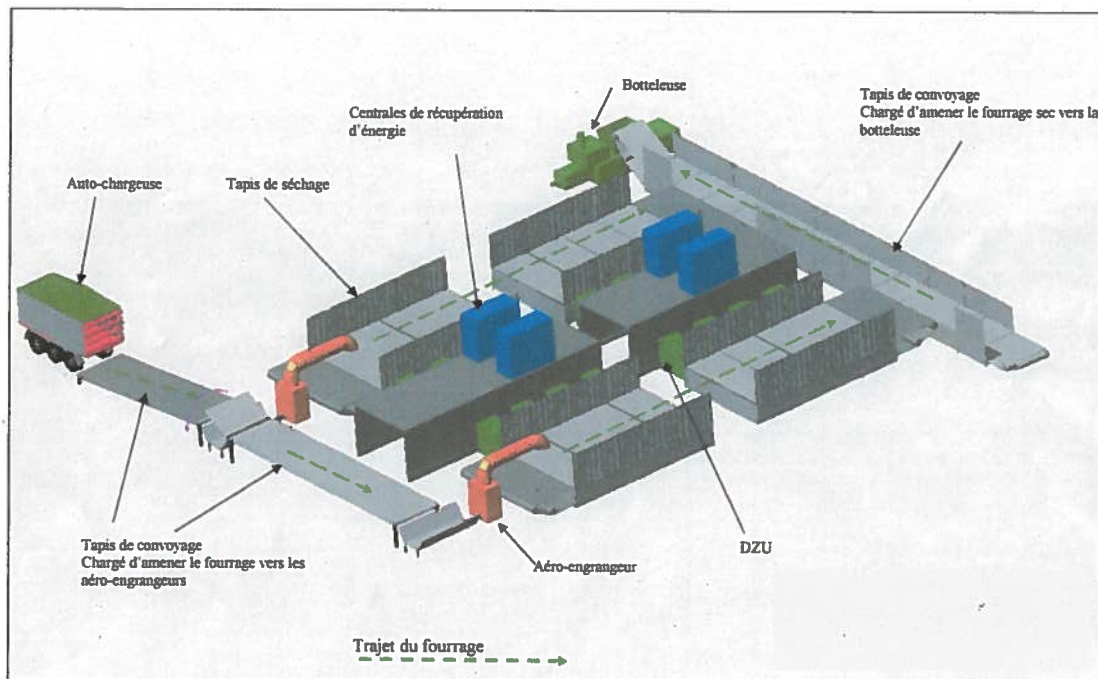


Schéma 2 : Le trajet du fourrage (Source : Coglais Communauté)

Ce système est prévu pour ramener du fourrage présentant initialement un taux compris entre 50% et 35% de matière sèche (MS) à un taux de 85% de MS dans un temps de 24 à 48 heures suivant les conditions météorologiques.

Mais dans l'éventualité d'une récolte par temps très humide, il est prévu de pouvoir récolter des fourrages à moins de 35% de MS. Ceci nécessite d'avoir recours à une source d'énergie supplémentaire et de prévoir un temps de séchage supérieur à 48H. Pour répondre à cette possibilité, un renforcement de puissance est prévu dans l'installation : une chaudière à gaz de 900 kW.

L'objectif de cette entreprise est d'améliorer la qualité nutritionnelle du fourrage séché dans le secteur ainsi que sa quantité et de réduire la production de maïs et la consommation de soja.

Les principaux fourrages qui seront séchés dans l'usine sont : la luzerne, le trèfle violet, des mélanges prairiaux... Ces fourrages se récoltent durant la période de mars à octobre. L'usine ne fonctionnera donc que durant la période du 15 mars au 31 novembre.

Actuellement, 80 agriculteurs ont adhéré au projet de l'usine de déshumidification de Montours. Le site de l'entreprise occupera une surface d'un hectare. L'usine sera dimensionnée pour produire environ 3000 tonnes de fourrages séchés par an.

Si le projet fonctionne bien, il devrait intéresser de nouveaux agriculteurs et donc augmenter en capacité. Une nouvelle source de chaleur sera donc nécessaire. Elle pourrait être assurée par un nombre supplémentaire de pompes à chaleur ou par d'autres modes énergétiques comme une chaudière à bois utilisée comme source énergétique principale. Avec ce procédé, les pompes à chaleur interviendraient alors pour le contrôle de l'humidité dans l'air.

I.2.3. L'éco-parc, une volonté de concrétiser le développement durable

Le souhait de Coglais Communauté pour le parc d'activité des marches de Bretagne est de réaliser un éco-parc.

L'écologie industrielle est un modèle imaginé aux USA à la fin des années 80, il propose d'adapter le principe des écosystèmes naturels à la sphère économique. Les entreprises sont ainsi censées se développer de façon complémentaires, les rejets et déchets des un, deviennent des matières premières ou de l'énergie pour les autres. Il existe des éco-parcs dans le monde entier (en Amérique du nord, en Asie, en Europe par exemple au Danemark : le port de Kalundborg). Kalundborg, situé à une centaine de kilomètres de Copenhague est souvent pris en exemple parce qu'il est le premier éco-parc. Les différentes entreprises présentes sur ce parc d'activité ont au fil des ans échangé leurs déchets. Le système créé a été appelé la symbiose industrielle. L'eau sous forme de liquide ou de vapeur est le déchet le plus systématiquement valorisé. Mais comme le montre le schéma 3 des principaux échanges, des déchets comme le soufre, le gypse et le gaz sont aussi échangés. Les entreprises présentes sur le site sont à la fois différentes et complémentaires¹.

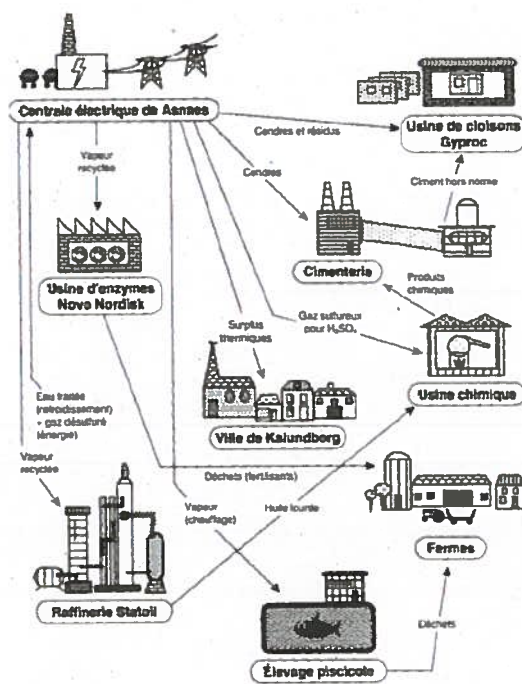


Schéma 3 : La symbiose de Kalundborg

Cette symbiose a permis une réduction importante de la consommation des ressources (pétrole, charbon...), des émissions de gaz à effets de serre et de polluants et une réutilisation des déchets.

¹ Référence bibliographique 2

Pour les marches de Bretagne, Coglais Communauté a prévu de mettre en place un cogénérateur ou une chaudière à bois afin de fournir en eau chaude des entreprises du parc d'activité soit pour leur activité, soit pour leur chauffage. Un système de récupération et de redistribution des eaux de pluie est également envisageable pour, d'une part servir de réserve d'incendie et pour, d'autre part être utilisé comme eau non alimentaire pour arroser les pelouses, laver les matériaux... Toujours dans une optique de développement durable, Coglais Communauté souhaiterait également implanter des éoliennes au sein du parc d'activité.

La mise en place d'un cogénérateur ou d'une chaudière sur ce parc d'activité intercommunal du Coglais, territoire en mutation depuis l'arrivée de l'autoroute des estuaires, utilisera la ressource du bois énergie.

II. LE BOIS ENERGIE

Le bois énergie désigne l'ensemble des ressources ligneuses dont la vocation essentielle est la production d'énergie. La filière bois énergie consiste donc à valoriser les déchets du bois (forestiers, agricoles, industriels) pour ensuite les utiliser pour le chauffage.

Nos ancêtres ont toujours utilisé le bois pour la cuisson des aliments et le chauffage des habitations. Ces vingt dernières années, de nouvelles sources d'énergie (électricité, pétrole, ...) ont remplacé le bois. Mais aujourd'hui le bois est réutilisé pour différents usages :

- L'usage domestique avec les appareils indépendants (cheminées, poêles,...) et les chaudières à eau chaude
- L'usage collectif avec la création de chaufferies à alimentation automatique fournissant chauffage et eau chaude à plusieurs bâtiments desservis par un réseau de chaleur
- L'usage industriel avec l'utilisation des déchets bois par une entreprise pour ses besoins en chauffage et en process et la possibilité aussi de produire de la chaleur et de l'électricité (cogénération) dans des unités de forte puissance

Depuis 1995, des programmes bois énergie ont été lancés en France (un de 1995 à 1999 et celui actuellement en application de 2000 à 2006). 13 régions en France participent à ce programme ; la Bretagne en fait partie.

II.1. LE BOIS, RESSOURCE LOCALE ET RENOUVELABLE

Le bois est considéré comme une énergie renouvelable. En effet, il est admis que la combustion du bois ne participe pas à l'accroissement de la production de gaz à effet de serre à condition de replanter l'équivalent de ce qui a été coupé. L'absorption de carbone par la biomasse lors de sa croissance correspond pratiquement au carbone émis dans l'atmosphère lors de sa combustion. Mais un nouvel arbre n'est pas en mesure d'absorber immédiatement le CO₂ rejeté par la combustion d'un arbre arrivé à maturité ; un volume de plantation supérieur à l'abatage est donc préférable.

Le bois est également intéressant comme combustible car son prix est stable contrairement à celui du fuel qui est instable et en augmentation constante.

Le bois énergie représente aujourd'hui environ 4% de la consommation nationale énergétique primaire. Selon les dernières estimations de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), l'énergie primaire issue de la combustion du bois s'élève à près de 9,8 millions de tep par an en France (1 tonne équivalent pétrole=3 tonnes de bois à 20% d'humidité).

Les différentes ressources en bois énergie sont la forêt et les bois, les déchets des industries du bois et l'entretien des bocages. Le Coglais, non situé dans une zone forestière importante, ne dispose que des déchets des industries du bois et de l'entretien des bocages comme ressources ainsi que la production du Taillis à Très Courte Rotation (TCR).

II.1.1. La valorisation des déchets des entreprises

La filière bois énergie permet la valorisation énergétique des bois de rebut non souillés et non traités qui étaient auparavant mis en décharge ou brûlés à l'air libre. Ces déchets de bois proviennent de l'exploitation du bois par l'industrie ; il en existe de différentes catégories :

- les déchets industriels banals de bois (déchets d'emballages en bois comme palettes, cageots ; bois de démolition propres)
- les connexes de première et de deuxième transformations du bois (issus de la fabrication et de l'usinage du bois : les sciures, copeaux). Ce gisement est non négligeable en Bretagne (plus de 200 000 t.) dû à l'importance de ce secteur d'activité.
- Les sous-produits forestiers ou agricoles (bois issus de l'entretien des forêts et des bocages)

Ces différentes catégories de bois doivent être conditionnées en plaquettes c'est-à-dire broyées ou déchiquetées pour pouvoir ensuite être utilisées dans la filière bois.



Photographie 2 : Plaquettes de bois

Ce conditionnement est réalisé dans des plates-formes de bois énergie où a lieu également le séchage et le stockage du bois en plaquettes jusqu'à la livraison en chaufferie. Au sein de ces plates-formes, les différentes catégories de bois sont en général mélangées. Après déchiquetage, les plaquettes doivent sécher 4 à 6 mois sous abris couvert et bétonné pour arriver à un taux d'humidité compris entre 20% et 35%.

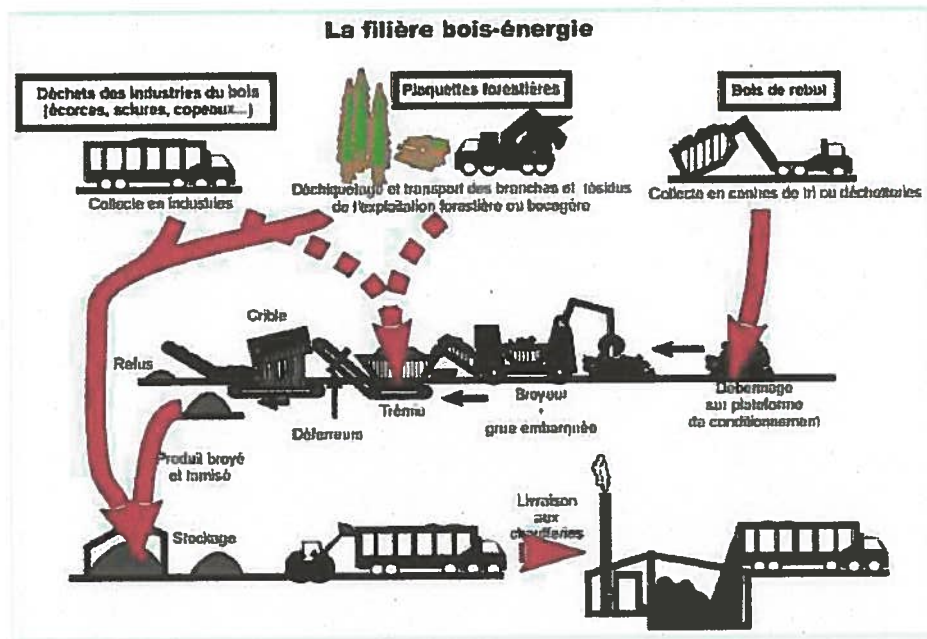


Schéma 4 : La filière bois énergie (Source : Biomasse Normandie)

Il en existe quelques unes en Bretagne. Une des plates-formes de conditionnement et de stockage est située sur le territoire du Coglais sur la commune Saint Hilaire des Landes dans la zone d'activité des bouvreuils (cf. Carte 4). Cette plate-forme « Bois 2R », créée depuis deux ans, est située à moins de 15 km de la zone d'activité des Marches de Bretagne. Avec une surface de 70 000 m², elle a la capacité théorique de recevoir 20 000 tonnes de bois par an. Mais actuellement, elle contient seulement 5 000 tonnes de bois ; cela est dû à un manque de personnel et principalement à une absence de valorisation du bois énergie dans le secteur. En effet, le bois est pour le moment livré sur des distances de 60 km (Rennes) à 150 km. Sur cette plate-forme, le bois provient essentiellement d'emballages industriels du secteur et un peu de scieries ; il est conditionné c'est-à-dire trié, broyé et criblé selon la granulométrie et livré selon les besoins. Le taux d'humidité de leurs déchets atteint environ 20% à 25% d'humidité.

Pour le moment, la plate-forme représente un manque à gagner mais elle est disposée à augmenter sa capacité lorsqu'une filière bois énergie sera créée aux alentours et pourra alors répondre à une demande d'au moins 10 000 tonnes de bois par an.



