



Agence Locale de Maîtrise de l'Energie

Agence Locale de Maîtrise de l'Energie
Maison de l'Environnement,
6 rue Haroun Tazieff,
78 114 Magny les Hameaux
Tél.: + 33 1 34 52 26 34, alme@energie-sqy.com

**PRE DIAGNOSTIC ENERGETIQUE
MAITRISE DE L'ENERGIE
GROUPE SCOLAIRE - CERNAY LA VILLE**



Etude réalisée par : Romain Granier et suivie par Pascale Le Strat



SOMMAIRE

Sommaire	2
Préambule	3
Les missions de l'ALME-SQY.....	3
La responsabilité de l'ALME-SQY.....	3
Objet de l'étude.....	4
Méthodologie du pré-diagnostic énergétique.....	5
<u>Chapitre 1</u> Bilan des consommations et des dépenses d'Energies	6
1.1 - Plan de masse – vision globale du projet.....	6
1.2 – Analyse des consommations Energétiques.....	8
<u>Chapitre 2</u> Pré-diagnostic thermique	14
Enveloppe thermique des batiments	14
2.1 Consommations énergétiques théorique (chauffage seulement).....	14
2.2 Préconisations sur l'enveloppe du bâtiment.....	16
2.3 Préconisations sur la régulation thermique des bâtiments.....	19
2.4 Evolution de la puissance des chaudières suivant les simulations...20	
2.5 Confort d'été.....	21
2.6 Analyse technico-économique des simulations sur l'enveloppe du bâtiment	22
<u>Chapitre 3</u> Pré-diagnostic thermique	24
Etude des différentes sources d'énergies	24
3.1 - Contexte.....	24
3.2 – Chauffage gaz de ville.....	26
3.3 – Chauffage au granulé de bois.....	26
3.4 – Analyse technico économique.....	30
3.5 – Descriptif et montant des travaux € TTC.....	36
3.6 – Mise en œuvre d'une chaudière à granulé pour l'école maternelle	37
<u>Chapitre 4</u> Synthèse	39

PREAMBULE

Les missions de l'ALME-SQY

L'Agence Locale de Maîtrise de l'Energie de St Quentin-en-Yvelines est une association de loi 1901, créée en janvier 2001 par la Communauté d'Agglomération de St Quentin-en-Yvelines sur appel d'offre européen (Programme SAVE). Les objectifs de l'ALME-SQY s'inscrivent dans une démarche de développement durable et de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire de St Quentin-en-Yvelines et du sud des Yvelines.

Les missions de l'ALME-SQY sont de promouvoir la maîtrise des énergies et le développement des énergies renouvelables à destination du grand public, des collectivités locales et des secteurs économiques. En plus de sa mission d'Espace Info Energie, l'ALME-SQY est spécialisée dans les activités suivantes :

- Sensibilisation et formation dans les domaines de l'énergie et l'environnement,
- Animation et organisation de manifestations,
- Conseils et soutiens techniques en énergétique,
- Accompagnement des maîtres d'ouvrage sur le montage technique, juridique et financier des volets énergie et environnement de leurs projets,
- Etudes d'expertises : conseils d'orientation énergétiques, plans patrimoniaux, bilans carbone, pré-diagnostics...

Les expertises de l'ALME-SQY reposent sur les trois principes fondamentaux suivants :

1. **l'analyse globale** qui intègre les coûts d'investissement et de fonctionnement
2. **l'approche multi-énergies** qui optimise le choix énergétique en termes de service rendu, de coût et de protection de l'environnement
3. **la valorisation de la sobriété et de l'efficacité énergétique**

La responsabilité de l'ALME-SQY

L'ALME-SQY a un rôle d'expert et de conseil, mais ses conclusions et préconisations ne peuvent engager sa responsabilité. Ses missions se situent toujours en amont des décisions finales, au niveau de l'identification des vrais enjeux et de la définition de stratégies, ouvrant ensuite la voie à des réflexions ou des études plus complètes, mais qui grâce à son action seront mieux ciblées.

Objet de l'étude

La mise en œuvre d'une politique de maîtrise de l'énergie et d'utilisation des énergies renouvelables constitue un facteur déterminant de développement économique et social.

Les solutions proposées sont multiples et nécessitent, pour la plupart, analyses et études préalables à toutes décisions d'investissement. C'est pour quoi l'ADEME met à la disposition des responsables d'établissements privés et publics des aides techniques et financières qui leur permettent d'optimiser leurs choix.

Le pré-diagnostic énergétique permet une évaluation rapide du potentiel d'économie d'énergie réalisable et l'opportunité de la réalisation de travaux liés à la maîtrise de l'énergie et à l'utilisation des énergies renouvelables.

La mairie de Cernay la Ville a sollicité l'Agence Locale de Maîtrise de l'Energie pour l'élaboration d'un pré-diagnostic énergétique pour le groupe scolaire. Ce groupe se compose des 3 bâtiments suivants :

- Ecole Primaire (partie ancienne + extension)
- Ecole Maternelle
- Centre de loisir

Maître d'ouvrage : Mairie de Cernay la Ville
M.MEMAIN, Maire
M. CASSERT, Conseiller municipal - délégué travaux
78720 Cernay la Ville

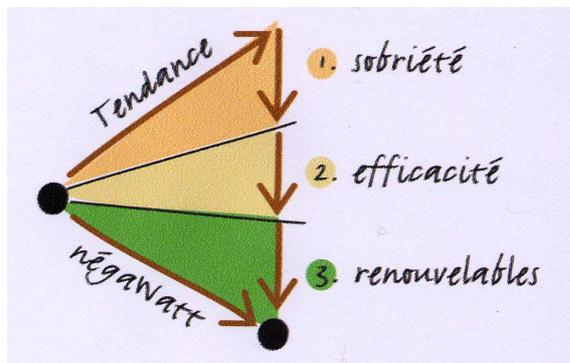
La mairie projette de changer le système de chauffage de l'école maternelle. Profitant de cette dynamique, l'ALME a proposé d'étudier l'ensemble du groupe scolaire de façon à homogénéiser l'énergie de chauffage et au préalable étudier l'enveloppe thermique des bâtiments.

Au départ, il était prévu d'étudier la mise en place d'une chaufferie bois fonctionnant avec de la plaquette d'élagage. Lors de la visite du thermicien de l'ALME, il s'avéra difficile d'intégrer une chaufferie automatique avec un silo au sein du groupe scolaire.

Néanmoins, il paraît judicieux de procéder à une analyse thermique du bâtiment puis d'étudier l'intérêt technico économique de raccorder les bâtiments au réseau gaz de ville. La mise en place d'une chaufferie à granulé pour l'école maternelle n'est pas à exclure. L'agence s'est proposée d'étudier cette solution en alternative aux énergies traditionnelles.

Méthodologie du pré-diagnostic énergétique

L'élaboration du pré diagnostic énergétique a été réalisée en s'appuyant sur la démarche NegaWatt représentée par le schéma suivant :



La priorité est d'étudier l'enveloppe du bâtiment et les usages énergétiques afin de déterminer les préconisations à amener sur l'isolation thermique. Rappelons que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas !

Suite à ces préconisations, nous étudions l'efficacité des équipements énergétiques. Nous analysons l'installation de chauffage existante et nous soumettons des conseils sur le renouvellement de la chaudière (chaudière à haut rendement, chaudière à condensation etc...) et sur la régulation thermique. Nous proposons également une optimisation de l'utilisation de l'électricité et le recours à des équipements performants d'un point de vue énergétique.

De façon à clôturer la démarche nous étudions les possibilités de recours aux systèmes fonctionnant à base d'énergies renouvelables (bois énergie, solaire thermique et photovoltaïque etc...).

La démarche méthodologique se décompose alors en trois parties¹ :

- **Caractéristiques du bâtiment, son occupation, ses consommations énergétiques :** sont analysés dans cette partie les éléments de facturation. Des résultats sous forme de ratios sont fournis.
- **Reconstitution des consommations énergétiques et des coûts générés :** lors de la visite technique du bâtiment, les caractéristiques du bâti et tous les équipements énergétiques sont recensés. A partir d'une simulation des besoins de chaleur, de la puissance des équipements énergétiques et de leur fonctionnement, les consommations énergétiques sont reconstituées. Il est possible alors d'identifier les usages les plus consommateurs.
- **Evaluation du potentiel d'économies d'énergie - préconisations techniques et comportementales :** la connaissance des consommations des usages thermiques et des différents équipements permet de simuler les impacts de modifications de technologies et de modes d'utilisation en fonction de différents scénarios.

¹ Les résultats donnés dans ce rapport proviennent d'estimations réalisées à partir de modèles informatiques de calculs

Chapitre 1

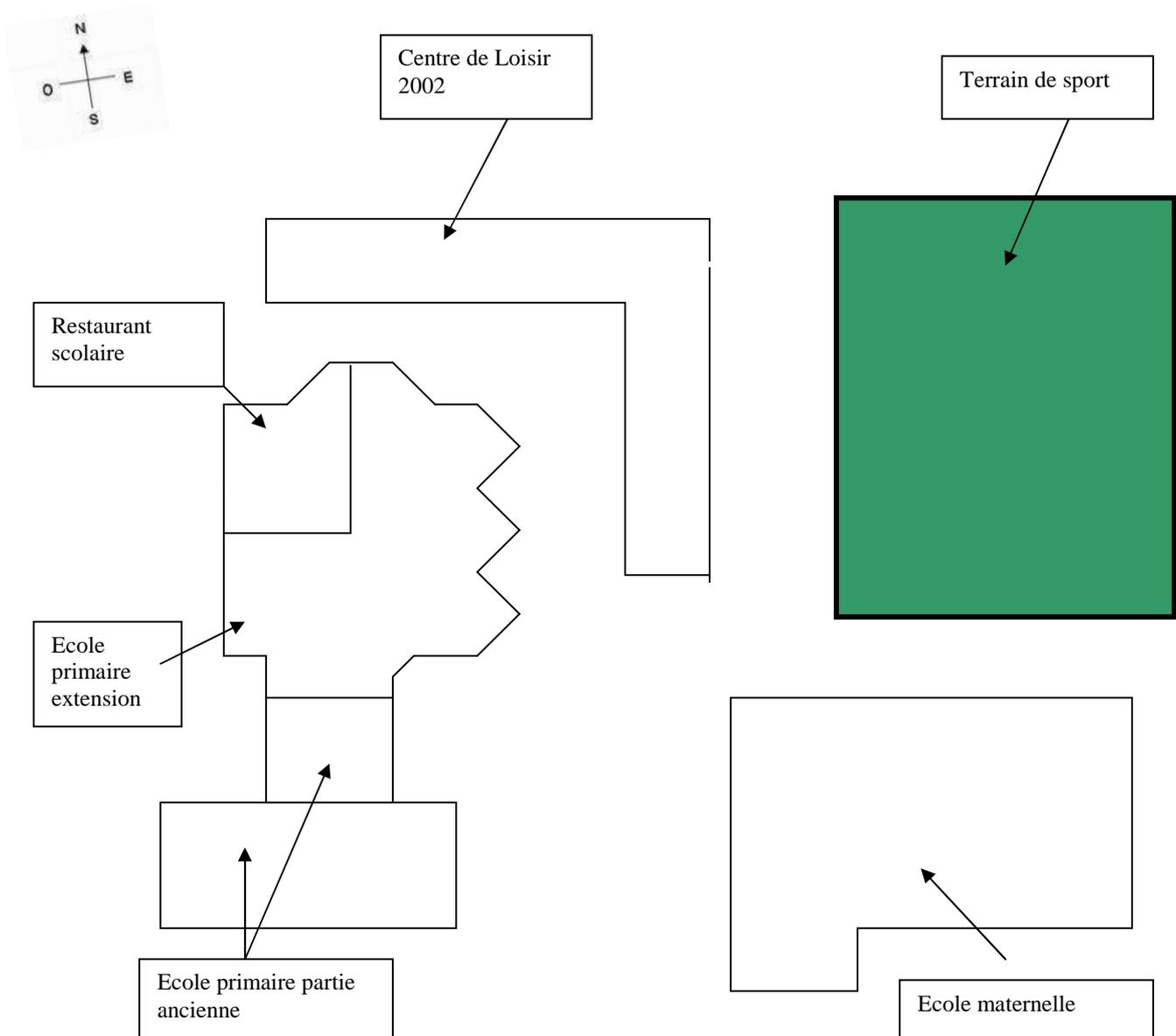
BILAN DES CONSOMMATIONS ET DES DEPENSES D'ENERGIES

1.1 - Plan de masse – vision globale du projet

Le croquis ci-dessous présente le plan de masse. Ce dernier n'est pas à l'échelle. Il permet seulement de visionner l'ensemble du site.

Le site est constitué d'un bâtiment neuf (centre de loisir) d'un bâtiment des années 80 (extension de l'école primaire) et de bâtiments anciens (début des années 70) (école primaire et école maternelle).

