

QUELQUES RÉFLEXIONS SUR L'UTILISATION DE LA PAILLE COMME COMBUSTIBLE À LA FERME

par

J. CARRE , R. CAUSSIN , C. DEBOUCHE et A. PLETINCKX

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	R 2
1. DONNEES GENERALES	R 2
1.1. Pouvoir calorifique	R 2
1.2. Caractéristiques particulières de la paille	R 3
2. DIFFERENCES FONDAMENTALES ENTRE LES CHAUDIERES A FUEL ET A PAILLE	R 3
2.1. Capacité calorifique	R 3
2.2. Rendement et combustion	R 4
3. POINTS IMPORTANTS D'UNE INSTALLATION	R 4
3.1. Locaux	R 4
3.2. Choix de la chaudière	R 4
3.3. Cheminée	R 5
3.4. Décendrage	R 5
3.5. Alimentation	R 6
3.6. Régulation	R 7
4. QUELQUES SCHEMAS D'INSTALLATIONS	R 7
4.1. Installation minimum	R 7
4.2. Installation avec accumulateur	R 8
4.3. Installation utilisant une chaudière préexistante	R 9
4.4. Installation complète	R 9
4.5. Installation à grosses balles	R 10
5. RENSEIGNEMENTS GENERAUX	R 10
5.1. Liste des importateurs	R 10
5.2. Aide du Ministère de l'Agriculture	R 11
5.3. Informations complémentaires	R 11
6. CONCLUSIONS	R 11

AVANT-PROPOS

L'évolution de la situation au point de vue énergétique a ouvert à la paille un nouveau débouché : celui de combustible. Bien que cette utilisation soit courante dans certains pays, tel que le Danemark, l'Angleterre ou la France, la Belgique commence seulement à s'équiper à ce point de vue. Il est apparu intéressant à une équipe de chercheurs de Gembloux de faire, sinon un bilan, tout au moins un relevé des principaux points soulevés par l'emploi de ce type de chauffage.

Une première note diffusée dans ce Livre Blanc 1982 indique les principales possibilités pratiques ainsi que l'axe des recherches envisagées à Gembloux.

Cette mise au point résulte d'un ensemble de contacts avec les importateurs de matériel et d'utilisateurs (hiver 1981-1982). L'objectif est d'apporter à l'agriculteur désirant bénéficier de ce type de chauffage, un ensemble d'informations pratiques en attirant l'attention sur les points importants et les possibilités offertes par ce système.

1. DONNEES GENERALES

1.1. Pouvoir calorifique

Tous les combustibles contiennent une certaine quantité d'énergie que l'on exprime généralement en Kilo Calorie (Kcal) par kilo de matière : c'est le pouvoir calorifique.

On admet généralement qu'un kilo de fuel équivaut à 10.000 Kcal, tandis qu'un kilo de matière ligneuse sèche, quelle que soit sa nature, équivaut à environ 4.500 Kcal. Un litre de fuel pèse environ 860 gr et a un pouvoir calorifique de 8.620 Kcal.

L'équivalence calorifique des matières ligneuses, par rapport aux combustibles classiques s'établit théoriquement comme suit :

1 kilo de matière ligneuse	=	4.500 Kcal	
1 kilo fuel	=	10.025 Kcal	= 2,2 kilo
1 litre fuel	=	8.620 Kcal	= 1,9 kilo de bois ou de paille
1 kilo charbon	=	7.500 Kcal	= 1,7 kilo secs (anhydres)
1 m ³ de gaz naturel	=	8.600 Kcal	= 1,9 kilo

Il est intéressant de constater que toutes les matières ligneuses ont à peu près le même pouvoir calorifique théorique, c'est-à-dire qu'elles sont capables de fournir la même quantité de chaleur par kilo de matière sèche.

Cependant, en pratique, le rendement de la combustion est beaucoup plus variable que dans le cas du fuel. En effet l'humidité, la granulométrie et la densité des matières influencent fortement la vitesse de combustion. D'autre part, il est très difficile de régler parfaitement la combustion en raison de l'hétérogénéité de la matière. Ajoutons la diversité des appareillages plus ou moins adaptés au combustible et l'on comprendra que le rendement de la combustion (c'est-à-dire

la quantité de calories extraites du combustible et réellement utilisées) est extrêmement variable.