Photographies 3 : La plate-forme de Saint Hilaire des Landes

II.1.2. Le TTCR (Taillis à Très Courte Rotation)

Le taillis à très courte rotation est une filière alternative à l'élimination des boues de station d'épuration. La production actuelle de boues dépasse sur le territoire la capacité des sols à les assimiler car le Coglais est, comme nous l'avons vu en première partie, une zone d'élevage importante ; le secteur se trouve donc en Zone d'Excédents Structuraux (ZES). La valorisation des boues des 10 stations d'épuration du territoire (9 lagunes et une station d'épuration à boues activées) ne peut donc plus se réaliser par des épandages sur les terres agricoles destinées à des productions alimentaires.

Coglais Communauté a choisi de mettre en place une filière de TTCR de saule sur son territoire afin de valoriser ses boues de station d'épuration ainsi que les boues provenant des assainissements individuels (boues produites par les fosses toutes eaux et les fosses septiques).

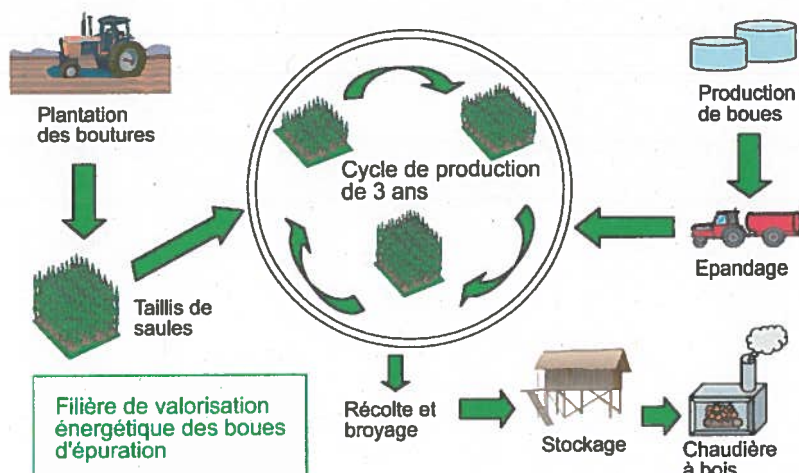


Schéma 5 : La filière du TTCR (Source Coglais Communauté, Auteur : Pierre Mariau)

Le TTCR consiste à épandre sur un taillis de saules les boues pour qu'elles soient assimilées par l'arbre. Ce principe présente l'avantage d'épandre des boues sur une culture non alimentaire où il y a donc peu de risque de contamination et que les plantations ont une longue durée de vie.

Le taillis est ensilé (coupé en petits morceaux) tous les 2-3ans et donne environ 30 tonnes de plaquettes de bois à l'hectare à chaque ensilage.

Ce programme est en expérimentation au Coglais ; les saules ont été plantés au début d'avril de cette année, le premier épandage sera réalisé en 2006 et la récolte se fera en 2007 (mi-octobre).

A terme, une surface totale de 41 ha répartie sur trois terrains est prévue pour valoriser toutes les boues du Coglais. Pour l'instant, seuls 6 ha ont été plantés sur la commune de Saint Brice en Coglès.

II.1.3. Le bocage, un gisement à exploiter

En milieu rural, l'exploitation traditionnelle de la ressource en bois agricole a été délaissée depuis quelques décennies au profit des activités croissantes des productions agronomiques. De plus le remembrement a accentué ce phénomène avec l'accélération de la disparition des haies et des talus. Mais, le bois d'origine agricole présente des intérêts économiques et agronomiques qui sont la réhabilitation des haies qui protègent les cultures de l'érosion et l'autoconsommation de bois sur l'exploitation. Il permet en plus de contribuer au maintien du paysage. L'utilisation du bois des bocages permet en effet de redynamiser et de pérenniser l'entretien des bocages qui représente également un atout environnemental.



Photographie 4 : Le bocage

Le Coglais compte environ 1300km de haies dont presque 70% ont 2 strates (arbres et cépées) ou 3 strates (arbres, arbustes et cépées). Cette surface équivaut environ à la production de 3 900 tonnes de bois de feu chaque année avec quasiment 1 000 tonnes de petits bois qui sont laissées au champ (souvent brûlées sur place) donc non employées comme énergie.

L'inter-CUMA (l'inter Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole) du Coglais va se procurer une déchiqueteuse à bois au cours de cette année dans le but de déchiqueter le bois de bocage pour qu'il soit valorisé dans la filière bois énergie, c'est-à-dire, utilisable par les chaudières à bois.

II.2. LA CHAUDIERE A BOIS

Les chaudières à bois sont utilisées pour la production de chaleur, adaptées à l'utilisation du combustible bois et destinées à chauffer des bâtiments collectifs, tertiaires et industriels.

Ces chaudières sont des chaufferies à alimentation automatique ; elles utilisent comme combustible des plaquettes de bois ayant un taux d'humidité compris entre 20% et 40%. Elles ont deux particularités : le système d'alimentation en bois et la technique de combustion du bois.

Le système d'alimentation en bois consiste à prendre les plaquettes du silo et à les acheminer jusqu'au foyer par une vis sans fin ou un tapis. La quantité de plaquettes arrivant dans le foyer correspond à la demande.

Pour la technique de combustion, comme la quantité d'air et la quantité de combustible arrivant dans le foyer, sont régulées ; cela permet d'obtenir une combustion presque parfaite c'est à dire sans phénomène d'oxydation des réfractaires du foyer et sans goudronnage du conduit de cheminée.

Une chaufferie bois se compose :

- d'un silo de stockage du bois (il peut être enterré, semi enterré ou de plein pied),
- d'un système d'extraction et de transfert vers la chaudière,
- d'un générateur de chaleur composé d'un brûleur (ou avant-foyer) et d'une chaudière,
- d'un automate de conduite et de surveillance,
- d'un système d'épuration des rejets gazeux et d'évacuation des cendres.

L'ensemble de ces équipements est abrité dans un bâtiment (chaufferie) et l'énergie produite est distribuée vers les sites à chauffer via un réseau de distribution de chaleur c'est-à-dire des canalisations isolées et enterrées.

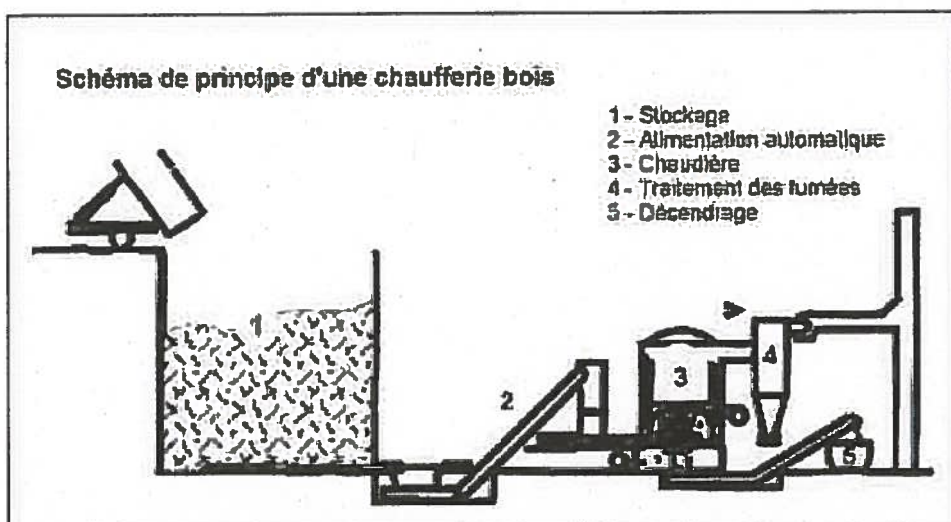


Schéma 6 : Principe d'une chaufferie bois (Source Biomasse Normandie)

La chaufferie destinée à fournir de la chaleur à plusieurs bâtiments distincts est une chaufferie centrale qui est construite dans un local extérieur indépendant aux bâtiments chauffés.

Il existe de nombreuses chaufferies bois installées en France. Pour la Bretagne, 52 sont comptabilisées ; ce sont des chaufferies industrielles (21) ou collectives (31).

Par exemple à St Hilaire du Harcouët, situé dans le sud du département de la Manche, à environ 40 km du Coglais, une chaufferie centrale au bois de 1,5 MW a été créée en 2001. Elle assure les besoins énergétiques de l'ensemble d'un centre hospitalier et d'un lycée par l'intermédiaire d'un réseau de distribution de 800m. Le bois est utilisé comme énergie de base et il est associé à un autre combustible : le gaz employé comme énergie d'appoint et de secours.



Photographies 5 : La chaufferie bois de Saint Hilaire du Harcouët

II.3. LA COGENERATION

La cogénération désigne l'exploitation, simultanée ou en alternance, de la chaleur et de l'électricité produite par un générateur de chaleur.

L'énergie thermique est utilisée pour le chauffage et la production d'eau chaude à l'aide d'un échangeur. L'énergie mécanique est transformée en énergie électrique grâce à un alternateur. Elle est ensuite revendue à EDF ou consommée par l'installation.

L'énergie utilisée pour faire fonctionner des installations de cogénération peut être le gaz naturel, le fioul ou toute forme d'énergie locale (géothermie, biomasse) ou liée à la valorisation des déchets (incinération des ordures ménagères...).

Les cogénérateurs ont un bon rendement énergétique. Environ 25% à 30% de l'énergie primaire est transformée en énergie électrique, tandis que 50% à 60% se retrouve sous forme de chaleur, utilisable pour alimenter un industriel ou un réseau urbain de chauffage.

Cette technologie a l'avantage de réunir dans une seule installation la production d'énergie électrique et de chaleur ce qui permet d'exploiter au maximum l'énergie primaire des combustibles. Elle permet également la réduction de la consommation de combustible et donc de diminuer la quantité d'émissions polluantes dans l'environnement. Cependant, une installation de cogénération n'est efficace que lorsque la production correspond à la demande, il faudrait que les besoins soient adaptés à la capacité de production du cogénérateur, c'est-à-dire que l'installation fonctionne tout le temps à plein régime.

Il existe deux grands principes technologiques de production d'électricité à partir du bois :

- la gazéification et les turbines à gaz
- la combustion et les turbines à vapeur

La gazéification est la transformation en gaz combustible des produits carbonés solides comme le bois. Elle correspond à la phase préalable de la combustion : transforme en gaz la totalité du bois. Cette solution est en cours de développement, elle consiste à fabriquer puis à injecter des gaz pauvres dans une turbine à gaz (analogue à celles utilisées avec le gaz naturel). Le rendement électrique atteint alors les 40%.

La filière combustion et turbines à vapeur est la plus utilisée pour la cogénération à partir de bois. Cette solution consiste à brûler dans une chaudière des combustibles pour fournir de l'énergie thermique. Une installation de ce type comporte au moins les quatre éléments suivants :

- Une chaudière à bois, où l'énergie thermique est fournie à la vapeur haute pression
- Une turbine, dans laquelle la vapeur se détend, et dont l'arbre fournit le travail moteur
- Un condenseur qui permet grâce à une source froide (peut être l'eau de retour d'un réseau de chaleur) de liquéfier totalement la vapeur
- Une pompe qui redonne au fluide la pression qu'il avait à l'amont de la turbine

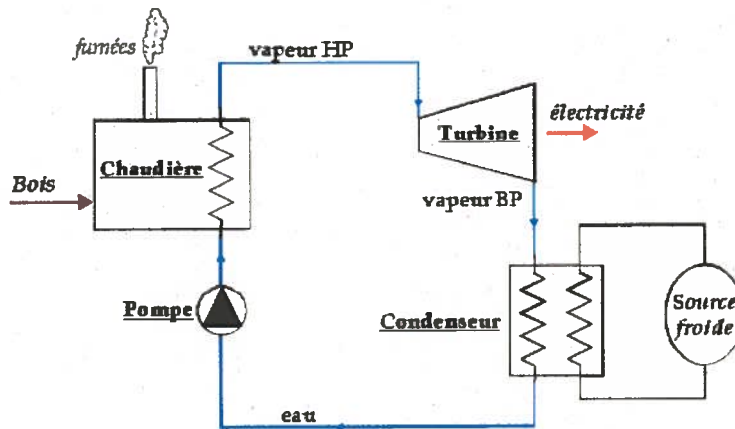


Schéma 7 : La cogénération avec une turbine à vapeur (Source : Biomasse Normandie)

La cogénération est peu développée en France, cette technologie est beaucoup plus courante dans les pays du nord de l'Europe. En France, elle est le plus souvent utilisée dans le secteur industriel et rarement par les collectivités locales. En cogénération bois, il n'existe qu'un seul exemple mis en place par une collectivité : à Felletin dans le département de la Creuse. Ce cogénérateur, installé depuis 2003, permet avec un réseau de chaleur de 4km de desservir un lycée, les autres bâtiments scolaires (collège, écoles élémentaires et maternelles, l'institut Médico-éducatif), les bâtiments municipaux (mairie, salle polyvalente, gymnase,..) et l'habitat collectif (HLM, maison de retraite).



Photographie 6 : Le cogénérateur à Felletin (Source : site Internet de la mairie de Felletin)

Le territoire du Coglais dispose de plusieurs ressources de bois qui pourront être valorisées par la mise en place d'un réseau de chaleur alimenté par une chaudière ou un cogénérateur.

III. L'ETUDE TECHNIQUE

III.1. LE CADRE DE L'ETUDE

III.1.1. Les deux hypothèses prévues

Mon projet consiste en l'étude de la possibilité de mise en place d'un réseau de chaleur sur le parc d'activité « Les Marches de Bretagne ». Ce réseau de chaleur serait alimenté soit par une chaufferie bois, soit par un cogénérateur à bois. J'étudierai laquelle de ces possibilités est la plus intéressante.

Cette étude est basée sur deux situations :

La première consiste à rajouter à l'entreprise de déshumidification « Fougères DS HUM » dimensionnée pour 3000 t de fourrages, un réseau de chaleur qui alimenterait en plus une implantation de serres d'un hectare sur le parc d'activité.

La deuxième situation est fondée sur le fait que la production de Fougères DS HUM doublera sur 5 ans. Cette hypothèse est valable si le projet fonctionne bien grâce à l'augmentation des adhérents et à l'augmentation des surfaces à récolter par adhérents. Ceci est envisageable si on se réfère à l'évolution de production d'entreprises avec un système de séchage classique du fourrage. Par exemple, pour l'entreprise de Coopédom (coopérative de déshydratation) et l'entreprise de CVDA (Coopérative de la Vulgarisation de la Déshydratation Agricole) situées à Domagné à l'est de Rennes, leurs rapports d'activité montrent (cf. annexe 1) effectivement que leurs productions ont, au minimum, doublé en 5 ans.

En multipliant la production de Fougères DSHUM par 2, on atteindrait une production de 6000t par an ; un autre bâtiment serait alors construit à proximité. Le réseau de chaleur alimenterait aussi des serres d'une surface de deux hectares. Cette surface correspond au maximum des serres présentes en Ile et Vilaine.

