

ANALYSE DU CYCLE DE VIE ET ÉCO-CONCEPTION DES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES DE CONDITIONNEMENT D'AIR

Anaïs MARTY

Responsable Eco-conception Sté CIAT

Avenue Jean Falconnier BP14 - 01350 CULOZ

Fabrice ROZMIAREK

Responsable Environnement Sté CIAT

Avenue Jean Falconnier BP14 - 01350 CULOZ

1. Contexte

Le contexte environnemental, social et réglementaire incite les entreprises à considérer le Développement Durable et ses différentes composantes dans leur fonctionnement intrinsèque.

Le Groupe CIAT, conscient de ses responsabilités, a mis en place une démarche d'amélioration continue de son impact environnemental, d'une part sur ses sites (norme ISO 14001:2004 : Systèmes de management environnemental - Exigences et lignes directrices pour son utilisation) et d'autre part sur ses produits, par le biais de l'éco-conception (norme ISO/TR 14062:2002 : Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit).

Eco-concevoir ces appareils permet, en outre, de répondre aux contraintes réglementaires et sectorielles de plus en plus fortes, notamment concernant les bâtiments à haute performance environnementale, et les exigences des certifications HQE ou BREEAM. L'efficacité énergétique, la consommation de ressources naturelles et la gestion des déchets sont des critères de conception et d'exploitation devenus incontournables. Mais il faut noter que remettre l'homme au cœur des préoccupations est devenu une priorité. Ainsi la qualité sanitaire des bâtiments et donc la qualité de l'air intérieur sont devenus des préoccupations majeures liées à une meilleure connaissance de l'impact des polluants présents dans les bâtiments sur la santé humaine. Les normes « métier » également se mettent au diapason.

Par exemple la NF EN 15251 (Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique l'éclairage et l'acoustique) qui donne une méthodologie de dimensionnement du débit d'air neuf en fonction du taux d'occupation, mais également du caractère polluant du bâtiment considéré.

L'éco-conception permet, en synergie avec le développement de techniques environnementales au niveau des systèmes, d'arriver à

des bâtiments de plus en plus performants en termes d'efficacité énergétique, de consommation de ressources naturelles et énergétiques et de déchets, avec une qualité sanitaire améliorée.

2. Notions et définitions

2.a) L'éco-conception

Les raisons pour lancer une démarche d'éco-conception sont multiples. La première est bien entendu de concevoir les produits en intégrant l'environnement comme critère à part entière. L'objectif est également de stimuler l'innovation, d'anticiper les futures exigences réglementaires et de rationaliser les flux de fabrication. Cette démarche permet d'un point de vue externe de répondre aux demandes des clients et de structurer l'image environnementale de la société.

L'éco-conception vise à réduire de façon significative l'impact environnemental global des produits sur tout leur cycle de vie (figure 1), et ce pour plusieurs indicateurs appelés catégories d'impacts (tableau 1). Cela signifie par exemple de prendre en compte l'impact sur la consommation en eau, en plus des émissions d'équivalents CO2 généralement mesurés, et cela de l'extraction des matières premières, jusqu'à la fin de vie du produit, en passant par les étapes de transport, fabrication, maintenance, ...

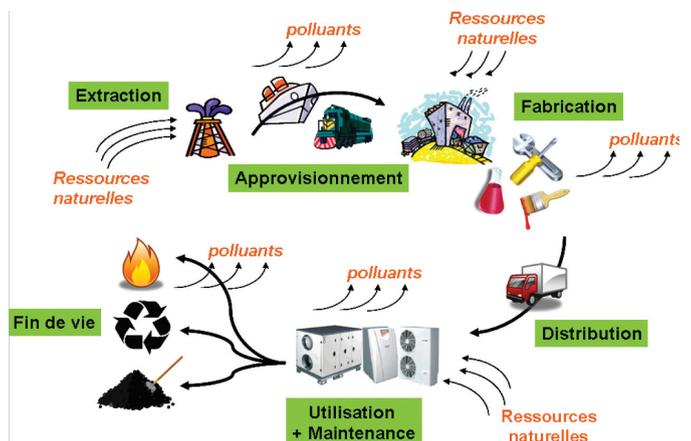


Figure 1 : Cycle de vie du produit

Catégorie d'impacts	Unité
Water Eutrophication WE	g eq. PO4
Air Acidification AA	g eq. H+
Ozone Depletion Potential ODP	g eq. CFC-11
Photochemical Ozone Creation	g eq. C2H4
Energy Depletion ED	MJ
Water Depletion	dm3
Global Warming Potential GWP	g eq. CO2