Il est donc difficile de donner l'équivalence pratique d'une matière ligneuse par rapport au fuel.

Pour fixer les idées et à titre d'exemple, si on admet un rendement de 80 % pour le fuel et de 50 % pour la paille, l'équivalence s'établit de la manière suivante :

	Pouvoir calorifique (Kcal)	Rend.	Calories utiles	Equivalence
Fuel	+ 8.620/litre	80 %	+ 6.900	1 litre fuel = 3 kilo paille
Paille	+ 4.500/kilo	50 %	+ 2.250	

1.2. Caractéristiques particulières de la paille

On admet généralement qu'un hectare de céréales produit environ 4.000 Kg de paille anhydre, soit l'équivalent théorique de 2.100 litres de fuel. Pour des rendements admis au paragraphe précédent, un hectare de paille représente pratiquement 1.300 litres de fuel.

Bien qu'elle soit d'une valeur calorifique théoriquement équivalente au bois, la paille se caractérise en pratique par :

- une teneur en cendres plus élevée (4 % au lieu de 1 %),
- une humidité généralement plus faible (15 % au lieu de 25 % pour du bois sec à l'air),
- une densité apparente plus faible; ceci signifie qu'un décimètre cube de paille contient beaucoup moins d'énergie qu'un volume équivalent de bois (4 à 8 fois moins),
- un conditionnement particulier. Suivant les techniques de récolte, la paille peut se présenter en ballots de faible poids (10 à 20 kg) ou en grosses balles parallépipédiques ou rondes, nécessitant un tracteur pour leur manipulation,

Tous ces paramètres justifient des appareillages de combustion spécifiques.

2. DIFFERENCES FONDAMENTALES ENTRE LES CHAUDIERES A FUEL ET A PAILLE

Pour aborder l'analyse des chaudières à paille avec un esprit adéquat, il est nécessaire de bien être conscient des différences fondamentales qui existent entre les chaudières à paille et à fuel.

2.1. Capacité calorifique

On exprime généralement la puissance des chaudières par la quantité de chaleur qu'elles sont capables de fournir dans un temps déterminé. Par exemple: 40.000 Kilo calories par heure.

Dans le cas du fuel, le brûleur débite une quantité précise de fuel qui, associée à une quantité précise d'air, détermine des conditions de combustion optimum pour assurer un rendement maximum.

La puissance calorifique de la chaudière est donc fixée une fois pour toute par son équipement.

Dans le cas de la paille, la situation est totalement différente. En effet, c'est le volume du foyer qui détermine la quantité de paille qu'il est possible d'introduire dans la chaudière.

La puissance calorifique varie suivant la vitesse de combustion qui dépend de la quantité d'air admise, de la fréquence du chargement et de la compression de la matière.

2.2. Rendement et combustion

Pour le fuel, le rendement de la combustion est strictement lié à la précision du réglage air-combustible.

En ce qui concerne la paille le rendement est lié à la température du foyer qui dépend de plusieurs paramètres, notamment la quantité d'air admise.

Contrairement au fuel, la combustion n'est jamais arrêtée mais seulement ralentie. L'admission d'air est modulée suivant les besoins en chaleur, ce qui fait varier constamment la température du foyer et par voie de conséquence, le rendement.

3. POINTS IMPORTANTS D'UNE INSTALLATION

Pour éviter des mécomptes, il est indispensable avant d'acquérir un équipement pour le chauffage à la paille, de prendre en considération un ensemble de facteurs dépendants ou non de la chaudière.

3.1. Locaux

La chaudière doit être installée dans un local suffisamment vaste pour permettre la manipulation facile des ballots et l'accès d'un tracteur s'il s'agit de balles de grand volume. Ce local doit se situer à proximité de la réserve de ballots pour réduire la manutention, mais il doit en être séparé pour éviter les risques d'incendie. De plus, il doit être pourvu d'entrées d'air suffisantes pour assurer la combustion.

3.2. Choix de la chaudière

3.2.1. Exigences générales

La chaudière doit être, en premier lieu, adaptée aux besoins calorifiques et au type de balles (voir chapitre suivant). Elle doit en outre présenter les caractéristiques particulières suivantes :

- être construite en acier résistant à l'action corrosive des acides produits par la combustion. Cette résistance à la corrosion dépendrait notamment de la composition de l'acier qu'il convient de faire préciser par le constructeur,
- l'épaisseur des tôles doit être suffisante (5 mm) pour garantir une longévité acceptable,
- l'ouverture de la porte doit être aussi large que possible pour faciliter l'alimentation. Il faut aussi veiller à ce que le mécanisme d'ouverture soit très robuste pour assurer une fermeture parfaite,

- l'isolation de la chaudière doit être suffisante pour éviter une déperdition excessive de calories.

