



République et Canton de Neuchâtel

COMMUNE DE LA TENE

**Rapport du Conseil communal au Conseil général
concernant
une demande de crédit de 1.086 million de francs pour l'assainissement de
l'installation de chauffage du centre scolaire et de l'Espace Perrier de Marin**

Madame la présidente,
Mesdames, Messieurs,

1 Introduction

Par le présent rapport, le Conseil communal sollicite votre Autorité pour une demande de crédit de 1.086 million de francs (TTC) pour l'assainissement de l'installation de chauffage du centre scolaire et de l'Espace Perrier de Marin.

Rendus nécessaires par un ordre d'assainissement signifié par les autorités cantonales, les travaux permettront de doter le cercle scolaire et l'Espace Perrier d'une installation moderne et à la pointe de la technique, respectueuse de l'environnement et permettant des économies d'énergie substantielles par rapport à la situation actuelle.

Le financement sera assuré par la commune, avant d'être reporté sur les coûts assumés par le syndicat intercommunal de l'Ecole Obligatoire de la Région de Neuchâtel (EORÉN) au titre des locaux qu'il occupe, soit plus de 75% des coûts. Cet investissement sera également au bénéfice d'une subvention de 100'000 francs par l'Etat.

2 Contexte

Le centre scolaire de Marin est composé de 4 bâtiments, soit le Vieux Collège (cycle HarmoS 1), le collège des Tertres (cycles HarmoS 1 et 2), le collège Billetter (cycle HarmoS 3 et salle de gymnastique) et la construction scolaire à usage multiple (CSUM ; divers cycles HarmoS, structures d'accueil de l'enfance et salle de gymnastique). Il est immédiatement juxté par l'Espace Perrier.



Les bâtiments du centre scolaire et l'Espace Perrier sont chauffés et alimentés en eau chaude sanitaire par une seule et unique centrale de chauffage (constituant ainsi une sorte de mini-réseau de chauffage à distance ou CAD).

Mise en service en 1989 – soit il y a un quart de siècle ! –, cette centrale est implantée au sous-sol du collège Billeter (Auguste-Bachelin 16) et elle est constituée de deux chaudières à gaz d'une puissance 525 kW chacune¹. A noter qu'à l'origine, les chaudières étaient conçues pour fonctionner également en mode d'appoint à mazout, ceci en cas de panne d'alimentation du gaz. Cette fonctionnalité a cependant été désactivée en 2011.

Or, lors d'une inspection de contrôle, il a été constaté que les installations n'étaient plus conformes, principalement en termes de rejets de polluants atmosphériques. Aucun réglage ne permettant de ramener les rejets dans la norme, un ordre d'assainissement a donc été notifié par le service de l'énergie et de l'environnement (SENE), avec un délai échéant en juin 2014.

Il sied également de souligner que l'obsolescence de la centrale engendre aujourd'hui une importante consommation énergétique (Cf. § 3 Consommations actuelles et besoins énergétiques), sans rapport avec les standards actuels, ceci sans compter de régulières pannes de fonctionnement et l'obligation de remplacer régulièrement des composants parvenus en bout de course (p.ex. des vannes, des commutateurs et des pompes de distribution).

Confronté à cette problématique, le Conseil communal s'est adjoint les services d'un bureau spécialisé et au bénéfice de références solides pour étudier et trouver une solution d'assainissement. Il a ainsi mandaté le bureau B. Matthey Ingénieurs-Conseils SA², à Montezillon. Les études ont démarré en février 2014 et ont permis de cerner une variante d'assainissement que la présente demande de crédit doit permettre de réaliser.

A noter que le présent rapport résume les études menées, en se concentrant sur deux variantes retenues et comparées (nouvelles chaudières à gaz à condensation / pompe à chaleur géothermique, avec couplage chaleur force à gaz et panneaux solaires), après élimination d'autres variantes jugées inadaptées au contexte (création d'un chauffage à distance / chaudière à copeaux de bois et/ou pellets).

3 Consommations actuelles et besoins énergétiques

En préambule sur ce point, tout un chacun s'accordera sur le fait qu'en termes d'énergie, soit une ressource incontournable régissant les activités humaines, les choix du passé nous ont rendus dépendants des énergies fossiles (dont le pétrole et le gaz) et que, dans un monde où la demande énergétique augmente, la question du remplacement des énergies fossiles par des énergies renouvelables, propres et durables est aujourd'hui essentielle.

Or, en Suisse, le secteur du bâtiment représente 45% de la consommation d'énergie finale (chaleur et électricité) et il est la source de près de la moitié des rejets de CO₂. Toute rénovation est donc l'opportunité de réaliser des économies d'énergie en recourant aux nombreuses possibilités techniques dans ce secteur³.