Tableau 1 : Catégories d'impacts environnementaux et unités associées (source Simapro)

Pour répondre aux exigences de l'éco-conception, le critère environnemental doit être intégré dans le développement des produits et systèmes au même titre que les autres critères de conception que sont par exemple le coût, le délai ou la qualité (figure 2). Cette intégration doit se faire au départ même du projet de développement, lorsque toutes les possibilités de choix techniques sont encore envisageables.

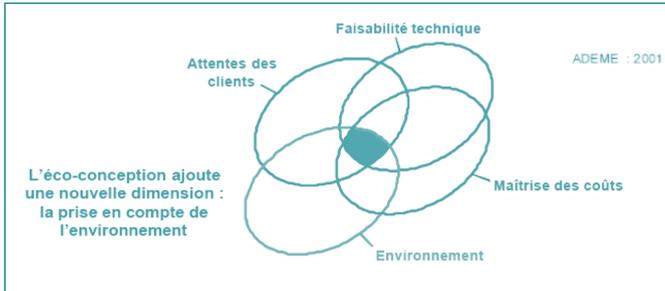


Figure 2 : Schématisation de l'éco-conception comme un critère de conception à part entière (source ADEME)

Il existe différentes étapes à suivre pour éco-concevoir un produit destiné à se substituer à un produit existant possédant les mêmes fonctionnalités de base :

1. La première étape consiste à évaluer le produit existant par le biais d'une Analyse du Cycle de Vie (ACV) (figure 3), qui permet de connaître l'impact environnemental à améliorer par le nouveau développement (pour plus de détails, voir le § 2.b).

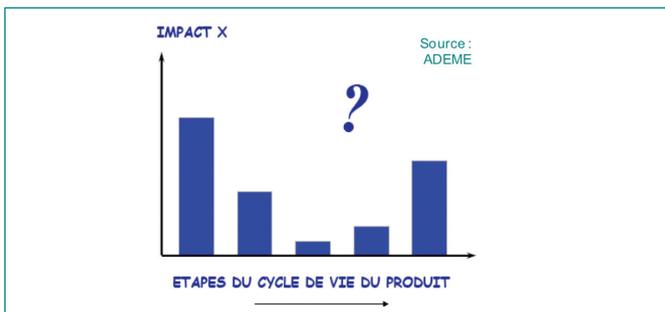


Figure 3 : Exemple de résultats d'une ACV (source ADEME)

2. Une fois le profil environnemental du produit connu, les impacts environnementaux à améliorer prioritairement peuvent être définis.
3. Les objectifs d'amélioration sont ensuite précisés.
4. Les différentes solutions techniques, permettant de répondre aux objectifs, peuvent alors être envisagées et comparées (figure 4). L'objectif est d'arriver à une amélioration globale de l'impact du produit en évitant les transferts d'impact d'une phase du cycle de vie à une autre (sauf si le gain est significatif).

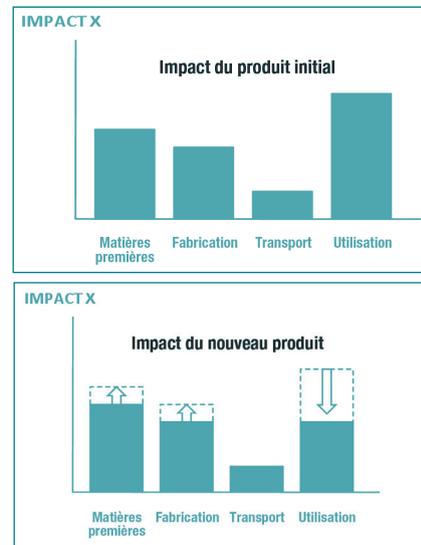


Figure 4 : Exemple de comparaison de résultats d'ACV obtenus après reconception d'un produit existant

2.b) Analyse de Cycle de Vie

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV - norme ISO 14040:2006 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre) est un outil d'éco-conception qui permet une quantification des impacts environnementaux relativement précise et reproductible.

