



## Enquête sur les conditions d'exploitation des chaufferies automatiques à bois dans les Ardennes





### Introduction :

*Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention avec le Conseil Général des Ardennes sur l'approvisionnement en bois déchiqueté. L'objectif étant de réaliser un état des lieux sur l'exploitation des chaufferies et les livraisons des chaufferies de petites puissances pour cerner les pistes d'action pour améliorer l'approvisionnement en bois et le développement du bois énergie.*

## **Méthode**

Un questionnaire a été envoyé à chaque maître d'ouvrage, soit 22 destinataires, possédant une chaudière automatique au bois. La majorité des chaudières installées (16 installations) sont des chaudières au bois déchiqueté. Le taux de réponses (après relance téléphonique) est de 94 % pour les chaudières au bois déchiqueté et de 83 % pour le granulé.

Parmi les 22 chaudières enquêtées, une chaudière a été arrêtée pour être remplacée par une chaudière fioul à cause de nombreux facteurs : mauvaise installation (entreprise aujourd'hui liquidée), sous dimensionnement de la chaufferie par rapport à la préconisation du bureau d'études et combustible de mauvaise qualité (lors de la création de la chaufferie, les certifications de granulé n'existaient pas encore).

L'échantillon d'enquête pour le granulé a donc été réduit à 5 et ne permet pas d'extrapoler de conclusion générale.

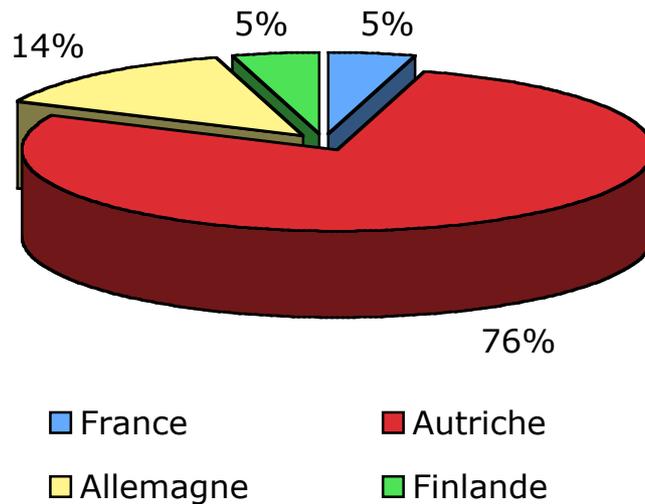
## **Résultats**

### **I. Généralités techniques**

#### a. Type de chaudières et combustible

La puissance des chaudières installées varie de 30 à 350 kW pour le bois déchiqueté et entre 25 kW et 110 kW pour le granulé.

La majorité des chaudières installées sont de la même marque (64 %). Cela s'explique par l'entrée précoce de cet acteur dans le marché français des chaudières automatiques, et la présence d'un distributeur exclusif dans l'Aisne. Le graphique suivant montre la répartition de l'origine de fabrication des chaudières installées ; on constate la prépondérance des chaudières autrichiennes chez les enquêtés.



Globalement au niveau national comme au local, es constructeurs français sont peu présents dans le marché des chaudières automatiques perfectionnées de petites puissances (< 200 kW).

#### b. Bâtiments raccordés et réseau de chaleur

Les chaudières collectives appartiennent majoritairement au secteur public (86 %).

Les principaux bâtiments chauffés sont des logements, des écoles maternelles et primaires, des mairies et des salles des fêtes. On trouve un cas particulier de « préchauffage » d'église.

On trouve aussi des usages professionnels (18 %) dans le tertiaire : bureaux, magasins et cabinets.

Dans 55 % des cas, la chaudière à plaquette alimente un réseau de chaleur (au sens technique<sup>1</sup>). Actuellement, on ne trouve pas de réseau de chaleur avec le granulé dans les Ardennes.

L'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée par le bois dans 32 % des cas interrogés. Dans deux cas, on trouve un couplage avec du solaire thermique.

Les chaudières à granulé sont dépourvues de système d'appoint contrairement au bois déchiqueté, ou dans 38 % des cas une autre énergie assure l'appoint et le secours.

<sup>1</sup> Un réseau de chaleur enterré reliant différents bâtiments. Au sens juridique, on trouverait des usagers distincts du maître d'ouvrage.

## **II. Exploitation des chaufferies automatiques**

### 1. Conduite et entretien

Les coûts d'une chaufferie comprennent différents postes (P1 à P4). Le terme « P2 » équivaut à l'exploitation de la chaufferie. Ce P2 comprend la conduite et l'entretien annuel.

- L'entretien correspond à la maintenance et au ramonage qui doit être assuré par un professionnel.
- La conduite correspond à la surveillance de la chaufferie afin d'assurer son bon fonctionnement : vidange des cendres, relevé des compteurs, nettoyage de la chaufferie, etc... qui peut être assuré par une personne non professionnelle. Néanmoins, une formation courte à cette conduite peut permettre au personnel d'aborder cette tâche plus sereinement. La conduite est généralement assurée par les maîtres d'ouvrages pour les petites chaufferies.