Comme préambule à toutes réflexions, il a donc été jugé essentiel de stipuler que la variante d'assainissement à finalement retenir devra être optimale sinon exemplaire en matière de ratio consommation/rendement énergétique/protection de l'environnement⁴. Pour mesurer l'importance des économies d'énergie pouvant être faites à l'occasion de

¹ Pour comparaison, la puissance d'une chaudière à gaz à condensation d'une habitation individuelle traditionnelle (non labellisée) s'élève en principe entre 15 et 30 kW

² Cf. pour de plus amples renseignements : www.masai-conseils.com

³ Référence : www.ne.ch/DDTE/SENE

⁴ SIA 480 – art. 8-8a – 34 et 35 du règlement d'exécution de la loi cantonale sur l'énergie

l'assainissement projeté, les consommations actuelles et les puissances nécessaires ont été mesurées.

Consommation de gaz

La consommation moyenne en gaz pour l'ensemble des bâtiments sous revue est de **1'645'000 kWh/an** (moyenne 2012-2013 selon décompte Viteos).

Consommation de chaleur des bâtiments

Le relevé des compteurs de chaleur montre que la consommation des bâtiments est au total de 857'000 kWh/an se répartissant comme suit :

Bâtiments	Consommation	Répartition	Puissance
Vieux Collège	135'059 kWh	15.76%	61 kW
Collège des Tertres	199'220 kWh	23.24%	91 kW
Collège Billeter	164'742 kWh	19.22%	75 kW
CSUM	200'790 kWh	23.43%	91 kW
Espace Perrier	157'260 kWh	18.35%	71 kW
Total	857'071 kWh	100.00%	389 kW

La différence entre la consommation de chaleur des bâtiments et la consommation de gaz est importante, elle est la conséquence du mauvais rendement des chaudières à gaz et des importantes pertes thermiques de distribution.

Consommation d'électricité

La consommation moyenne d'électricité s'élève à **230'000 kWh/an** (moyenne 2012-2013 selon décompte Groupe E).

A titre informatif, une surface de 1'600 m² de panneaux solaires photovoltaïques serait nécessaire pour couvrir annuellement la consommation d'électricité du centre scolaire et de l'Espace Perrier.

4 Variantes écartées

Les études ont porté sur la détermination des variantes d'assainissement les plus appropriées aux contraintes du site et des bâtiments. La volonté était de considérer, de manière exhaustive, toutes les possibilités afin de s'assurer d'avoir fait le tour de la question et de porter le choix de la réalisation sur la variante la plus adaptée. Ainsi, deux variantes ont été rapidement écartées, soit la construction d'un CAD et l'installation d'une chaudière à copeaux de bois et/ou pellets.

Chauffage à distance (CAD)

Cette variante aurait consisté en la construction d'une centrale collective de chauffage, alimentée p.ex. par des copeaux de bois, à implanter au village de Marin, p.ex. à proximité du Parc Perrier.

Dans le cadre des mesures compensatoires au projet de centrale à gaz de Cornaux, une étude de faisabilité a d'ailleurs été confiée au Groupe E pour un CAD qui devait fournir de la chaleur et de l'eau chaude sanitaire à un réseau de bâtiments sis sur le territoire communal.

Les conclusions de cette étude ont rapidement révélé des contraintes importantes, soit :

- nécessité de construire un bâtiment supplémentaire pour les installations techniques
- celle de créer un réseau de distribution (conduites de transport d'énergie) dans un grand périmètre déjà fortement urbanisé
- celle de devoir parvenir à raccorder d'importants consommateurs pour abaisser le coût du kWh
- participation financière communale entre 0.5 et 1 million de francs
- coût de l'énergie variant entre 18 et 20 ct/kWh (en fonction du montant de la participation financière communale)
- relatif accroissement du trafic poids-lourds pour livrer les copeaux de bois

Après consultation d'un partenaire industriel à fort potentiel de consommation, celui-ci s'est au final déclaré non-intéressé quant à un éventuel raccordement, essentiellement en raison d'un coût élevé du kWh.

Indépendamment du montant de la participation financière communale, nous estimons que cette variante présente un coût de l'énergie trop élevé pour attirer les consommateurs importants et permettant de rendre l'installation viable.

Chauffage à copeaux de bois et/ou pellets

Cette piste a également été explorée mais il y a été renoncé, principalement en raison du manque de place pour le stockage de la matière première et d'un afflux de trafic poids-lourds dans un environnement scolaire, qui plus est au centre du village.

5 Variantes retenues

L'analyse exhaustive des variantes a conduit à retenir deux possibilités, à savoir :

Variante 1	Variante 2
chaudières à gaz à condensation	vs recours à combinaison de technologies : une pompe à chaleur géothermique, avec un système de couplage chaleur force à gaz et la mise en place de panneaux solaires thermiques

Ces deux variantes ont été étudiées jusqu'au stade de l'avant-projet et elles ont été comparées tant du point de vue technique que financier.