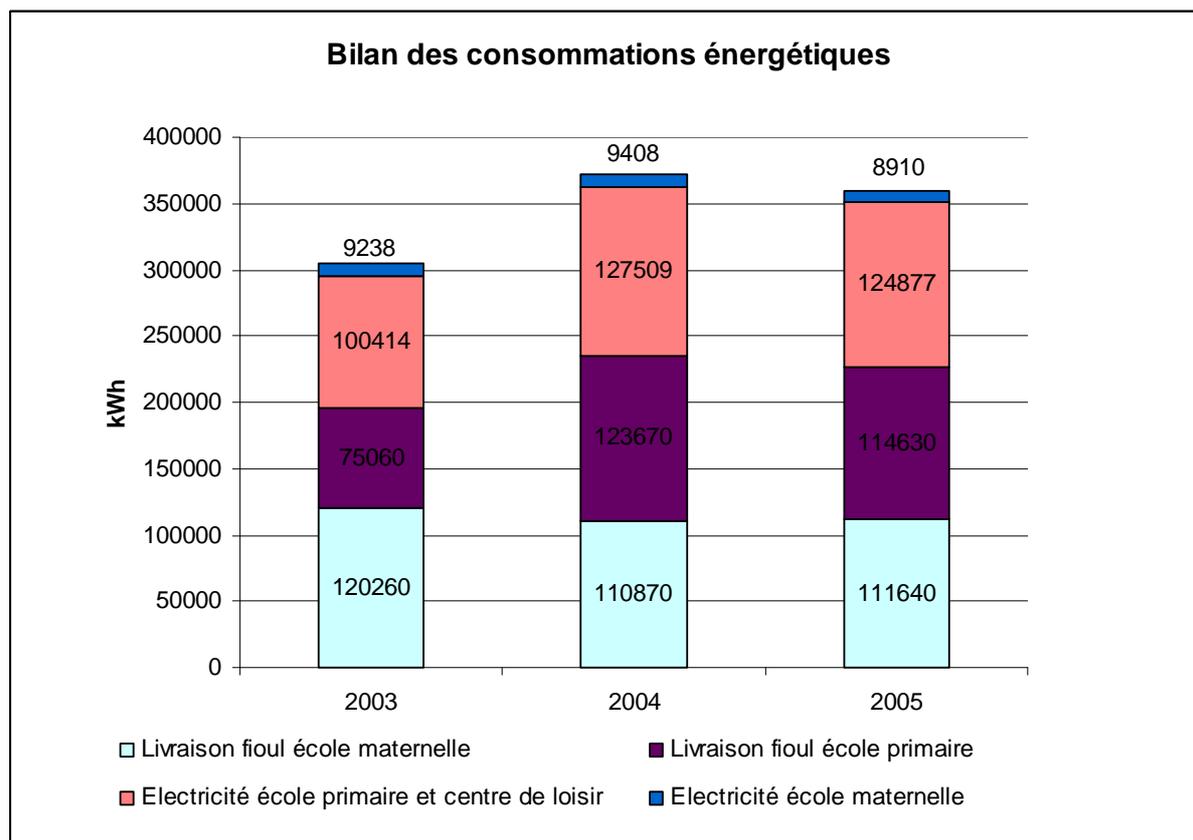
Il y a également deux logements situés au dessus des deux écoles hébergeant le directeur de l'école primaire et la personne responsable de l'entretien.



L'analyse des consommations et dépenses énergétiques a été réalisée à partir des relevés de factures suivants :

- Electricité : EDF
- Livraison Fioul domestique (Ent = Philippe Gilbert)

Les années prises en compte sont, 2003, 2004, 2005 et début 2006. Concernant les consommations fioul nous nous baserons sur les livraisons.



Nous constatons une hausse importante en 2004 par rapport à 2003. Seules les livraisons fioul pour l'école maternelle ont diminué. Néanmoins cette augmentation se justifie principalement par l'ouverture du centre de loisir qui a engendré une diminution de l'occupation de l'école.

A signaler que l'extension de l'école primaire et le centre de loisir sont des bâtiments chauffés via des convecteurs électriques.

	Année de construction	Surface m ²	Volume m ³	Occupation	Energie Chauffage
Ecole maternelle	1970	597	2501	Période scolaire	Fioul
Ecole primaire (partie ancienne)	1970	324	980	Période scolaire	Fioul
Ecole primaire extension + restaurant	1987	573	1492	Période scolaire	Electricité
Centre de loisir	2003	280	756	Période scolaire matin et soir + vacance + mois de juillet	Electricité

L'ensemble du groupe scolaire représente une surface au sol de 1774 m² et un volume de 5729 m³.

Les deux logements ne sont pas pris en compte dans le calcul.

1.2 – Analyse des consommations Energétiques

Les bâtiments anciens sont chauffés au fioul. L'extension et le centre de loisir sont chauffés à l'électricité.

Il existe deux compteurs électriques. L'un comptabilise les consommations électriques du centre de loisir, de l'école primaire et du logement se situant au dessus de cette école. L'autre comptabilise les consommations de l'école maternelle. Le logement se situant au dessus est complètement autonome.

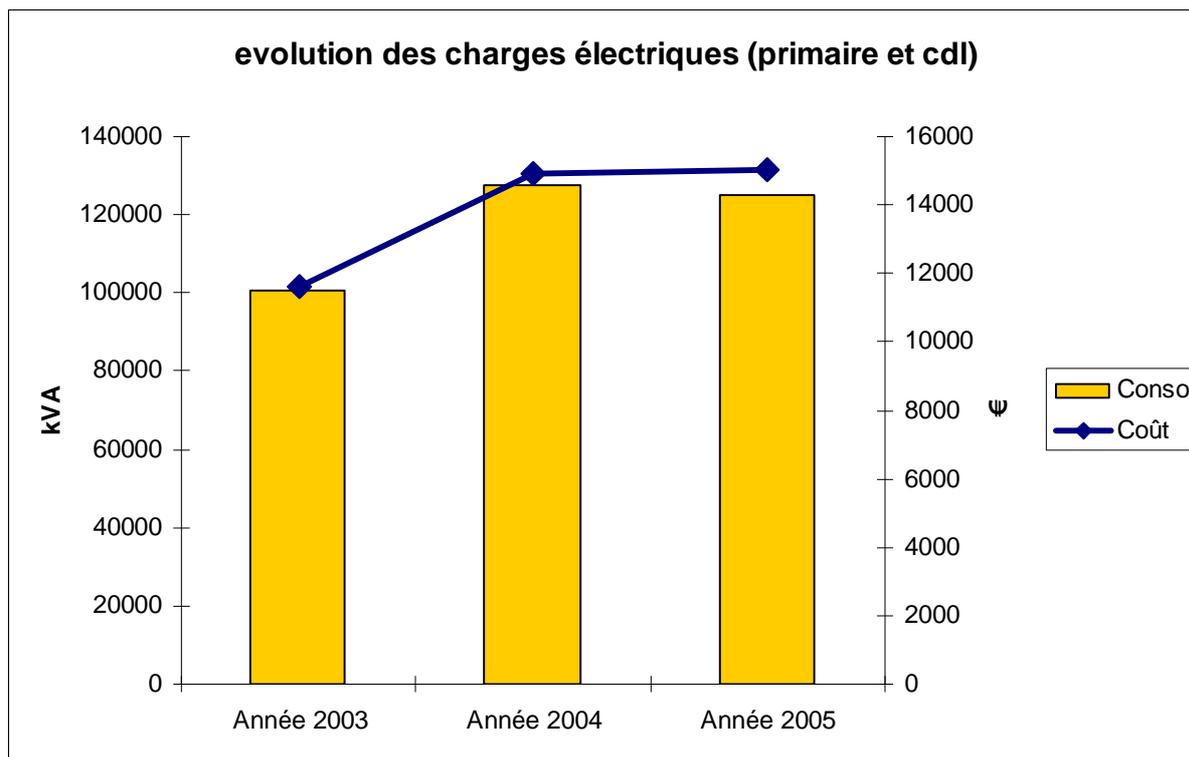
Le centre de loisir a été construit en 2003. Il est occupé depuis fin 2003 début 2004.

1.2.1 Analyse des factures électriques

► 1.2.1.1 Factures électrique de l'école primaire et du centre de loisir

La tarif appliqué est de type jaune utilisations moyennes. La puissance souscrite est de 72 kVA.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des consommations électriques des trois dernières années.

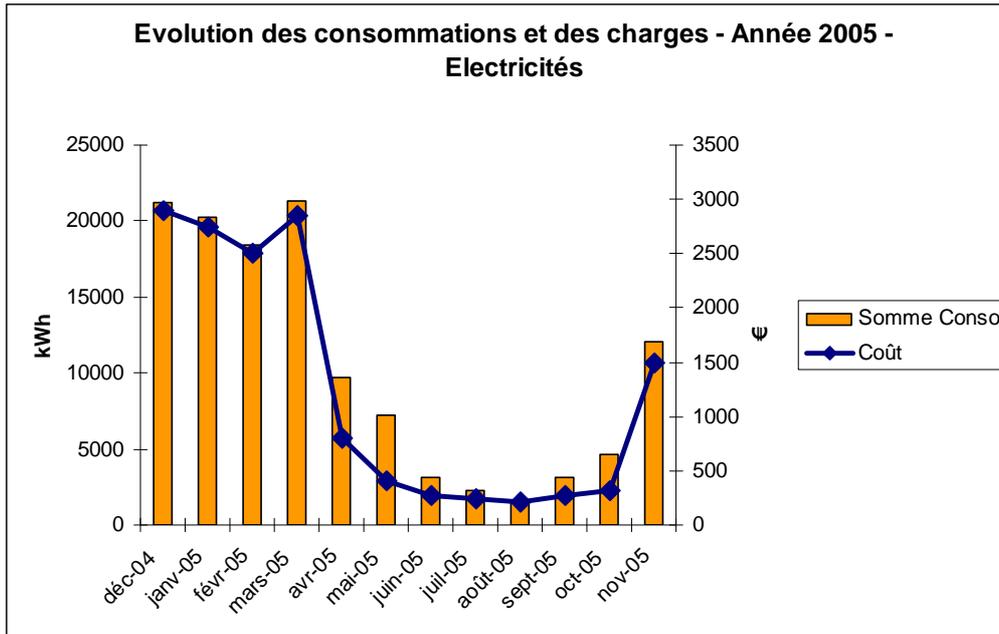


	2003	2004	2005
Consommations kWh	100414	127509	124877
Charges €	11617.96	14933.60	15012.33
Prix €/kWh	0.116	0.117	0.120

Nous remarquons une nette augmentation en 2004. Celle-ci se justifie par l'occupation du centre de loisir.

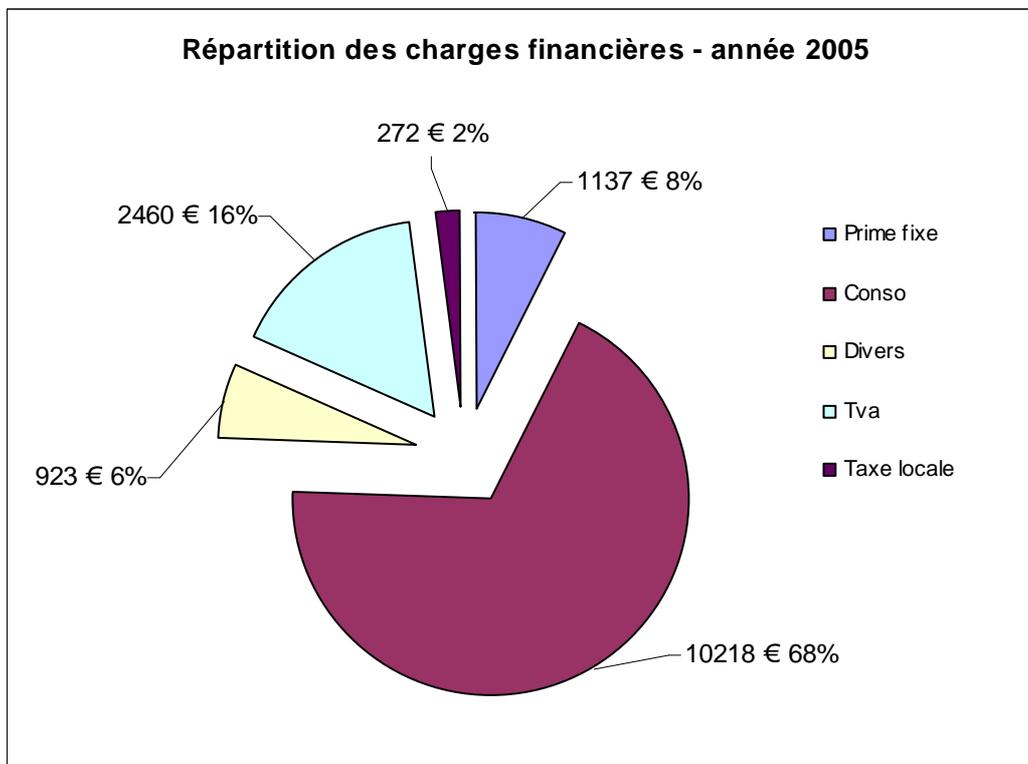
Le prix du kWh électrique augmente en 2005 d'environ 2.5 %.

Le graphique ci-dessous permet de visualiser la répartition mensuelle de la consommation durant l'année 2005 (de décembre 2004 à novembre 2005).



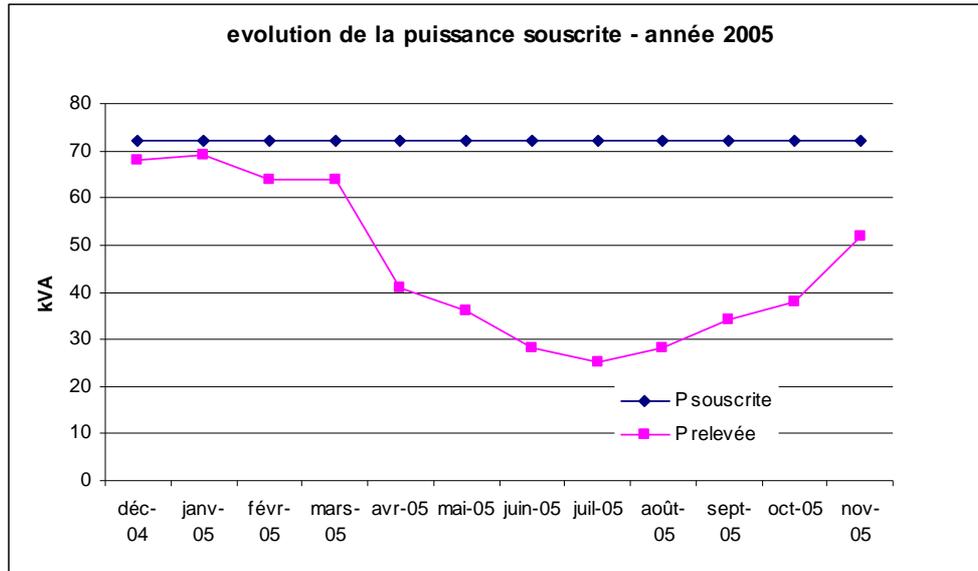
L'évolution suit évidemment la courbe des besoins de chauffage. Nous remarquons qu'en période estivale (mois de juillet et août) apparaît une faible consommation. Cela étant dû principalement à l'occupation du centre de loisir.