3.2.2. Polyvalence

Toutes les chaudières acceptent sans problème d'autres combustibles que la paille (carton, bois, papier,...) mais il faut éviter :

- d'introduire une grande quantité de combustible riche en calories. Par exemple remplir entièrement la chaudière de bois peut provoquer une dangereuse surchauffe. Par contre, la chaudière peut être utilisée pour brûler de vieux poteaux, tuteurs, déchets de planches, etc... mais par petites quantités;
- de brûler des matières qui dégagent des gaz corrosifs lors de la combustion (sacs en plastique,...).

3.3. Cheminée

La cheminée est le point névralgique de toute installation. En effet, à elle seule elle peut décider de bon ou du mauvais fonctionnement de la chaudière.

La cheminée doit répondre de manière impérative aux exigences suivantes :

- un excellent tirage, de l'ordre de 4 mm de dépression d'eau,
- une section suffisante. La combustion des matières ligneuses dégage un volume important de gaz qu'il faut évacuer. Une section de 30 x 30 cm semble être une norme satisfaisante,
- une bonne isolation pour éviter la condensation des goudrons contenus dans les fumées. Il faut donc éviter qu'elles se refroidissent de manière excessive. La quantité de goudrons est d'autant plus grande que la combustion se fait à basse température, c'est-à-dire quand la chaudière fonctionne en veilleuse. Il existe actuellement des boisseaux à double parois, donc bien isolés, à surface lisse, parfaitement résistants à la corrosion. Ce genre de matériau est recommandé si l'on doit construire une nouvelle cheminée.

Au cas où la cheminée offre un tirage insuffisant, il est possible d'y remédier en plaçant un ventilateur asservi à l'aquastat. Chaque fois que la chaudière doit fournir de la chaleur, le ventilateur aspire les gaz, les refoule dans la cheminée et active la combustion. Cette solution n'est pas idéale car elle implique un investissement supplémentaire et peut provoquer un refoulement à l'arrêt du ventilateur.

3.4. Décendrage

Le décendrage pose un problème non négligeable. En effet, dans les chaudières domestiques il ne peut être automatique en raison des lourds investissements que cela suppose. En général, les cendres sont retirées de la chaudière lorsque celle-ci est éteinte ou presque. La manipulation des cendres provoque en général une réanimation de la combustion des particules incomplètement brûlées ainsi que leur dispersion (danger d'incendie!).

Il existe certains systèmes "maison" ayant recours à l'usage d'un aspirateur. Celui-ci est branché à un fût hermétique (réceptacle des cendres), équipé d'un flexible utilisé pour le nettoyage de la chaudière (voir schéma 1).

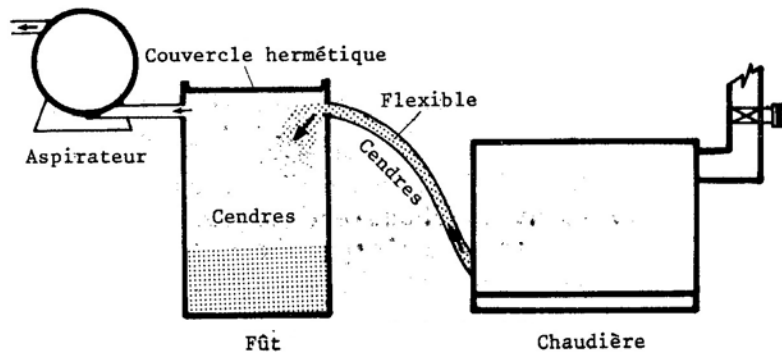


Schéma 1 - Décendrage par aspirateur

3.5. Alimentation

L'alimentation de la chaudière est un problème important puisqu'il suppose une présence dont la fréquence est liée aux besoins en calories de l'utilisateur et au volume de la chaudière. On peut distinguer trois types d'alimentation.