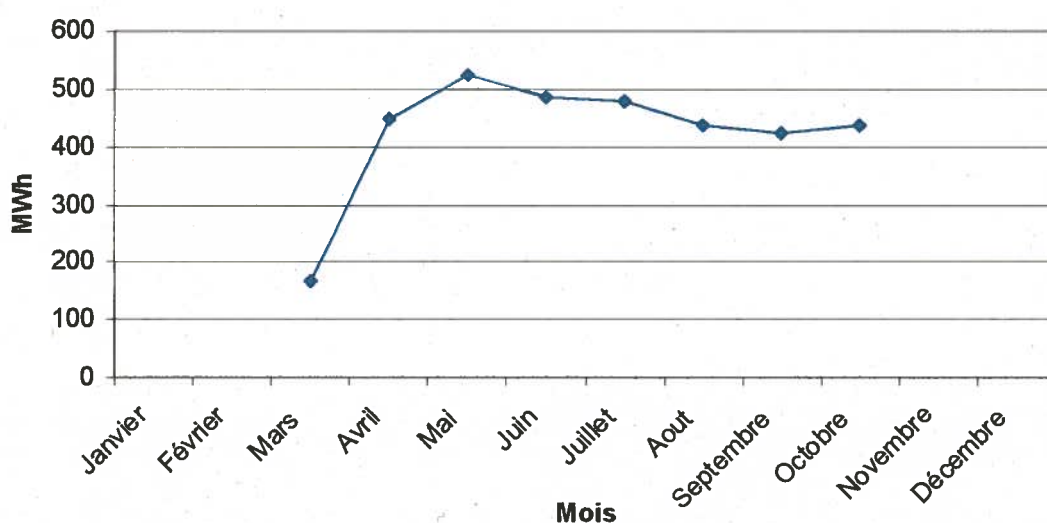
Pour ces deux situations, le calcul de dimensionnement de la chaufferie bois et du cogénérateur est réalisé en fonction des besoins de Fougères DSHUM et des serres. L'entreprise de déshumidification ne fonctionne que de mars à novembre, donc la chaufferie ou le cogénérateur n'alimentera l'usine que durant cette période, les serres permettront de rentabiliser la production de chaleur puisqu'elles seront alimentées pendant la période hivernale.

III.1.2. Les besoins énergétiques

L'entreprise de déshumidification

Les besoins de Fougères DSHUM reposent sur le fait que la chaleur fournie par le bois représente 60% des besoins d'énergie de l'entreprise ; les 30% restant seront fournis par les pompes à chaleur.

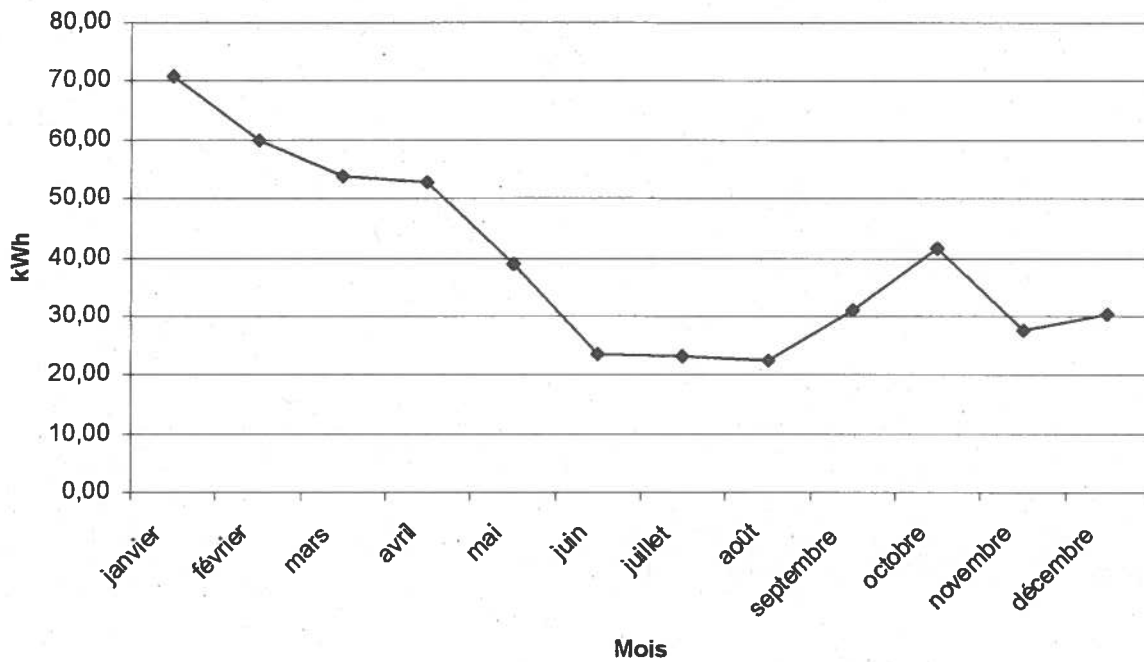
Pour une étude de faisabilité sur l'unité de déshumidification de fourrage, le bureau d'études qui a réalisé le dossier a déterminé les besoins énergétiques mensuels de l'entreprise en fonction du nombre de jour de fonctionnement de l'usine (cf. annexe 2). Ces besoins représentés dans le graphique suivant sont maximums au mois de mai.



Graphique 3 : Besoins énergétiques nécessaires par mois pour Fougères DS HUM

Les serres

Après avoir contacté une coopérative de serres de tomates : Solarenn au sud de Rennes, le technicien m'a transmis un tableau indiquant la consommation mensuelle de serres de tomates (cf. annexe 3). Je me baserai sur ces indications pour établir les besoins en chaleur des serres. Plus précisément, le tableau indique la consommation par m² de serres de différents producteurs de tomates. Les bases de calculs des besoins énergétiques d'une serre correspondent à la moyenne de consommation des différents producteurs (cf. Graphique 4). Une serre nécessite donc en moyenne 475 kWh/m² par an.



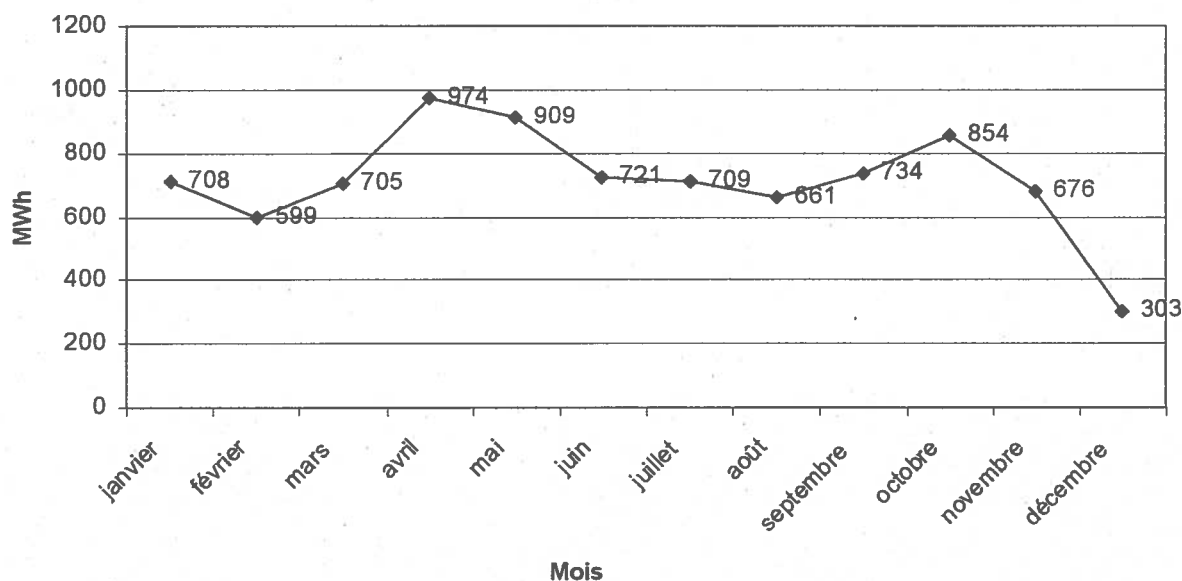
Graphique 4 : Consommation moyenne par m² de serres

Les besoins en chaleur de ces deux activités permettent de déterminer l'énergie totale que doit fournir le réseau de chaleur.

III.2. LA PREMIERE HYPOTHESE : FOUGERES DS HUM ET UN HECTARE DE SERRES

Pour ce premier cas, l'hypothèse est que le réseau de chaleur est implanté sur le site avec le dimensionnement de l'entreprise actuelle. Il permettra de réduire l'utilisation de pompes à chaleur (coûteuses et utilisatrices d'électricité). Il est possible de supposer que les pompes à chaleur qui ne seront plus utilisées pourront être fournies aux deux autres sites en projet dans le pays de Fougères.

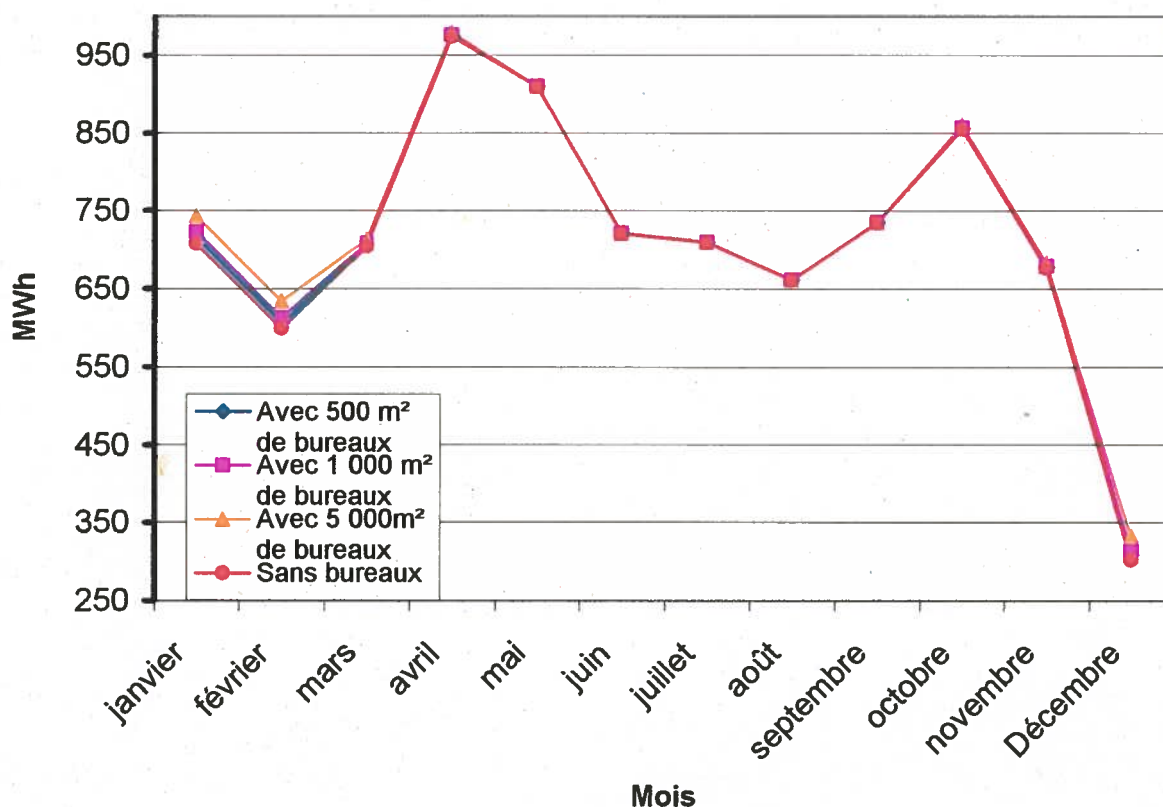
D'après les besoins énergétiques d'un hectare de serres et de Fougères DS HUM, la courbe suivante représentant les besoins que devra assurer la chaufferie, est obtenue.



Graphique 5 : Les besoins énergétiques par mois, des deux activités pour la première situation

Le mois d'avril est le mois où la demande en chaleur est la plus importante.

Cette courbe montre des écarts importants entre les besoins maximums et minimums, en décembre le besoin est de 300 MWh ; cela implique que la chaudière tournerait seulement à 30% de sa capacité au mois de décembre. Afin de réduire cette inefficacité, il pourrait être envisageable de relier des bureaux sur le réseau de chaleur. Leur consommation en énergie correspond justement aux mois de moindre demande énergétique des deux activités (Fougères DS HUM et les serres) alimentées par la chaudière, c'est-à-dire les mois de décembre à février. En effet, les besoins en chaleur des bureaux durant ces mois (cf. annexe 4, les besoins énergétiques de bureaux) correspondent à environ 80% de leurs besoins sur l'année qui sont en moyenne de 50 kWh/m². Le chauffage de bureaux permettrait donc d'augmenter très légèrement la production de la chaudière durant les mois d'hiver comme le montre le graphique suivant. Pour que cette augmentation devienne réellement significative, il faudrait une surface de bureaux supérieure à 5 000m².



Graphique 6 : Scénarii de besoins énergétiques avec des bureaux de surfaces différentes

La puissance nécessaire de la chaudière n'est donc pas modifiée par le fait d'ajouter des bureaux, par contre, le linéaire de canalisations pour le réseau de distribution de chaleur sera plus important.

III.2.1. La solution de la chaufferie bois

Le dimensionnement

Le dimensionnement de la chaudière se calcule à partir du besoin d'énergie le plus important c'est-à-dire celui du mois d'avril. Ce besoin est de 974 MWh, on peut donc se baser, en arrondissant au supérieur (marges de sécurité), sur un besoin de 1 000 MWh par mois pour calculer la puissance de la chaudière. Mais le système (chaudière et réseau de distribution) a des pertes de chaleur, en effet, pour 1 kWh théorique produit c'est-à-dire d'énergie primaire, 0,75 kWh utile de chaleur sort du réseau de chaleur et arrive dans l'entreprise. Donc pour fournir 1 000 MWh utile, la chaudière doit être dimensionnée pour produire environ 1 340 MWh. La relation suivante permet de calculer la puissance à partir de l'énergie fournie et du temps de chauffage :

$$P = \frac{W}{t}$$

W : énergie en Wh

P : puissance en watts

T : temps en heures

Sachant que la chaudière va fonctionner durant les 30 jours du mois d'avril, le calcul est donc le suivant : $P = 1340 / (24 \times 30)$.

La puissance nécessaire de la chaudière est de 2 MW.

Investissement

L'installation d'un réseau de chaleur comprend une chaufferie fournissant de la chaleur à plusieurs clients, par l'intermédiaire de canalisations de transport de chaleur. L'investissement dans un réseau de chaleur désigne donc l'investissement de la chaufferie et des canalisations.

Pour une chaudière de 2 MW, le coût d'investissement de la chaufferie est d'environ 200€/kW (coût englobant la chaudière et le génie civil (la construction)). En ce qui concerne le coût des canalisations, cela dépend de la distance entre la chaufferie et les entreprises. Je base mon calcul sur 300m de canalisations en supposant que 100m relie chaque activité à la chaudière (Fougères DS HUM, les serres et des bureaux). Le coût pour ces réseaux de chaleur est de 300€ par mètre linéaire.

L'investissement de la chaufferie revient donc à 400 000€ et celui du réseau à environ 90 000€, on peut donc se baser sur 100 000€. L'investissement total est alors de 500 000€.

Les besoins en bois

Une tonne de bois permet de produire environ 3 MWh théorique mais comme le système a des pertes de chaleur (1kWh produit donne 0,75 kWh de chaleur en sortie) donc une tonne de bois restitue 2,25 MWh utile.