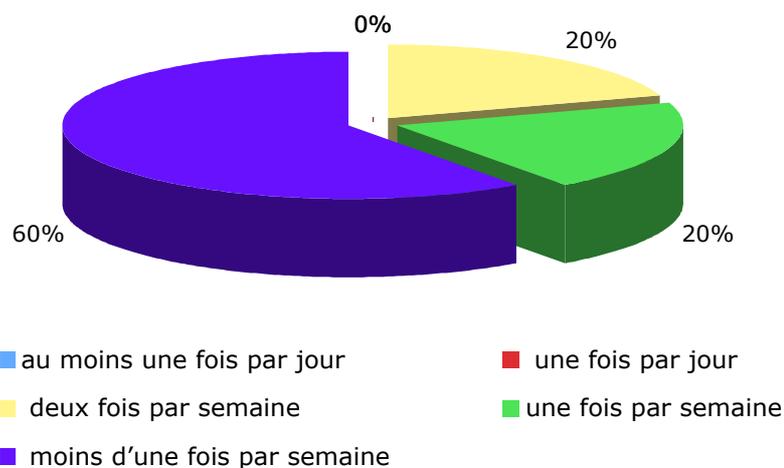
#### a. Conduite

De notre enquête il ressort que les personnes affectées à la conduite de la chaufferie sont diverses selon les cas : propriétaire de la chaufferie, mairie ou adjoint assistés d'un employé communal. On trouve des cas particuliers ou c'est réalisé par un chauffagiste (1 cas) ou par le locataire (2 cas).

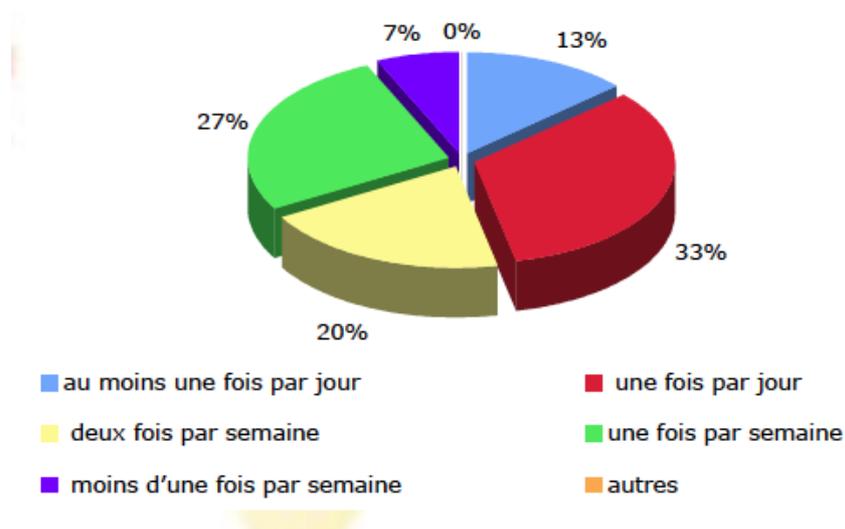
#### • Visite du local chaudière :

Une visite régulière de la chaufferie peut parfaitement être faite en interne. La fréquence varie selon la taille de la chaufferie, du combustible utilisé, la présence d'un appoint et des utilisateurs de chaleur.

#### **Fréquence de visite pour les chaudières à granulés :**



### **Fréquence de visite pour les chaudières à bois déchiqueté :**



On constate que la conduite est moins exigeante en terme de visite pour les chaudières à granulé. Pour le bois déchiqueté, on observe des réponses très diverses sur la fréquence. Cette visite consiste à une surveillance du bon fonctionnement de l'installation :

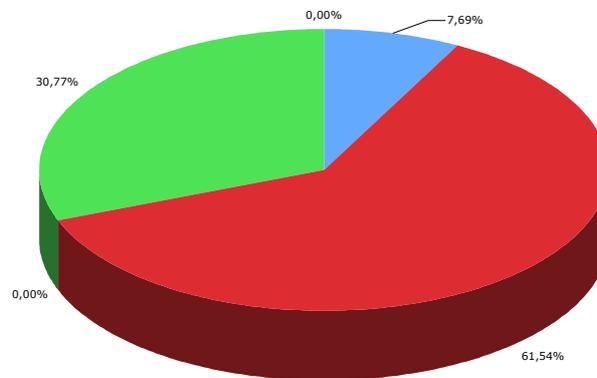
- Mise en service et arrêt de la chaudière
- Surveiller l'approvisionnement et la qualité de la plaquette de bois
- Enlever les cendres et les évacuer : jardins ou déchetterie
- Vérifier que le foyer ne soit pas obstrué
- Contrôle visuel et auditif des installations (bon écoulement du combustible, fumée, etc..)

Certaines chaufferies nécessitent une visite journalière car leur conception n'est pas optimale (Launois-sur-Vence, Tourteron).

#### • Vidange des cendres :

Dans la littérature, le taux de cendre est respectivement de 0,5 % et 1 % pour le granulé et le bois déchiqueté. La contenance du cendrier est de l'ordre 20 litres à 45 litres. Pour le granulé, on observe que la vidange du cendrier peut faire l'objet d'une visite spécifique tandis qu'avec la chaudière à bois déchiqueté, ou les visites sont plus fréquentes, la vidange est effectuée lors d'une visite de routine.

### **Fréquence de vidange des cendres:**



- au moins une fois par semaine
- une fois par semaine
- une fois toutes les deux semaines
- une fois par mois
- moins d'une fois par mois

Les cendres sont généralement vidées à proximité de la chaufferie et utilisées comme amendement.

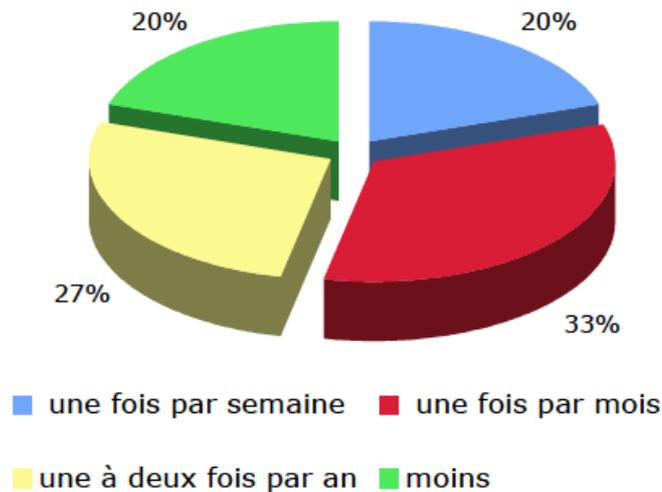
- **Mise en défaut :**

La visite est l'occasion de constater une éventuelle mise en défaut automatique.