3.5.1. Manuelle

Ce genre d'alimentation concerne les chaudières à ballots (jusque 20 kg). Plus le foyer est grand et plus la fréquence de chargement est réduite. Pour des besoins normaux, on admet 3 à 4 chargements par jour. Le dernier chargement du soir est souvent insuffisant pour conserver un foyer allumé jusqu'au lendemain matin mais la température de l'eau du circuit est souvent encore acceptable. L'adjonction de bois permet de prolonger l'activité de la chaudière. Une plus grande autonomie peut être acquise en plaçant un accumulateur d'eau chaude (voir chapitre 4). Certaines chaudières peuvent être équipées de magasins qui diminuent la fréquence de chargement.

3.5.2. Mécanique

L'utilisation de grosses balles exige une manipulation au tracteur. Dans ce cas un chargement matin et soir suffit. Toutefois, ce genre de chaudière n'est utilisé que pour couvrir d'importants besoins en calories.

3.5.3. Automatique

L'alimentation automatique exige des investissements démesurés pour obtenir un système fiable, avec une protection valable contre l'incendie. De plus, les alimentations automatiques, en raison même de leur complication, augmentent sensiblement le coût de l'entretien et les risques de pannes. En fait, ce système ne se justifie que pour de très grosses installations (centrale thermique, etc...).

3.6. Régulation

La régulation des chaudières à paille se fait par un système simple, pratique et suffisamment précis. La température d'eau souhaitée est obtenue en jouant sur le tirage ou l'admission d'air.

S'il y a une chaudière à fuel ou à gaz préexistante, elle peut être utilisée en y faisant transiter l'eau; ce qui permet de bénéficier de la régulation et des vannes mélangeuses de l'ancienne installation (voir chapitre 4).

Eu égard aux grandes variations de température de l'eau, l'installation doit être équipée de soupapes de sécurité fiables qui protègent la chaudière contre toute surchauffe.

4. QUELQUES SCHEMAS D'INSTALLATION

4.1. Installation minimum

L'installation de chauffage à paille la plus simple consiste en une chaudière à petits ballots branchée directement sur les circuits de radiateurs et éventuellement sur un chauffe-eau (Schéma 2)

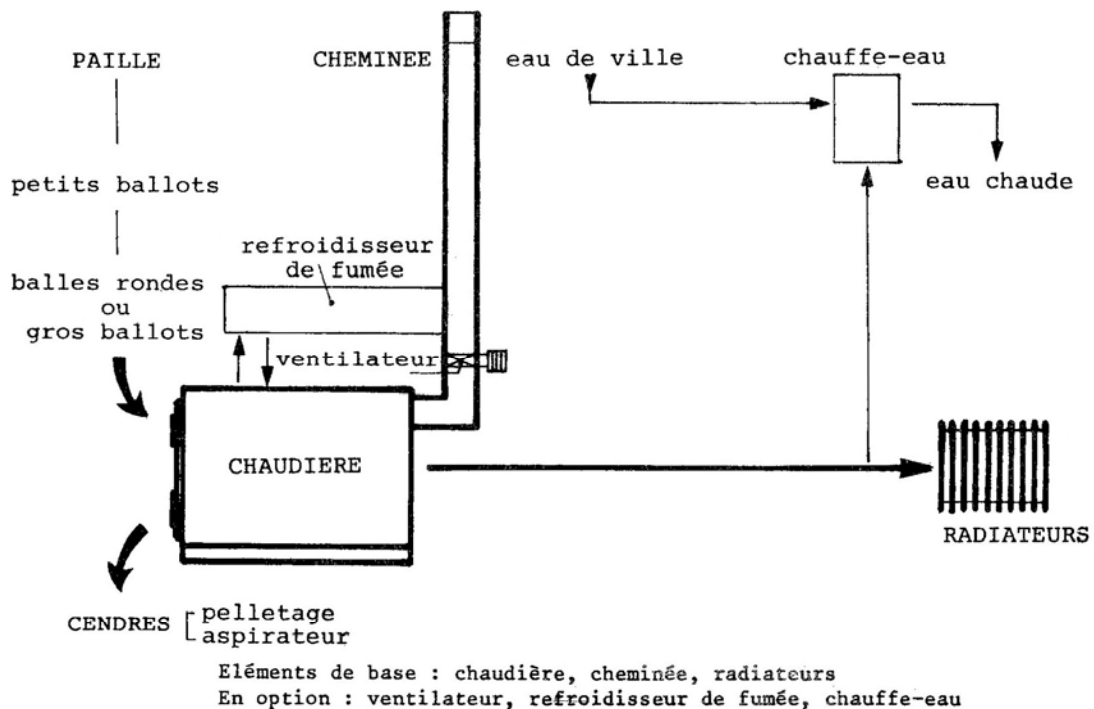


Schéma 2 - Installation minimum.