Les besoins des entreprises sont d'environ 8 600 MWh par an donc la chaudière doit produire 11 500 MWh par an ; la quantité de bois doit correspondre à cette production. La chaudière a donc besoin d'environ 3 900 tonnes de bois par an.

Tarif de la chaleur

Le tarif de la chaleur c'est-à-dire le prix de vente se détermine en fonction de 4 postes :

L'énergie (poste 1)

La maintenance (poste 2)

L'entretien (poste 3)

L'amortissement (poste 4)

Le coût de ces différents postes est ramené au prix du MWh utile c'est-à-dire le prix d'un MWh à la sortie du réseau, reçu par l'entreprise.

Le poste 1 : l'énergie correspond au prix du bois par MWh restitué. Les différents approvisionnements en bois que souhaite utiliser Coglais Communauté sont, comme nous l'avons vu dans la partie II : la plate-forme de conditionnement, le TTCR et l'entretien du bocage.

Le bois provenant de l'entretien des bocages est la ressource la plus coûteuse, son prix est d'environ 22€/MWh en entrée de chaudière ce qui fait environ 30€/MWh utile (puisque le rendement de chaleur entre l'entrée en chaudière et la sortie du réseau est de 75%). Pour le bois issu de la plate-forme de Bois 2R, le prix est fixé à 30€ la tonne livrée ; ceci correspond donc à 10€/MWh en entrée de chaudière (car 1 tonne produit 3 MWh) soit 13,5€/MWh utile. Pour le TTCR, le prix du bois n'est pas encore déterminé comme la filière n'a été lancée que cette année et que la première récolte ne sera réalisée que dans 3 ans. Mais il sera sûrement inférieur au prix du bois de bocage puisque le but premier de la filière TTCR n'est pas de vendre du bois.

Je base donc le calcul de l'énergie sur le fait que le bois provient d'un mélange entre les différentes ressources de bois : un quart est du bois du bocage et trois quart du bois de la plate-forme. Le prix moyen du bois par MWh est alors de 13€/MWh en entrée de chaudière et de 17,5€/MWh utile.

Ce prix est supérieur à la réalité car il est difficile de prévoir la quantité de bois de bocage qui sera fournie mais elle sera sûrement nettement inférieure donc le coût sera également moins important.

Pour les autres postes (2 et 3), il faut compter environ 3,5€/MWh utile d'entretien et de maintenance. Le poste 4 : l'amortissement est réalisé pour les collectivités en général sur 15 ans pour les installations et sur 30 ans pour les canalisations et le génie civil. Pour ce calcul, l'amortissement est obtenu à partir du fait que 300 000€ sont amortis sur 15 ans (l'installation) et 200 000€ sur 30 ans (réseau et génie civil). Il revient à 43 000€/an ce qui donne 5€/MWh utile comme la chaudière produit 8 600MWh utile.¹

Le coût du Mégawattheure utile c'est-à-dire le coût de vente de la chaleur aux entreprises revient donc à 26€/MWh utile.

Ce tarif de la chaleur est compétitif, il est plus intéressant que le fioul mais reste légèrement supérieur à celui du gaz.

III.2.2. La solution de la cogénération

Le dimensionnement

Pour le dimensionnement du cogénérateur, je me base sur la puissance de la chaufferie car les besoins en chaleur sont identiques mais la puissance du cogénérateur doit être supérieure à la chaufferie. En effet, 1/3 de l'énergie fournie en sortie de chaudière est utilisée pour créer de l'électricité grâce à la turbine à vapeur.

¹ Informations et calculs obtenus avec l'aide de M. Pédron

Il en existe de différents types. Les deux principaux sont la turbine à contre pression et la turbine à condensation. Pour cette étude, la turbine la plus adaptée est la turbine à contre pression car elle fournit à sa sortie de la vapeur à basse pression qui peut être utilisée pour alimenter un réseau de chaleur contrairement à la turbine à condensation qui a une vapeur en sortie à trop basse température.

Les pertes en sortie de turbine sont de 25% (ce taux est une approximation de la réalité) et les pertes du réseau de distribution de chaleur sont d'environ 10%. La puissance nécessaire de la chaudière du cogénérateur est alors d'environ 3,2 MW. Car, ce cogénérateur peut produire 2 300 MWh par mois pour pouvoir fournir en sortie de turbine 1 730 MWh dont 1 150 MWh servent à alimenter en chaleur les entreprises qui ont besoin de 1000 MWh utile et 580 MWh à engendrer de l'énergie électrique.

La puissance de la turbine est également à déterminer. Elle se calcule à partir de la durée de fonctionnement du cogénérateur et de l'énergie fournie sur l'année pour produire de l'électricité. J'ai déterminé cette énergie en fonction des besoins énergétiques des deux activités sur l'année car le but de cette installation est d'abord de fournir de la chaleur. Sur l'année les activités ont besoin de 9 600 MWh en sortie de turbine ; l'énergie fournie pour la production d'électricité est alors de 4 800 MWh. La durée de fonctionnement de l'installation est l'année entière mais des interruptions sont à prévoir donc je base mon calcul sur un fonctionnement de 8 000 heures. La puissance de la turbine nécessaire est d'alors 600 kWélectrique ($4\,800/8\,000=0,6$).

Investissement

Le coût d'investissement pour l'installation complète d'une cogénération bois a été estimé par Biomasse Normandie à environ 2000€/kWé mais il ne compte pas l'installation d'un réseau de distribution de chaleur. Ce coût est déterminé en fonction de la puissance de la turbine. L'investissement pour le cogénérateur est alors d'environ 1 200 000€. Pour le réseau de distribution, les coûts correspondent à ceux calculés pour la chaufferie c'est-à-dire à environ 100 000€. L'investissement total est alors de 1 300 000€.

Les besoins en bois

Le cogénérateur doit produire 17 100 MWh d'énergie primaire pour pouvoir fournir 12 900 MWh d'énergie utile sachant qu'une tonne de bois permet de produire environ 3 MWh théorique ; ce cogénérateur a besoin d'environ 5 700 tonnes de bois par an.

Tarif de la chaleur

Le tarif de la chaleur peut correspondre à celui d'une chaufferie seule c'est-à-dire à celui calculé dans la partie précédente de 26€/MWh utile pour rester dans des coûts d'achat de chaleur abordables et intéressants pour les entreprises. En effet, le coût de rachat de la chaleur devient plus intéressant pour les entreprises à partir d'environ 30€/MWh utile ; il est donc difficile de l'augmenter. Ce tarif ne couvrirait alors qu'une petite partie seulement des coûts du cogénérateur. Le reste pourrait peut-être être amorti par la vente d'électricité.

Vente de l'électricité

Les conditions de rachat de l'électricité produite par des installations utilisant la combustion de biomasse sont réglementées par l'arrêté du 16 avril 2002 (cf. annexe 5). Cet arrêté est applicable pour un cogénérateur. Pour les installations des puissances de moins de 12 MW, le rachat de l'électricité par EDF est fixé à 4,9 centimes d'€/kWh plus une prime d'efficacité énergétique maximale de 1,2 centimes d'€/kWh si 70% de l'énergie en sortie de chaudière est valorisée.

Taux de valorisation de l'énergie utile V (*)	Montant de la prime M (en c€/kWh)
$V \leq 40\%$	0
$V = 50\%$	0,5
$V = 60\%$	1
$V \geq 70\%$	1,2

$V = (\text{énergie thermique valorisée (vendue ou autoconsommée)} + \text{énergie électrique valorisée (vendue ou autoconsommée)}) / \text{énergie sortie chaudière}$

Tableau 2 : Montant de la prime à l'efficacité énergétique

L'électricité produite ne peut être utilisée que par le producteur ou revendue à EDF, d'après l'arrêté. Dans ce cas présent, l'électricité ne pourra donc pas être consommée par Fougères DS HUM ou les serres puisqu'il s'agit de propriétés différentes. Un contrat d'achat est passé avec EDF sur une période déterminée qui peut être l'année ou l'hiver tarifaire. Il définit une puissance garantie de production d'électricité sur la période. Le rachat de l'électricité est déterminé en fonction du respect ou non de cette puissance.

Le tarif d'achat se calcule de différentes façons en fonction de la puissance garantie selon que l'énergie électrique soit fournie avec une puissance inférieure ou égale à la puissance garantie ou qu'elle soit fournie avec une puissance supérieure à la puissance garantie :

- Lorsque l'énergie électrique est fournie avec une puissance inférieure ou égale à la puissance garantie :

Le Tarif d'achat est égal à :

$$RB \times (0,575 + 0,5 \times d) + M \text{ si } d \text{ est supérieur ou égal à } 0,85$$

$$RB \times (0,15 + d) + M \text{ si } d \text{ est inférieur à } 0,85$$

RB correspond au tarif de référence fixé à 4,9 c€/kWh en France

d désigne le rapport de l'énergie électrique réellement fournie sur l'énergie électrique théoriquement fournie si l'installation avait fonctionné sous la puissance garantie en permanence toute l'année.

M est la prime d'efficacité

- Lorsque l'énergie électrique est fournie avec une puissance supérieure à la puissance garantie :

Le Tarif d'achat est égal à

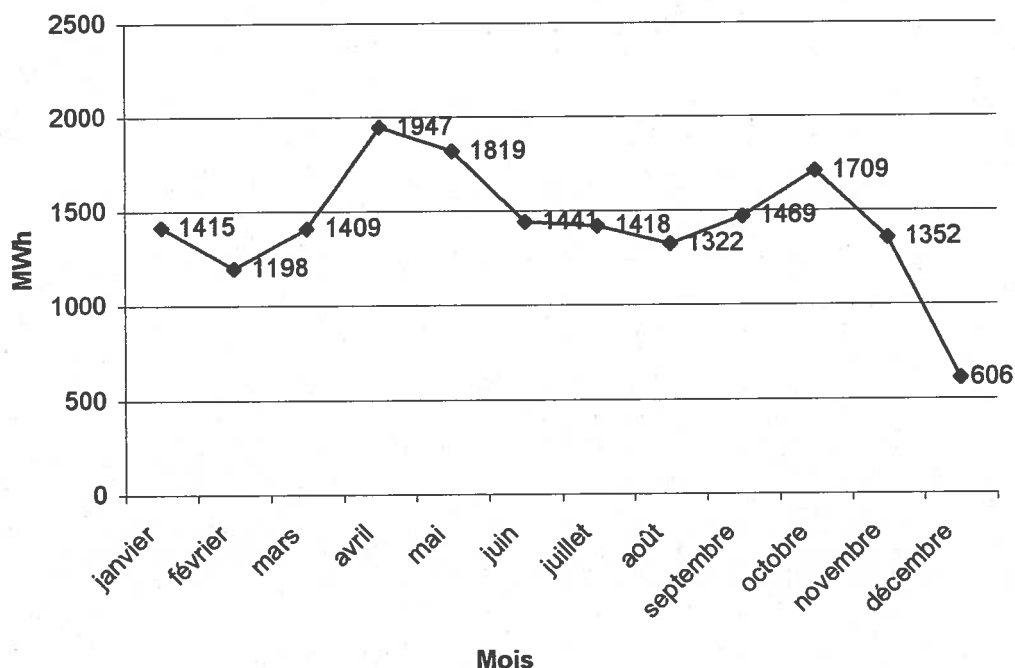
$$RB \times [0,575 + 0,5 \times (d \times 0,85)] + M$$

Pour obtenir un prix maximal de rachat de l'électricité produite, il est donc important que le cogénérateur fonctionne à plein régime pour avoir une production maximale d'électricité. Il doit aussi respecter la puissance garantie dans le contrat d'achat pour avoir le tarif d'achat le plus avantageux.

III.3. LA DEUXIEME HYPOTHESE : AGRANDISSEMENT DE FOUGERES DS HUM

Cette situation envisage que l'entreprise Fougères DS HUM voit sa production doubler en 5 ans. Dans ce cas là, le bâtiment serait agrandi et l'entreprise aurait besoin de deux fois plus de sources d'énergie. Il est donc envisageable de compléter le système actuel par la mise en place d'une nouvelle source de chaleur au lieu de racheter de nouvelles pompes à chaleurs pour fournir l'énergie. Cette nouvelle source de chaleur : chaufferie bois ou cogénérateur fournirait 60% de l'énergie nécessaire pour l'usine.

Pour cette situation, les besoins de Fougères DS HUM correspondent donc au double de ceux étudiés dans la première situation. Il en est de même pour les serres qui ont une surface de 2 ha. Les besoins énergétiques sur l'année des deux entreprises, indiqués dans le graphique suivant, sont donc également le double de ceux de la première situation.



Graphique 7 : Les besoins énergétiques par mois, des deux activités pour la deuxième situation

Les calculs suivants, définissant la chaudière ou le cogénérateur, correspondent à ceux réalisés dans la partie précédente (III.2).

III.3.1. La chaufferie bois

La chaudière doit répondre à un besoin de 2 000 MWh par mois en énergie utile. Il faut donc une chaudière pouvant fournir 2 700 MWh d'énergie primaire. La chaudière devra donc mesurer 4 MW.

Le coût d'une chaudière de cette puissance est d'environ 170€/kW ce qui revient à 680 000€. Celui du réseau est toujours de 300€ du mètre linéaire. Pour cette situation, on peut supposer que la longueur de canalisations est un peu plus importante que dans la première situation puisque la chaudière est deux fois plus puissante. On peut donc se baser sur 400m de réseau et donc, un coût de 120 000€. L'investissement total est alors de 800 000€.

La chaudière fournira environ 16 300 MWh d'énergie utile par an, soit environ 21 800 MWh d'énergie primaire. Les besoins en bois par an correspondant sont alors de 7 300 tonnes de bois.

Le tarif de la chaleur est légèrement inférieur à celui calculé dans la première situation puisque la chaufferie est plus puissante, des économies d'échelles sont faites. Ce tarif est de 25€/MWh utile.

Le poste 1 : l'énergie est de 17,5€/MWh utile. Les postes 2 et 3 : le coût d'entretien et de maintenance est d'environ 3,5€/MWh utile. Pour le poste 4 : le coût annuel est d'environ 60 000€ ce qui revient à 4€/MWh utile.

III.3.2. Le cogénérateur

Les besoins énergétiques pour les entreprises sont de 2000 MWh utile par mois. Avec des rendements de 0,75 en sortie de turbine et de 0,9 en sortie de réseau, le cogénérateur doit être dimensionné pour produire environ 4 540 MWh théorique ce qui fournit en sortie de turbine 3 400 MWh dont 2 300 MWh est utilisé comme chaleur et 1100 MWh pour produire de l'électricité. La chaudière du cogénérateur a alors une puissance de 6,3 MW.

Les besoins sur l'année des activités sont de 19 100 MWh en sortie de turbine. L'énergie fournie pour produire l'électricité est alors d'environ 10 000 MWh. Je me base toujours sur un fonctionnement de 8 000 heures. La puissance de turbine nécessaire est alors de 1 250 kWé.

L'investissement correspondant pour le cogénérateur est de 2 500 000€ (comme le kWé est de 2000€). Pour le réseau, il est le même que celui calculé précédemment pour la chaudière : un réseau de 400m dont l'investissement vaut 120 000€. L'investissement total revient donc à 2 620 000€.