La mise en défaut correspond à une défaillance simple ne nécessitant pas démontage de la chaudière et/ou de qualification particulière. Généralement, les chaudières sont capables d'indiquer l'origine du problème par une mention écrite ou graphique.

Les chaufferies granulé ne présentent quasiment aucun problème de mise en défaut. Seule une chaufferie au granulé présente des arrêts intempestifs (une fois par semaine). Le dysfonctionnement serait dû à un problème de réglage/conception.

### Fréquence de mise en défaut :



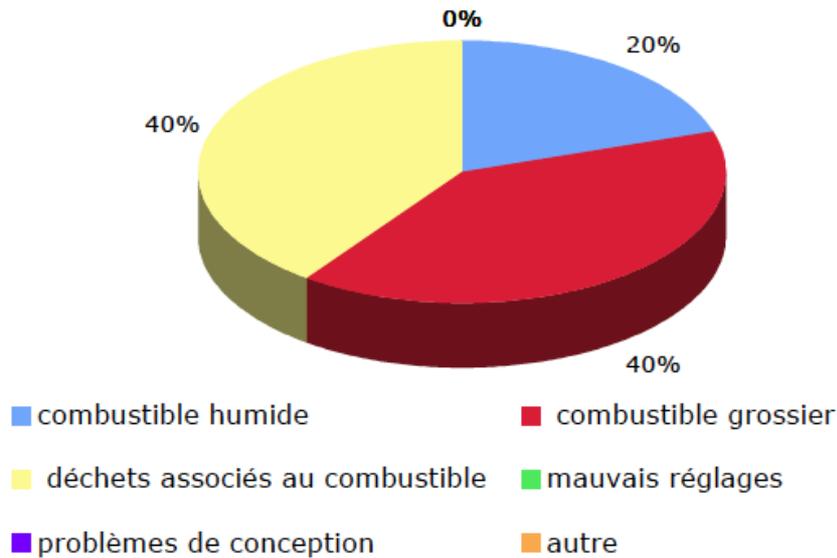
Les 3 chaufferies qui présentent une mise en défaut régulière (une fois par semaine) ont un approvisionnement différent des autres chaudières. Les causes principales de mise en défaut sont les suivantes :

- L'utilisation d'un combustible de scierie relativement humide et de calibrage grossier (la plaquette de scierie est écorcée avant son broyage ; cela constitue un avantage pour la chaufferie car les écorces génèrent de la poussière et des cendres, cependant, la matière organique de l'écorce permet un échauffement naturel de la plaquette et donc un bien meilleur séchage en 4 à 5 mois) ;
- L'utilisation d'un combustible bon marché de qualité moyenne. Le maître d'ouvrage possède une chaudière de grosse puissance (relativement à la catégorie des petites puissances) qui peut utiliser ce type de combustible. Toutefois le fonctionnement n'est pas optimum.
- L'approvisionnement est géré totalement par la collectivité. Le coût de revient est extrêmement faible mais la qualité n'est pas encore optimale (première année de chauffe). D'autres communes gèrent en régie leur approvisionnement avec plus de méthodologie et de succès. Après une période d'expérimentation et apprentissage, ce point peut être relativement facilement amélioré.

Pour les 4 chaufferies qui présentent une mise en défaut relativement fréquente (une fois par mois), voici des pistes de réflexion :

- La chaudière, d'environ 10 ans et peu automatisée, est très sensible à la qualité du combustible. Cette chaudière est très peu installée dans les collectivités dans les Ardennes et en France.
- Une chaufferie est approvisionnée en régie.
- Deux autres sont approvisionnées par une entreprise. On note des problèmes d'humidité en fin de saison de chauffe.

### Causes principales des mises en défaut:



Tous ces arrêts recensés par l'enquête sont dus à des problèmes de combustible. On constate néanmoins que les chaufferies approvisionnées par un professionnel sont moins souvent sujettes que les autres à ces défaillances. Les mises en défaut sont plus fréquentes qu'un système conventionnel mais les remises en route sont rapides (pas de qualification particulière) et les problèmes connus, permettant des pistes d'améliorations très accessibles.

- Temps d'intervention pour la conduite :

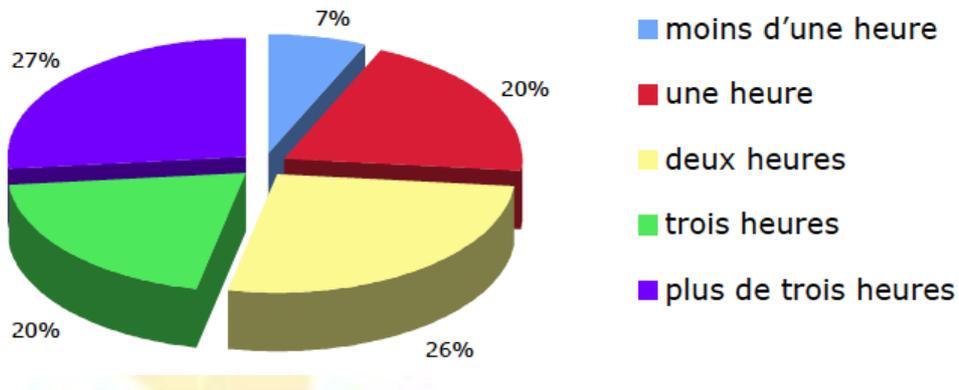
Le temps d'intervention correspond au temps de conduite dans la chaufferie par an. Comme mentionné plus haut, ces tâches sont généralement les suivantes : remplissage du silo, vidange des cendres, contrôle des cheminées d'évacuation, vérification du silo, remise en route de la chaudière suite à une défaillance simple, nettoyage et réglage courants.