Variante 1 : chaudières à gaz à condensation

Cette variante serait simple de mise en œuvre puisqu'il s'agirait de remplacer les actuelles chaudières par des modèles modernes et plus performants de chaudières à gaz à condensation.

La technologie s'étant considérablement améliorée en 25 ans, elle permettrait de tableer sur une diminution de la consommation de gaz de l'ordre de 15%.

L'économie d'énergie pourrait même être plus importante, allant jusqu'à 20% supplémentaires, avec la mise en œuvre conjointe d'un abaissement des températures de fonctionnement des installations de chauffage. Une telle économie impliquerait d'une part un dimensionnement très précis des installations, pour éviter de surdimensionner les producteurs de chaleur et, d'autre part, il s'agirait de procéder à des réglages fins et de remplacer ainsi que de modifier les équipements actuels de distribution pour optimiser le procédé de condensation dans les chaudières et limiter les pertes dans le réseau de distribution.

Toutefois, malgré la simplicité et l'économie en termes de coût de fonctionnement de cette variante, le bénéfice écologique ou environnemental serait faible puisque le gaz resterait le combustible principal. En outre, la pose de chaudières à condensation devrait impérativement être accompagnée par des mesures d'amélioration des installations de distribution de chaleur.

Enfin, cette variante ne présente aucun intérêt en termes de performance énergétique et les économies d'énergie réalisables, bien que sensibles, demeureraient limitées.

Variante 2 : pompe à chaleur (PAC) géothermique, couplage chaleur force (CCF) à gaz, installations de panneaux solaires et chaudière d'appoint à gaz

Cette variante consiste en l'association de plusieurs sources d'énergies, renouvelables et non, dans un objectif d'économie d'énergie et de performance énergétique.

Il s'agit de remplacer les chaudières actuelles par une PAC géothermique, associée à un CCF à gaz et à des panneaux solaires thermiques, ainsi qu'à une chaudière à gaz de secours et d'appoint.

Concepts	
PAC	<p>appareil qui utilise un dispositif thermodynamique permettant de transférer de la chaleur provenant d'un milieu froid vers un lieu à chauffer ; autrement dit, c'est le contraire d'un réfrigérateur</p> <p>il existe différents systèmes de PAC :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la PAC géothermique qui utilise l'énergie du sol • la PAC air-air qui utilise l'énergie de l'air • la PAC au gaz naturel
CCF	<p>production simultanée de chaleur et d'électricité par un moteur à combustion à gaz et une génératrice électrique</p> <p>la chaleur produite est utilisée pour du chauffage de bâtiments, d'eau ou de cycle industriel ; l'électricité produite est injectée dans le réseau ou directement consommée par le client</p>

Concrètement, une telle installation fonctionne de la façon suivante :

- la PAC géothermique prélève l'énergie dans le terrain (la parcelle communale), par l'intermédiaire de forages géothermiques verticaux, et l'injecte dans le réseau de chauffage
- le CCF produit simultanément chaleur et électricité ; il approvisionne en électricité la PAC tout en produisant la chaleur à haute température nécessaire au chauffage
- les panneaux solaires thermiques non vitrés (à poser en toiture) injectent de l'énergie dans les forages géothermiques durant l'été et produisent de l'eau chaude sanitaire

bien que des analyses de fonctionnement et des besoins réels en eau chaude soient évidemment nécessaires et à calculer, s'il s'avère que l'installation solaire existante sur le toit de la CSUM (50 m² de panneaux vitrés) est adaptable, il pourrait être imaginé d'injecter la chaleur qu'elle produit dans les sondes géothermiques, ceci permettant de diminuer le nombre de panneaux solaires non-vitrés à installer

à noter que les panneaux solaires thermiques non vitrés présentent l'avantage d'être nettement meilleur marché que les panneaux vitrés

- la chaudière à gaz de secours et d'appoint garantit une sécurité de fonctionnement en tout temps ; elle couvre les pointes de puissance par temps très froid et offre une sécurité en cas de panne ou révision des autres équipements

Parmi les intérêts multiples de l'association d'une PAC géothermique et d'un CCF, il sied de citer les performances énergétiques élevées, la multiplication des sources d'énergie (géothermie, électricité, solaire, gaz) rendant indépendant vis-à-vis d'une source d'approvisionnement qui serait unique.

Bien que cette variante soit naturellement plus complexe qu'une chaudière à gaz à condensation, elle permet toutefois une économie de combustible de l'ordre de 40% ainsi qu'une importante économie d'électricité qui est estimée quant à elle de 60%. Une partie de l'électricité produite par le système, mais non consommée sur place, est vendue au fournisseur d'électricité (Groupe E).