Le graphique ci-dessous détaille les charges énergétiques annuelles



Les consommations représentent 68 % de la facture. La prime fixe (abonnement) représente 8 %. La TVA et les taxes locales représentent 18 %.

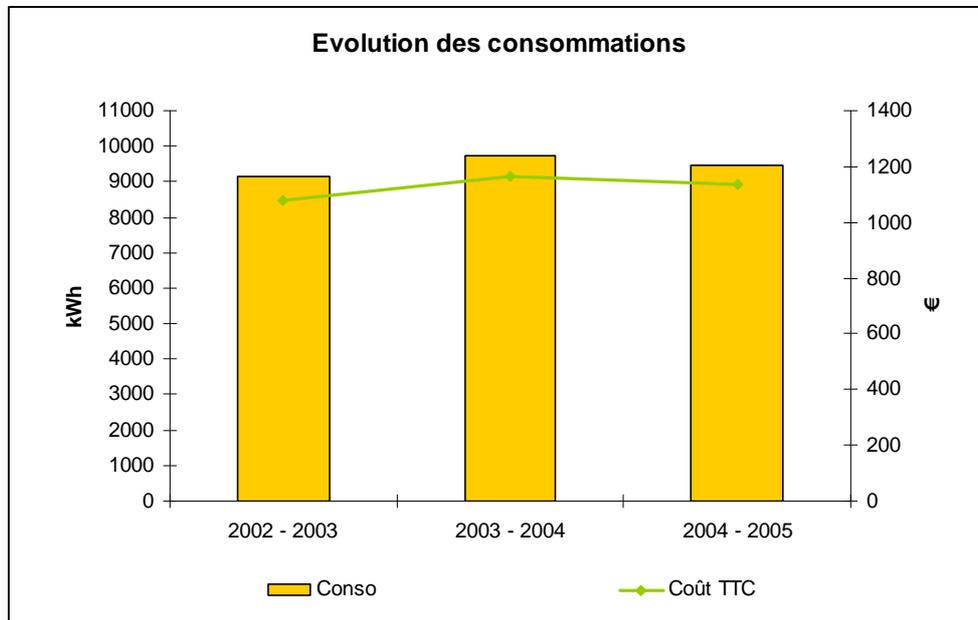
Les courbes présentées ci-dessous permettent de définir si la tarification est adaptée aux consommations.



Nous constatons que sur la période de 12 mois la puissance relevée ne dépasse pas la puissance souscrite. La puissance souscrite actuelle semble être bien adaptée. Nous ne pouvons conseillé de la diminuer au risque de certains dépassements principalement aux mois de décembre et janvier.

► **1.2.1.2 Facture électrique de l'école maternelle**

Le tarif appliqué est de type bleu simple tarif. La puissance souscrite est de 12 kVA.



	2002 - 2003	2003 - 2004	2004 - 2005
Consommations kWh	9137	9719	9451
Charges €	1079.46	1165.46	1137.39
Prix €/kWh	0.118	0.120	0.120

Pendant la deuxième saison, une augmentation des consommations de 6% est observée. Ensuite elle diminue légèrement.

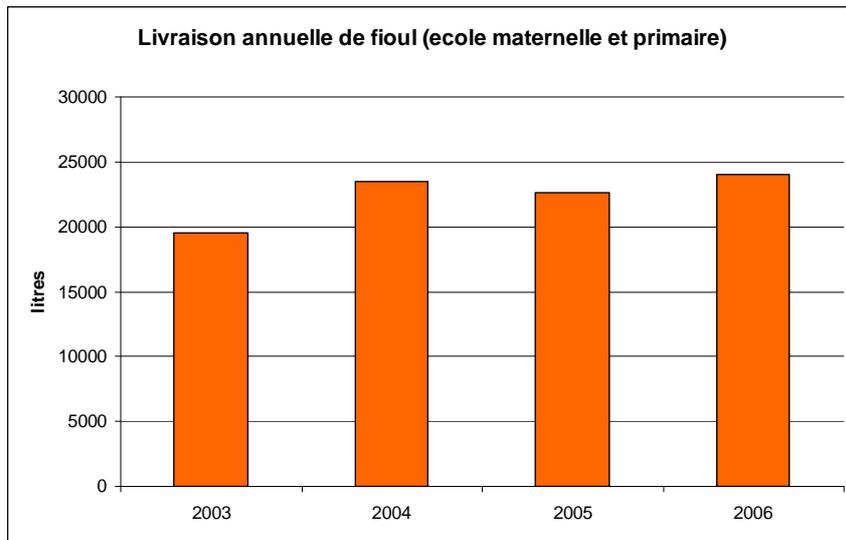
Le prix du kWh reste quasiment identique pendant des trois saisons. (env 0.120 € / kWh TTC).

L'abonnement représente en moyenne 146 € HT / an.

1.2.2 Analyse des factures fioul

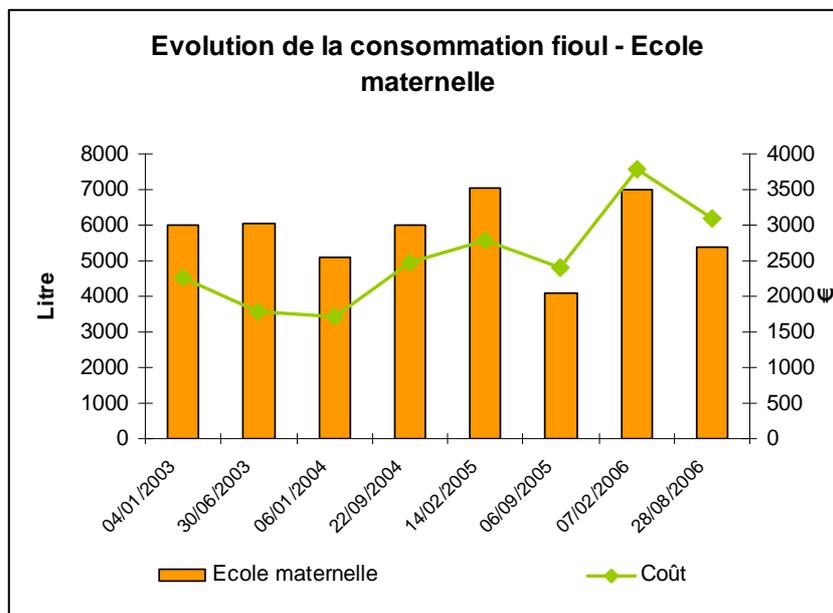
Afin de réaliser l'analyse des factures fioul, nous nous baserons sur les livraisons. Ce ne sont donc pas les consommations exactes mais cela permet d'établir un comparatif pour chaque année.

Le graphique ci-dessous présente les livraisons totales (école primaire et maternelle).



Nous remarquons une hausse en 2004. Depuis 2003, 2 livraisons sont effectuées par an. Par rapport à 2003, la livraison observée en 2006 a augmenté de 23 %.

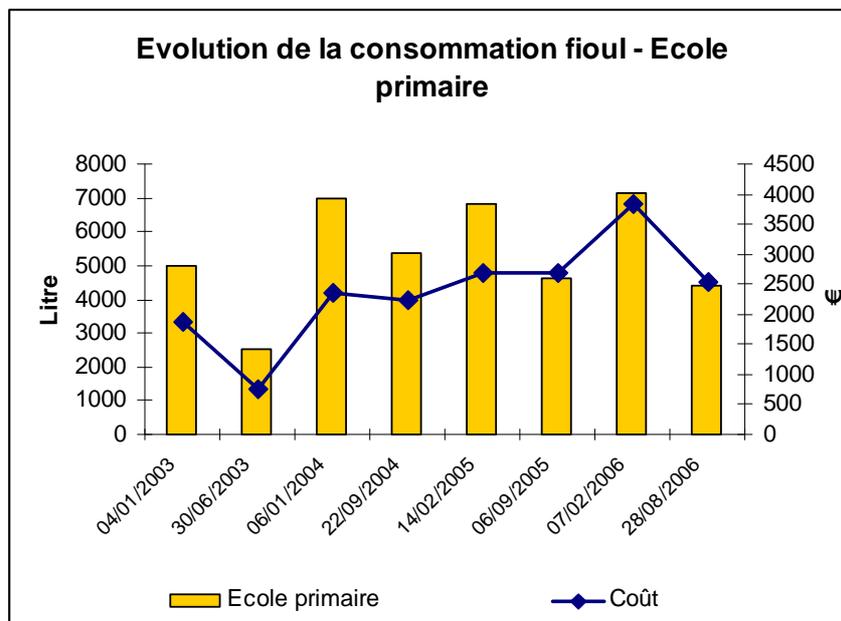
Le graphique ci-dessous présente l'évolution des livraisons fioul ainsi que des charges énergétiques de l'école maternelle.



Nous remarquons que les livraisons s'effectuent tous les 6 mois. Ces dernières sont complètement hétérogènes. Elles dépendent principalement des consommations énergétiques et de la quantité restante dans la cuve.

Au total, depuis trois ans et demi, 46684 litres de fioul ont été livrés correspondant à une facture de 20290 €.

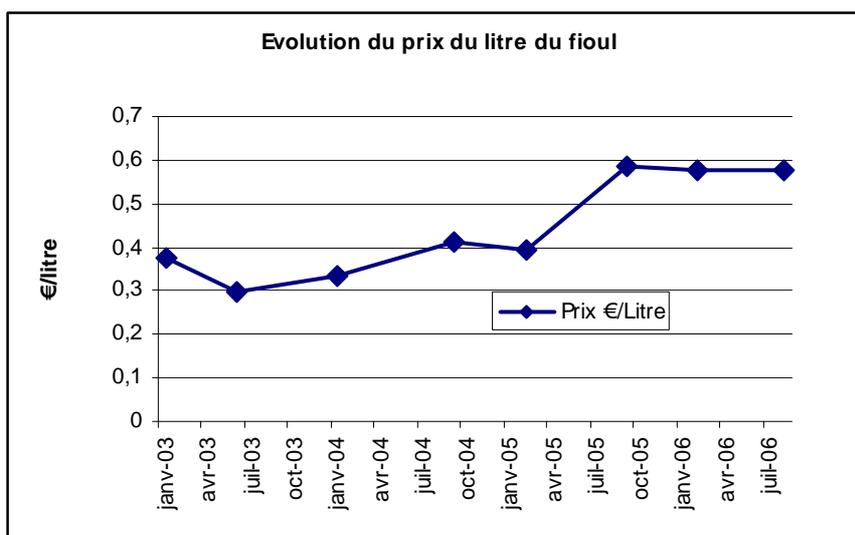
Le graphique ci-dessous présente l'évolution des livraisons fioul ainsi que des charges énergétiques de l'école primaire.



Les remarques sont identiques à celle établies pour l'école maternelle.

Au total 42898 litres de fioul ont été livrés soit 3786 litres de moins que sur l'école maternelle correspondant à une facture de 18976 €.

La courbe présentée ci-dessous indique l'évolution du prix du litre de fioul depuis janvier 2003.



Nous observons une nette augmentation du prix du litre du fioul. De avril 2003 à juillet 2006 le litre de fioul a augmenté de 93 % soit quasiment doublé. Le pouvoir calorifique du fioul est

de 10 kWh / Litre en moyenne. Au mois de juillet 2006, le prix du kWh fioul était de 0.0575 € soit 20 % de plus que le prix du gaz naturel.

Chapitre

2

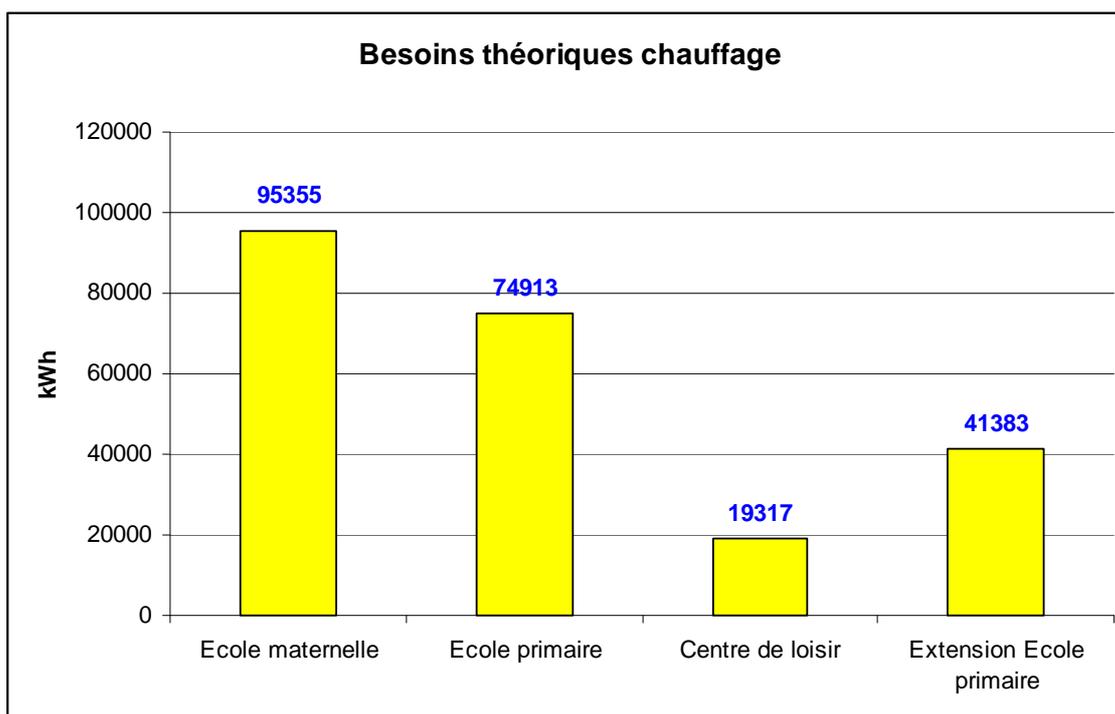
PRE-DIAGNOSTIC THERMIQUE ENVELOPPE THERMIQUE DES BATIMENTS

Afin de réaliser le pré diagnostic thermique, nous avons réalisé des simulations thermiques à l'aide du logiciel « PLEIADE ».

