4.2

LIGUE SUISSE POUR LA PROTECTION DE LA NATURE
(LSPN)

CHAMP-PITTET

CENTRE D' INFORMATION - NATURE

PERSPECTIVES DE CHAUFFAGE DU CHÂTEAU DE CHAMP-PITTET AVEC LA PAILLE DES MARAIS

Ph. Dind

Essertines, juin 1982

R

I. DONNEES THERMIQUES CONCERNANT CHAMPITTET

1. Charge thermique

	Surface [m2]	K [W/m^{2}K]	d -	P [W/K]
Vitrages simples (fenêtres cintrées)	20.2	5.8	1	117.2
Vitrages doubles	138.1	3.1	1	428.1
Murs	672.4	1.2	1	806.9
Toiture	382.1	0.3	1	114.6
Sol	436.5	1.4	½	305.6
Renouvellement d'air: 1 renouv./h, volume 4'520 m^3				1'537.5
			Total:	3'310

(Calculs de ce tableau effectués par J.B. GAY, EPFL, sur la base des plans du château)

Charge thermique journalière: $3{,}31 \frac{kW}{^oC} = 3{,}31 \cdot 24 \frac{KWh}{^oC \cdot jour} = 79{,}5 \frac{kWh}{D\ J}$

2. Puissance maximum de chauffage nécessaire

Hypothèses: $T_{intérieure} = 20^oC$, $T_{extérieure} = -10^oC$ } Puissance utile $= 3{,}31 \frac{kW}{^oC} \cdot 30^oC = 100$ kW

Rendement de chaudière 80% ⇒ Puissance de la chaudière: $\frac{100}{0{,}8} = 125$

Suivant le type de chaudière (rendement inférieur ou légèrement supérieur à 80% à plein régime), on prendra une chaudière dans la gamme des 120 - 140 kW.

Remarque : Une chaudière de 120 - 140 kW, calculée selon les recommandations SIA pour un ΔT max. de 30°C entre l'intérieur et l'extérieur, est surdimensionnée pour le château de Champittet. D'une part, le nombre de jours par an où la température extérieure est inférieure à 0°C est faible; d'autre part, on peut se contenter d'une température intérieure inférieure à 20°C. Cependant, une telle chaudière permettra de couvrir ultérieurement les besoins en chauffage du château et de l'annexe la plus grande partie de l'hiver

3. Energie nécessaire par jour de grand froid

$\Delta T = 30^{o}C \rightarrow$ Chaleur utile: $Q = 79,5 \cdot 30 = 2385 \frac{kWh}{jour} = 8590 \frac{MJ}{jour}$

$\eta \cong 80\% \rightarrow$ Energie - combustible nécessaire: $\frac{8590}{0,8} \cong 10700 \frac{MJ}{jour}$

4. Energie annuelle

Hypothèse: Nombre de degrés-jours annuel à Yverdon pour une température intérieure moyenne de 18°C: 3000 DJ

$\Rightarrow$Energie utile de chauffage annuelle: $79,5 \cdot 3000 = 238000$ kWh $= 858 \cdot 10^3$ MJ

Energie-combustible annuelle nécessaire: $\frac{858 \cdot 10^3}{0,8} \cong \underline{1100 \cdot 10^3 \text{ MJ}}$

Remarque: Le rendement moyen de 0,8 pour la chaudière est probablement trop élevé, mais l'hypothèse simplificatrice d'une température intérieure uniforme de 18°C devrait être également corrigée (certains locaux inoccupés à certaines époques de l'hiver peuvent être maintenus à température inférieure à 18°C). Considérant ces deux simplifications allant en sens contraire, nous pouvons prendre $1000 \cdot 10^3$ MJ comme un bon ordre de grandeur de l'énergie-combustible nécessaire pour le chauffage annuel de Champittet.

Cette énergie correspond à 25-26 tonnes de mazout par année.