La Confédération, qui souhaite une sortie du nucléaire, encourage la réalisation d'installation de ce type (production d'électricité décentralisée). Le SENE a d'ailleurs affirmé son soutien par une promesse de subside extraordinaire de 100'000 francs.

A la pointe de la technologie, cette variante fait par ailleurs ses preuves sur plusieurs sites (p.ex. collège des Coteaux à Peseux, collège de La Maladière à Neuchâtel, Institut Jean Sieber à Genève).

Nous estimons qu'une telle réalisation présente une occasion unique de mettre en avant la volonté communale d'agir dans le domaine des économies d'énergie et du développement durable, qui plus est dans un environnement scolaire.

6 Comparaison des variantes

Les variantes ci-dessus ont été passées au crible selon plusieurs critères financiers, soit selon le coût d'investissement, le coût de consommation énergétique et d'entretien, les frais financiers, les charges annuelles et la répartition des coûts par bâtiment, ceci afin d'en faire ressortir les avantages et inconvénients respectifs.

Pour de plus amples détails, nous nous permettons de vous renvoyer aux calculs d'ingénieurs figurant en annexe.

Coût d'investissement (annexes 2 et 3)

	V 1 : chaudières à gaz	V 2 : PAC + CCF
Coût d'investissement	311'000	1'086'000
Subvention	-	-100'000
Total TTC (arrondi)	311'000	986'000
Prix de revient de l'énergie	15.8 cts/kWh	15.6 cts/kWh

S'il est indéniable que la variante 1 est nettement moins chère à l'investissement initial, la variante 2 est plus intéressante en termes de consommation énergétique et d'entretien, ce qui conduit à un prix de revient de l'énergie, calculé sur 15 ans, comparable pour les deux variantes (voir tableau annexe 7).

Frais financiers (annexes 5 et 6)

Les frais financiers présentés ont été calculés avec un taux d'intérêt de 3% et une durée d'amortissement de 15 ans.

	V 1 : chaudières à gaz	V 2 : PAC + CCF
Frais financiers/an	26'062	82'627

Coût de consommation énergétique

Ce tableau compare les coûts d'achat de combustible et d'électricité des variantes proposées et de la situation actuelle ainsi que de la consommation d'électricité des bâtiments.

Energies et entretien	Situation actuelle	V 1 : chaudières à gaz	V 2 : PAC + CCF
Gaz	152'000	115'500	90'000
Electricité	52'900	52'900	26'300
Sous-total	204'900	168'400	116'300
Economie en consommation d'électricité*	0'00	0'00	-35'400
Total TTC	204'900	168'400	80'900

*montant des économies réalisées par l'autoconsommation et la vente au réseau de l'électricité produite avec la variante 2

Charges annuelles

Pour mettre valablement en parallèle les deux variantes, il convient de comparer le calcul des frais annuels engendrés (frais financiers d'investissement, frais d'exploitation et d'entretien, frais de combustible). Le calcul ci-après ne tient pas compte de la consommation d'électricité des bâtiments. On observe alors qu'avec la subvention exceptionnelle de 100'000 francs accordée par le Canton, la variante 2 est comparable à la variante 1.

	V 1 : chaudières à gaz	V 2 : PAC + CCF
Frais financiers/an	26'062	82'627
Frais d'exploitation/an*	120'125	61'880
Total TTC	146'187	144'507

*montants extraits des annexes 5 et 6

Répartition des coûts par bâtiments (chauffage uniquement)

Bâtiment		V 1 : chaudières à gaz	V 2 : PAC + CCF
Vieux Collège	15.76%	23'039	22'774
Collège des Tertres	23.24%	33'974	33'584
Collège Billeter	19.22%	28'097	27'774
CSUM	23.43%	34'252	33'858
Espace Perrier	18.35%	26'825	26'517
Total TTC		146'187/an	144'507/an

De plus, la variante 2 permet de faire des économies sur la consommation d'électricité des bâtiments de l'ordre de 35'000 francs/an par rapport à la variante 1. Toutefois, cette économie ne peut être linéaire et est dépendante du mode de consommation.

7 Choix entre les variantes 1 et 2

Après comparaison des variantes, notre choix se porte naturellement sur la **variante 2** qui en plus de recourir prioritairement à des énergies renouvelables, propres et durables, est économiquement plus avantageuse que la variante 1 et la situation actuelle : prix de revient de l'énergie comparable pour les deux variantes et économies d'électricité par l'autoconsommation pour la variante 2.