2.1 Consommations énergétiques théoriques (chauffage seulement)

Afin de procéder aux calculs théoriques, nous nous sommes appuyés sur les éléments relevés lors des visites de site (isolation, type de chaudière, régulation etc...) et sur les plans des bâtiments.

Ci-dessous l'histogramme représente les besoins théoriques de chauffage de chaque bâtiment.



Il est important de préciser que les consommations présentées ci-dessus ne tiennent pas compte ni du rendement de l'installation ni des pertes calorifiques par le réseau hydraulique.

Chaque bâtiment a fait l'objet d'une simulation thermique. Néanmoins nous n'avons pas étudié les deux logements. Nous avons cependant estimé à 15 000 kWh les besoins de chauffage de chaque logement. Ne possédant pas les plans, nous ne pouvions procéder à l'étude thermique.

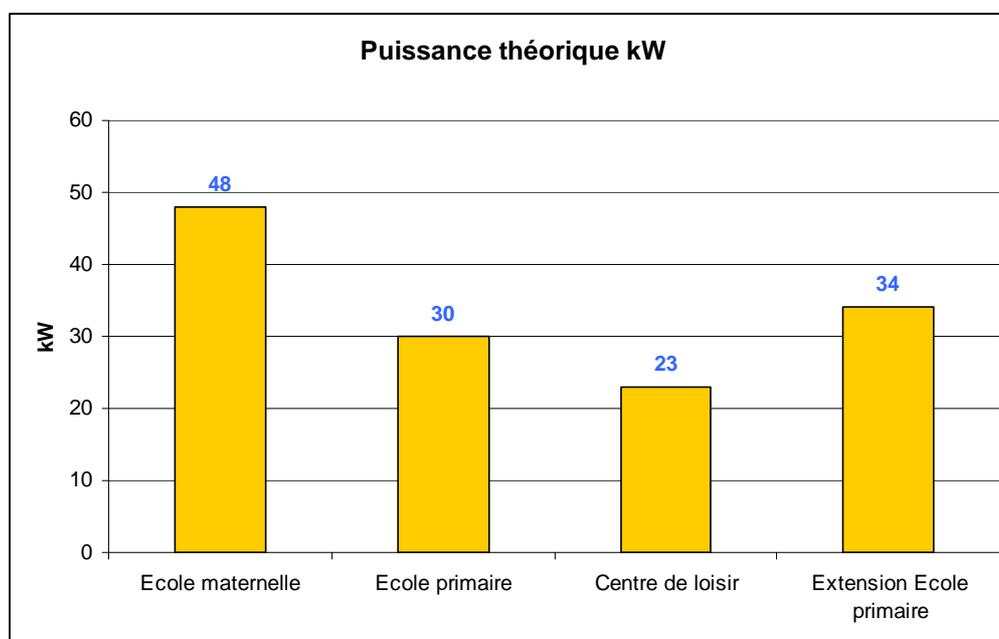
Au total les besoins de chauffage pour l'ensemble du site sont estimés à 261 000 kWh. (Incluant les deux logements)

	Ratios théoriques kWh/m ² /an	Ratios théoriques kWh/élèves/an
Ecole maternelle	160	1326
Ecole primaire	231	1153
Centre de loisir	69	637
Extension Ecole primaire + restaurant	72	322

Au regard des ratios, nous constatons une différence importante entre les bâtiments construits avant les premières réglementations thermiques et ceux après.

Nous apporterons des préconisations sur l'enveloppe du bâtiment essentiellement sur les bâtiments anciens.

Le graphique ci-dessous présente les puissances théoriques



Les puissances ci-dessus sont issues de calcul théorique. Nous ne prenons pas en compte le coefficient de sécurité qui majore la puissance. (Souvent compris entre 1.2 et 1.5).

La puissance de chauffage nécessaire aux deux logements est estimée à 15 kW par appartement.

Au total la puissance de chauffage de l'ensemble du groupe scolaire est estimée à 165 kW.

Les puissances actuelles sont importantes.

En effet la puissance de la chaudière qui assure les besoins de chauffage de l'école maternelle est de 135 kW. Dans l'optique où lors de la création de la chaufferie le bureau d'étude a pris un coefficient de sécurité de 1.5, la puissance nominale serait de 90 kW soit le double de la simulation théorique. (prendre en compte également les pertes par réseau).

2.2 Préconisations sur l'enveloppe du bâtiment

Nous avons réalisé des préconisations sur l'isolation pour l'école maternelle et la partie ancienne de l'école primaire.

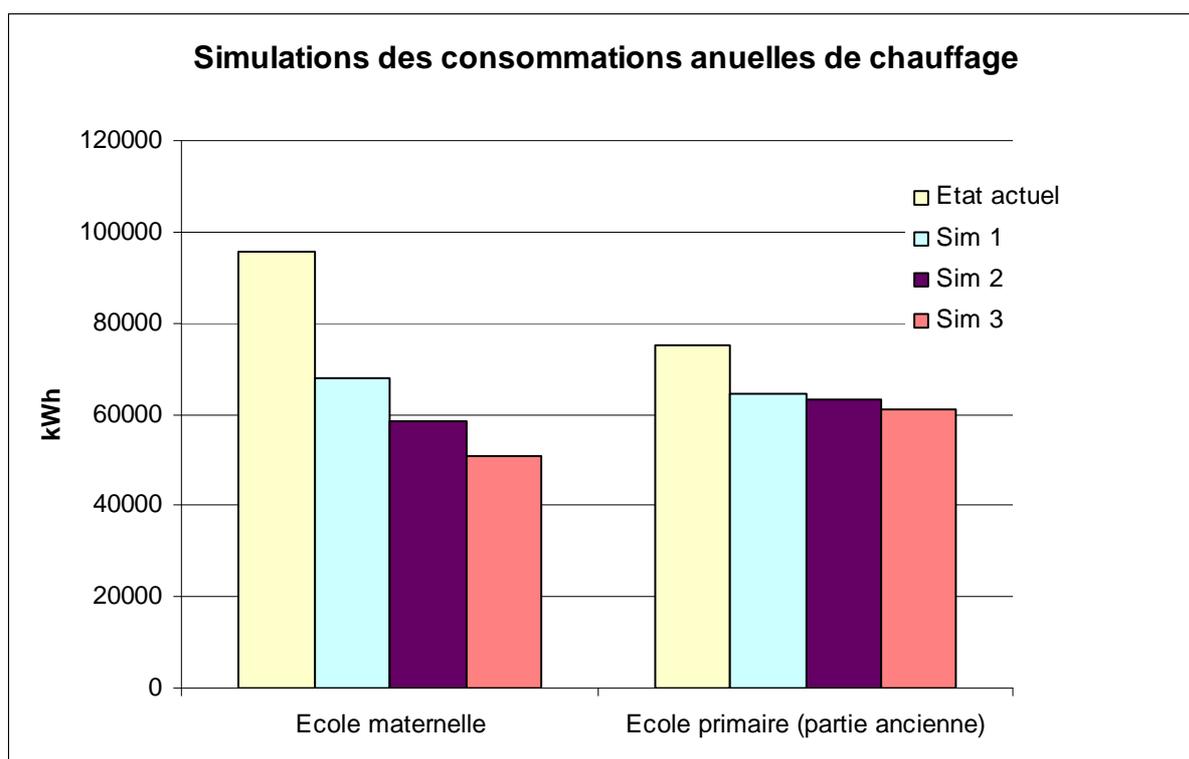
La construction du bâtiment date des années 60-70, il était donc pas soumis à la réglementation thermique.

La première réglementation date de 1974.

Le chapitre précédent montre que le niveau d'isolation thermique est insuffisant.

Nous avons réalisé trois simulations sur l'enveloppe du bâtiment.

- **Simulation 1** : Renforcement isolation haute par la mise en place de 20 cm de laine minérale ou équivalent
- **Simulation 2** : Simulation 1+ remplacement de menuiseries simple vitrage en double vitrage
- **Simulation 3** : Simulation 2 + isolation du mur nord (par l'extérieur).



Simulation 1 : Renforcement isolation haute

Il est important de préciser que les déperditions dans le bâtiment se font majoritairement par le haut (toiture, comble..).

Dans le calcul théorique nous avons pris comme hypothèse qu'une partie des toitures était isolée.

Cependant cette isolation semble vétuste, d'autant plus que depuis la construction du bâtiment, aucun travaux d'isolation haute n'a été entrepris.

Le hall de l'école maternelle a une hauteur sous plafond importante (jusqu'à 9 m). Il paraît important de renforcer l'isolation sous toiture afin de diminuer les charges énergétiques.

Concernant les autres parties, il est possible de renforcer l'isolation soit en créant un sous plafond, soit en déroulant un isolant ou en le clipsant sous le plafond des combles. A signaler que les bâtiments (école primaire et maternelle) sont constitués de toiture terrasse, il sera donc important de vérifier l'étanchéité de chaque toiture.

Plusieurs isolants peuvent être utilisés.

Les laines minérales sont reconnues pour leurs performances thermiques, mais se tassent dans le temps et par conséquent ont une durée de vie limitée (à renouveler tous les 20 ans). Le prix est largement plus bas que tous les autres types d'isolants. Cependant bien qu'à la base ce soit des minéraux, l'impact environnemental à la fabrication n'est pas anodin.

Les isolants à base d'hydrocarbure (polystyrène extrudé, mousse de polyuréthane...) présentent généralement une faible conductivité thermique, de ce fait il est possible de gagner en épaisseur. Cependant le prix est plus élevé et l'impact environnemental (notamment à la fabrication) est relativement important.

Des isolants à base « écologique » peuvent également être employés. La ouate de cellulose, le chanvre, le lin et d'autres proposent des performances intéressantes avec une mise en œuvre identique que celle des isolants traditionnels. Ces derniers se présentent en rouleaux, en vrac comme en panneaux. La ouate de cellulose (recyclage des journaux) est certainement l'isolant le plus abordable en terme de coût.

Les isolants minces à base d'aluminium, type airflex, souvent employés pour une isolation sous toiture, n'ont, à ce jour, aucune certification émanant du CSTB (Centre Scientifique Technique du Bâtiment). Les performances annoncées sont donc à considérer avec précaution. Ce type d'isolant peut être utilisé pour le confort d'été (performance contre le rayonnement solaire) mais demande à être couplé avec un autre isolant pour les performances en terme de conduction de chaleur. Le prix de ces isolants est généralement élevé et a, comme les isolants à base d'hydrocarbure, un fort impact sur l'environnement à la fabrication.

Le renforcement de l'isolation haute permettrait d'amener une économie estimée à 38404 kWh représentant une économie de 22 % sur les consommations actuelles théoriques.

(27711 kWh pour l'école maternelle soit 29 %, 10693 kWh pour l'école primaire soit 14 %).

Simulation 2 : (Sim 1 + double vitrage)

La mise en place de double vitrage est une action qui a déjà été entreprise par la commune. En effet certaines menuiseries ont été changées principalement sur l'école primaire.

Il serait judicieux de remplacer tous les simples vitrages par du double. Il est cependant important de préciser que l'économie engendrée par cette mise en œuvre n'est pas forcément importante, mais cela permet d'améliorer le confort thermique en supprimant les effets de parois froides.

Il existe plusieurs types de menuiseries. Cependant pour chaque menuiserie, nous préconisons une lame d'air de 12 mm.

Les menuiseries PVC sont généralement les moins coûteuses. Cependant compte tenu de l'épaisseur des dormant et des ouvrants, l'ensoleillement est moindre. De plus ce matériau n'est pas respectueux de l'environnement.

Les menuiseries en aluminium sont plus fines et plus chères. Pour ce type de menuiserie, il est recommandé de les prendre avec rupture de pont thermique permettant d'éviter les problèmes de condensations, fréquentes sur les menuiseries aluminium.

Les menuiseries bois présentent un coût se situant entre le PVC et l'aluminium. Les menuiseries bois sont plus écologiques si l'on évite les menuiseries d'origine « bois exotique ».

A titre d'information, pour améliorer l'isolation acoustique, notamment pour les façades en contact avec l'extérieur (cours d'école...), il serait judicieux d'opter pour des menuiseries avec une épaisseur de vitre extérieure plus épaisse. (Exemple 6-12-4)

Le vitrage mis en place a une importance également sur le confort d'été (cf chapitre 2.5).

La simulation 2, qui intègre les résultats de la simulation 1, permettrait de réaliser une économie annuelle estimée à 49034 kWh représentant 29 % de la consommation théorique actuelle.

(36837 kWh pour l'école maternelle soit 39 %, 12197 kWh pour l'école primaire soit 16 %).

Simulations 3 : (Sim 2 + isolation mur nord)

Les murs ne sont pas isolés. Cette mise en œuvre est délicate et amène dans la plupart des cas un investissement lourd.

Néanmoins, dans l'optique où la mairie souhaite procéder à un ravalement façade, il peut être envisagé une isolation par l'extérieur.

Nous avons réalisé une simulation du mur nord par l'extérieur pour chaque école.

Différentes solutions peuvent être envisagées.

Les bardages sont des revêtements posés sur une ossature fixée au mur. Sous un bardage l'isolant est collé au mur ou fixé à l'aide d'attaches métalliques ou plastiques ancrées dans le mur.

Les enduits sur isolant viennent d'une technique allemande qui consistait à poser l'enduit sur une fine couche de polystyrène. D'autres isolant (plus épais) peuvent être utilisés.

Les vêtements et vêtements sont des produits industriels associant isolant et revêtement.

La simulation 3, intégrant les résultats des simulations 1 et 2, permettrait de réaliser une économie annuelle estimée à 59094 kWh représentant 35 % de la consommation théorique actuelle.