L'énergie produite est de 19 100 MWh en sortie de turbine, l'énergie primaire correspondante est donc d'environ 25 500 MWh. La quantité de bois nécessaire est alors de 8 500 tonnes de bois par an.

Enfin, le tarif de la chaleur est compris comme précédemment entre 25€/MWh et 30€/MWh.

L'installation d'une chaufferie pour alimenter le parc d'activité des marches de Bretagne permettrait une distribution de chaleur à un prix très compétitif. Par contre, la mise en place d'un cogénérateur demande un investissement important qui ne peut être répercuté sur le prix de vente de la chaleur. La vente de l'électricité pourrait éventuellement l'amortir mais le coût de rachat est faible. D'après des études menées par Biomasse Normandie, pour l'instant, une installation de cogénération est rentable pour des entreprises ayant du bois gratuit ou quasi-gratuit et tournant toute l'année à plein régime (exemple : usine de pâtes à papier, scierie).

III.4. PROPOSITION

Pour le moment, la solution la plus intéressante est la mise en place d'une chaufferie bois pour alimenter la zone d'activité. La cogénération demande un lourd investissement avec une rentabilité incertaine. En effet, la cogénération est intéressante si l'installation fonctionne à plein régime toute l'année et qu'elle produit à la puissance garantie. Mais, cela risque d'être difficile à respecter dans cette situation car les besoins énergétiques peuvent être très variables d'une année à une autre puisqu'ils dépendent en partie de Fougères DS HUM dont les besoins sont fonction de la météo. Cette puissance garantie risque alors de ne pas être respectée et donc le système ne serait pas très productif.

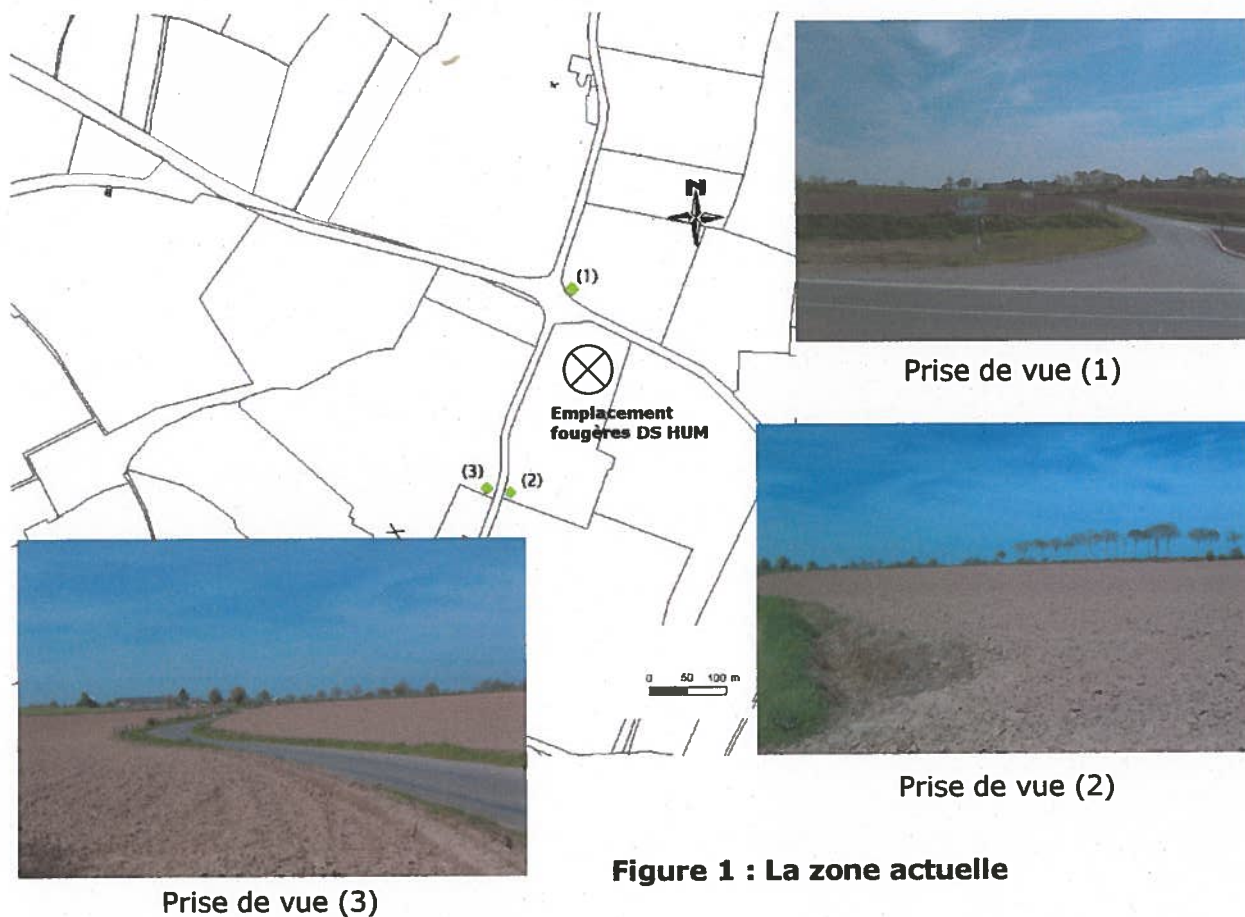
Cependant, l'installation d'un cogénérateur pourrait peut être dans les années à venir devenir intéressante si le prix de rachat de l'électricité augmente. Pour cela, il faudrait que ce prix soit au moins de 8,5c€/kWh, le double de celui actuel¹.

Il serait préférable d'implanter la chaudière dont la puissance est la plus importante afin d'être plus rentable. De plus la deuxième situation décrite est plus probable puisque l'entreprise de déshumidification, dont la construction est prévue cet été, sera amenée à s'agrandir alors que le parc d'activité ne sera pas créé avant au minimum deux ans.

Le réseau de chaleur est à implanter à proximité des activités qu'il alimente en chaleur afin de réduire les coûts d'installation des canalisations. La chaufferie est donc à construire le plus près possible des serres et de Fougères DS HUM. Pour l'instant, seule l'entreprise Fougères DS HUM est prévue d'être construite à l'entrée de la future ZAC. Son emplacement est situé au nord du terrain d'environ 2,5 ha indiqué sur la figure 1. Mais la localisation précise de l'usine n'est pour le moment pas encore décidée. Par contre les dimensions de l'usine sont déterminées, je me base donc sur son plan de masse (cf. annexe 6) pour les aménagements proposés.

De plus, pour pouvoir relier des bureaux et limiter les coûts d'investissement dans le réseau de chaleur, il faudrait prévoir de les implanter à l'entrée de la zone d'activité au plus près de la chaudière.

¹ Information de Biomasse Normandie



III.4.1. Aménagement

La deuxième situation paraît être la situation qui est la plus probable à réaliser. La chaufferie d'une puissance de 4MW, occupe avec un silo de stockage une surface d'environ 15x20 m. cette chaufferie est composée en plus d'une benne extérieure d'environ 20m³ recevant les cendres et transportable par camion et un espace permettant le passage des camions pour la livraison du bois. Le schéma d'aménagement suivant correspond donc à cette situation.

Le bâtiment de Fougères DS HUM doit être construit à 25 m des deux départementales D15 et D102, ceci correspond à des marges de recul pour les constructions en bord de chaussées dans le cadre de la loi Barnier. Elles pourront être utilisées pour réaménager les routes.

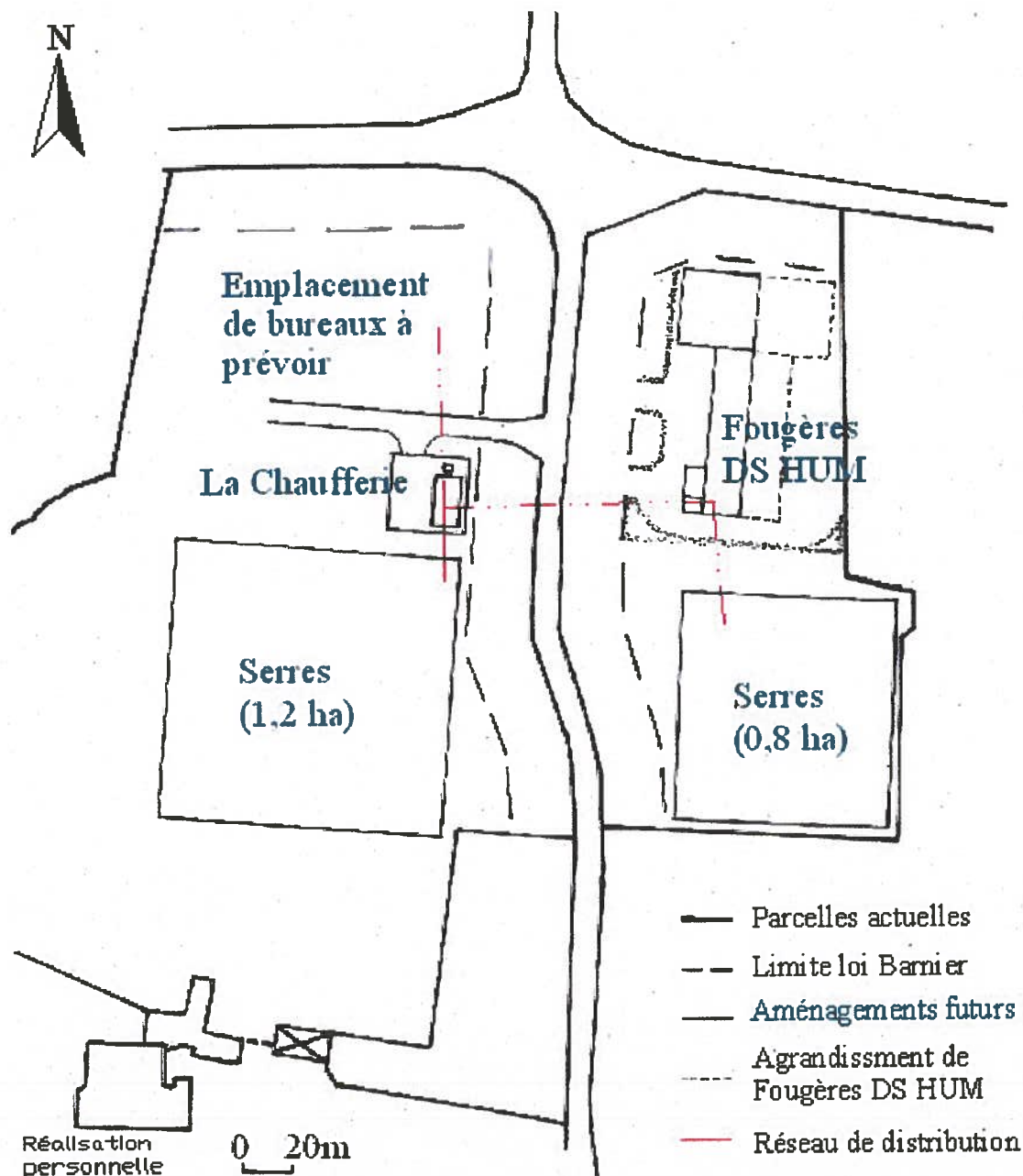


Schéma 8 : Proposition d'aménagement

III.4.2. Informations complémentaires

Les calculs réalisés dans cette étude restent très théoriques, la Communauté de Communes compte, à la suite de mon projet lancer une étude de faisabilité pour définir exactement et plus précisément la faisabilité d'un tel projet.

De plus, elle veut créer un parc d'activité avec des aménagements de qualité environnementale, les bâtiments construits sur la zone seraient donc des Bâtiments HQE (Haute Qualité Environnementale). Ceci implique donc également des investissements plus importants pour la chaufferie.

Au niveau réglementaire, la mise en place d'une chaudière de plus de 2 MW est soumise à déclaration d'installation classée (défini par l'Arrêté du 25 juillet 1997). Les autres règlements principaux que doit respecter une chaufferie, sont indiqués en annexe 7.

Les cendres produites par une chaufferie représentent environ 1 à 2 % du volume de bois utilisé. Elles contiennent de la radioactivité naturelle (cf. annexe 8), des analyses sont à prévoir pour contrôler ce taux de radioactivité et vérifier qu'il n'est pas excessif. Il faut prévoir également une valorisation de ces déchets par épandage. Il pourrait être intéressant de les épandre dans le TCR si cela est possible.

En ce qui concerne les subventions, pour la réalisation d'une telle chaudière, elles recouvrent environ 40% de l'investissement comprenant la chaufferie, le bâtiment et le réseau de distribution. Ces subventions proviennent à 40% du Conseil Général d'Ille et Vilaine, à 40% de l'ADEME, à 20% du Conseil Régional de Bretagne.

La solution préférable entre la mise en place d'un cogénérateur et une chaudière à bois est l'implantation d'une chaufferie de 4 MW qui alimenterait des serres de deux hectares et l'entreprise Fougères DS HUM après qu'elle a doublé sa production.

CONCLUSION

Le territoire du Coglais est porteur de nouveaux projets comme la création d'un éco-parc. Ce parc d'activité intercommunale, dans l'optique du développement durable, serait alimenté en chaleur par une chaudière ou un cogénérateur utilisant l'énergie renouvelable le bois. Cette ressource est disponible à plusieurs niveaux dans le Coglais.

La mise en place d'une chaudière ou d'un cogénérateur est définie en fonction de la demande énergétique des activités reliées au réseau de chaleur. Pour la zone d'activité, une seule entreprise est prévue, pour le moment, d'être implantée. La demande énergétique est donc déterminée en fonction des besoins de Fougères DS HUM et de l'hypothèse que des serres seraient mises à proximité de manière à optimiser la demande énergétique sur l'année. Deux situations sont également envisageables : le fait que l'installation fournit en chaleur l'entreprise de déshumidification prévue actuellement ou après une augmentation de sa production. Pour chacune de ces situations, la solution de la chaufferie bois ou du cogénérateur a été définie.

Le résultat des calculs de dimensionnement montre qu'il s'avère plus intéressant de mettre en place une chaufferie plutôt qu'une installation de cogénération. En effet, la cogénération demande un investissement très important et une rentabilité incertaine due au faible tarif de rachat de l'électricité. Cependant, il serait intéressant de calculer le gain obtenu par la vente d'électricité pour un cogénérateur fonctionnant à plein régime avec un prix de rachat de l'électricité correspondant au double de celui actuel. La chaufferie est un moyen de chauffage avec un tarif de vente de chaleur avantageux pour les entreprises. Par contre, pour réduire les coûts, il est préférable de l'implanter à proximité des différentes activités qu'elle alimente.

Les résultats obtenus dans ce rapport sont une estimation de la réalité permettant d'évaluer l'installation la plus intéressante. Une étude de faisabilité sera lancée à la suite de mon travail pour déterminer plus précisément le dimensionnement de la chaufferie en fonction des besoins des activités qui seront réellement implantées sur la ZAC.

TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	2
Avant-propos.....	3
Sommaire.....	4
Introduction.....	5
I. LE CONTEXTE LOCAL.....	6
I.1. LE COGLAIS.....	6
I.1.1. <i>Un territoire à la marge de trois régions</i>	6
I.1.2. <i>Une intercommunalité déjà ancienne</i>	8
I.1.3. <i>Une évolution socio-économique liée à l'A84</i>	10
Une population vieillissante.....	10
Activité sur le territoire intercommunal.....	11
Sites d'activités existants.....	13
I.2. LE PARC D'ACTIVITE : LES MARCHES DE BRETAGNE.....	14
I.2.1. <i>L'emplacement de la ZAC</i>	14
I.2.2. <i>Fougères DS HUM</i>	15
I.2.3. <i>L'éco-parc, une volonté de concrétiser le développement durable</i>	18
II. LE BOIS ENERGIE.....	20
II.1. LE BOIS, RESSOURCE LOCALE ET RENOUVELABLE.....	20
II.1.1. <i>La valorisation des déchets des entreprises</i>	21
II.1.2. <i>Le TTCR (Taillis à Très Courte Rotation)</i>	23
II.1.3. <i>Le bocage, un gisement à exploiter</i>	24
II.2. LA CHAUDIERE A BOIS.....	25
II.3. LA COGENERATION.....	27
III. L'ETUDE TECHNIQUE.....	29
III.1. LE CADRE DE L'ETUDE.....	29
III.1.1. <i>Les deux hypothèses prévues</i>	29
III.1.2. <i>Les besoins énergétiques</i>	30
L'entreprise de déshumidification.....	30
Les serres.....	30
III.2. LA PREMIERE HYPOTHESE : FOUGERES DS HUM ET UN HECTARE DE SERRES.....	31
III.2.1. <i>La solution de la chaufferie bois</i>	33
Le dimensionnement.....	33
Investissement.....	34
Les besoins en bois.....	34
Tarif de la chaleur.....	34
III.2.2. <i>La solution de la cogénération</i>	35
Le dimensionnement.....	35
Investissement.....	36
Les besoins en bois.....	36
Tarif de la chaleur.....	36
Vente de l'électricité.....	37
III.3. LA DEUXIEME HYPOTHESE : AGRANDISSEMENT DE FOUGERES DS HUM.....	38
III.3.1. <i>La chaufferie bois</i>	39
III.3.2. <i>Le cogénérateur</i>	40
III.4. PROPOSITION.....	41
III.4.1. <i>Aménagement</i>	42
III.4.2. <i>Informations complémentaires</i>	43
Conclusion.....	45

Table des matières.....	46
Index des sigles.....	48
Index des Illustrations.....	49
Bibliographie.....	50
ANNEXES.....	51

INDEX DES SIGLES

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AILE : Association d'Initiative Locale pour l'Energie et l'Environnement

CUMA : Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole

CVDA : Coopérative de la Vulgarisation de la Déshydratation Agricole

HQE : Haute Qualité Environnementale

PLU : Plan Local d'Urbanisme

SAU : Surface Agricole Utile

SCOT : Schéma de COhérence Territoriale

SDAU : Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

SIEP : Syndicat Intercommunal d'Etudes et de Programmation

SIRCEB : Syndicat Intercommunal pour la Recherche et la Création d'Emplois

TTCR : Taillis à Très Courte Rotation

ZA : Zone d'Activité

ZAC : Zone d'Aménagement Concertée

ZES : Zone d'Excédents Structurels

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Cartes

CARTE 1 : LOCALISATION DU COGLAIS	6
CARTE 2 : LES COMMUNES DU COGLAIS	7
CARTE 3 : LE PAYS DE FOUGERES	9
CARTE 4 : LOCALISATION DES ZONES D'ACTIVITES SUR LE TERRITOIRE DU COGLAIS	13
CARTE 5 : EXTRAIT DU SCHEMA DIRECTEUR DU PAYS DE FOUGERES	14
CARTE 6 : LOCALISATION DE LA ZAC (SOURCE : COGLAIS COMMUNAUTE)	15
CARTE 7 : LES SITES D'IMPLANTATION DE FOUGERES DS HUM DANS LE PAYS DE FOUGERES	16

Figure

FIGURE 1 : LA ZONE ACTUELLE	42
-----------------------------------	----

Graphiques

GRAPHIQUE 1 : REPARTITION DE LA POPULATION ACTIVE PAR ACTIVITES (SOURCE : CREDAF)	11
GRAPHIQUE 2 : REPARTITION DES EMPLOIS PAR SECTEURS D'ACTIVITES INDUSTRIELS EN 2003 (SOURCE : CREDAF)	12
GRAPHIQUE 3 : BESOINS ENERGETIQUES NECESSAIRES PAR MOIS POUR FOUGERES DS HUM	30
GRAPHIQUE 4 : CONSOMMATION MOYENNE PAR M ² DE SERRES	31
GRAPHIQUE 5 : LES BESOINS ENERGETIQUES PAR MOIS, DES DEUX ACTIVITES POUR LA PREMIERE SITUATION	32
GRAPHIQUE 6 : SCENARI DE BESOINS ENERGETIQUES AVEC DES BUREAUX DE SURFACES DIFFERENTES	33
GRAPHIQUE 7 : LES BESOINS ENERGETIQUES PAR MOIS, DES DEUX ACTIVITES POUR LA DEUXIEME SITUATION	39

Photographies

PHOTOGRAPHIE 1 : PAYSAGES DU COGLAIS	8
PHOTOGRAPHIE 2 : PLAQUETTES DE BOIS	21
PHOTOGRAPHIES 3 : LA PLATE-FORME DE SAINT HILAIRE DES LANDES	23
PHOTOGRAPHIE 4 : LE BOCAGE	24
PHOTOGRAPHIES 5 : LA CHAUFFERIE BOIS DE SAINT HILAIRE DU HARCOUT	26
PHOTOGRAPHIE 6 : LE COGENERATEUR A FELLETIN (SOURCE : SITE INTERNET DE LA MAIRIE DE FELLETIN)	28

Schémas

SCHEMA 1 : SECHAGE DU FOURRAGE (SOURCE : COGLAIS COMMUNAUTE)	16
SCHEMA 2 : LE TRAJET DU FOURRAGE (SOURCE : COGLAIS COMMUNAUTE)	17
SCHEMA 3 : LA SYMBIOSE DE KALUNDBORG	18
SCHEMA 4 : LA FILIERE BOIS ENERGIE (SOURCE : BIOMASSE NORMANDIE)	22
SCHEMA 5 : LA FILIERE DU TCCR (SOURCE COGLAIS COMMUNAUTE, AUTEUR : PIERRE MARIAU)	23
SCHEMA 6 : PRINCIPE D'UNE CHAUFFERIE BOIS (SOURCE BIOMASSE NORMANDIE)	26
SCHEMA 7 : LA COGENERATION AVEC UNE TURBINE A VAPEUR (SOURCE : BIOMASSE NORMANDIE)	28
SCHEMA 8 : PROPOSITION D'AMENAGEMENT	43

Tableaux

TABLEAU 1 : EVOLUTION DEMOGRAPHIQUE DES COMMUNES DU COGLAIS DEPUIS 1982 (SOURCE : CREDAF)	10
TABLEAU 2 : MONTANT DE LA PRIME A L'EFFICACITE ENERGETIQUE	37

BIBLIOGRAPHIE

Livres

1. LHOMME Jean-Christian, 2004, **Les énergies renouvelables**, La bibliothèque du naturaliste, 190p.
2. ERKMAN Suren, 2004, **Vers une écologie industrielle**, Charles Léopold Mayer, 251p.

Rapports

3. SODEXPER France, 2003, **Etude de faisabilité d'unités de déshumidification de fourrage** Coglais Communauté, association Deshy 2000, 86p.
4. SCE BEPIC, 2004, **Etude préalable d'opportunité en vue de la création d'une zone d'activité intercommunale**, Coglais Communauté, 45p.
5. Direction Départementale de l'Équipement, 1995, **Schéma directeur du pays de Fougères** -Rapport de présentation, SIEP, 116p.
6. CREDAF, 2003, **Observatoire de la Communauté des Communes du Coglais** – Tableau de bord économique, 63p.
7. CLERIVET M., 1999, **Diagnostic de l'espace rural du Coglais dans la perspective d'un contrat eau paysage environnement**, Mémoire de fin d'études, 119p.
8. LEBER P., 1993, **Etude paysagère du canton du Coglais** – département d'Ille et Vilaine, 60p.
9. SALMON Marylène, 1994, **Développement rural intégré du Coglais** - Gestion durable du bocage et filière « Bois-Energie », Mémoire de fin d'études, 73p.

Revue

10. BOIS ENERGIE, N°1/2003

Sites Internet

11. www.ademe.fr
12. www.aile.asso.fr
13. www.biomasse.nomandie.org

14. www.ciele.org

15. www.itebe.org

16. www.mairie-felletin.fr

ANNEXES

ANNEXE I :

Rapports d'activités de l'entreprise CVDA et Coopédome

ANNEXE II :

Besoins énergétiques de Fougères DS HUM

ANNEXE III :

Consommation mensuelle de serres de tomates

ANNEXE IV :

Besoins énergétiques de bureaux

ANNEXE V :

Réglementation sur la vente d'électricité

ANNEXE VI :

Plan de masse de Fougères DS HUM

ANNEXE VII :

Réglementation sur les chaufferies

ANNEXE VIII :

Note sur la radioactivité

ANNEXE I :
Rapports d'activités des entreprises Coopédome et CVDA

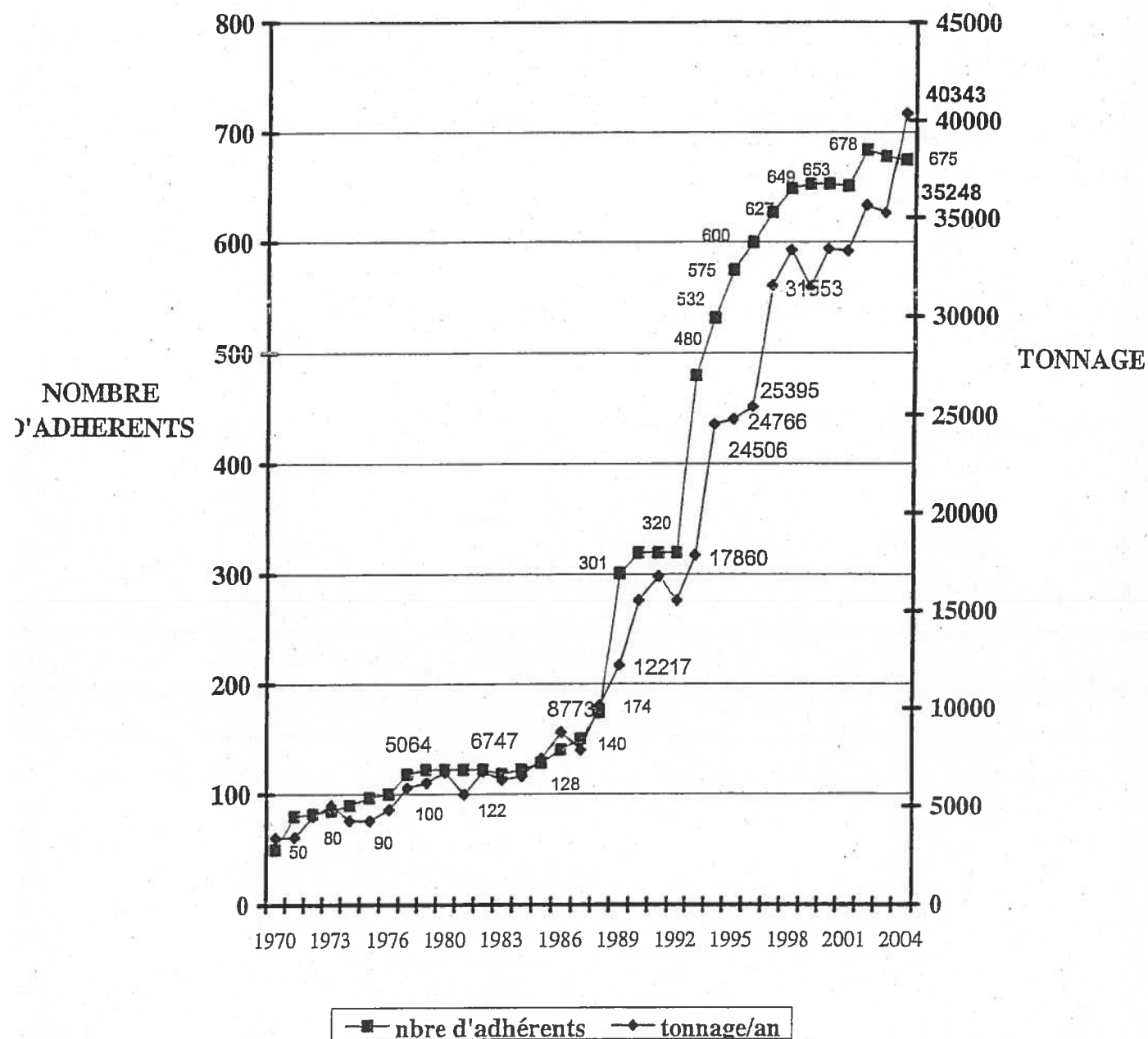
(Source : Coglais Communauté)

- RAPPORT D'ACTIVITÉ 2004 -

Répartition des adhérents au 31 décembre 2004 : 836 adhérents dont 675 adhérents de type 1 (toutes coupes) et 161 adhérents de type 2 (1 coupe).

Ces adhérents sont répartis dans un rayon de 30 kms autour de Domagné sur 80 communes.