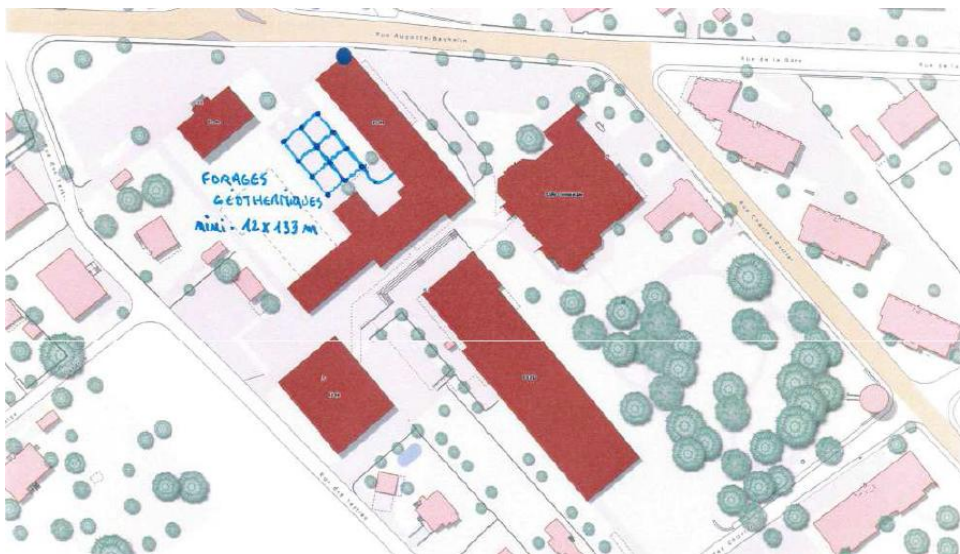
En effet, on constate que la baisse des coûts énergétiques permise par la variante 2 surcompense son coût d'investissement supérieur à la variante 1. En outre, après la durée d'amortissement (15 ans) et en l'absence de réinvestissement, la variante 2 permettra de quasiment diviser par trois les coûts d'exploitation par rapport à la situation actuelle.

La production de chaleur avec la variante 2 est évolutive. Elle est en effet prévue pour s'adapter aux diverses intentions d'extension et/ou de réfection des bâtiments (isolation de toitures, façades), ou encore à la construction d'un nouveau collège, afin de faire face à l'évolution démographique importante ces prochaines années.

8 Travaux envisagés

En cas d'acceptation de la présente demande de crédit, la réalisation des travaux nécessitera le démontage et l'évacuation des chaudières existantes. L'emplacement des producteurs de chaleur sera réparti entre la chaufferie actuelle et la pièce mitoyenne à la chaufferie.

Plan d'implantation des sondes géothermiques (13 x 133 m)



L'installation de la nouvelle production de chaleur sera composée des éléments et opérations qui suivent :

- une PAC géothermique de 87 kW
- deux accumulateurs de chaleur
- 13 forages verticaux de 154 mètres de profondeur
- un CCF à gaz de 142 kW
- 230 m² d'absorbeurs solaires
- une chaudière à gaz d'appoint de 550 kW
- le remplacement des pompes de circulation d'eau
- l'optimisation des pompes et vannes du circuit de chauffage
- le remplacement des commandes de régulation de chauffage
- le remplacement des compteurs de chaleur
- le tubage de cheminée

Idéalement les travaux auront lieu durant l'été-automne 2015.

Echéancier	
février	votation demande de crédit au CG
mars	votation syndicat de l'EORÉN
avril	étude de projet
début avril	fin délai référendaire (40 j)
mi-avril	appels d'offre (marchés publics)
juin	attributions de mandats
juillet-août	démarrage travaux de réalisation
octobre	fin des travaux

9 Répartition des coûts d'investissement et de fonctionnement

Si le financement de l'investissement sera assuré dans un premier temps par la commune, une majeure partie des coûts financiers sera ensuite reportée dans le loyer acquitté par l'EORÉN pour les surfaces des bâtiments scolaires qu'elle occupe (100% pour le Vieux Collège, le collège des Tertres et le collège Billeter ; 78% pour la CSUM), ceci sur la base des conventions en vigueur.

La commune de La Tène ne prendra en charge que les coûts financiers afférents à l'Espace Perrier et partiellement (22%) pour la CSUM.