(44897 kWh pour l'école maternelle soit 47 %, 14197 kWh pour l'école primaire soit 19 %).

2.3 Préconisations sur la régulation thermique des bâtiments

La régulation devient intéressante et apporte toute son efficacité lorsque le bâtiment présente une isolation thermique correcte.

Il est donc important de procéder aux travaux préconisés ci-dessus avant de mettre en place un bon système de régulation.

Actuellement la régulation est assurée par une sonde thermique extérieure et intérieure. Le réglage de l'installation est effectué par l'exploitant de chauffage.

A ce jour il n'y a pas la possibilité de réguler intérieurement les bâtiments. (Exemple : la température ambiante des parties communes pourrait être de 16 °C, la température ambiante des classes pourrait être de 19 °C).

Parmi les fonctions de gestion de l'énergie, la programmation du chauffage et de la ventilation doit faire l'objet d'une attention particulière.

Se référant à la réglementation, un programme central du chauffage doit assurer l'enchaînement journalier des séquences suivantes.

- En période d'occupation, chauffage normal : maintien de la température de confort sous le contrôle au minimum d'un régulateur modulant le chauffage en fonction de la température extérieure.
- A la fin de la période d'occupation, arrêt complet du chauffage : nécessaire pour obtenir une baisse aussi rapide que possible de la température, entraînant des économies importantes.
- Contrôle éventuel du hors gel : le chauffage est remis en fonctionnement pour maintenir la température intérieure au dessus d'une valeur limite.
- Avant le début de la période d'occupation, remise du bâtiment en température.

Cette gestion n'est pas permise actuellement à cause de la très mauvaise inertie du bâtiment.

L'installation d'une programmation centrale (type GTB / GTC) est intéressante mais cela demanderait de mettre en place des câbles reliant les actionneurs, les capteurs et l'unité de gestion.

Il serait judicieux de commencer par installer des robinets thermostatiques sur la plupart des radiateurs. Afin d'éviter toutes manipulations maladroites il est possible d'équiper les robinets thermostatiques de cache (protection).

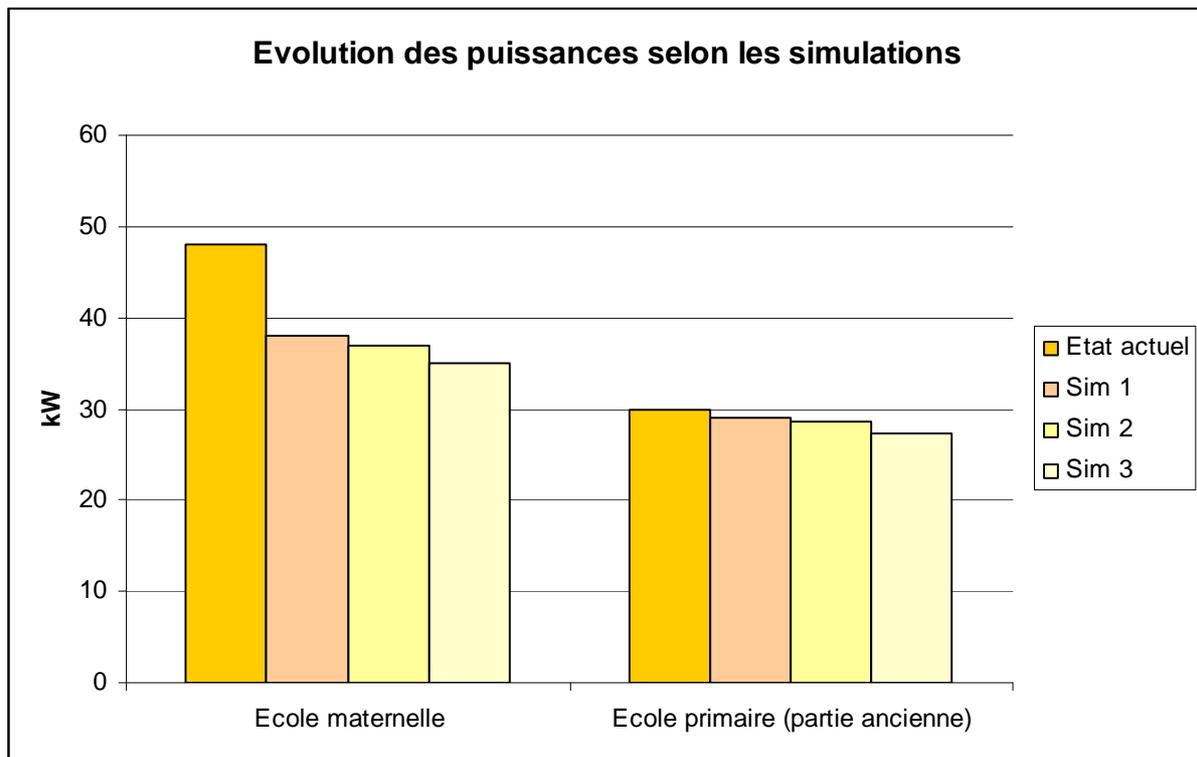
Pour cela nous conseillons la mise en place d'une programmation locale des robinets thermostatiques ou des thermostats.

Cela permet de programmer indépendamment certains locaux sans nécessiter la séparation des circuits hydrauliques.

Il est possible de plafonner les robinets à une température (Exemple : 21 °C).

Ci-dessous un histogramme indiquant l'économie engendrée par la mise en place d'un système de régulation interne.

2.4 Evolution de la puissance des chaudières suivant les simulations



Comme dit auparavant la différence des puissances réelles par rapport aux puissances théoriques est importante. Cependant il est nécessaire d'indiquer l'évolution de la puissance en fonction de l'amélioration du bâtiment.

Au terme des préconisations, la puissance de chauffage peut être réduite notamment concernant l'école maternelle.

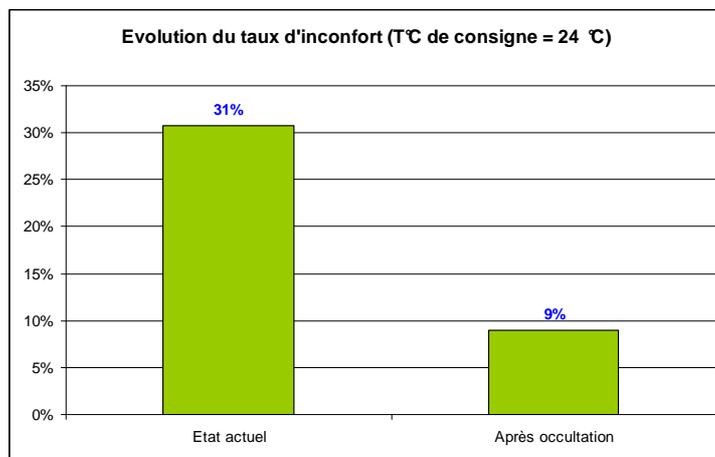
2.5 Confort d'été

Le confort d'été est souvent un élément que l'on ne prend pas en considération. Il est vrai que pour les bâtiments scolaires, le taux d'occupation est nul en période estivale (juillet et août). Cependant les chaleurs commencent à être importantes au mois de juin.

A noter que le centre de loisir est occupé un mois d'été et que les écoles ferment seulement la 2ème semaine de juillet. (Semaine de 4 jours)

L'isolation thermique, l'inertie, les occultations sont des techniques intéressantes pour réduire les surchauffes en période estivale. Le centre de loisir étant occupé en période estivale, nous avons calculé le taux d'inconfort sur l'année dû à des surchauffes. Nous avons pris comme température de consigne maximale 24 °C.

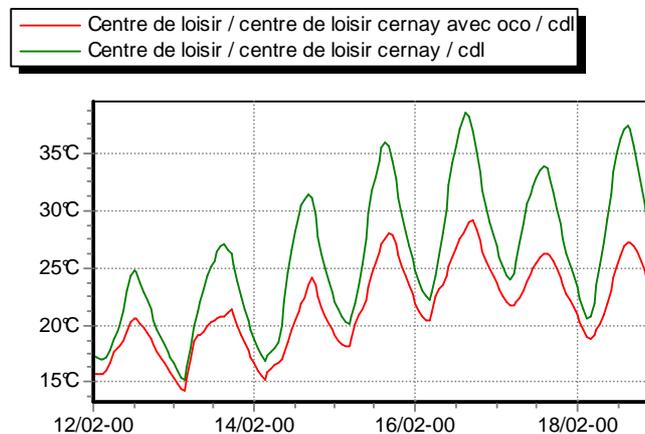
Le graphique ci-dessous compare le taux d'inconfort en l'état actuel et après la mise en place de store à l'extérieur.



Nous constatons une nette diminution, lorsque les baies vitrées sont occultées. Il est important de préciser que cette mise en œuvre a son importance seulement si l'occultation (store, volet etc...) est installée à l'extérieur.

Avec une protection intérieure, comme des rideaux, le rayonnement solaire est peu réfléchi vers l'extérieur. La plus grande partie du rayonnement participe alors aux apports de chaleur dans la pièce.

Les courbes présentées ci-dessous indique la différence de température avec/sans occultation.



Il s'agit de la semaine la plus chaude. (Observée en début juillet). Avec la mise en œuvre de stores à l'extérieur, la température au sein du centre de loisir ne dépasse pas 29 °C.

2.6 Analyse technico-économique des simulations sur l'enveloppe du bâtiment

Pour réaliser cette analyse nous nous sommes appuyés sur des coûts moyens de la construction.

Bases de calculs (1)

Travaux	Nbr	Prix unité	TOTAL TTC
Isolation haute du hall	280 m ²	60	16800
Isolation haute des combles	227 m ²	50	11350
Remplacement du Simple Vitrage en Double Vitrage	18 Fenêtres	1000	18000
	3 Portes fenêtres	1400	4200
Isolation mur nord (2)	102 m ²	60	6120

(1) Ceci est une estimation, de façon à fiabiliser l'investissement il est recommandé de se référer à des devis d'installateurs.

(2) Nous prenons en compte l'isolation des murs en contact avec la chaudière dans l'optique où celle-ci ne dégage pas de chaleur.

L'investissement total est estimé à 56 470 €.

Le tableau ci-dessous indique le montage financier en fonction des différentes simulations présentées ci-dessus. Les coûts sont calculés en TTC. *Hypothèses de calcul :*

- Taux d'emprunt : 4 %
- Durée d'emprunt : 20 ans
- Prix énergie fioul : 0.58 € / litre
- Gramme CO₂ / kWh fioul : 296 g CO₂/kWh fioul

	SIM 1	SIM 2	SIM 3
Investissement (€)	28150	50350	56470
Montant Emprunt (€)	28150	50350	56470
durée	20	20	20
taux	4%	4%	4%
Annuité d'emprunt	2071	3705	4155
Economie/an (kWh)	38404	49034	59094
Economie/an (€)	2227	2844	3427
Charges énergétiques (€)	7648	7032	6448
tonnes CO ₂ évitées	11	15	17
Coût global	9719	10736	10603
Tps de retour (ans)	19	26	24

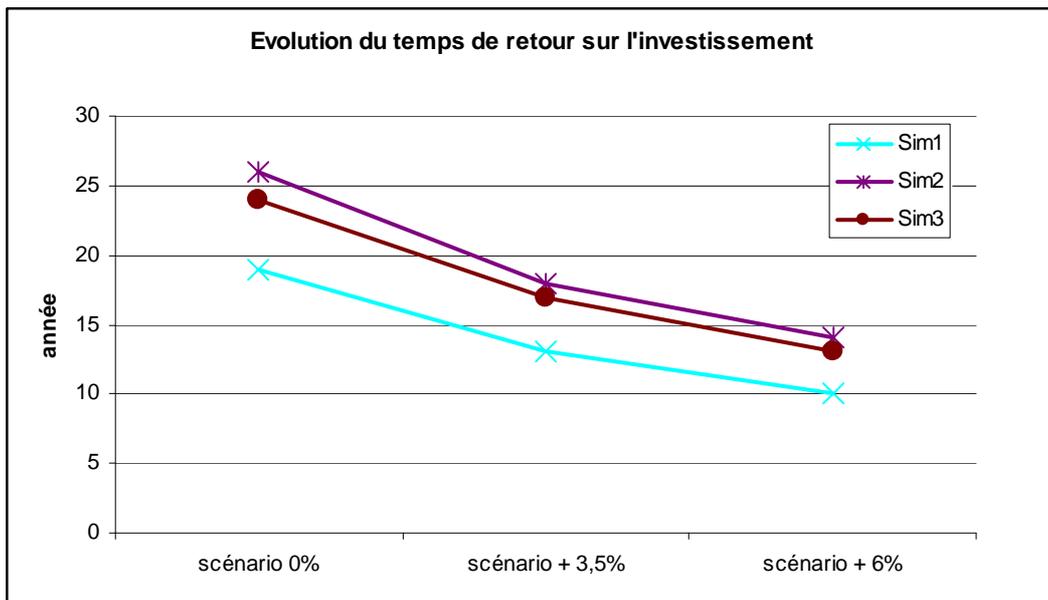
Nous constatons que l'économie engendrée par les différentes simulations amène un temps de retour sur l'investissement proche de 20 ans. Il est néanmoins important de rappeler que ces résultats sont issus d'estimations. Il est important de procéder à la consultation des entreprises qualifiées pour établir un devis.

Afin de se rapprocher de la réalité, il nous semblait intéressant d'intégrer l'évolution du prix de l'énergie. Lorsque nous observons l'évolution du prix du fioul sur les trois dernières années, le prix du litre a augmenté de 50 %.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution du temps de retour sur l'investissement de chaque simulation.

Nous avons réalisé trois scénarios :

- augmentation nulle (cf tableau précédent)
- augmentation de 3.5%
- augmentation de 6%



Nous constatons que le temps de retour sur l'investissement est inférieur à 20 ans pour toutes les simulations dès lors que nous intégrons une évolution du prix du litre de fioul.

L'augmentation de 3.5 % semble être le scénario le plus réaliste.