II. BESOINS EN PAILLE

1. Pouvoir calorifique

Nous avons fait effectuer la mesure du pouvoir calorifique, par l'EMPA à Dübendorf, d'échantillons des végétaux les plus représentatifs de la composition de la grande cariçaie.

Les valeurs suivantes concernant le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des échantillons à 11% en moyenne de teneur en eau (matière pouvant être considérée comme bien sèche: en agriculture, on considère sec du foin à 14-15% d'humidité):

Marisque	: 15780 kJ/kg	PCI moyen: 15500 kJ/kg
Laîche élevée	: 15595 "	
Choin noirâtre	: 14445 "	
Roseau	: 15845 "	

Le pouvoir calorifique de la "paille des marais" est donc sensiblement le même que celui de la paille de blé et du bois, à teneur en eau identique.

N.B.: La phytomasse séchée au soleil pendant 2-3 jours n'atteindra pas les 11% d'humidité ci-dessous; la teneur en eau sera plutôt comprise entre 15 et 20%. Le post-séchage naturel en grange devrait porter le taux d'humidité vers 13-15%, valeur suffisante pour une bonne combustion. Le PCI serait donc dans la réalité un peu inférieur à 15500 kJ/kg.

2. Paille nécessaire pour le chauffage de Champittet

a) Besoins annuels: $\frac{1100 \cdot 10^3 \text{ MJ}}{15{,}5 \text{ MJ/kg}} \cong 70'000 \text{ kg} = \underline{\underline{70 \text{ tonnes}}}$

A 17 kg/botte de paille (valeur mesurée suite aux essais de bottelage de la paille des marais), les besoins annuels se montent à 4100 bottes de paille, ou à un volume de paille en bottes de 740 m^3 (bottes de 0,4 m x 0,5 m x 0,9 m).

b) Besoins par jour de grand froid ($T_{ext} = -10^oC$): $\frac{10700 \text{ MJ}}{15{,}5 \text{ MJ/kg}} \cong 700 \text{ kg}$, ce qui correspond à 40 bottes par jour, ou un peu moins de deux bottes par heure.

c) Besoins par jour de froid moyen ($T_{ext} = 0^oC$): $\frac{10700 \cdot \frac{18}{30} \text{ MJ}}{15{,}5 \text{ MJ/kg}} \cong 415 \text{ kg}$, ce qui correspond à 24 bottes par jour, ou 1 botte à l'heure.

d) Si l'on se réfère aux estimations à disposition faisant état de 1800 tonnes de matière organique à évacuer annuellement des rives-sud du lac de Neuchâtel dans le cadre d'un plan d'entretien, on constate que:

$\frac{70}{1800}$ = 4% de la quantité totale des végétaux à extraire annuellement devrait être séchée et mise de côté pour un éventuel système de chauffage à paille de Champittet.

En prenant pour hypothèse une productivité moyenne de 7 tonnes de matière organique par hectare, il faudrait utiliser la production de 10 hectares de marais et prairies humides pour le chauffage de Champittet.

III. VARIANTES DE RECOLTE ET CONDITIONNEMENT DE LA PAILLE

Nous pouvons distinguer quatre variantes principales possibles avec les opérations ou systèmes énumérés ci-dessous:

alternative : hiver, temps sec
1. Fauchage - hoyage - chargement
2. Dépôt
3. Bottelage
4. Transport au stock (
suite comme 6.7 etc

Variante A "Paille bottelée"

1. Fauchage
2. Séchage sur place
3. Andainage
4. Ramassage avec autochargeuse à larges roues
5. Bottelage en bout de "champ"
   N.B. L'opération 4 peut être éliminée si le terrain est suffisamment sec → bottelage direct des andains
6. Transport de la paille jusqu'au site de stockage intermédiaire
7. Stockage intermédiaire (hangar à louer ou construire)
8. Transport périodique à Champittet
9. Stockage à Champittet (dans l'annexe à construire)
10. Chargement manuel de la trémie d'alimentation, en moyenne une fois par jour
    . Chaudière à paille alimentée en continu et automatiquement, avec déchiquetage des bottes avant l'introduction de la paille dans la chaudière.