Il faut garder à l'esprit que la personne qui assure ces interventions de routine doit être située à proximité de la chaufferie afin de pouvoir intervenir rapidement en cas de problème.

Le temps d'intervention en chaufferie pour les chaudières à granulé – hormis le cas particulier déjà cité – est très faible puisqu'il est inférieur à 1 heure par mois.

Pour les chaufferies à bois déchiqueté, le temps moyen de d'intervention – sur le panel de chaufferie de 30 à 350 kW – est de 2h30 par mois lors de la période hivernale. Cela correspond à 25 heures d'exploitation par an pour une chaufferie de 100 kW.

**Temps d'intervention pour la conduite des chaufferies bois déchiqueté :**

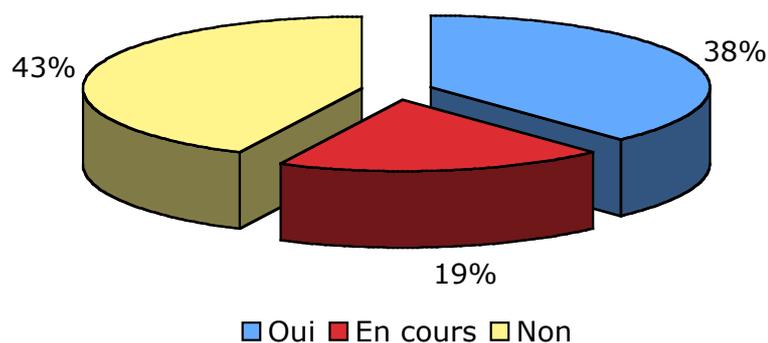


Les facteurs expliquant les variations que l'on peut trouver d'une chaufferie à l'autre sont :

- une mauvaise conception dès l'origine (2 cas) ;
- un approvisionnement de mauvaise qualité (2 cas) ;
- la présence d'un réseau de chaleur important (1 cas) ;
- le degré d'implication du personnel (il est préconisé d'impliquer le personnel dès la conception de la chaufferie afin d'optimiser la future mission de conduite de chaufferie)
- l'utilisation de la chaudière toute l'année pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire (ce qui implique plus d'entretien).

b. Maintenance

On constate que peu de maîtres d'ouvrage disposent d'un contrat d'entretien annuel :



Si le contrat n'est pas indispensable, l'entretien annuel, quant à lui, est obligatoire (pour les chaufferies de 4 à 400 kW). Il doit être réalisé par un professionnel remplissant les conditions nécessaires de qualification. Cette contractualisation permet au maître d'ouvrage de s'affranchir de tout risque.

Les 19 % de répondants « en cours » se sont engagés dans cette démarche de contractualisation suite au questionnaire.

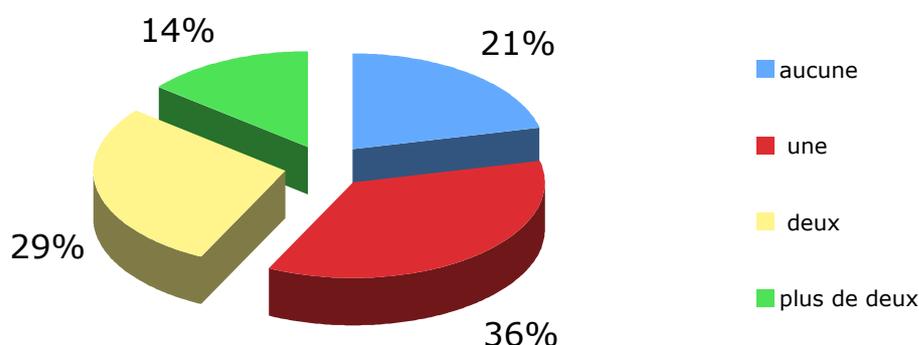
## 2. Pannes

Ici, la « panne » correspond à un arrêt nécessitant des compétences techniques pour redémarrer la chaudière.

Le panel de chaufferies granulé n'est pas suffisamment large pour analyser et extrapoler les résultats. Toutefois, on note que les pannes sont peu fréquentes pour les chaudières à granulé enquêtées.

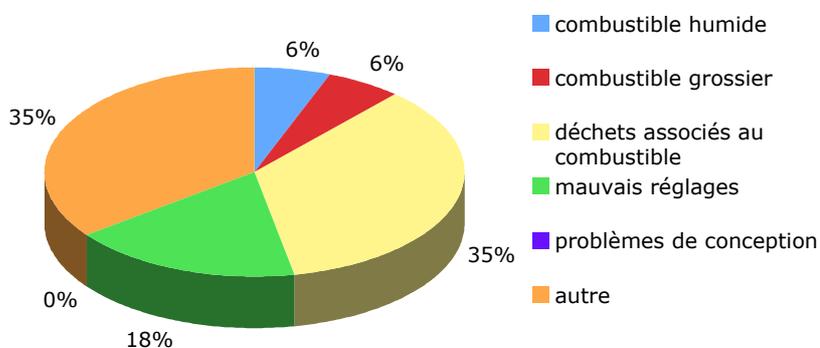
En ce qui concerne le bois déchiqueté, le nombre de véritables pannes est plus réduit que les défaillances simples.

**Nombre de pannes / an**



Le temps d'intervention est plus long, mais on observe une bonne réactivité des professionnels afin de remettre en service la chaudière le plus rapidement possible. Les pannes arrivent au moment où les chaudières sont le plus sollicitées, soit lors des grandes périodes de froid (décembre, janvier, février).