Chapitre

3

PRE-DIAGNOSTIC THERMIQUE ETUDE DES DIFFERENTES SOURCES D'ENERGIES

3.1 - Contexte

L'objet de ce chapitre est d'étudier les différentes solutions de chauffage afin d'assurer les besoins du groupe scolaire.

Pour l'estimation des charges énergétiques, nous nous sommes appuyés sur les estimations des consommations énergétiques issues des simulations présentées ci-dessus. (Consommation théorique)

Bien entendu, et cela pour rester dans la logique de la démarche NegaWatt, il est recommandé de procéder aux travaux préconisés ci-dessus (enveloppe du bâtiment) avant de passer aux travaux de chaufferies.

Actuellement deux chaufferies assurent les besoins de chauffage de la partie ancienne du groupe scolaire. L'une assure les besoins de l'école maternelle et du logement, l'autre assure les besoins de l'école primaire et du logement situé au dessus.



L'extension de l'école primaire et le centre de loisir sont assurés par du chauffage électrique (mélange de convecteurs anciens et récents)

Au sein de ce chapitre nous n'allons étudier ni une solution de chauffage électrique, ni une solution fonctionnant au fioul.



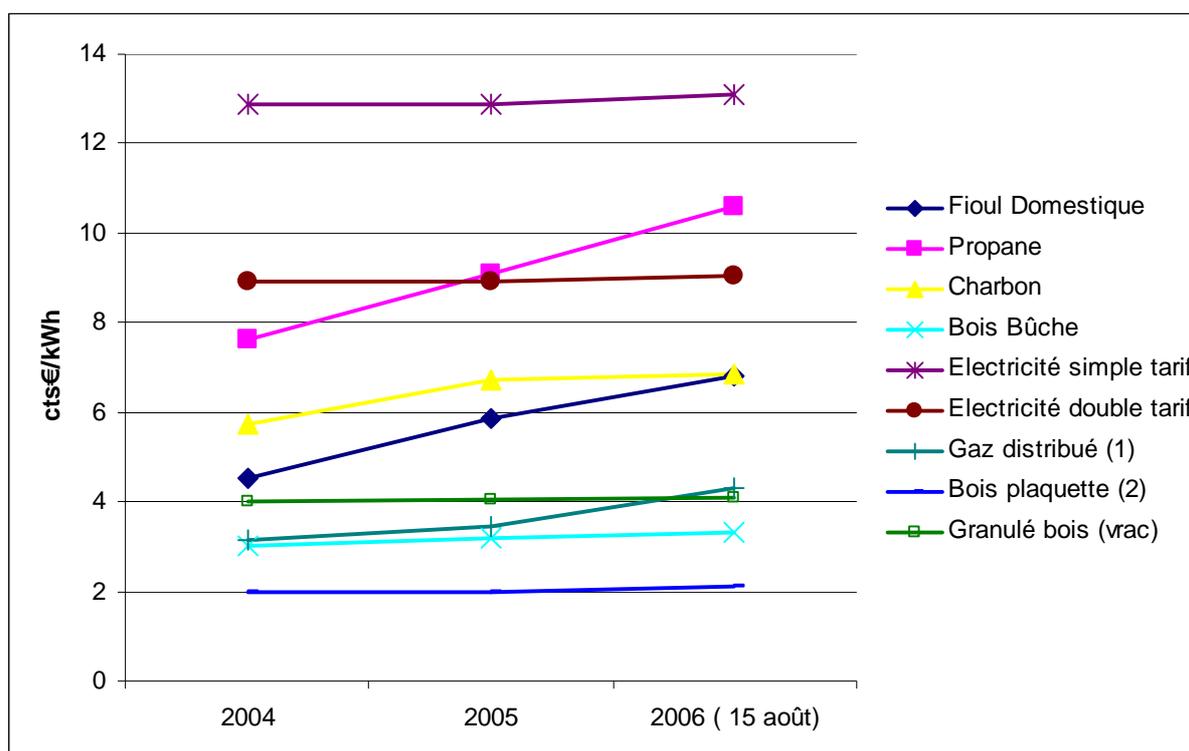
Après réflexion et entretien avec la mairie de Cernay la ville, la mise en place d'une chaudière bois à plaquettes d'élagages semble délicate. L'implantation et l'accessibilité demanderaient des travaux de génie civil trop important et empiéterait, à priori, sur le terrain de sport.

Quatre solutions sont envisageables :

- Mise en place d'une chaudière gaz de ville ou changement de brûleur pour assurer les besoins de chauffage des parties anciennes

- Mise en place d'une chaufferie gaz assurant les besoins de l'école primaire et du centre de loisir.
- Mise en place d'une chaudière gaz permettant d'assurer la totalité des besoins (groupe scolaire)
- Mise en place d'une chaudière fonctionnant au granulé de bois permettant d'assurer les besoins de chauffage de l'école maternelle et du logement.

Pour information, ci-dessous, le graphique présente l'évolution du prix de l'énergie depuis 2003. Le tarif est exprimé en €/kWh.



Il n'est pas pris en compte ni les prix des abonnements GDF et EDF, ni les prix induits par l'entretien du système de chauffage.

Au sujet du granulé de bois, nous avons pris un transport de 40 km. Nous constatons qu'à ce jour le prix du granulé est légèrement inférieur à celui du gaz. Au regard de l'évolution du prix des énergies, nous pouvons envisager une hausse rapide du gaz naturel.

Le gaz de ville reste à ce jour l'énergie fossile la plus intéressante en terme économique et environnemental.

L'entreprise GDF a déjà proposé à la commune de Cernay la ville, un raccordement au réseau gaz avec la mise en place d'une chaudière.

3.2 – Chauffage gaz de ville

La combustion du gaz dégage moins de polluants que la combustion du fioul. Le prix du gaz, malgré son inflation récente, reste cependant bon marché par rapport à ses concurrents (énergie fossile et fissile).

Les brûleurs gaz sont performants. Il existe des chaudières à haut rendement et des chaudières à condensation (récupération de la chaleur fournie par la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les fumées).

Les chaudières à condensation sont les plus intéressantes mais sont plus adaptées dans le cas d'un chauffage basse température.

Actuellement ce n'est pas le cas, cette modification engendrerait des coûts importants (changements de radiateurs,...).

Le gaz permettrait d'assurer les besoins pour l'eau chaude, le chauffage et la cantine contrairement au fioul.

L'investissement semble abordable compte tenu qu'il faudrait remplacer seulement le brûleur pour l'école primaire et installer une nouvelle chaudière pour l'école maternelle, et ceci dans l'optique où la mairie souhaite préserver la distribution actuelle.

Dans notre analyse technico économique nous ne prendrons pas en compte le coût relatif au raccordement au réseau gaz de ville.

Il semblerait, en effet, que le réseau passe dans la rue qui longe le groupe scolaire.

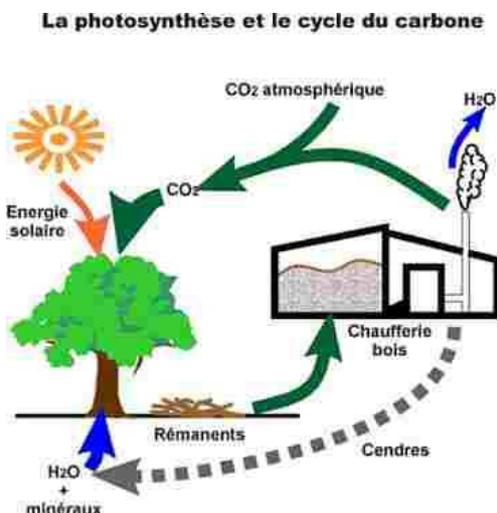
Dès lors que la distance entre le point de raccordement et le réseau est inférieure à 36 mètres, le groupe GDF prend en charge le raccordement. Au-delà, une étude de pré faisabilité est réalisée pour estimer l'intérêt économique du raccordement réseau.

Il est cependant conseillé de solliciter la société « GDF » pour confirmer cette règle.

3.3 – Chauffage au granulé de bois

Le granulé de bois émane d'une compression de la sciure. L'humidité ne dépasse pas 10 % et le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est au minimum équivalent à 4.7 kWh/kg, soit 2 à 3 fois plus importants que la stère de bois.

Le granulé de bois est une source d'énergie renouvelable.

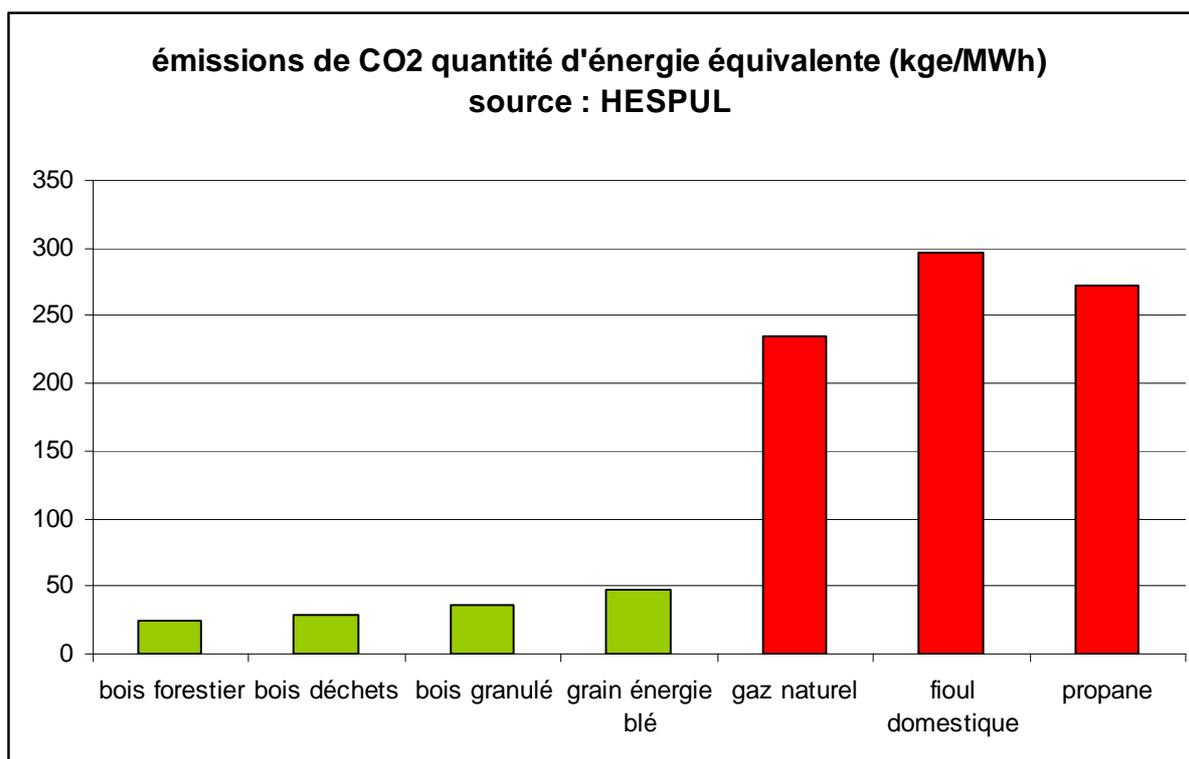


Il paraît important de présenter un bilan environnemental en tenant compte des consommations d'énergies liées à la fabrication du combustible.

Produire du granulé nécessite de collecter et transporter la sciure des scieries, de la sécher (fioul, gaz ou bois) et de l'extruder (électricité). La partie séchage peut faire varier de façon importante les émissions de CO₂ selon l'énergie utilisée.

L'association Hespul a réalisé une étude intitulée « Valorisation de la biomasse céréalière au travers des bioénergies – étude comparative sur l'intérêt de la biomasse céréalière comme bio combustible ».

A noter que les grosses unités sèchent toutes leurs sciures au bois, donc ont des émissions plus faibles à la tonne.



Ci-dessus le graphique émanant des calculs réalisés par l'association Hespul sur la quantité de CO₂ dégagée par la quantité d'énergie.

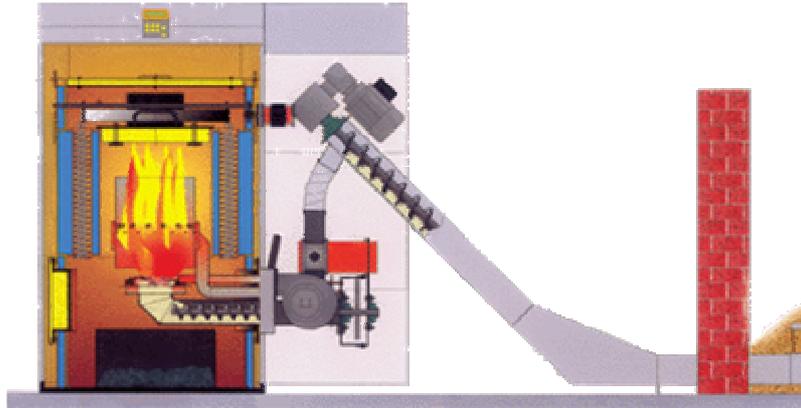
Nous constatons deux familles. La famille des énergies renouvelables (représentée en vert) et la famille des combustibles fossiles (représentée en rouge).

Le bois granulé dégage 36 kgCO₂/MWh. Ceci en prenant en compte un process fioul et un process bois pour le séchage.

La valeur induite par le gaz naturel (issue du bilan carbone de Manicore pour l'ADEME) est de 3329 kgCO₂/tcombustible soit 235 kgCO₂/MWh.

Il y a donc un rapport de 6.5 entre le gaz naturel et le granulé. Nous prendrons ces valeurs pour établir le bilan environnemental.