Variante B "Paille hâchée"

1. Fauchage
2. Séchage
3. Andainage
4. Ramassage - hachage avec machine type Taarup
5. Transport de la paille jusqu'au site de stockage intermédiaire (véhicule à benne basculante, ou avec la chargeuse si la distance est faible)
6. Stockage intermédiaire (hangar à louer ou construire)
7. Transport périodique à Champittet (véhicule à benne basculante)
8. Stockage à Champittet (dans l'annexe à construire)
9. Système de chargement automatique (type vis d'Archimède)
   . Chaudière à paille déchiquetée, alimentation continue et automatique.

Variante C "Paille hâchée, séchage artificiel"

1. Fauchage-ramassage-hâchage direct des végétaux sans séchage sur le site (machine type Taarup)
2. Transport jusqu'au site de stockage intermédiaire
3. Séchage artificiel (installation de séchage à air chaud)
4. Stockage de la paille hâchée au site de stockage principal
5. Transport périodique à Champittet
6. Stockage à Champittet
7. Système de chargement automatique
   . Chaudière à paille déchiquetée, alimentation continue et automatique.

Variante D "Paille conditionnée en briquettes ou bouchons"

1. Fauchage
2. Séchage
3. Andainage
4. Bottelage-ramassage

} comme variante A, ou {

1. Fauchage-ramassage-hâchage direct des végétaux (sans séchage sur le site)

5. Transport des bottes sur le site de stockage intermédiaire

2. Transport de la matière "verte" sur le site de stockage intermédiaire

6. Broyage de la paille
7. Pressage →briquettes, bouchons
8. Stockage
9. Transport périodique à Champittet
10. Stockage à Champittet
11. Système de chargement automatique

3. Broyage
4. Séchage
5. Pressage → briquettes, bouchons

etc...

. Chaudière brûlant la paille sous forme de briquettes ou de bouchons, alimentation continue et automatique

QUELQUES ASPECTS COMPARES DES DIFFERENTES VARIANTES

	A "Paille bottelée"	B "Paille hachée"	C "Paille hachée, séchage artificiel"	D "Paille en briquettes ou bouchons"
Conditions météorologiques pour la récolte	3 jours de beau temps nécessaires	Idem A	Temps maussade à beau (mais non pluvieux)	Idem A
Transport jusqu'au lieu de stockage intermédiaire	Par char tracté ou camion ordinaire	Camion à benne basculante (transvasage problématique de la chargeuse à la benne) ou avec la chargeuse si la distance est faible	Idem B	Idem A ou B selon option (bottelage ou transport paille hachée non sèche)
Masse volumique du matériau enlevé sur le site de la récolte	~100 kg/m3	~50 kg/m3	~100(?) kg/m3	~ 100 kg/m3
Nombre de transports jusqu 'au site de stockage intermédiaire (Hypothèses: voir page suivante)	~ 17/an	~34/an	~ 17/an	~ 17/an
Masse volumique de la paille-combustible	~100 kg/m3	~50 kg/m3	~ 50 kg/m3	300-500 kg/m3
Volume net de paille-combustible à consommer annuellement	740 m3 (paille en bottes)	1500 m3 (paille hachée)	1500 m3 (paille hachée)	150-250 m3 (paille en briquettes ou bouchons)
Volume net à stocker à Champittet pour 1 mois (resp. 2 mois) d'autonomie	~130 m3 (260 m3)	~260 m3 (520 m3)	~260 m3 (520 m3)	26-43 m3 (52-86 m3)
Nombre de transports à effectuer chaque mois (resp. chaque 2 mois) du site de stockage intermédiaire à Champittet pendant la saison de chauffage	~3 (6)	~6 (12)	~6 (12)	~2 (4)
Quelques avantages-inconvénients Avantages:	- Système chaudière avec alimentation existe déjà à satisfaction - Investissement modéré	- Système chaudière avec alimentation se prêtant bien à une automatisation complète - Investissement modéré	- Paille peut être récoltée humide - Système chaudière se prêtant bien à une automatisation complète	- Système chaudière alimentation se prêtant bien à une automatisation complète - Faible volume stockage
Inconvénients:	- Automatisation complète non possible: chargement manuel journalier de la trémie d'alimentation (~ ½ heure de travail)	- Système chaudière à paille hachée + système d'alimentation non encore testé (existe avec bois déchiqueté)	- Système chaudière à paille hachée + système d'alimentation non encore testé (existe avec bois déchiqueté) - Investissement élevé (à cause du séchage artificiel)	- Système conditionnement de la paille des marais en briquettes ou bouchons combustibles peu ou pas expérimenté - Investissement élevé (cause: broyage + pressage + év. séchage des briquettes)