**Nature des pannes**

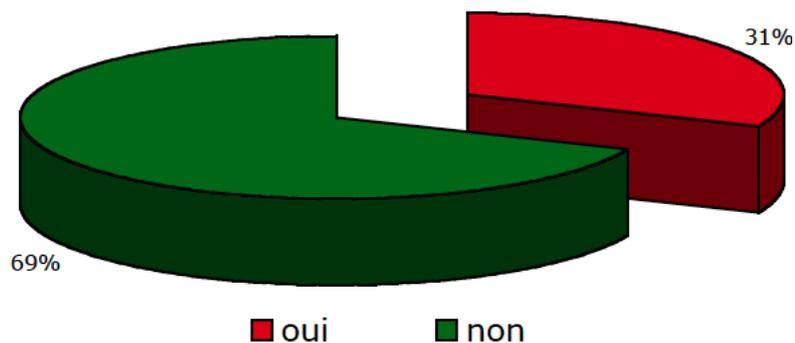


On observe que les pannes ne sont pas seulement dues à la qualité du combustible. On remarque que les combustibles grossiers ou humides influent peu sur les pannes mais que les déchets associés y contribuent fortement (pièces métalliques généralement).

On constate 53 % des pannes sont liés aux périphériques de la chaudière (circulateurs ; régulateurs ; vis d'amenée du combustible ; vis de décendrage ; sonde) ou au réglage.

### 3. Problèmes de conception

Nous l'avons vu tout au long de ce rapport, les problèmes de conception entraînent des contraintes de fonctionnement tout au long de la durée de vie de la chaudière (estimée 20 ans).



Toutes les chaudières ayant un problèmes de conception entraînent une conduite de chaufferie plus importante et demande beaucoup plus d'attention.

Les causes sont multiples :

- la volonté de limiter l'investissement au détriment de l'installation. Cela risque de persister car les projets bois sont plus coûteux que les chaufferies conventionnelles et que les collectivités ont de plus en plus de difficulté de financement ;
- Retour d'expérience des autres chaufferies non connus ;
- Connaissance partielle du sujet par la maîtrise d'œuvre.

Une journée technique de sensibilisation des maîtres d'œuvre (architecte et bureau d'études), généralement les plus proches de la phase réalisation, peut contribuer à l'amélioration de la conception des chaufferies dans le département.

### **III. Livraison et autonomie**

#### 1. Granulé

Les livraisons de granulé en vrac se font exclusivement par camion souffleur car le calibre régulier et la forte densité énergétique qu'offre le granulé permet plus de souplesse dans le stockage. De fait, ces camions souffleur contiennent au minimum 16 tonnes de granulé (26 tonnes max.) ce qui leur permet d'effectuer plusieurs livraisons avec une seule cargaison. La commande minimum est de 1 à 2 tonnes. Un camion peut effectuer plus de distance et rouler à des vitesses conventionnelles contrairement aux bennes agricoles que l'on trouve fréquemment pour les livraisons en bois déchiqueté.

Sur les Ardennes, on trouve trois professionnels distribuant des granulés par camion souffleur.

Une chaufferie au granulé sera généralement approvisionnée une à deux fois par an.

#### 2. Bois déchiqueté

- Modes de livraison :

Pour le bois déchiqueté, on trouve différentes façons de remplir le silo.

Le tableau ci-dessous liste les différentes sortes de livraisons des chaufferies de moins de 500 kW dans les Ardennes.

Bennage gravitaire : Le combustible est déversé par gravité lors du basculement de la benne. Le silo est enterré. S'il est de plain-pied, il doit y avoir une reprise (godet ou trémie de livraison).

Reprise avec godet : Le silo est rempli, généralement par l'utilisateur, avec le godet d'un tracteur car le silo est de plain-pied. L'utilisateur est obligé d'avoir recours à un tracteur.

Trémie de livraison : Le bois déchiqueté est benné par gravité dans une pré-fosse. Une vis sans fin oblique ou verticale remonte le combustible dans le silo attenant. Le silo est de plain-pied.

Soufflage : Le bois déchiqueté est soufflé dans le silo par un système de vis sans fin et de compresseur. Le soufflage de la plaquette est plus long et bruyant que le soufflage du granulé.

	Répartition (en nombre)		Volume de bois	
			En tonnes	Répartition
Bennage gravitaire	4	21 %	355	34 %
Reprise godet	8	42 %	451	43 %
Trémie de livraison	1	5 %	40	4 %
Soufflage	6	32 %	202	19 %
Total	19		1048 tonnes	

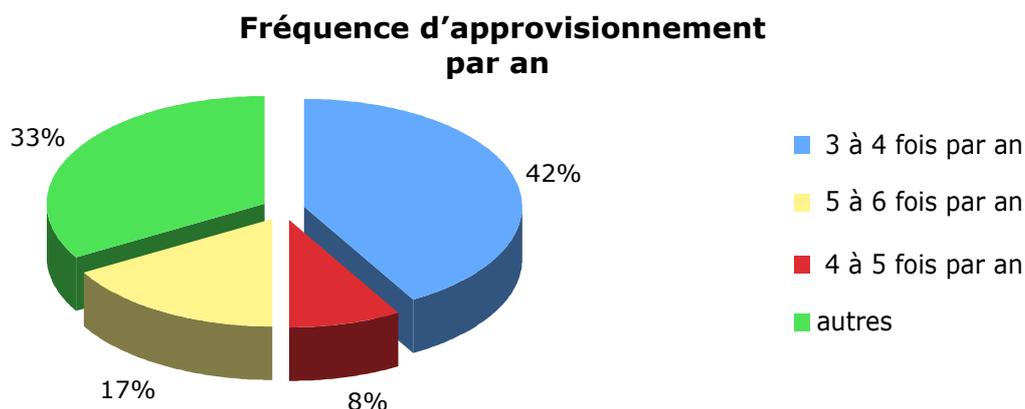
Chacun de ces modes de livraison a un impact financier important et doit être étudié avec attention lors de la conception de la chaufferie. En phase de fonctionnement, certaines solutions permettent une livraison plus rapide. Par contre, seule la livraison par soufflage implique que le fournisseur ait un équipement particulier, ce surcoût d'investissement est bien évidemment répercuté au consommateur.