La chaudière peut contenir 2 à 4 ballots d'environ 10 à 20 kg. Suivant la température extérieure la fréquence de chargement est de l'ordre de 3 à 5 par jour. En l'absence de chargement pendant la nuit, la température de l'eau risque

d'être insuffisante le matin. On peut remédier à cet inconvénient en complétant le soir le dernier chargement par du bois.

Le prix de la chaudière, non compris les frais de raccordement aux radiateurs est de l'ordre de 100.000 frs TVAC. Une telle installation peut remplacer de 5.000 à 10.000 litres de fuel à partir d'une quantité de paille variant de 15 à 35 tonnes. Il existe évidemment plusieurs types de chaudière plus ou moins perfectionnés (combustion simple ou double, présence d'un refroidisseur de fumée, etc...). De plus, une éventuelle déficience du tirage de la cheminée peut être compensée par le placement d'un ventilateur.

4.2. Installation avec accumulateur

Afin d'augmenter la souplesse de fonctionnement de cette installation notamment en ce qui concerne l'horaire des chargements, il est possible d'ajouter un accumulateur thermique entre la chaudière et l'installation (Schéma 3).

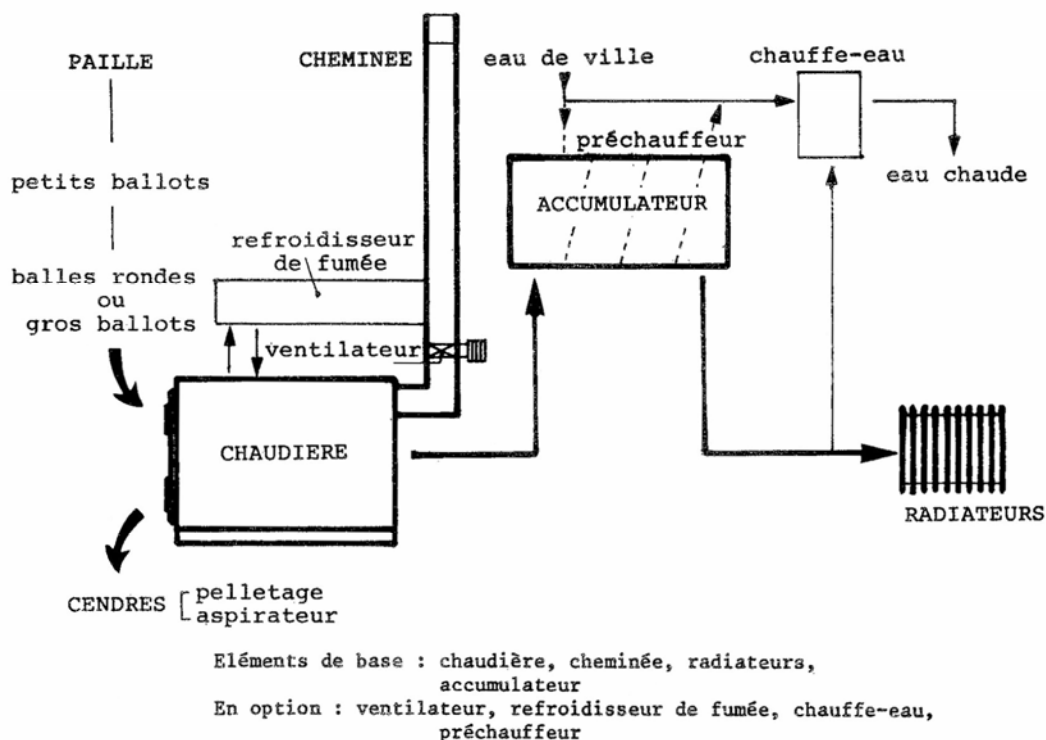
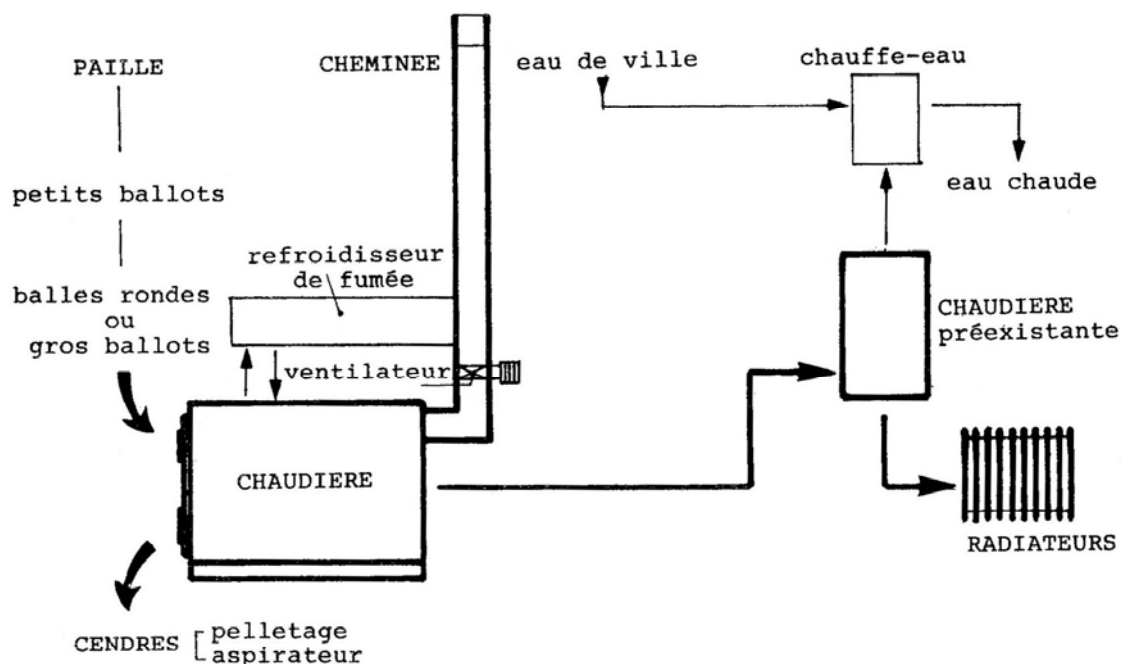