Note sur le calcul du nombre de transports (valeurs du tableau)

Selon renseignements pris à l'UCAR, un grand camion avec remorque transporte jusqu'à 550-600 bottes de paille à la fois, ou 8 à 10 tonnes. Un camion ordinaire transporte environ 4 tonnes de paille en bottes, un char tracté environ 2,5 tonnes.

Pour la variante A, nous faisons l'hypothèse d'un transport par camion ordinaire ou tracteur remorquant 2 chars:

→ 4 tonnes de paille bottelée par transport, ou volume utile de 40 m3 environ par transport

Pour la variante B, nous supposons un volume utile identique, ce qui donne, compte tenu de la masse volumique deux fois plus faible, deux fois plus de transports.

Pour la variante C, nous arrivons au même nombre de transports que pour A jusqu'au site de stockage intermédiaire (étant donné l'hypothèse faite pour la masse volumique) et au même nombre que pour B en ce qui concerne les transports de ce site jusqu'à Champittet.

Pour la variante D, entre le site de stockage et Champittet, nous prenons pour hypothèse 6 tonnes de charge utile (camion ou tracteur remorquant 2 chars).

IV. MISE EN DISCUSSION DES VARIANTES PROPOSEES

1. Les variantes C et D sont intéressantes, mais nous pensons qu'elles doivent être écartées pour les raisons suivantes:

   C: L'installation de séchage artificiel serait très coûteuse et dévoreuse d'énergie; un simple hangar de stockage ne suffirait pas, il faudrait l'équiper d'un séchoir.

   Notons cependant que l'énergie nécessaire pour le séchage pourrait être elle-même fournie par de la paille sèche alimentant une chaudière fournissant l'air chaud à un séchoir (cf. "Perspectives agricoles" No spécial paille, juillet 1980, p. 58). Il faudrait brûler entre 12 et 15 tonnes de paille pour sécher les 70 tonnes de combustible nécessaires annuellement.

   D: L'installation de conditionnement en bouchons ou briquettes serait très coûteuse. Investissement supplémentaire, par rapport aux variantes A et B: 100'000 à 150'000 Fr. (peut être davantage!) selon l'estimation de M. Lagnaz de la Maison Schmid SA (voir annexe: liste de fabricants).

   Cette variante pourrait éventuellement être envisagée (moyennant étude complémentaire + essais) si l'installation dépassait le cadre strict des besoins de Champittet. Plusieurs centaines de tonnes de végétaux pourraient être conditionnées en bouchons ou briquettes. Ce combustible, vendu dans la région, permettrait de rentabiliser les investissements. Ce travail de conditionnement de la paille et de vente de combustible pourrait être confié à des tiers (La LSPN peut-elle devenir marchand de combustible?)