Bâtiments	Répartition	Investissement	EORÉN	Commune
Vieux Collège	15.76%	155'394	155'394	
Collège des Tertres	23.24%	229'146	229'146	
Collège Billeter	19.22%	189'509	189'509	
CSUM : part EORÉN (78%) part communale (22%)	23.43%	231'020	180'196	50'824
Espace Perrier	18.35%	180'931		180'931
Total	100.00%	986'000	754'245	231'755

Les coûts financiers seront répartis entre l'EORÉN et la commune de La Tène selon les mêmes valeurs que ci-dessus, soit :

Bâtiments	Répartition	Investissement	EORÉN	Commune
Vieux Collège	15.76%	13'022	13'022	
Collège des Tertres	23.24%	19'203	19'203	
Collège Billeter	19.22%	15'881	15'881	
CSUM : part EORÉN (78%) part communale (22%)	23.43%	19'359	15'100	4'259
Espace Perrier	18.35%	15'162		15'162
Total	100.00%	82'627	63'206	19'421

Les coûts d'énergie (chauffage et électricité) seront quant à eux intégrés aux frais de fonctionnement et répartis entre l'EORÉN et la commune de La Tène, selon le double système en vigueur, soit d'une part sur la base des frais effectifs pour le collège Billeter et la CSUM⁵, et d'autre part sur la base de forfaits pour le Vieux Collège et le collège des Tertres.

⁵ Selon la répartition en vigueur, l'EORÉN se voit facturer une part des frais du bâtiment CSUM correspondant au pourcentage des surfaces qui lui sont affectées en propre, soit 78% ; le solde est affecté à la commune (p.ex. parking souterrain) ou à l'accueil de l'enfance

En voici une approche estimative :

Bâtiments	Répartition	Energie	EORÉN	Commune
Vieux Collège	15.76%	12'750	12'750	
Collège des Tertres	23.24%	18'801	18'801	
Collège Billeter	19.22%	15'549	15'549	
CSUM : part EORÉN (78%) part communale (22%)	23.43%	18'955	14'785	
Espace Perrier	18.35%	14'845		4'170
Total	100.00%	80'900	61'885	19'015

En conclusion, la part communale relative à l'assainissement de l'installation de chauffage du centre scolaire et de l'Espace Perrier de Marin restera raisonnablement limitée à moins d'un quart du coût des travaux et des frais, soit :

	Total	EORÉN	Commune
Part à l'investissement	986'000	754'245	231'755
Part aux frais financiers/an	82'627	63'206	19'421
Part à l'énergie* et entretien/an	80'900	61'885	19'015
*chauffage et électricité	163'527	125'091	38'436

La demande de crédit doit être votée par la commune de La Tène, en ses qualités de propriétaire des bâtiments scolaires, de l'Espace Perrier et de maître d'œuvre, et par le Conseil intercommunal de l'EORÉN.

Il est à noter que pour des raisons légales, le crédit doit être voté sous la forme d'un montant brut, hors prise en considération de la subvention du SENE de 100'000 francs.

Il est enfin relevé que la présente demande de crédit fait partie des prévisions des investissements figurant au budget 2015 (position Bâtiments et collèges).

10 Conclusion

Le Canton et notamment le SENE, auquel le projet a été présenté, est très intéressé par la variante 2 et a fait la promesse écrite de le soutenir financièrement.

C'est également un signe fort qui apporte crédibilité et appui à ce projet à la pointe de la technologie et durable.

Pour conclure, en regard des avantages présentés ci-avant en termes d'efficacité énergétique, nous sommes convaincus que la proposition qui vous est soumise constitue le bon choix.

Pour les arguments évoqués ci-dessus, nous vous demandons de bien vouloir prendre en considération le présent rapport et d'accepter le projet d'arrêté ci-après pour l'assainissement de l'installation de chauffage du centre scolaire et de l'Espace Perrier de Marin.

Veillez agréer, Madame la présidente, Mesdames, Messieurs, l'assurance de notre considération distinguée.

La Tène, le 19 janvier 2015

LE CONSEIL COMMUNAL

- Annexe 1 : Bilan énergétique
- Annexe 2 : Estimations des investissements (V1)
- Annexe 3 : Estimations des investissements (V2)
- Annexe 4 : Bilan énergétique (V2)
- Annexe 5 : Calcul prix de revient (V1)
- Annexe 6 : Calcul prix de revient (V2)
- Annexe 7 : Comparatif des variantes avantages/inconvénients
- Annexe 8 : Croquis et schémas de fonctionnement
- Annexe 9 : Projet d'arrêté du Conseil général concernant une demande de crédit de 1.086 million de francs pour l'assainissement de l'installation de chauffage du centre scolaire et de l'Espace Perrier de Marin

Bilan énergétique

Immeuble	Consommation de chaleur des immeubles	Puissance	Part
	Mesurées 08.01.2007 - 07.01.2008	2'200 h/an	
	kWh	kW	[%]
Collège secondaire	164'742	75	19.22%
Ecole primaire	199'220	91	23.24%
Espace Perrier	157'260	71	18.35%
CSUM	200'790	91	23.43%
Vieux collège	135'059	61	15.76%
Total	857'071	390	100.0%
Consommation totale de gaz (MOY 2012 -2013)	1'644'870 kWh/an		
Rendement estimé des chaudières gaz	0.7		
Besoin brut en énergie en chaufferie	1'151'409 kWh/an		
Puissance calorifique totale nécessaire	523 kW		
Besoin net en énergie des immeubles	829'761 kWh/an		
Pertes thermiques de distribution	321'648 kWh/an		
	soit	28%	de l'énergie distribuée