L'approvisionnement est réalisé à 32 % en régie et le reste par deux fournisseurs différents.

Dans les Ardennes actuellement, la livraison est effectuée à 59 % par tracteur + benne agricole.

- **Fréquence de livraison :**

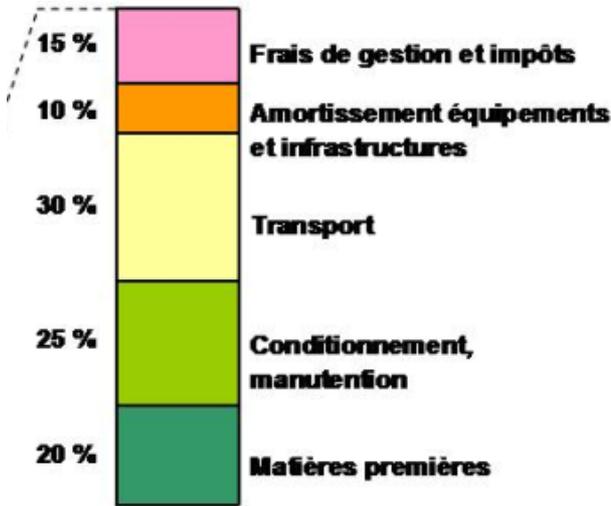
Hormis la seule chaufferie de grosse puissance (350 kW) où il y a 8 livraisons annuelles, la fréquence de livraison des chaudières est inférieure à 6 fois par an. L'autonomie minimale est de 25 jours. Les maîtres d'ouvrage souhaitent en général avoir une autonomie supérieure à un mois. Le délais d'approvisionnement est de 2 à 4 jours en moyenne avec des durées maximales d'une semaine.



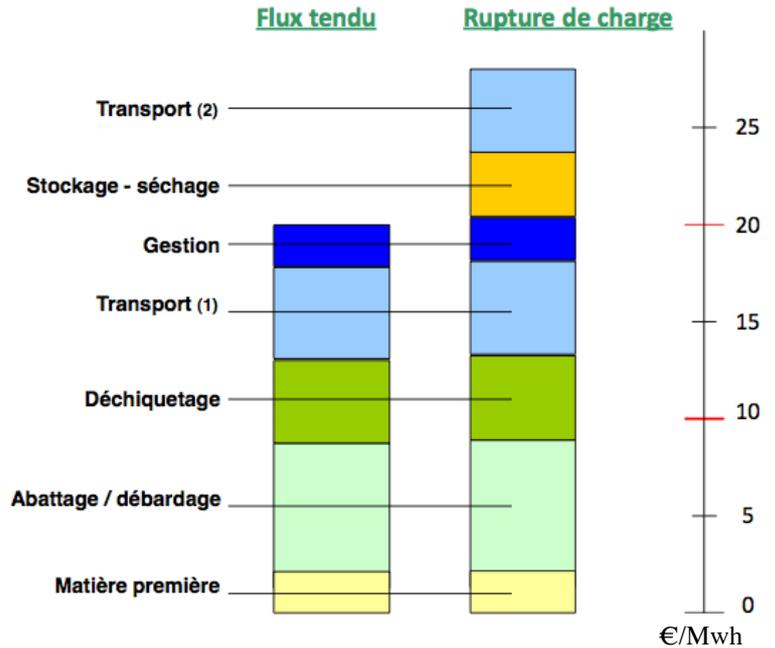
- **Coût du combustible**

Les graphiques ci-dessous mettent en avant la répartition des postes de dépenses pour la fabrication du combustible. Il y apparaît un écart très important entre la livraison en flux tendu (broyage en forêt et livraison en chaufferie – bois humide pour chaufferie P>500 kW) et la livraison avec rupture de charge (séchage sur plateforme pour chaufferie P<500 kW). Cette différence est due au surcoût de stockage et de transport.

**Répartition du coût du combustible :**



(Source CIBE)



(Source ONF Energie)

Le coût du stockage – séchage est difficile à réduire, hormis lors de la conception ou de la réhabilitation du hangar pour diminuer les coûts d’investissements.

Par contre, pour le transport, poste le plus important dans la fabrication de la matière première après l’abattage / débarquement pour un combustible sec et calibré (P<500kW), il y a des pistes d’améliorations. Le poste transport (2) lié à la livraison est dû en grosse partie à la main d’œuvre et à l’amortissement du véhicule ainsi qu’à l’achat de carburant. L’achat de carburant représenterait environ 15 % de la part transport.

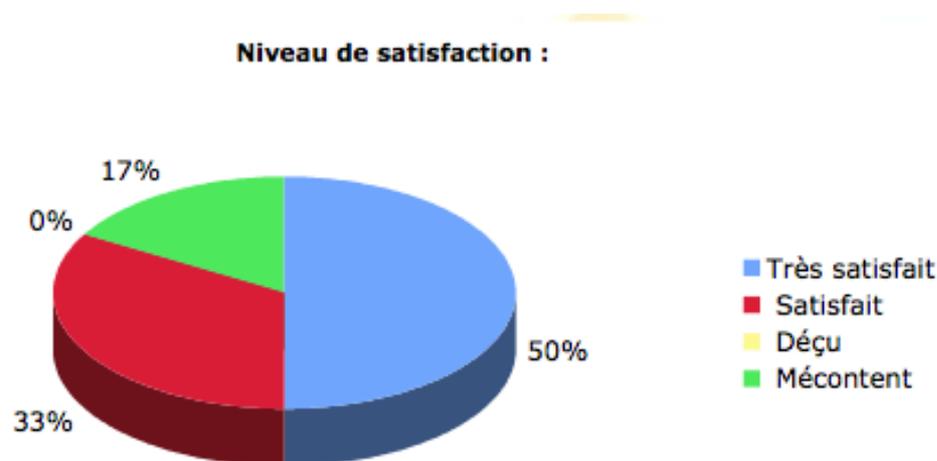
La majorité des livraisons dans le département se fait par tracteur plus benne agricole, dont la vitesse maximale est de 40 km/h ; et la distance moyenne parcourue est d’environ 70 km Aller-Retour en prenant en compte ceux qui s’approvisionnent par leur propre moyen.