2. Les variantes A et B, dans l'ensemble moins coûteuses, appellent les commentaires suivants:

La variante B est technologiquement plus attractive que la variante A puisqu'elle permet une automatisation complète de l'alimentation de la chaudière. Cependant, cet avantage se paie par deux inconvénients:

1) A cause d'une masse volumique environ deux fois plus faible, les volumes de stockage (site de stockage intermédiaire et Champittet) sont deux fois plus grands; de même le nombre de transports est doublé. Ainsi, pour une autonomie de 1 mois, il faut un silo de stockage de paille hachée à Champittet de 260 m3 [10x10x2,6 m ou 6x6x7 m]; le double, soit 520 m3 pour 2 mois d'autonomie [10x10x5,2 m].

2) On manque d'expérience dans le domaine du stockage de la paille sèche hachée. Dans les systèmes existant de chauffage à bois, les plaquettes de bois déchiqueté ont 2-3 cm de longueur. Les brins de paille fournis par une machine type Taarup ont 5-15 cm de longueur. On peut craindre dans ces conditions qu'il ne se forme des "ponts" et des "cavernes" après un début d'extraction par la vis d'Archimède tournante, rendant problématique l'alimentation continue de la chaudière. (Cet aspect devrait être tiré au clair expérimentalement par le constructeur qui proposerait un tel système).

3. Consommation d'énergie lors des transports de paille

Hypothèse: - Hangar de stockage intermédiaire situé à 5 km en moyenne des lieux de récolte et à 8 km de Champittet (région d'Yvonand)
- Transport par camion ou tracteur consommant 40 l de fuel diesel par 100 km.

Variante A:

17 aller-retour du lieu de récolte au site de stockage intermédiaire = 170 km

17 aller-retour (répartis sur l'année) du site de stockage intermédiaire à Champittet = 272 km

Total ~ 450 km $\rightarrow$ ~180 l fuel diesel ($\cong$ 153 kg).

L'énergie consommée pour les transports représenterait $\frac{153}{25000} \cong 0{,}6\%$ du contenu énergétique de la paille transportée, ce qui est tout à fait acceptable.

Variante B:

On obtiendrait ici un pourcentage double du précédent (1,2% du contenu énergétique de la paille consommée dans les transports).

4. Comparaison approximative des coûts

a) Opérations de récolte (prix selon indications données par le Service Romand de Vulgarisation Agricole)

Variante A			Variante B			
Fauchage	Fr.	330.--/ha	Fauchage	Fr.	330.--/ha	330
Séchage	Fr.	192.--/ha	Séchage	Fr.	192.--/ha	
Andainage	Fr.	160.--/ha	Andainage	Fr.	160.--/ha	
Ramassage	Fr.	448.--/ha	Ramassage-hachage (Taarup)	Fr.	450.--/ha	450
Bottelage	Fr.	450.--/ha				
Total:	Fr.	1'585.--/ha	Total	Fr.	1'132.--/ha	780.-

Avec une productivité moyenne de 7 t/ha en matière sèche, nous obtenons le prix de revient de la récolte (amortissement des machines, travail, fuel):

226 Fr/t · 70 t = 15'820 Fr. 162 Fr/t · 70 t = 11'340 Fr.

b) Transport: Selon les informations reçues à l'UCAR, la paille de blé achetée 12 francs/100 kg au producteur de la région est revendue 18 francs/100 kg dans le Simmental (paille d'orge: 9 francs/100 kg, respectivement 15 francs/100 kg). Ces prix, de l'été 1982, font donc ressortir une facturation de 6 fr/100 kg pour le transport. Pour une prise en charge de la paille dans la région et livraison à faible distance dans la même région, il faudrait diviser ce prix par deux approximativement: d'où le prix du transport de 3 francs/100 kg pris en considération pour nos calculs (cas de la paille bottelée).

Pour la paille hachée, nous doublerons ce prix, étant donné que le nombre de transports et le temps de travail sont doublés par rapport à la paille bottelée.