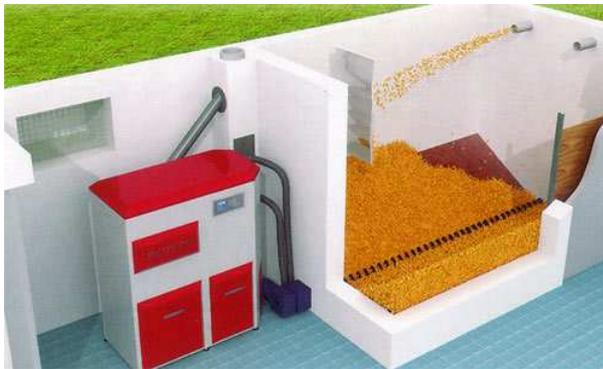
Ci-dessous le schéma présente succinctement le fonctionnement d'une chaudière automatique à bois.



Le silo stocke le granulés de bois, une vis sans fin permet d'assurer le convoyage entre le silo et le foyer de combustion.

L'extracteur est pour la plupart équipé d'une vis sans fin. Cependant il existe une autre solution, l'extracteur composé d'une turbine (système d'aspiration).

Il existe plusieurs solutions pour la mise en œuvre du silo. Ci-dessous quelques schémas présentant les diverses configurations.



Extraction par système de vis sans fin

Cette solution est idéale pour les zones de stockages rectangulaires avec dessilage frontal. Cela garantit le vidage complet de la zone de stockage.



Extraction par silo géotextile

L'utilisation de ce type de silo permet d'éviter tous les aménagements (réduction du coût du génie civil). Néanmoins la capacité du volume de stockage est limitée.



Extraction par sonde d'aspiration

Ce système d'extraction permet de transporter le granulé de bois par une simple aspiration. Ils sont acheminés directement dans le réservoir de la chaudière. Il peut y avoir au maximum une distance de 20 mètres entre le silo et la chaudière.

Source = société Biotech « le chauffage à granulé »



La livraison de granulé en vrac se fait par l'intermédiaire d'un camion citerne compartimenté, équipé d'un souffleur et de tubes souples allant de 20 à 40 mètres. Via cette méthode, le chargement du combustible est facilité.

Source = image « Breizh eco granulé de bois »

3.4 – Analyse technico économique

Nous avons donc étudié trois scénarios.

Scénario 1 : Etude de la source d'énergie pour l'école maternelle

Scénario 2 : Etude de la source d'énergie pour l'école primaire et le centre de loisir

Scénario 3 : Etude de la source d'énergie pour l'ensemble du groupe scolaire

3.4.1 Scénario 1 « Ecole Maternelle »

Nous avons réalisé trois simulations

Simulation A : Configuration actuelle (renouvellement de la chaudière fioul)

Simulation B : Mise en place d'une chaudière gaz de ville

Simulation C : Mise en place d'une chaufferie à granulé de bois

A signaler que nous intégrons les consommations et la puissance propre au logement.

Afin de réaliser l'analyse technico économique nous prenons les consommations énergétiques suite à la simulation 2.

	Ecole maternelle	Logement	Total
Besoins (kWh)	59000	15000	74000
Puissance (kW)	37	15	52

Les besoins énergétiques totaux sont estimés à 74000 kWh avec une puissance de chauffage de 52 kW.

Nous prendrons un coefficient de sécurité de 30 % pour la puissance.

La puissance nécessaire est de 70 kW après amélioration de l'enveloppe thermique.

	Rendement chaufferie	Prix cts€/kWh (août 2006)	gCO2/kWh
Fioul	90 %	5.82	296
Gaz naturel (haut rendement)	98 %	4.31	235
Granulé de bois	89 %	4.1	36

A noter que le prix du fioul correspond à celui pratiqué sur la commune de Cernay la ville.

Le tableau ci-dessous détaille l'analyse technico économique.

	SIM A	SIM B	SIM C
Chaudière, équipements et pose €	12000	14000	30000
Genie civil €	0	0	3000
TOTAL €	12000	14000	33000
Aide ADEME € (20 %)	0	0	4200
Aide Conseil Régional € (30 %)	0	0	9900
Montant emprunt €	12000	14000	18900
Taux d'emprunt	4%	4%	4%
Nombres d'années	20	20	20
Annuités d'emprunt €	883	1030	1391
Coût d'exploitation			
Coût énergie/an	4769	3254	3409
Entretien provision maintenance €	200	200	350
Total charges d'exploitations €	4969	3454	3759
Coût global annuel €	5852	4485	5150
Tonnes de CO2 rejetées dans l'atmosphère	24	18	3
Temps de retour sur l'investissement par rapport à l'état actuel			
		2	8

Nous préconisons, dans un premier temps, la mise en place d'une seule chaudière assurant les besoins de l'école et du logement. Il est possible de mettre en place un compteur calorifique pour chaque usage.

En prenant en compte les hypothèses ci-dessus, la simulation B avec la mise en place d'une chaudière gaz à haut rendement paraît être la solution la plus intéressante économiquement, avec un coût global de 4485 €.

En terme d'impact environnemental, la solution bois granulé est évidemment la plus intéressante. Elle permet d'économiser près de 21 tonnes de CO2 par rapport à la solution fioul et 15 tonnes par rapport à la solution gaz.

Il semble néanmoins intéressant d'intégrer dans l'analyse technico économique l'évolution du prix de l'énergie.

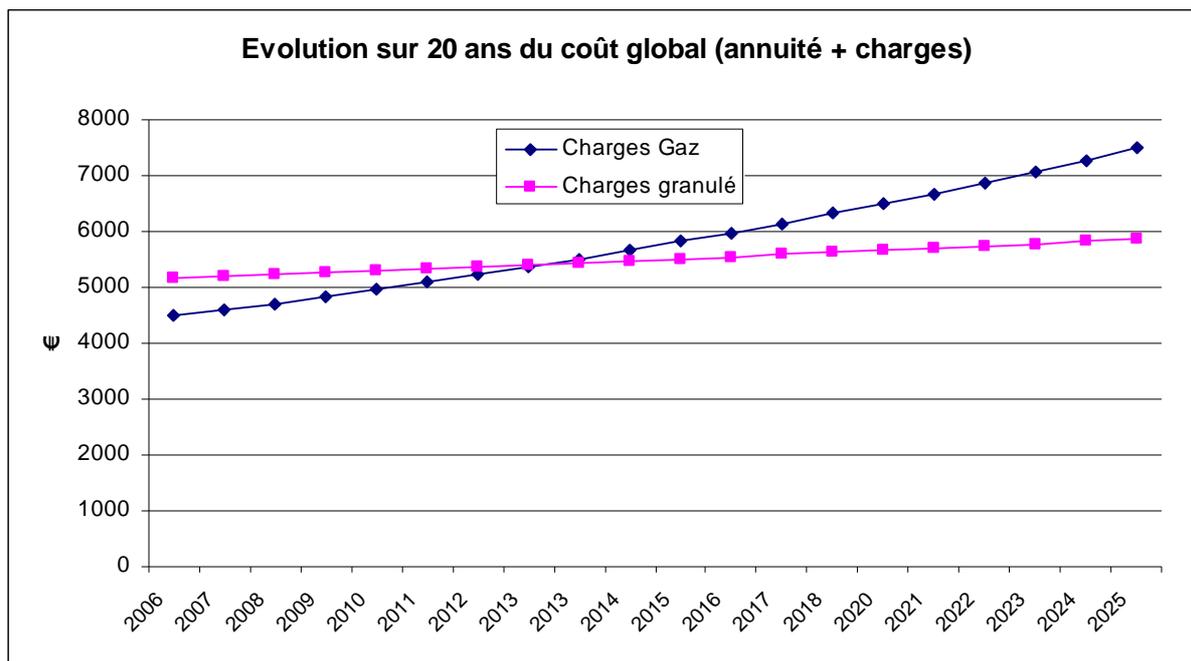
Le gaz, comme le fioul, est une énergie fossile et depuis maintenant 4 ans augmente chaque année. **Selon la DGEMP (Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières) le gaz naturel a augmenté de 37 % en deux ans.**

Pendant ce même temps, le granulé de bois augmenté seulement de 2 %.

Nous avons souhaité par conséquent intégrer une évolution modérée mais constante.

Simulation = Augmentation du gaz de 3.5 % par an et 1 % pour le granulé.

Le graphique ci-dessous présente l'évolution du coût global en intégrant l'évolution du prix de l'énergie.



Lorsque nous cumulons le coût global sur 20 ans, les charges induites par le gaz sont de 116600 €, les charges pour le granulé sont de 110000 € soit une économie de 6600 €.

3.4.2. Scénario 2 « Ecole primaire & Centre de loisir »

Il semble difficile d'intégrer une chaudière granulé pour l'école primaire. Néanmoins il serait éventuellement possible de l'installer en sous sol (à côté de la chaufferie actuelle). L'étude de la mise en place d'une chaufferie à granulés pourra faire l'objet prochainement d'une étude.

La chaudière fioul vient d'être renouvelée.

Simulation D = Configuration actuelle (Chauffage fioul pour les parties anciennes et chauffage électrique pour les parties récentes)

Simulation E = Chauffage gaz de ville en lieu et place de la chaudière fioul

Simulation F = Chauffage gaz pour l'ensemble (école primaire entière + centre de loisir)

Nous intégrons le logement situé au dessus de l'école primaire.

	Ecole primaire	Logement	Extension école primaire	Centre de loisir	Total
Besoins (kWh)	62716	15000	41383	19317	138416
Puissance (kW)	28	15	23	34	100

Nous intégrons la simulation 2 sur l'enveloppe du bâtiment (isolation haute et double vitrage). Au total les besoins énergétiques sont de 138416 kWh et la puissance est de 100 kW. Nous prendrons un coefficient de sécurité de 30 % pour la puissance calorifique.

	Rendement chaufferie	Prix cts€/kWh (août 2006)	gCO2/kWh
Fioul	90 %	6.82	296
Gaz naturel (haut rendement)	98 %	4.31	235
Electrique	100 %	9.06	180

Le tableau ci-dessous détaille l'analyse technico économique.

	SIM D	SIM E	SIM F
Chaudière, équipements et pose €	0	6000	45000
Genie civil €	0	0	0
TOTAL €	0	6000	45000
Aide ADEME € (20 %)	0	0	0
Aide Conseil Régional € (30 %)	0	0	0
Montant emprunt €	0	6000	45000
Taux d'emprunt	0%	4%	4%
Nombres d'années	0	20	20
Annuités d'emprunt €	0	441	3311
Coût énergétique			
Coût énergie/an	10484	8893	6087
Entretien provision maintenance €	200	250	300
Total charges d'exploitations €	10684	9143	6387
Coût global annuel €	10684	9585	9699
Tonnes de CO2 rejetées dans l'atmosphère	36	30	33
Temps de retour sur l'investissement par rapport à l'état actuel			
		8	15

Nous constatons que la simulation E est la plus intéressante économiquement et environnementalement. Ceci en prenant le prix du kWh observé en 2006.

Néanmoins il paraît emportant d'établir des devis afin de fiabiliser l'investissement. La simulation 3 implique, en effet le changement du réseau de chaleur. Actuellement l'extension et le centre de loisir sont chauffés à l'électrique. Il faudrait donc procéder à la dépose des convecteurs et mettre en place des radiateurs à eau chaude, modifier le réseau hydraulique et mettre en place éventuellement deux chaudières en cascade pour éviter le fonctionnement en bas régime.

Les consommations pourraient être dissociées par la mise en place de compteur calorifique.

A noter toutefois que la différence du coût global (annuité + charges) est minime entre la simulation 2 et la simulation 3.

3.4.3 Scénario 3 « Ensemble du groupe scolaire »

L'objectif de cette simulation est d'étudier la mise en place d'une chaufferie gaz permettant de desservir chaque bâtiment (école maternelle, école primaire et centre de loisir).

Nous avons souhaité étudier trois simulations :

Simulation G = Configuration actuelle

Simulation H = Mise en place d'une chaufferie à granulé pour l'école maternelle et un brûleur gaz en lieu et place du brûleur fioul pour l'école primaire

Simulation I = Mise en place d'une chaufferie commune fonctionnant au gaz de ville

Les valeurs prises (Prix énergie, rendement, Impact CO2...) pour effectuer l'analyse technico économique sont identiques à celle définies ci-dessus.

	SIM G	SIM H	SIM I
Chaudière, équipements et pose €	12000	36000	60000
Genie civil €	0	3000	0
TOTAL €	12000	39000	60000
Aide ADEME € (20 %)	0	4200	0
Aide Conseil Régional € (30 %)	0	9900	0
Montant emprunt €	12000	24900	60000
Taux d'emprunt	4%	4%	4%
Nombres d'années	20	20	20
Annuités d'emprunt €	883	1832	4415
Coût énergétique et charges d'exploitation			
Coût énergie/an	17246	12302	9342
Entretien provision maintenance €	200	350	320
Total charges d'exploitations €	17446	12652	9662
Coût global annuel €	18329	14484	14077
Tonnes de CO2 rejetées dans l'atmosphère	60	33	51
Temps de retour sur l'investissement par rapport à l'état actuel			
		4	9

Nous constatons que la mise en place d'une chaufferie commune fonctionnant au gaz de ville pourrait être intéressante économiquement.

L'investissement serait cependant plus lourd.

La simulation 2 intègre la mise en place d'une chaufferie fonctionnant au granulé. C'est la simulation la plus intéressante sur l'impact environnemental.