Deux axes sont donc à travailler : augmenter la vitesse des véhicules de livraison et réduire la distance (maillage de plateforme).

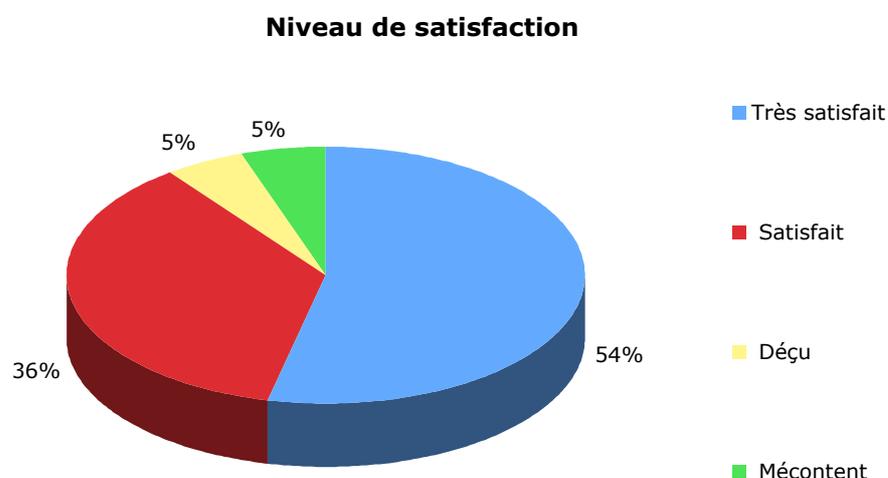
## **IV. Satisfaction des maîtres d'ouvrage**

### 1. Granulé

Ici encore, les résultats sont à tempérer en ce qui concerne les utilisateurs de chaufferies à granulé vu le peu de chaudières enquêtées, mais globalement les utilisateurs sont satisfaits.



### 2. Bois déchiqueté



Les utilisateurs sont satisfaits de leurs installations malgré les problèmes que l'ont pu citer tout au long du rapport. Cependant, il y a des volontés d'améliorations concernant la qualité de l'approvisionnement, la conception des chaufferies (du silo de stockage notamment) et la conduite de chaufferie.

Il est à noter que la qualité de la plaquette n'est pas le reflet du type de producteur (professionnel, collectivité...). D'autres facteurs influent fortement sur la qualité : type de bois broyé (diamètre, présence de feuille et de terre...), type de stockage (bâche, hangar bétonné)...

Concernant la chaudière en elle-même, les utilisateurs en sont très satisfaits.

## **Conclusion**

Les **chaudières au granulé** présentent **peu de soucis** (sauf le cas particulier mentionné dans le rapport).

Les **chaudières à bois déchiqueté** sont **bien perçues** par les utilisateurs malgré les différents problèmes que l'on a pu relever. En effet tous les inconvénients pointés sont solvables.

Cette enquête a permis d'analyser les points d'insatisfaction et les pistes de résolution :

❖ Sur la **qualité du combustible**, plusieurs points apparaissent :

- Les corps étrangers mêlés au bois déchiqueté génèrent des pannes importantes.

- L'humidité et la granulométrie sont les éléments qui engendrent le plus de défauts.

Ces défauts et pannes sont en grande partie à l'origine du temps passé en chaufferie.

⇒ Suite à ces constats, l'ALE 08 a mis à disposition une méthodologie pour mesurer le taux d'humidité avec un micro-onde (méthode la plus répandue en France) et des contrats d'approvisionnement type qui permettent de prévenir ces problèmes. Une veille permanente doit être effectuée à ce niveau-là.

❖ Une chaudière à bois déchiqueté demande **davantage d'exploitation** qu'une chaufferie conventionnelle (ou granulé) et cela doit être annoncé dès le départ au maître d'ouvrage. Le temps passé pour la conduite de la chaufferie doit être comptabilisé dans l'étude et par le propriétaire de la chaufferie lorsqu'il facture la chaleur à ses usagers. Une formation peut être utile à la personne qui s'occupe directement de la chaufferie pour être efficace dans cette tâche.

⇒ L'ALE 08 proposera en 2013 une formation sur la conduite de chaufferie aux propriétaires de chaufferie actuels et futurs.

❖ Une **mauvaise conception** du silo engendre un rallongement du temps de conduite et des contre références. Celle-ci est due au manque d'expérience des acteurs ardennais (peu de réalisation au total) et au coût élevé des silos qui conduisent à réduire ce poste au détriment de la phase d'exploitation.

⇒ Les guides de recommandation "Les chaufferies automatiques au bois déchiqueté" de la FRCOFOR PACA édité janvier 2013 et « Règles de construction d'un silo à granulés de bois » de Propellet France seront transmis en 2013 aux architectes des Ardennes. Ces fiches récapitulent les points essentiels à respecter pour l'installation de chaufferies automatiques.

❖ Peu de chaufferies ont **contractualisé la maintenance** de leur installation. Ce contrat leur permet d'être sûr de réaliser cet entretien annuel (obligatoire). Il semblerait que cet entretien ne soit pas toujours effectué, ce qui est très dommageable pour le bon fonctionnement de base de la chaudière.  
⇒ L'ALE 08 a envoyé un courrier explicatif et de motivation à chaque propriétaire de chaufferie.