	Variante A	Variante B
Transport de 70 t du lieu de récolte au site de stockage intermédiaire	2'100.--	4'200.--
Transport de 70 t du site de stockage intermédiaire à Champittet	2'100.--	4'200.--
Total:	4'200.--	8'400.--

c) Frais de location pour un hangar de stockage intermédiaire

Selon les chiffres de L'USP que nous a communiqués M. Mouchet du Service Romand de vulgarisation Agricole, nous pouvons dresser le tableau suivant:

	hauteur h≤2,5 m	2,5 m<h≤3,5 m	h>3,5 m
Hangar ouvert sur plusieurs côtés	1-3 Fr/m2	2-4 Fr/m2	3-5 Fr/m2
Hangar ouvert sur un côté seulement	2-5 Fr/m2	3-6 Fr/m2	4-7 Fr/m2
Hangar fermé sur tous les côtés, avec porte cochère	3-6 Fr/m2	4-7 Fr/m2	5-8 Fr/m2

Hypothèse: Hangar ouvert sur un côté seulement, hauteur utile 4 m, prix de location Fr. 5.-/m2.

	Variante A	Variante B
Volume brut nécessaire	1'000 m3	2'000 m3
Surface au sol	250 m2	500 m2
prix annuel de location	1'250.--	2'500.--

d) Investissement pour la chaudière et son système d'alimentation

	Variante A	Variante B
Chaudière 100'000 kcal/h (≈120 kW), avec la trémie de chargement, le tambour de déchiquetage des bottes et le système d'alimentation de la chaudière (selon devis PASSAT)	50'000.--	
Chaudière 100'000 kcal/h (≈120 kW), avec installation de dépoussièrage, dispositif d'extraction du silo et transport jusqu'à la chaudière (selon estimation Schmid SA)		75'000.--

En considérant un amortissement sur 10 ans et un taux d'intérêt de 5% (taux d'annuité de 13%), le coût annuel de la chaudière et de son système d'alimentation (frais fixes) est de:

Variante A	Variante B
6'500.--	9'750.--

N.B. Nous laissons de côté la part du coût de l'annexe à Champittet dévolue à "l'infrastructure de chauffage à paille": emplacement de stockage de bottes de paille (A) ou silo de stockage de paille hachée (B). Le projet de chauffage à paille est intimement lié à la création d'un bâtiment annexe ayant de nombreuses utilités et le partage des coûts entre les différentes parties ou fonctions de ce bâtiment ou fonctions de ce bâtiment est difficile à établir.
Nous estimerons en première approximation que cette part des coûts pour le stockage en bottes ou le stockage en silo à Champittet est équivalente au coût d'investissement pour une (ou plusieurs) citerne(s) permettant le stockage de 20'000 litres de mazout en zone A (nous éludons ainsi ce poste dans la comparaison des variantes A, B et de la solution classique au mazout).

e) Résumé

En additionnant les postes a, b, c et d, nous obtenons les coûts annuels suivants:

à 10.- f/100 kg
70 t → 7'000.-

	Variante A	Variante B
Frais de récolte	15'800.--	11'300.--
Frais de transport	4'200.--	8'400.--
Frais location hangar	1'250.--	2'500.--
Frais d'amortissement système chaudière	6'500.--	9'750.--
Total	27'750.--	31'950.--
Soit environ:	28'000.--	32'000.--

f) Comparons à la solution classique du chauffage au mazout:

Investissement pour une chaudière de 100'000 kcal /h (120 kW): 15'000 francs. [Citerne : voir le N.B. pg 10]

Amortissement sur 10 ans, taux d'intérêt de 5% ⇒ coût annuel de la chaudière: 1'950 francs (frais fixes)

Consommation de 25'000 kg de mazout à 70 francs/100 kg
⇒Frais en combustible: 17'500 francs (frais variables)

Total: 1'950.-- + 17'500.-- = 19'450 francs, soit environ 20'000 francs

Les solutions A (paille bottelée) et B (paille hachée) ont des coûts annuels assez proches, avec cependant un avantage pour la solution A. Toutes deux reviennent environ 50% plus chère que la solution classique au mazout.