Schéma 3 - Installation avec accumulateur.

Cet accumulateur consiste simplement en un réservoir d'eau d'environ 3.000 l ou plus, très soigneusement isolé (20 à 25 cm de laine de verre par exemple), et permettant l'accumulation des calories pendant la période de chauffe et leur restitution pendant la période où la chaudière est au ralenti ou même éteinte (la nuit par exemple). Cette installation est susceptible d'améliorer également le rendement de la chaudière car elle permet de faire fonctionner cette dernière à plus haute température. Il est également possible d'utiliser l'accumulateur pour le préchauffage de l'eau alimentant le chauffe-eau de l'installation.

4.3. Installation utilisant une chaudière préexistante

Si la chaudière à paille remplace une chaudière à fuel ou au gaz qui est encore en ordre de marche, celle-ci peut être maintenue dans l'installation. Elle sera branchée en série avec la chaudière à paille (Schéma 4).



Eléments de base : chaudière, cheminée, radiateurs,
chaudière préexistante
En option : ventilateur, refroidisseur de fumée, chauffe-eau

Schéma 4 - Installation utilisant une chaudière préexistante.

Cette solution présente l'avantage de pouvoir profiter des instruments de régulation existant sur l'ancienne chaudière. Elle permet également la mise en route automatique de l'ancienne chaudière en cas de nécessité. Cette situation critique peut survenir lors d'une défaillance de la chaudière à paille ou d'une alimentation insuffisante.

4.4. Installation complète

L'installation la plus complète consiste à utiliser à la fois la chaudière préexistante, équipée de l'ensemble de ses instruments de contrôle, associée au système d'accumulation (Schéma 5).

Dans ce cas, on peut :

- alimenter à une fréquence, adaptée aux disponibilités de l'utilisateur,
- bénéficier d'une combustion optimale,
- tendre vers un rendement maximum.

Dans ces conditions, il est également avantageux de pouvoir "court-circuiter" l'accumulateur.