Estimation des investissements - Variante 1 - chaudières à gaz à condensation

Evacuation des chaudières existantes	CHF	15'000.00	
Chaudières à gaz à condensation (2 x 550 kW)	CHF	130'000.00	
Expansion	CHF	10'000.00	
Régulation (cascade)	CHF	25'000.00	
Electricité (montage et matériel)	CHF	15'000.00	
Tubage cheminées	CHF	10'000.00	
Hydraulique et gaz (montage et matériel)	CHF	40'000.00	
Compteurs de chaleur (production de chaleur)	CHF	4'000.00	
Sous total	CHF	249'000.00	
Honoraires (90% de 13 % des travaux)	CHF	29'133.00	
Divers et imprévus	CHF	10'000.00	
Total HT	CHF	288'133.00	
TVA 8%	CHF	23'050.64	
Total TTC (arrondi)	CHF	311'000.00	

Annexe 3

Estimation des investissements - Variante 2 - PAC géothermique et CCF à gaz

Evacuation des chaudières existantes	CHF	15'000.00
PAC 87 kW _{th} (25 kW _{él})	CHF	50'000.00
Sondes géothermiques 13 x 154 m (y.c. liaisons)	CHF	165'000.00
Absorbeurs solaires pour recharge géothermique (230 m2, nouvelle install.)	CHF	115'000.00
CCF 120 kW _{th} , 80 kW _{él}	CHF	150'000.00
Chaudière gaz secours et appoint 550 kW	CHF	70'000.00
Amélioration des sous-stations	CHF	150'000.00
Expansion	CHF	10'000.00
Accumulateurs 2 x 2'000 l	CHF	8'000.00
Régulation (cascade)	CHF	40'000.00
Tubage cheminées	CHF	10'000.00
Hydraulique et gaz (montage et matériel)	CHF	60'000.00
Electricité (montage et matériel)	CHF	25'000.00
Compteur de chaleur (production de chaleur)	CHF	5'000.00
Sous total	CHF	873'000.00
Honoraires (90 % de 13 % des travaux)	CHF	102'141.00
Divers et imprévus	CHF	30'000.00
Total HT	CHF	1'005'141.00
TVA 8%	CHF	80'411.28
Total TTC (arrondi)	CHF	1'086'000.00

Bilan énergétique de la variante PAC géothermique et CCF à gaz

Besoin en électricité des immeubles (total centre scolaire)	230'000	kWh/an
Besoin en chaleur des immeubles (total centre scolaire)	1'650'000	kWh/an
Besoin en chaleur net arrondi (70 % rend. chaudières et 20 % économies)	924'000	kWh/an
Puissance de chauffage nécessaire (Besoin net, 2'200 h/an)	420	kW
Puissance thermique de la PAC	87	kW
COP estimé de la PAC (B0/W50)	3.5	kW
Puissance électrique de la PAC (B0/W50)	25	kW
Puissance thermique du CCF	120	kW
Puissance électrique du CCF	80	kW
Rendement du CCF	0.95	kW
Temps de marche estimé du couple PAC / CCF	3'500	h/an
Puissance thermique totale du couple PAC / CCF	207	kW
	soit	49 % de P.
Fourniture de chaleur du CCF (120 kW x 3'500 h/an)	420'000	kWh/an
Fourniture de chaleur de la PAC (87 kW x 3'500 h/an)	304'500	kWh/an
Fourniture de chaleur du couple PAC / CCF (120 + 87 kW x 3'500 h/an)	724'500	kWh/an
Fourniture de chaleur de la chaudière gaz de secours et d'appoint	199'500	kWh/an
Fourniture d'électricité du CCF (80 kW x 3'500 h/an)	280'000	kWh/an
Consommation électrique de la PAC (25 kW x 3'500 h/an)	87'500	kWh/an
Electricité auto consommée (~60% de 280'000 - 87'500)	115'500	kWh/an
Electricité achetée (230'000 - 115'500)	114'500	kWh/an
Electricité vendue (280'000 - 87'500 - 115'500)	77'000	kWh/an
Coût de l'électricité achetée	0.23	CHF/kWh
Coût de l'électricité vendue	0.115	CHF/kWh
Coût du gaz	0.095	CHF/kWh
Contenu énergétique gaz	11	kWh/m ³
Achat d'électricité (114'500 x 0.23)	26'335.00	CHF
Autoconsommation d'électricité (115'500 x 0.23)	-26'565.00	CHF
Vente d'électricité (54'500 x 0.115)	-8'855.00	CHF
Consommation de gaz du CCF seul (420'000 + 280'000 / 0.95)	736'842	kWh
	soit	66'986 m ³ gaz
Consommation de gaz de la chaudière seule (235'500 / 0.95)	210'000	kWh
	soit	19'091 m ³ gaz
Consommation de gaz totale (chaudière + CCF)	946'842	kWh
	soit	86'077 m³/an
Achat de gaz (0.095 CHF/kWh)	89'950	CHF/an
Achat électricité (114'500 x 0.23)	26'335	CHF/an
Total achat d'énergie (93'550 + 26'335)	116'285	CHF/an
Total vente + économie d'électricité (26'565 + 8'855)	-35'420	CHF/an
Total coût énergétique (électricité et gaz)	80'865	CHF/an
Total coût énergétique considéré pour le comparatif (sans achat élec.)	54'530	CHF/an