Nous devons toutefois nuancer ce jugement. Outre l'aspect écologique de la "solution chauffage à paille" (consommation d'un biocombustible produit sur place, renouvelable), nous pouvons nous poser la question du bien-fondé de la prise en compte des frais de récolte de la paille comme nous l'avons fait.

En effet, dans la mesure où l'entretien de la grande cariçaie est impératif pour la LSPN, la phytomasse coupée doit être évacuée quelque part, verte ou sèche: les frais de récolte existent donc de toute manière. On peut tout au plus imaginer que par souci d'économie, la LSPN se contente de sortir la phytomasse "verte" (hachée et récoltée par une machine type Taarup) en bordure des zones à entretenir, pour la laisser prendre comme matière à compost par les intéressés. Dans ce cas, les frais de récolte seraient de 450 francs/ha ou 64 francs/tonne. Dans cette optique, les frais de récolte à prendre en compte pour le chauffage à la paille serait la différence (voir 4a):

A: 226 Fr/tonne - 64 Fr/tonne B: 162 Fr/tonne - 64 Fr/tonne

d'où les frais annuels de récolte pour 70 tonnes:

A: 11'300 francs B: 6'900 francs

En répercutant ces chiffres sur le total des frais en lieu et place des 15'800.-- et 11'300.-- (voir e), les coûts annuels des variantes A et B seraient:

	Variante A	Variante B
	23'250.--	27'550.--
soit environ:	23'000.--	28'000.--

Avec cette manière de calculer, nous pouvons affirmer que la solution A du chauffage à paille (en bottes) est, aux incertitudes de calculs près (inévitables dans ce genre d'évaluation), d'un coût comparable à la solution du chauffage au mazout. Elle est plus avantageuse si le prix du mazout vient à dépasser 80-85 francs/100 kg.

5. Conclusions

a) Le chauffage à la paille des marais nous apparaît tout à fait réalisable, à coûts comparables à la solution "classique" de chauffage au mazout (en considérant à part le problème de la construction d'un bâtiment annexe).

Un tel système aurait l'avantage d'utiliser un combustible renouvelable produit dans la région. Sachant bien que le chauffage à paille ne saurait se généraliser en Suisse (importatrice de paille de céréales), la LSPN ferait oeuvre de pionnier dans un domaine à la frontière de l'écologie appliquée et de l'énergétique; le système mis au point aurait valeur d'exemple pouvant inciter d'autres groupes ou individus à renouveler l'expérience dans un contexte semblable, en Suisse ou à l'étranger.

b) Des variantes proposées, ainsi qu'il ressort de l'analyse qui précède:

- La variante A (paille bottelée) est celle dont la "faisabilité" est la plus immédiate. Des installations à la paille de céréales existent, nombreuses à l'étranger. Nous avons visité une telle installation près de Francfort: les deux bottes de paille des marais, que nous avions emportées, introduites sur la trémie de chargement, ont très bien passé par le tambour de déchiquetage et le canal d'alimentation de la chaudière. Leur combustion a été excellente.

- La variante B (paille hachée) est plus attractive à cause de l'automation complète de l'alimentation de la chaudière; mais il n'existe pas encore, à notre connaissance, de telles installations, ce qui implique quelques vérifications expérimentales avant adoption éventuelle de cette variante.

- Les variantes C (paille séchée artificiellement) et D (paille conditionnée en briquettes ou en bouchons) sont ou trop lourdes tech-

nologiquement parlant ou trop coûteuses. A moins que des offres de fabricants ou d'installateurs ne viennent démentir ce point de vue. La variante D est attractive, surtout en raison du faible volume de stockage nécessaire.

c) Nous ne pouvons passer sous silence l'aspect météorologique appelé à jouer un rôle important dans le cadre d'un système de chauffage à paille (sauf dans la variante C).