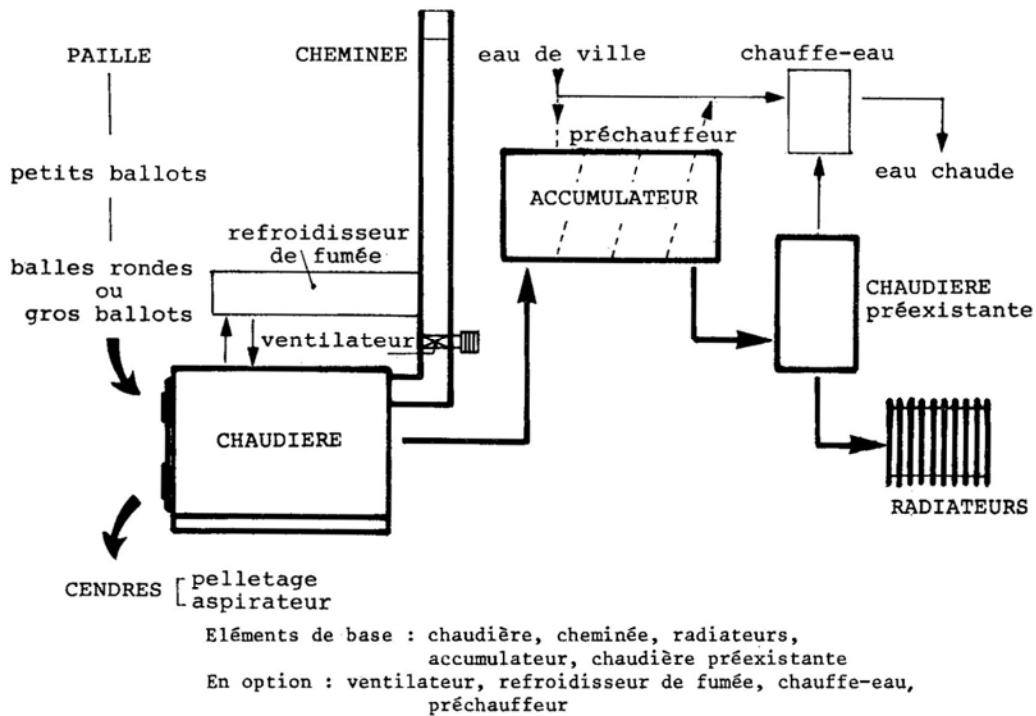


Schéma 5 - Installation complète.

4.5. Installation à grosses balles

Il existe également des chaudières plus importantes capables de recevoir une grosse balle. Les variantes énoncées ci-dessus restent d'application à ce type de chaudière. Leur capacité calorifique est évidemment supérieure et donc la fréquence de chargement moins élevée (une à deux fois par jour au maximum). Le chargement nécessite l'utilisation d'un tracteur qui doit pouvoir accéder au local contenant la chaudière. L'alimentation de la chaudière peut être facilitée par l'usage d'un chariot spécial d'approche. L'installation d'une telle chaudière ne se justifie que si les besoins en calories sont suffisamment élevés (consommation d'au moins 10.000 l de fuel par an). Le prix de ce type de chaudière est sensiblement plus élevé que celles décrites précédemment (le double au minimum).

5. RENSEIGNEMENTS GENERAUX

5.1. Liste des importateurs

Notre démarche ayant été de répondre aux informations publicitaires de la presse agricole belge, nous avons dressé la liste des importateurs qui ont accepté de nous fournir à la fois :

- les informations techniques détaillées,
- les références de chaudières installées.

Cette liste est non limitative.

Les personnes intéressées peuvent obtenir les mêmes informations en s'adressant aux sociétés ci-après :

1. SABVA, 3, Avenue des Sorbiers, 5170 PROFONDEVILLE - Tél. 081/411835 (30 réf.).
2. AGROENERGIE, 15, Rue Dieffière, 7535 MAULDE - Tél. 069/546657 (8 réf.).

5.2. Aide du Ministère de l'Agriculture

L'Arrêté Royal du 30/07/1981 paru au Moniteur Belge du 04/09/1981 fait état de mesures d'encouragement d'économie de combustibles en agriculture. Il apparaît qu'un agriculteur souhaitant remplacer une chaudière à fuel par une chaudière à paille peut bénéficier d'une intervention de 25 % du coût de l'investissement pour autant que la dépense atteigne au moins 40.000 frs. En aucun cas, la subvention ne peut dépasser 25.000 frs.