EVOLUTION DU NOMBRE D'ADHERENTS (actif) ET DU TONNAGE DE FOURRAGE PRODUIT PAR AN

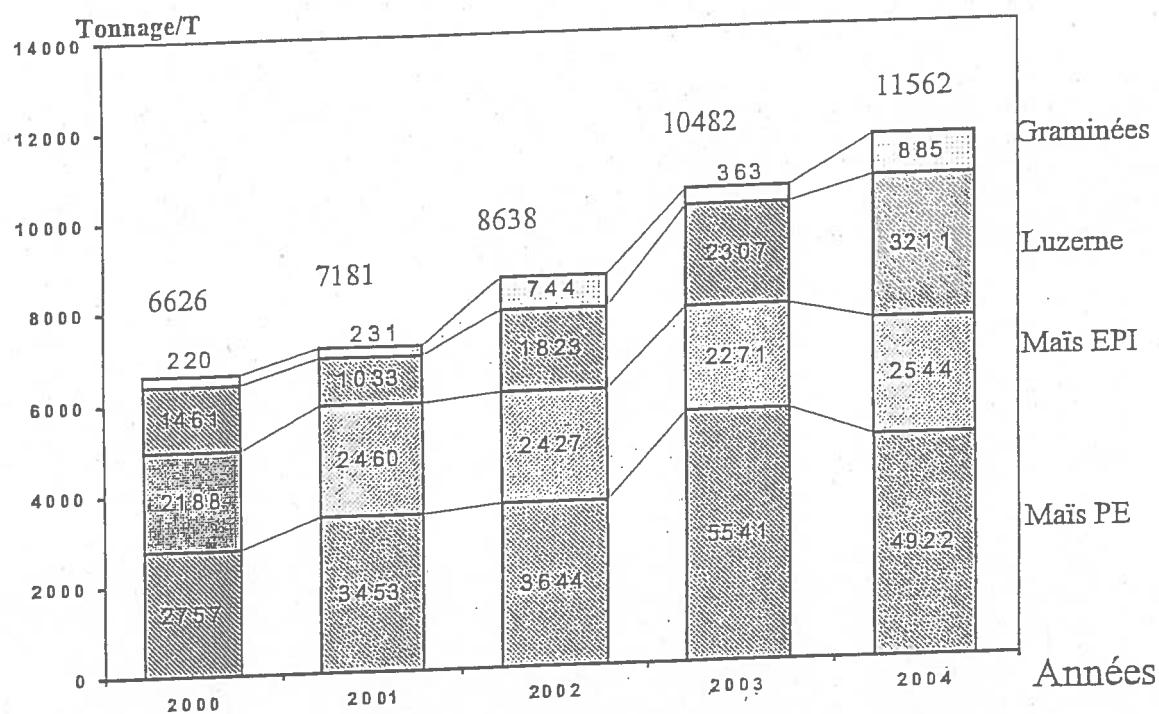


RAPPORT D'ACTIVITÉ 2004

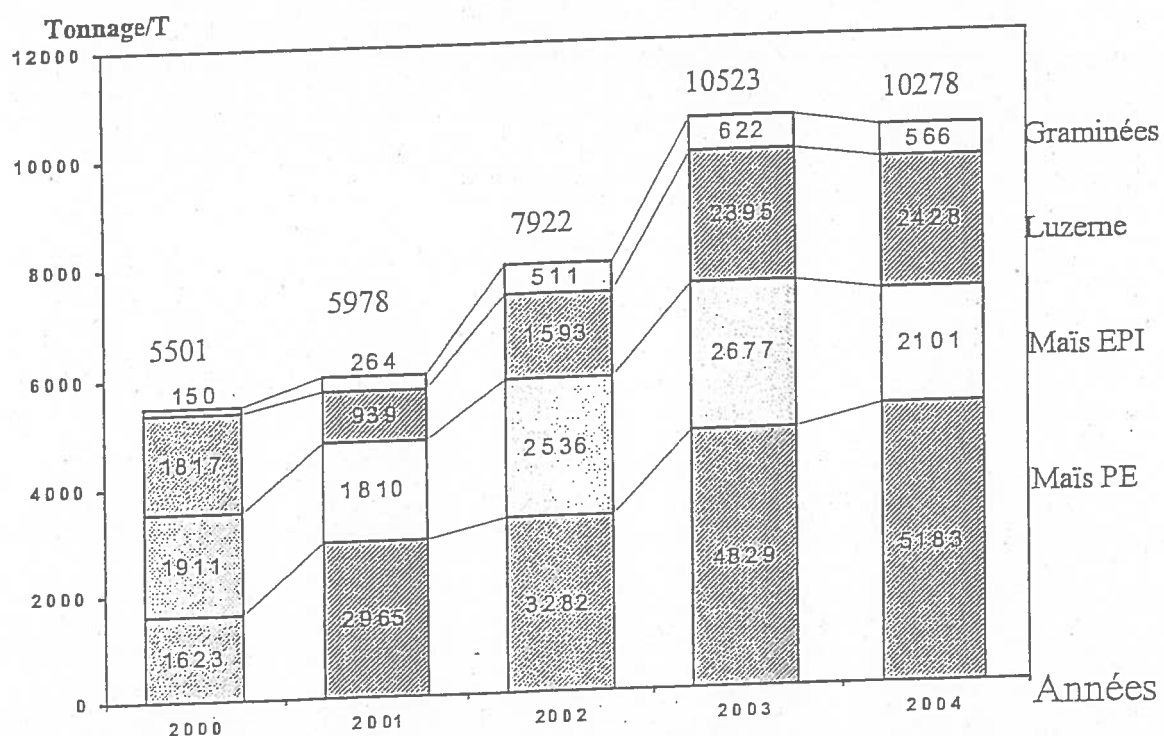
BILAN DES OPÉRATIONS ACHAT - VENTE DE FOURRAGES

DÉSHYDRATÉS EN 2004

APPORTS



VENTES



ANNEXE II :

Besoins énergétiques de Fougères DS HUM

(Source : Bureau d'étude SODEXPER, M. Liebel)

DESIGNATION (cf p27) mois/T°moy/humid moy/nb j recolte possible	nombre de jour de séchage / besoins de la coop	conso chaudière bois (60%) Kwh
mars 7°C,85% (19-5=14jours)	14	167750
avril 9°,85% (16-4=12 jours)	12	446943
mai 13°,80% (21-5=16 jours)	16	522037
juin 15°,70% (21-5=16jours)	16	487272
juillet17°,65%(22-5=17 jours)	17	477689
aout 18°,65%(21-5=16 jours)	16	435678
sept 15°,80%(18-4=14jours)	14	424643
oct 12°,85%(17-4=13 jours)	13	438150

L'information pour le mois de novembre ne m'a pas été transmise mais je me baserai sur un besoin de chaleur d'environ 400 000 kWh car, au mois de novembre, la récolte est encore importante et le temps est assez humide.

ANNEXE III :

Consommation mensuelle de serres de tomates

(Source : Solarenn, M. Vitre)

Alain Vitre

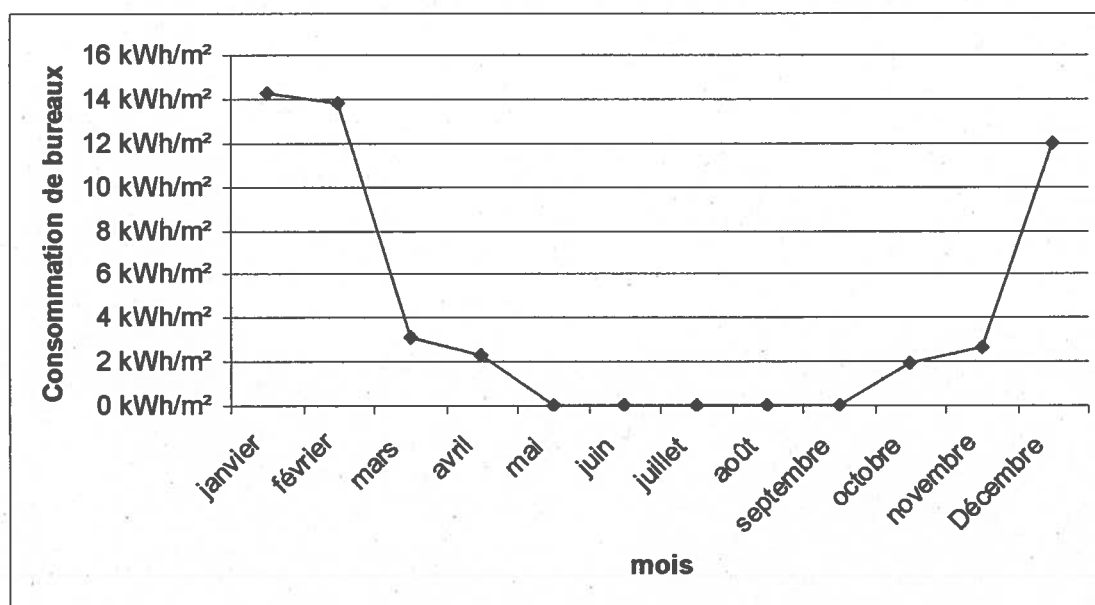
SAISON 2002

PROFILS DE CONSOMMATION DES SERRISTES SOLARENN

	LECOMTE	COLLET	DIOT/ Brasardière	DUVAL
Surface en m²	16257	17388	21384	27400
Date pondérée de plantation	29-déc-01	30-déc-01	13-déc-01	03-janv-02
Date pondérée de fin de culture	03-nov-02	04-déc-02	18-nov-02	13-nov-02
Durée moyenne de culture	309	339	340	314
déc-01	22	32	58	35
janvier	80	63	90	50
février	71	42	62	65
mars	57	46	50	62
avril	49	64	49	49
mai	39	34	41	41
juin	23	21	25	25
juillet	22	21	23	27
août	22	18	23	27
septembre	28	27	32	37
octobre	44	37	39	46
novembre	25	49	19	17
décembre	24	25	34	38
TOTAL	483	447	487	484
du 1 déc au 1 déc	481	455	511	480

ANNEXE IV : Besoins énergétiques de bureaux

(Source : Bureau d'étude BEC)



ANNEXE V :
Réglementation sur la vente d'électricité

Arrêté du 16 avril 2002 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion de matières non fossiles d'origine végétale telles que visées au 4o de l'article 2 du décret no 2000-1196 du 6 décembre 2000

NOR : INDI0200233A

Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et le ministre délégué à l'industrie, aux petites et moyennes entreprises, au commerce, à l'artisanat et à la consommation,

Vu la loi no 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité, notamment son article 10 ;

Vu le décret no 2000-1196 du 6 décembre 2000 fixant par catégorie d'installations les limites de puissance des installations pouvant bénéficier de l'obligation d'achat d'électricité, notamment son article 2 ;

Vu le décret no 2001-410 du 10 mai 2001 relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat, notamment son article 8 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de l'électricité et du gaz en date du 18 mars 2002 ;

Vu l'avis de la Commission de régulation de l'électricité en date du 4 avril 2002,

Arrêtent :

Art. 1er. - Le présent arrêté fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion de matières non fossiles d'origine végétale, telles que mentionnées au 4o de l'article 2 du décret du 6 décembre 2000 susvisé.

Art. 2. - L'installation du producteur est décrite dans le contrat d'achat, qui précise ses caractéristiques principales :

- 1. Nombre et type de générateurs ;**
- 2. Puissance électrique maximale installée ;**
- 3. Puissance électrique active maximale de fourniture (puissance électrique maximale produite par l'installation et fournie à l'acheteur) et, le cas échéant, puissance électrique active maximale d'autoconsommation (puissance électrique maximale produite par l'installation et consommée par le producteur pour ses besoins propres) ;**
- 4. Productibilité moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie électrique que l'installation est susceptible de produire en moyenne sur une période d'un an) ;**
- 5. Fourniture moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie électrique que le producteur est susceptible de fournir à l'acheteur en moyenne sur une période d'un an) et, le cas échéant, autoconsommation moyenne annuelle estimée (quantité d'énergie électrique que le producteur est susceptible de consommer pour ses besoins propres en moyenne sur une période d'un an) ;**
- 6. Point de livraison ;**
- 7. Tension de livraison ;**

8. Puissance électrique garantie ;
9. Quantité d'énergie à la sortie de la chaudière estimée en moyenne annuelle et quantité d'énergie thermique valorisée estimée en moyenne annuelle.

Art. 3. - L'hiver tarifaire est compris entre le 1er novembre et le 31 mars. L'été tarifaire est compris entre le 1er avril et le 31 octobre.

Toutefois, en Corse, l'hiver tarifaire est compris entre le 1er novembre et le 1er mars.

L'été tarifaire est compris entre le 1er mars et le 1er novembre.

A l'île de la Réunion, l'hiver tarifaire est compris entre le 1er mai et le 31 octobre.

L'été tarifaire est compris entre le 1er novembre et le 30 avril.

Art. 4. - La date de demande complète de contrat d'achat par le producteur détermine les tarifs applicables à une installation. Cette demande est considérée comme complète lorsque, dans les cas où un permis de construire est nécessaire, elle comporte la copie de la lettre de notification mentionnée à l'article R. 421-12 du code de l'urbanisme, lorsqu'un permis de construire est nécessaire, ainsi que les éléments définis à l'article 2 du présent arrêté.

Pour les installations entrant dans le champ d'application de l'article 6 ci-dessous :

1o Si la demande complète de contrat d'achat est effectuée en 2002, les tarifs applicables sont ceux de l'annexe 1 ;

2o Si la demande complète de contrat d'achat est effectuée après le 31 décembre 2002, les tarifs applicables sont ceux de l'annexe 1 indexés au 1er janvier de l'année de la demande par application du coefficient K défini ci-après :

$$K = 0,5 \frac{ICHTTS1}{ICHTTS1_0} + 0,5 \frac{PsdA}{PsdA_0}$$

Formule dans laquelle :

1o ICHTTS1 est la dernière valeur connue au 1er janvier de l'année de la demande de l'indice du coût horaire du travail (tous salariés) dans les industries mécaniques et électriques ;

2o PsdA est la dernière valeur connue au 1er janvier de l'année de la demande de l'indice des produits et services divers A ;

3o ICHTTS1₀ et PsdA₀ sont les dernières valeurs connues à la date de publication du présent arrêté.

Art. 5. - Au choix du producteur, celui-ci garantit, soit pour toute la période d'hiver tarifaire, soit pour toute l'année, une puissance PG. Les tarifs de l'énergie fournie diffèrent, selon les modalités fixées aux annexes 1 et 2 du présent arrêté, selon que cette puissance est respectée ou non.

La puissance électrique garantie est précisée dans le contrat d'achat. Elle peut être modifiée par avenant à l'initiative du producteur, au plus annuellement, pendant toute la durée du contrat, sans que la date d'échéance du contrat soit modifiée.

Art. 6. - Peut bénéficier d'un contrat aux tarifs définis à l'annexe 1, dans la mesure où elle respecte à la date de signature du contrat les conditions des décrets du 6 décembre 2000 et du 10 mai 2001 susvisés, une installation :

1o Mise en service pour la première fois après la date de publication du présent arrêté. Le contrat est conclu pour une durée de quinze ans à compter de la mise en service industrielle de l'installation. Cette mise en service doit avoir lieu dans un délai de trois ans à compter de la demande complète de contrat par le producteur. En cas de dépassement de ce délai, la durée du contrat est réduite d'autant ;

2o Mise en service entre la date de publication de la loi du 10 février 2000 susvisée et la date de publication du présent arrêté, s'il y a accord des parties. Le contrat est conclu dans les six mois qui suivent la demande complète du producteur et l'échéance de ce contrat est fixée à quinze ans à compter de la mise en service industrielle de l'installation.

A l'issue du contrat mentionné aux alinéas précédents, l'installation peut bénéficier d'un nouveau contrat d'une durée de quinze ans aux tarifs définis à l'annexe 2, dans la mesure où elle remplit toujours à cette époque les conditions des décrets du 6 décembre 2000 et du 10 mai 2001 susvisés.

Art. 7. - Peut également bénéficier d'un contrat aux tarifs définis à l'annexe 2, dans la mesure où elle respecte, à la date de signature du contrat, les conditions des décrets du 6 décembre 2000 et du 10 mai 2001 susvisés, une installation n'entrant pas dans le champ d'application de l'article 6 ci-dessus.

Le contrat est conclu pour une durée de quinze ans à compter de sa date de signature, qui peut avoir lieu :

1o Soit à l'échéance du contrat d'achat en cours à la date de publication du présent arrêté ;

2o Soit avant l'échéance du contrat d'achat en cours à la date de publication du présent arrêté, en cas d'application de l'article 50 de la loi du 10 février 2000 susvisée ;

3o Soit, à la demande du producteur, si cette installation ne bénéficie pas d'un contrat d'achat en cours à la date de publication du présent arrêté.