❖ La **livraison** est un poste important du coût du combustible. 20 % du bois déchiqueté est livré par un système de soufflerie, détenu par un seul approvisionneur. Ces chaufferies sont dépendantes de ce mode de livraison. Un maillage de plateforme et des moyens logistiques (véhicules adaptées, partenariat) permettront de stabiliser ce poste.  
⇒ Voir la cartographie de l'approvisionnement réalisée par l'ALE 08 en annexe.

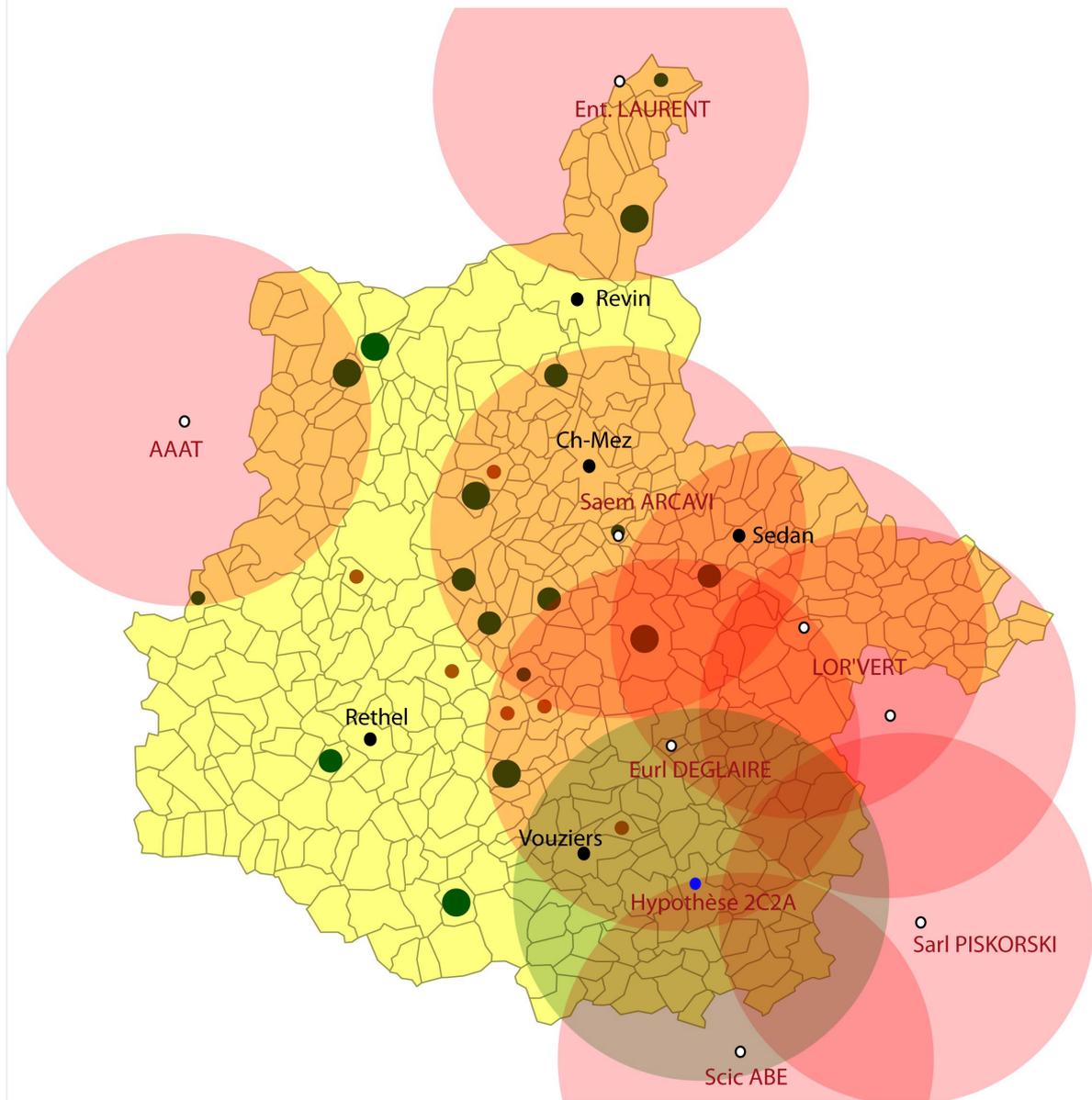
L'enquête souligne que la facilité d'approvisionnement en bois déchiqueté et sa qualité jouent un rôle important dans le développement du bois énergie car une offre de qualité conforte l'utilisateur qui a opté pour cette énergie mais surtout **sécurise et incite** le consommateur potentiel qui souhaite s'orienter vers ce combustible.

Cette enquête permet enfin de pouvoir mettre des chiffres sur des éléments de discussion fréquents, pour informer au mieux les futurs maîtres d'ouvrage, en dehors de toute rumeur et en transparence. A cet égard, un remerciement doit être adressé aux utilisateurs actuels qui ont accepté de répondre, afin de contribuer à une meilleure information des futurs utilisateurs. La filière bois énergie de proximité est un atout dans notre département, sachons la développer au mieux.

# Annexe

## Le bois énergie dans le département des Ardennes

### Chaufferies bois énergie et aires d'approvisionnement



Chaufferies (Consommation annuelle en MAP)

- 150 <
- 150 < (par soufflage)
- 150 < C < 300
- < 300

Les aires d'approvisionnement en rouge sont centrées autour des plateformes existantes ou potentiellement utilisables.

Leur rayon est de 20 km en ligne droite.

Données : ALE 08, IGN GEOFLA

0 20 km  
Echelle : 1:600000

Réalisation : Benoit CABY  
ALE 08 - Année 2013