Annexe 5

Calcul du prix de revient de l'énergie – Variante 1 - chaudières à gaz

Frais financiers		26'062	Frs/an
Investissement		311'000	Frs TTC
Subventions et aides		0	Frs
Investissement net		311'000	Frs TTC
Annuités			
3% à 15 ans	8.38%	26'062	Frs/an
Frais d'exploitation		4'700	Frs/an
bâtiment		0	Frs/an
personnel (2 heures par mois)		2'400	Frs/an
entretien		1'500	Frs/an
électricité		350	Frs/an
ramonage		450	Frs/an
Frais de combustible		115'425	Frs/an
Consommation d'énergie chaudières (kWh gaz, rendement = 0.95)		1'215'000	kWh/an
Consommation de gaz		110'455	m3/an
Prix d'achat du gaz		0.095	Frs/kWh
Achat de combustible annuel (gaz)		115'425	Frs TTC
Total des frais annuels		146'187	Frs/an
Besoin en énergie de l'immeuble		924'000	kWh/an
Prix de l'énergie		15.8	cts/kWh

Annexe 6

Calcul du prix de revient de l'énergie – Variante 2 - PAC géothermique et CCF

Frais financiers		82'627	Frs/an
Investissement		1'086'000	Frs TTC
Subventions et aides		100'000	Frs
Investissement net		986'000	Frs TTC
Annuités			
3% à 15 ans	8.38%	82'627	Frs/an
Frais d'exploitation		7'350	Frs/an
bâtiment		0	Frs/an
personnel (2 heures par mois)		2'400	Frs/an
entretien + révision		4'500	Frs/an
électricité		0	Frs/an
ramonage		450	Frs/an
Frais de combustible (cf tableau 4 pour détails calculs)		54'530.00	Frs/an
Consommation d'énergie CCF et chaudière (kWh gaz, rendement = 0.95)		946'842	kWh/an
Consommation d'énergie de la PAC (kWh électrique, COP = 3.5)		87'500	kWh/an
Consommation de gaz (CCF + chaudière)		86'077	m3/an
Prix d'achat du gaz		0.095	Frs/kWh
Prix d'achat de l'électricité (moy. HT / BT)		0.23	Frs/kWh
Production électrique annuelle totale du CCF		280'000	kWh/an
Vente d'électricité au réseau		77'000	kWh/an
Conso propre d'électricité (hors conso. propre PAC)		115'500	kWh/an
Prix de vente de l'électricité		0.115	Frs/kWh
Coût de l'électricité économisée (conso. propre)		0.23	Frs/kWh
Total coûts énergétiques (gaz - (économie + vente d'élec.))		54'530	Frs TTC
Total des frais annuels		144'507	Frs/an
Besoin en énergie de l'immeuble		924'000	kWh/an
Prix de l'énergie		15.6	cts/kWh

Comparatif des variantes : Avantages / inconvénients

	Variante standard : chaudières à gaz à condensation	Variante géothermie : pompe à chaleur, couplage chaleur-force et chaudière à gaz de secours
Investissements nets estimés	311'000 Frs TTC	986'000 Frs TTC
Prix de revient de la chaleur	15.8 cts/kWh	15.6 cts/kWh
Frais annuels	Frs 146'187.--/an	Frs 144'507.--/an
Inconvénients	Pas écologique (rejet de CO2), pas ou peu d'économie d'énergie, pas d'innovation technologique	Investissement important, nécessite un suivi et un entretien régulier, travaux de forages et de fouille dans la cour de l'école nécessaires
Avantages	Investissement minimum, système éprouvé simple et fiable, faible entretien, prix de revient de la chaleur compétitif	Système écologique, grande performance énergétique, diminution importante de la consommation d'énergie, prix de la chaleur compétitif, système éprouvé et technologie maîtrisée, fiabilité de l'approvisionnement en chaleur, production et vente d'électricité, installation modèle