La probabilité de n'avoir aucune série de 3 à 4 jours de soleil de mi-août à fin septembre est faible, mais elle n'est certainement pas nulle! Si le cas venait à se présenter (une année sur dix ?), il y a les possibilités suivantes:

- récolter un peu plus que nécessaire les années favorables pour constituer une réserve; ceci est possible si le hangar de stockage intermédiaire est suffisamment grand;
- importer exceptionnellement de la paille de blé des pays du Marché Commun qui ont des excédents (France voisine par exemple);
- chauffer Champittet au moyen d'une chaudière de secours à mazout ou à propane (si l'un des chauffages provisoires doit être mis en service dans l'immédiat, le système provisoire pourrait constituer par la suite le système de secours).

d) Dans tous les cas, la réalisation d'un chauffage à paille à Champittet est liée à la nécessité de trouver (sinon de créer) une grange ou un hangar pour le stockage intermédiaire, si possible à pas plus d'une dizaine de kilomètres de Champittet.

Philippe DIND

Septembre 1982

ANNEXE

LISTE DE FABRICANTS POUVANT ETRE APPELES A SOUMISSIONNER POUR L'INSTALLATION D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE A PAILLE (liste non exhaustive)

Pour les machines de récolte (fauchage, andainage, ramassage,...): renseignements auprès de M. Christian Roulier.

Variante A (paille bottelée)

1) PASSAT

8833 Ørum Sønderlyng / Danemark

Représentant en Suisse: Neue SAFIZ
8580 Amriswil

PASSAT livre le système complet, comprenant convoyeur (trémie à charger manuellement 1 fois par jour), tambour de déchiquetage des bottes à faible vitesse de rotation, vis d'Archimède d'alimentation de la chaudière avec dispositif anti-feu, et chaudière (homologuée par le"TÜV" d'Allemagne Fédérale, équivalent de l'EMPA).

2) BIEDER
Agro Biogas GMBH

2301 Osdorf / Allemagne

Représentant en Suisse: Rihs + Co AG
Elementbau
2553 Safnern bei Biel

Système semblable au précédent: AGROMAT (convoyeur, tambour,...) et chaudière AGROBUST.

3) SODIMOR
Malassise

77720 Mormant / France

Fabrique des chaudières à paille.

4) HOWALTSWERKE - DEUTSCHE WERFT (HDW)
Postfach 146309

D-2300 Kiel / Allemagne

Système semblable à Passat

Variante B (paille hachée)

5) SCHMID SA
Fabrique de Chaudières

8360 Eschlikon

Adresse en Suisse romande: SCHMID SA
Rue St-Michel 10
Case postale 535
1510 Moudon

A déjà une grande expérience dans les systèmes de chauffage à bois déchiqueté à alimentation automatique et serait près à envisager l'équivalent à paille hachée comme combustible.

6) HOBAG AG für automatische Feuerungen

3855 Brienz

Fabrique des chaudières à bois à alimentation automatique.

7) HOWALTSWERKE-DEUTSCHE WERFT (HDW)

Système semblable à Passat (voir 1) et 4)), avec possibilité supplémentaire, selon information toute récente, de stockage en silo de la paille hachée; extraction avec vis d'Archimède.

Variante D (paille conditionnée en briquettes, bouchons ou granulés)

8) SANE, Sociétéd'application des nouvelles énergies

10200 Soulaines Dhuys France

A mis au point la fabrication d'un granulé de paille (COVEG) et une chaudière à alimentation automatique en granulés (ALIVEG).

9) F. HAUSMANN
Environmental engineering
Hammerstrasse 46

4005 Bâle

Offre des systèmes de séchage, broyage et briquetage de déchets (vieux papier, déchets végétaux) et pailles diverses.