Il est stipulé en outre que la chaudière doit servir pour l'essentiel au chauffage des bâtiments d'élevage.

Pour toute information complémentaire, les agriculteurs peuvent s'informer auprès des services compétents de l'administration des structures agricoles.

Adresse des fonctionnaires compétents (Conseillers de Génie Rural) :

-Administration Centrale : DACKWEILER P. - Tél. 02/5138411
 Anvers : REYNS L. - Tél. 031/384559 Liège : PIRON F. - Tél. 041/530001
 Brabant : VAEREWYCK J. - Tél. 02/5123910 Limbourg : MOENS de HASE P.
 Fl. Occ. : DE PAEPE J. - Tél. 050/330370 - Tél. 011/222047
 Fl. Or. : BAELE H. - Tél. 091/231654 Luxemb. : GALLOY A. - Tél. 061/277911
 Hainaut : COULON P. - Tél. 065/331116 Namur : CAVALIER H. - Tél. 081/304071

5.3. Informations complémentaires

Les personnes désireuses d'obtenir des informations complémentaires ou de discuter de leurs problèmes particuliers peuvent s'adresser à

*Centre de Recherches Agronomiques
 Station de Génie Rural (Dir. V. DUFÉY)
 Chaussée de Namur,
 5800 GEMBLoux*

M. A. PLETINCKX - Tél. 081/612501

6. CONCLUSIONS

L'évolution actuelle des prix des combustibles traditionnels confère à la paille un intérêt tout particulier.

Mais pour l'exploitant agricole, soucieux de l'amélioration des conditions de chauffage de son habitation ou de ses bâtiments à vocation professionnelle, le prix du fuel ne doit pas être le seul élément de décision.

Celle-ci doit en effet être assortie d'une réflexion plus large. Citons quelques points qui doivent être pris en considération : les dimensions de l'exploitation, le type de spéculation (cultures traditionnelles, élevage,...) et les besoins permanents en paille qui en découlent (litière, alimentation, fumures des

sols,...), la nature des bâtiments disponibles pour le montage de l'installation et le stockage de la paille, la structure de la cellule familiale qui inspire l'organisation du travail...

La décision ayant été prise, l'utilisateur est confronté avec un problème de choix du type d'installation et du matériel.

A ce niveau, son intérêt lui dicte d'opérer une enquête. Diverses démarches s'imposent.

Tout d'abord auprès des services spécialisés en vue de connaître les prescriptions légales en la matière: réglementation, assurances incendies, normes de sécurité, subvention éventuelle.

Ensuite auprès des constructeurs et importateurs de chaudières. Par leur biais, l'agriculteur pourra disposer de références. Une visite chez quelques collègues déjà équipés paraît obligatoire. Il disposera de la sorte de renseignements objectifs lui permettant de confirmer ou d'infirmer les conclusions de l'enquête que nous proposons ici. Celles-ci peuvent se résumer comme suit :

- l'expérience belge est très récente mais a bénéficié de l'acquis des développements enregistrés dans d'autres pays tels que le Danemark et l'Angleterre. La plupart des utilisateurs de notre pays sont satisfaits de ce type de chauffage. Les problèmes les plus marquants rencontrés découlent essentiellement du mauvais fonctionnement de la cheminée par suite d'un manque d'isolation ou d'un tirage défectueux;
- la servitude du chargement de la chaudière n'affecte pas outre mesure les utilisateurs qui sont le plus souvent présents à la ferme durant la période hivernale et notamment lors des périodes de neige et de grands froids;
- les investissements nécessaires ne dépassent pas un niveau acceptable et sont en général récupérés en moins de 2 ans;
- enfin les utilisateurs sont particulièrement sensibles au confort que leur procure le chauffage à la paille. Il leur permet en effet de se libérer de l'obsédant souci d'éviter les déperditions de chaleur que leur impose le prix du fuel et d'accéder pour un moindre prix à une température plus douillette dans leur habitation.

Pour conclure, nous invitons les agriculteurs à avoir recours aux conseils des organismes professionnels ou de l'Etat, qui ont pour mission de les aider dans leurs diverses démarches.

C'est dans cet esprit que nous avons rédigé cette note et que nous comptons poursuivre l'étude entreprise.