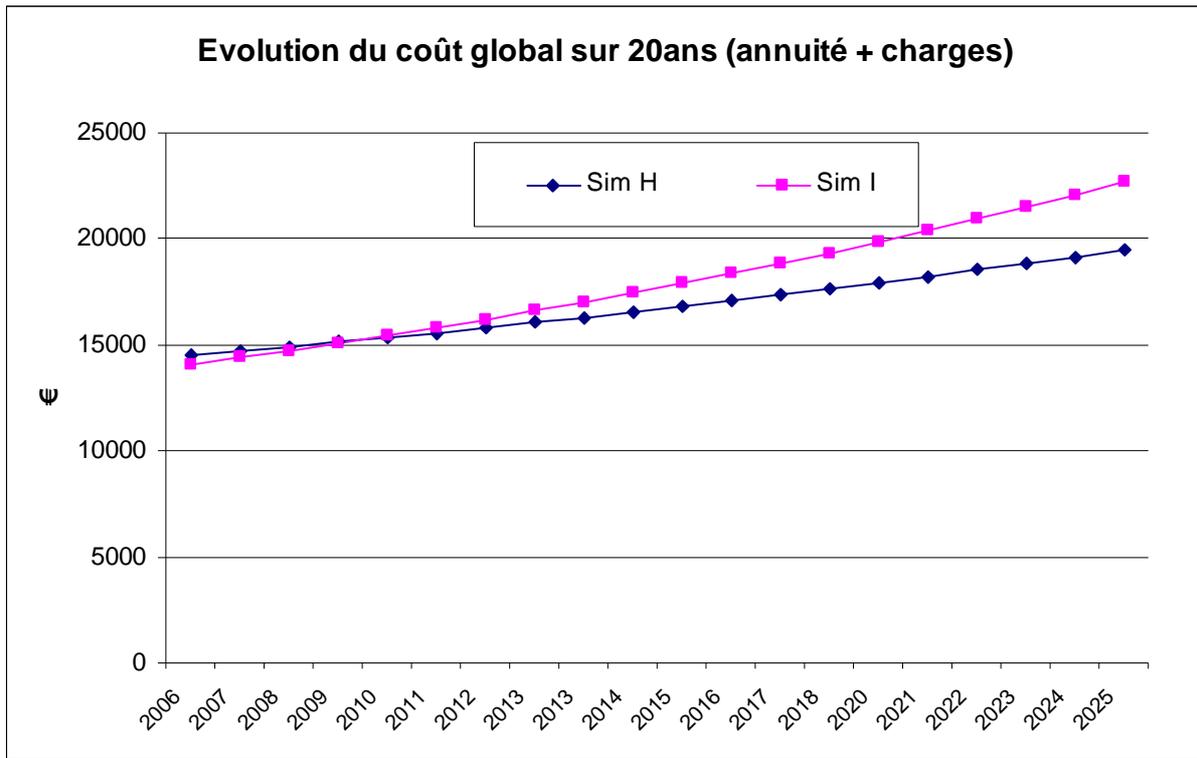
Dans cet optique il est intéressant d'intégrer l'évolution du prix de l'énergie.

La simulation 2 comprend du chauffage électrique, chauffage gaz de ville et du chauffage au granulé. La simulation 3 intègre du chauffage gaz de ville uniquement.

Pour faciliter la simulation, nous prenons une évolution constante.

	Evolution %
Granulé	+ 1 %
Electricité	+ 1%
Gaz de ville	+ 3.5%

Le graphique ci-dessous permet d'évaluer l'évolution du coût global sur une durée de 20 ans.



Lorsque nous cumulons le coût global sur 20 ans, les charges induites par la Sim I sont de 359000 €, les charges pour la sim H sont de **336000 €** soit **une économie de 23000 €**.

3.5 – Descriptif et montant des travaux € TTC

Il est important de préciser que l'ALME est un organisme de conseil et ses études font offices d'outils d'aides à la décision.

Les investissements présentés ci-dessus et détaillés ci-dessous sont issus d'estimations (BATIPRIX, ADEME etc....) et non de devis d'artisans. Il est donc souhaitable, et ceci pour approfondir l'étude, de solliciter soit un maître d'œuvre soit directement les artisans qualifiés afin de fiabiliser ces chiffres.

3.5.1 Scénario 1

	SIM 1	SIM 2	SIM 3
Chaufferie	12000	14000	23000
Réseau de chaleur	0	0	0
Génie civil	0	0	3000
Matériels annexe (Régulation, vis, moteur...)	0	0	7000
Installation hydraulique	0	0	0
Dépose convecteurs	0	0	0
TOTAL	12000	14000	33000

3.5.2 Scénario 2

	SIM 1	SIM 2	SIM 3
Chaufferie	0	6000	15000
Réseau de chaleur	0	0	5000
Génie civil	0	0	3000
Matériels annexe (Régulation, vis, moteur...)	0	0	1000
Installation hydraulique	0	0	15000
Dépose convecteurs	0	0	6000
TOTAL	0	6000	45000

3.5.3 Scénario 3

	SIM 1	SIM 2	SIM 3
Chaufferie	12000	29000	20000
Réseau de chaleur	0	0	10000
Génie civil	0	3000	8000
Matériels annexe (Régulation, vis, moteur...)	0	7000	2000
Installation hydraulique	0	0	15000
Dépose convecteurs	0	0	6000
TOTAL	12000	39000	60000

3.6 – Mise en œuvre d’une chaudière à granulé pour l’école maternelle

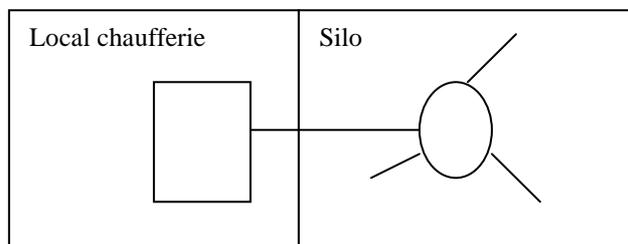
La mise en place d’une chaudière à granulé selon l’analyse technico économique pourrait être intéressante.

Actuellement il existe deux locaux chaufferies. Un pour le logement, l’autre pour l’école.

Il paraît intéressant de garder une pièce pour un local chaufferie où serait installée la chaudière, l’autre local servirait de silo de stockage.

Il y a environ 22 m² au sol.

Vue de dessus.



Le combustible serait pulsé directement dans le silo. Dans cette configuration il serait possible de stocker environ 20 m³ à 25 m³. (A définir)

La consommation est estimée à 18 tonnes de bois par an soit 28 m³. Il serait par conséquent nécessaire soit d’avoir deux livraisons par an soit d’agrandir le silo en empiétant sur l’allée.

La souplesse d'utilisation de la chaudière à granulé est identique à celle du gaz. Il est possible d'équiper l'installation de systèmes de régulations performants (eau chaude sanitaire etc...). La régulation classique est directement intégrée à la chaudière. (Programmation hebdomadaire ou journalière, 2 zones de chauffage etc...).

Généralement les poussières des nettoyage de l'échangeur et du dépeussierage des fumées sont évacuées automatiquement (ex : dans le cendrier de combustion).

Des normes sont associées aux calculs du conduit de fumée en prenant en compte les obstacles naturels et artificiels. Cependant cela dépend de la puissance installée. Dans ce cas de figure nous sommes sur une petite installation.

Dans l'optique où le maître d'ouvrage opte pour une chaufferie bois, la société de fabrication retenue se chargera de tous ses aspects.

Compte tenu de l'humidité du combustible le taux de cendre ne devrait pas dépasser les 1 %. Concrètement le volume annuel de cendre ne devrait pas être supérieur à 250 kg.

A signaler qu'il sera peut être préférable d'installer deux chaudières de 40 à 50 kW afin d'éviter le fonctionnement en bas régime. Ceci principalement en période de vacance scolaire lorsqu'il faudra chauffer seulement le logement.

L'investissement pour ce type de mise en œuvre n'augmentera pas considérablement. Les deux chaudières peuvent être raccordées au même silo.

Chapitre

3

SYNTHESE

Se référant à la démarche NegaWatt, la priorité est de procéder à des travaux d'amélioration de l'enveloppe des bâtiments (Ecole primaire (partie ancienne) et maternelle).

L'isolation haute, la mise en place de double vitrage, la préservation de l'inertie des bâtiments sont des priorités quant à l'amélioration du confort thermique et sanitaire des occupants.

Il semblerait, au regard du temps de retour sur l'investissement, que le renforcement de l'isolation haute et la mise en place de double vitrage soient prioritaires. En effet l'isolation du mur nord amène un surcoût et l'économie engendrée n'est pas importante.

Il est important de signaler que la mise en place de double vitrage amène souvent un investissement lourd mais cette mise en œuvre permet de supprimer les effets de parois froides source d'inconfort thermique.

Suite à un entretien téléphonique avec la mairie de Cernay la ville, il semblerait que ces travaux seraient prévus à l'échéance de 2007-2008.

L'économie totale est estimée à 2844 € par an.

L'objectif principal de ce pré diagnostic énergétique est d'étudier plusieurs sources d'énergies, dont le bois énergie, et de déterminer, via une analyse technico économique et environnementale, la solution la plus adaptée.

Le choix devra se faire essentiellement entre le gaz de ville et le granulé de bois. Nous n'avons pas souhaité étudier la mise en place d'une chaudière fonctionnant avec de la plaquette de bois. Suite à une visite avec M. CASSERT, conseiller municipal, nous avons convenu que les travaux de génie civil seraient trop onéreux et contraignant.

Il était par contre intéressant d'étudier la mise en place d'une chaudière à granulé. Le granulé de bois est issu de la sciure par la suite compactée. L'humidité est très faible (< 10 %) et le PCI est élevé (>4700 kWh / tonne). Le granulé de bois a une densité de 650 kg/m³ quant à la plaquette de bois elle est d'environ de 300 kg/m³.

Lors de notre analyse technico économique nous avons souhaité intégrer notamment pour le gaz, le granulé et l'électricité l'évolution, sur 20 ans, du prix de l'énergie.

	Evolution %
Granulé	+ 1 %
Electricité	+ 1%
Gaz de ville	+ 3.5%

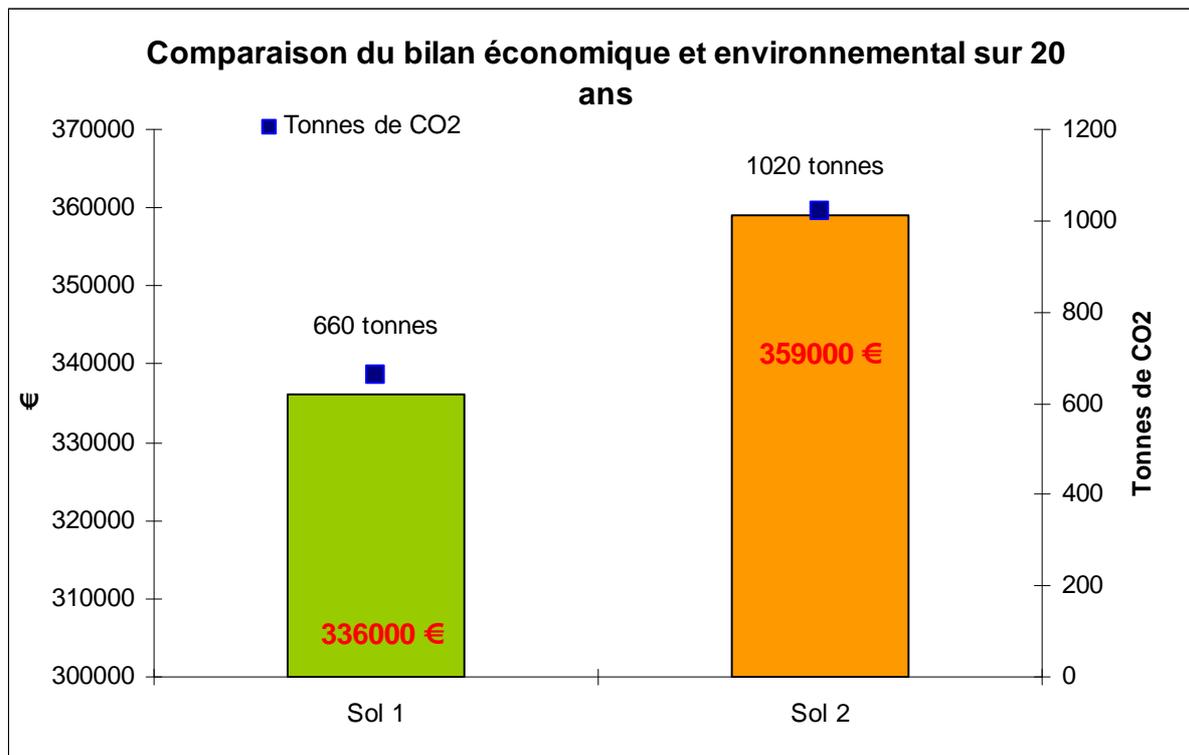
Ces taux d'augmentations sont des estimations et n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie. Néanmoins nous constatons que le gaz naturel a augmenté de 37 % en deux ans, le granulé de bois de 2 % et l'électricité de 1.5 %. Il est également important de préciser, qu'en 2007, l'ouverture du marché de l'énergie concernera tous les publics (particuliers,

communes, entreprises etc....) et induira à priori une augmentation du kWh. (Exemple : Angleterre et Allemagne).

Le graphique ci-dessous permet de comparer deux solutions tant sur l'impact économique que sur l'impact environnemental et ceci sur 20 ans.

Sol 1 = mise en place d'une chaufferie à granulé pour l'école maternelle + chaufferie gaz de ville pour l'école primaire (sans la partie extension)

Sol2 = mise en place d'une chaufferie gaz desservant l'ensemble du groupe scolaire



En prenant comme hypothèse l'évolution du prix de l'énergie (cf tableau ci-dessus) la solution 1 est la plus intéressante tant sur l'impact économique que sur l'impact environnemental.

La différence sur le coût est minime, la solution 1 permet d'économiser sur 20 ans 23000 € soit 2300 € par an.

L'utilisation du granulé de bois contribue entre autre à augmenter le taux d'indépendance énergétique vis-à-vis des pays tiers.

La mise en place d'une chaufferie à granulé pour l'école maternelle semble être une solution judicieuse.

La consommation annuelle de granulé est estimée à 18 tonnes soit 28 m3.

Les charges énergétiques pour l'école maternelle sont estimées à 3409 € soit 1360 € d'économie par rapport à la configuration actuelle.

La mise en place d'un brûleur en lieu et place du brûleur fioul pour l'école primaire est une solution pertinente. La dépose des convecteurs pour la mise en place d'un réseau hydraulique amène un investissement lourd (notamment pour le centre de loisir). *Néanmoins il est important de préciser que les investissements chiffrés lors de cette étude ne sont pas issus de devis.* Il paraît important d'avoir recours à un maître d'œuvre voire à des artisans pour fiabiliser les investissements.