A l'issue du contrat mentionné au premier alinéa, l'installation peut bénéficier d'un nouveau contrat d'une durée de quinze ans aux tarifs définis à l'annexe 2, dans la mesure où elle remplit toujours à cette époque les conditions des décrets du 6 décembre 2000 et du 10 mai 2001 susvisés.

Art. 8. - Chaque contrat d'achat comporte les dispositions relatives à l'indexation des tarifs qui lui sont applicables. Cette indexation s'effectue annuellement au 1er novembre par l'application du coefficient L défini ci-après :

$$K=0,3+0,3\frac{ICHTTS1}{ICHTTS1_0}+0,4\frac{PsdA}{PsdA_0}$$

Formule dans laquelle :

1o ICHTTS1 est la dernière valeur connue au 1er novembre de l'indice du coût horaire du travail (tous salariés) dans les industries mécaniques et électriques ;

2o PsdA est la dernière valeur connue au 1er novembre de l'indice des produits et services divers A ;

3o ICHTTS10 et PsdA0 sont les dernières valeurs connues à la date de signature du contrat d'achat.

Art. 9. - La directrice de la demande et des marchés énergétiques est chargée de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 16 avril 2002.

Le ministre délégué à l'industrie,
aux petites et moyennes entreprises,
au commerce, à l'artisanat
et à la consommation,
Christian Pierret

Le ministre de l'économie,
des finances et de l'industrie,
Laurent Fabius

A N N E X E 1

TARIFS MENTIONNES A L'ARTICLE 6 DE L'ARRETE

L'énergie électrique active fournie par le producteur est facturée à l'acheteur sur la base des tarifs ci-dessous. Ils sont définis en fonction de la valeur de la puissance électrique garantie, que celle-ci soit définie durant l'hiver tarifaire ou durant toute l'année. Ils incluent une prime à l'efficacité énergétique, appelée M, calculée selon les modalités ci-dessous. Ces tarifs sont exprimés en cEuros/kWh hors TVA.

A. - Le tarif applicable à l'énergie électrique fournie sous une puissance instantanée inférieure ou égale à la valeur de PG est égal à :

$$RB \times (0,575 + 0,5 \times d) + M \quad \text{si } d \geq 0,85$$

$$RB \times (0,15 + d) + M \quad \text{si } d < 0,85$$

Formules dans lesquelles :

PG est la valeur retenue pour la puissance garantie ;

d est la disponibilité effective de l'installation, définie comme le rapport de l'énergie électrique effectivement fournie sous une puissance instantanée inférieure ou égale à la puissance garantie PG et de l'énergie électrique qu'aurait fournie l'installation si elle avait fonctionné sous la puissance garantie en permanence pendant la totalité de l'année, ou pendant la période d'hiver tarifaire si le producteur a exprimé ce choix ;

RB est le tarif de référence, fixé, hors taxes, à 4,9 cEuros/kWh en métropole continentale et en Corse et 5,5 cEuros/kWh dans les départements d'outre-mer et dans la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon ;

M est la prime à l'efficacité énergétique, calculée conformément aux dispositions ci-après :

VALEUR DE V	MONTANT DE LA PRIME M (enc€/kWh)
V ≤ 40%	0
V = 50%	0,5
V = 60%	1
V ≥ 70%	0 ¹

¹ Note de l'ATEE. La valeur 0 est probablement une erreur et la valeur de 1,2 est plus probable. L'ATEE se rapproche de la DIDEME pour faire préciser ce point.

Tableau dans lequel :

$V = (\text{énergie thermique valorisée vendue ou autoconsommée} + \text{énergie électrique valorisée vendue ou autoconsommée}) / \text{énergie sortie chaudière}.$

Les valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire.

Les modalités de contrôle du calcul de la prime M sont précisées dans le contrat d'achat.

B. - Le tarif applicable à l'énergie fournie sous une puissance instantanée supérieure à la valeur de PG est égal à celui découlant de la formule du A ci-dessus pour $d = 15\%$.

A N N E X E 2

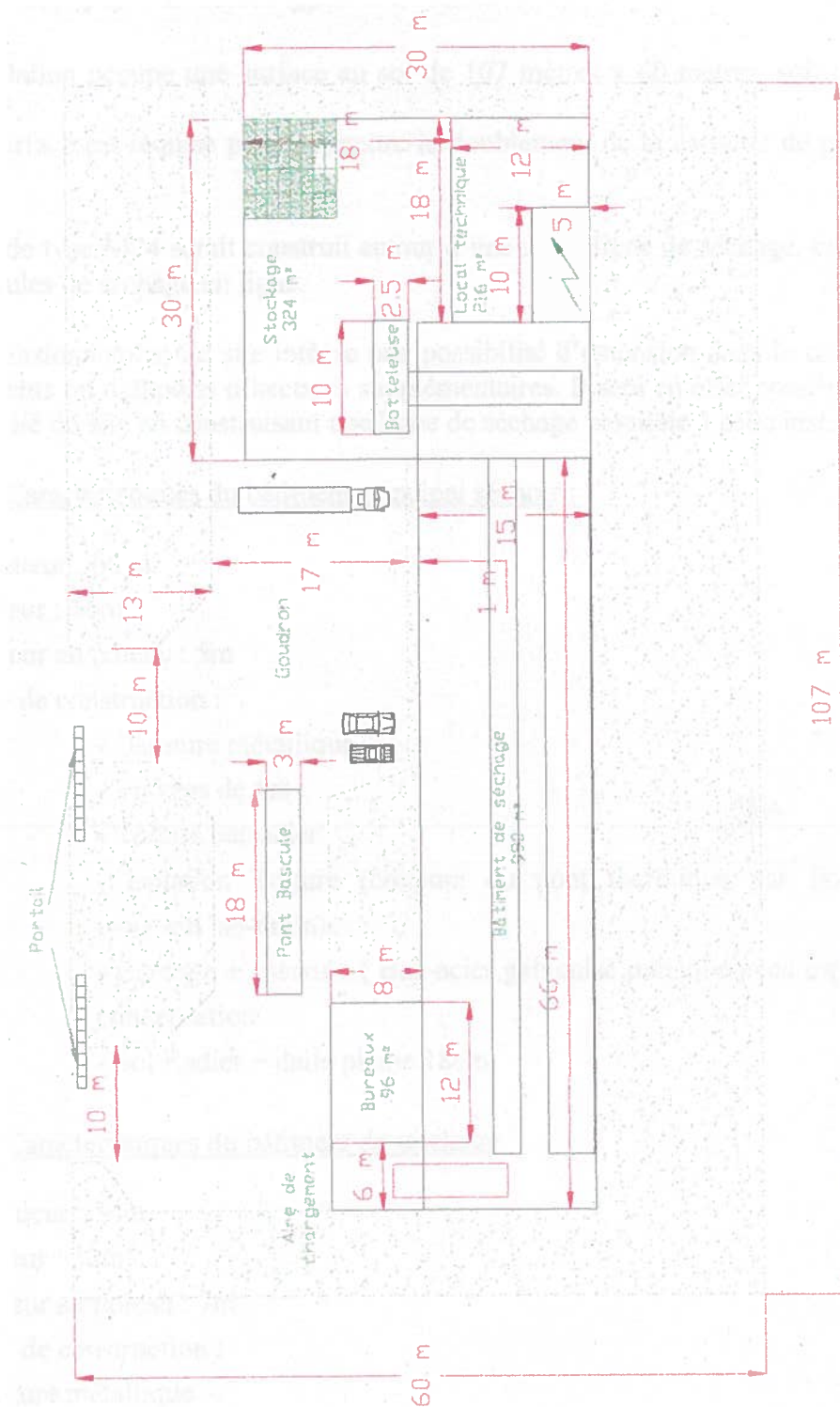
TARIFS MENTIONNES AUX ARTICLES 6 ET 7 DE L'ARRETE

L'énergie électrique active fournie par le producteur est facturée à l'acheteur sur la base des tarifs ci-dessous. Ces tarifs sont exprimés en cEuros/kWh hors TVA :

En métropole continentale et en Corse : 4,42 ;

Dans les départements d'outre-mer et dans la collectivité territoriale de Saint-Pierre-et-Miquelon : 5,18.

(Source : Coglais Communauté)



ANNEXE VII :

Réglementation sur les chaufferies

Réglementation

9

La réglementation sur les chaufferies comprend les textes ci-après :

■ Décret n°74-415 du 13 mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique.

■ Arrêté du 5 février 1975 relatif aux rendements minimaux des générateurs thermiques à combustion, qui indiquent notamment les rendements minimaux des chaudières bois à eau chaude et à chargement automatique pour la puissance nominale utile du générateur (1 th/h = 1,16 kW) :

- $P < 60$ th/hR = 68 %
- 60 th/h $< P < 150$ th/hR = 70 %
- 150 th/h $< P < 800$ th/hR = 72 %
- 800 th/h $< P < 2.000$ th/hR = 74 %
- $P > 2.000$ th/hR = 76 %

C'est à titre indicatif car cet arrêté ne concerne que les combustibles liquides gazeux ou minéral solide (le bois n'est pas un minéral).

Cet arrêté restera en vigueur jusqu'en mars 2000.

■ Arrêté du 20 juin 1975 relatif à l'équipement et à l'exploitation des installations thermiques en vue de réduire la pollution atmosphérique et d'économiser l'énergie.

Ce texte indique :

- le calcul des hauteurs de cheminées,
- les valeurs des émissions particulières à respecter.

■ Arrêté du 5 juillet 1977 relatif aux visites et examens approfondis des installations consommant de l'énergie thermique (complété par la circulaire du 7 octobre 1982).

Pour le concepteur, la difficulté consiste à interpréter et à appliquer les directives de ces textes dans le cas des chaufferies bois, celles-ci n'étant pas adaptées à ce type de combustible.

L'arrêté du 5 juillet 1977 a été abrogé et remplacé par le décret n° 98-833 du 16/09/98 relatifs aux contrôles périodiques des installations consommant de l'énergie thermique (entre 400 kW et 50 MW). L'application du décret concernant les organismes de contrôle est immédiate mais la procédure du 5 juillet 1977 reste en vigueur jusqu'en mars 2000.

■ Arrêté du 25 juillet 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2910 (combustion).

ANNEXE VIII :
Note sur la radioactivité

(Source : Association AILE, M. Pédrón)

LA RADIOACTIVITE EN QUELQUES CHIFFRES !

Le phénomène de la radioactivité peut se mesurer soit par le niveau d'émissions des matériaux examinés, soit à travers ses effets sur le corps humain. Si les chiffres ci-dessous montrent comment les phénomènes peuvent avoir des ordres de grandeur extrêmement différents, de la radioactivité naturelle à la radioactivité des centrales nucléaires, la langue française ne dispose malheureusement que d'un seul mot pour décrire tous ces phénomènes, ce qui provoque bien évidemment toutes les confusions dont sont réellement victimes les cendres des chaufferies bois, et par conséquent toute la filière bois-énergie, des producteurs de plaquettes bois aux collectivités et industriels utilisateurs.

LA MESURE DES EMISSIONS RADIOACTIVES

L'unité utilisée est le béquerel. Quelques ordres de grandeur de radioactivité :

- **la radioactivité naturelle** : de quelques dizaines à quelques milliers de Bq par kg selon les matériaux observés (cf. ci-dessous),
- **la radioactivité artificielle utilisée en médecine** à des fins thérapeutiques ou de diagnostics : elle se mesure en millions de Bq dans le cas de scintigraphie (suivi du cheminement d'un élément radioactif dans le corps humain),
- **la radioactivité artificielle dans l'industrie nucléaire** : 10 milliards de milliards de Bq dans le combustible usé en sortie de réacteur !

Les cendres des chaufferies bois appartiennent bien sûr à la première famille dite de la radioactivité naturelle qui entoure notre univers depuis sa création. Quelques données plus précises permettent de situer les cendres :

l'eau de mer : 12 Bq par kg,

le bois : quelques dizaines de Bq par kg, selon les essences,

la pomme de terre : 150 Bq par kg,

les cendres de bois issues d'une cheminée : 2300 Bq,

les cendres issues de la chaufferie de Concarneau : 5000 Bq,

le sol : 1000 Bq par kg, et jusqu'à 8000 Bq pour des sols granitiques (comme certains sols bretons).

La combustion concentre la radioactivité contenue naturellement dans le bois. En raison d'une combustion quasi-totale dans les chaudières modernes liée à un très bon rendement énergétique, 100 kg de bois donne 1 kg de cendres. Ceci explique la teneur observée de 5000 Bq, qui reste inférieur à ce que l'on trouve dans des sols granitiques, et permet de parler de **phénomène de radioactivité naturelle renforcée**, c'est-à-dire de la concentration, d'un facteur 100 dans le cas présent, d'une radioactivité naturelle.

LA MESURE DES EFFETS DE LA RADIOACTIVITE

L'unité utilisée est le millisievert (mSv). La radioactivité naturelle de l'environnement décrite ci-dessus entraîne le fait que l'organisme humain reçoit annuellement une dose de radioactivité, par l'ingestion d'aliments, par la respiration, ou par sa simple présence dans l'univers.

La dose reçue annuellement se décompose ainsi :

dose issue du rayonnement cosmique (soleil, étoiles...) : 0,4 mSv,

dose issue de la radioactivité de la terre : 0,5 mSv en moyenne en France, 1,3 mSv en Bretagne en raison du sous-sol granitique,

dose incorporée par la respiration et l'alimentation (tous les aliments sont d'une façon ou d'une autre issus du sol et émettent des béquerels !) : 1,5 mSv.

La dose minimale à laquelle reçue par un résident en France est donc de 2,4 mSv ; elle est de 3,2 mSv pour le résident breton.

A ceci, il convient d'ajouter 1 mSv qui est la moyenne de la dose reçue lors d'examens médicaux. Il s'agit là bien sûr d'une moyenne, les écarts variant selon l'état de santé du sujet.

Et qu'en est-il pour la personne qui va manipuler les cendres d'une chaufferie ? Une étude a permis d'estimer la dose à laquelle serait exposé un opérateur passant 500 h (près du tiers d'une année de travail) à proximité des cendres, en tenant compte des ramonages qui provoquent l'émission de poussières fines. Considérant ce scénario extrême, la dose reçue serait comprise entre 0,05 et 0,07 mSv, à comparer au 2,4 ou 3,2 mSv mentionnés ci-dessus, c'est-à-dire moins de 3 % de la dose reçue par chacun d'entre nous du fait de la radioactivité naturelle.

QUEL DEVENIR POUR LES CENDRES DE CHAUFFERIES BOIS ?

Dès lors qu'il est avéré que nous sommes devant un phénomène de radioactivité naturelle renforcée, la meilleure destination pour les cendres de chaufferies bois demeure le retour au sol, soit par épandage, soit par mélange avec des déchets verts ou du compost. Une étude sanitaire d'impact sera effectuée pour s'assurer qu'il n'y a aucune contre indication à cette pratique. Rien ne s'oppose par ailleurs à l'accueil de ces cendres en centre d'enfouissement de classe 2 (déchets ménagers et assimilés).

Rennes, le 26 novembre 2003

l'animateur du Plan bois énergie Bretagne

Michel Pédron