Elle permet, d'une part, d'analyser les anciens appareils et de mettre en évidence les pistes d'amélioration significatives, et d'autre part, d'analyser les nouveaux appareils conçus, ceci afin de communiquer leur impact environnemental auprès des utilisateurs et des concepteurs.

Les résultats d'ACV permettent de cibler efficacement les améliorations environnementales, de chiffrer les impacts environnementaux des produits commercialisés et ainsi de documenter le référentiel HQE. Elles permettent également de quantifier la contribution de chaque produit à l'empreinte environnementale globale du bâtiment.

2.c) Indicateurs d'impact environnemental

Pour répondre aux prochaines exigences réglementaires et sectorielles, CIAT prépare ses futures fiches Profils Environnementaux Produits (PEP), qui seront validées par le programme PEP Ecopassport®.

Ces fiches synthétisent les résultats de l'ACV et donnent le détail des matériaux composant l'appareil ainsi que d'autres caractéristiques environnementales.

La communication devra se faire via les indicateurs d'impact environnemental retenus par les règles de ce programme. Ces indicateurs sont donnés dans la figure 5. Répondant à la norme (ISO 14025:2006 : Marquages et déclarations environnementaux - Déclarations environnementales de Type III - Principes et modes opératoires). Elles seront mises à disposition des clients, afin qu'ils puissent comparer l'impact environnemental de différents produits ou solutions, et ainsi d'orienter les choix, ainsi qu'éventuellement documenter leurs dossiers de certification environnementale.

- Indicateurs d'impact environnemental
 - la contribution à l'effet de serre exprimée en g équivalent CO₂,
 - la contribution à la destruction de la couche d'ozone (DO) exprimée en g équivalent CFC-11,
 - la contribution à l'eutrophisation de l'eau exprimée en g équivalent PO₄³⁻
 - la création d'ozone photochimique exprimée en g équivalent C₂H₄ (éthylène),
 - la contribution à l'acidification de l'air exprimée en g équivalent H⁺,
- Flux élémentaires
 - l'énergie primaire totale consommée par le produit pendant son cycle de vie exprimée en MJ,
 - la consommation d'eau exprimée en litre ou dm³.

Figure 5 : Liste des indicateurs d'impact environnemental retenu par le Programme PEP Ecopassport®

Les fiches PEP sont l'équivalent des FDES (Fiches de Déclaration Environnementale et sanitaire) réalisées pour les produits de construction. La grande différence réside en l'absence d'étude sanitaire dans le PEP.

La Qualité d'Air Intérieur (QAI) étant, au sens du Groupe CIAT, un pilier fondamental de la conception des systèmes CVC pour le bâtiment, l'objectif est d'aller plus loin que les obligations d'éco-conception standards, et donner les caractéristiques sanitaires des produits CIAT en fonctionnement.

Ces fiches auront également vocation à être utilisées pour réaliser les ACV à l'échelle des bâtiments, il existe en effet aujourd'hui peu d'informations sur les équipements techniques du bâtiment. Les PEP seront mis à disposition dans la base INIES, tout comme les FDES. Aujourd'hui, le programme PEP n'étant pas encore opérationnel pour les catégories de produits et systèmes CVC, la société CIAT fournit des bilans environnementaux se basant sur les règles de l'art en termes d'ACV, et sur les préconisations déjà existantes de ce programme.

3. La démarche d'éco-conception CIAT

3.a) Déploiement et avancement

Le Groupe CIAT travaille depuis 2009 au déploiement de sa démarche d'éco-conception. Plusieurs étapes reposant sur les règles de l'art sont menées :

- La réalisation des ACV des différentes gammes de produits, afin de déterminer les améliorations environnementales significatives à apporter.
- L'intégration d'outils d'éco-conception dans le référentiel de développement de ses produits (création de guides, de tableurs permettant la comparaison environnementale des solutions de conception,...). Tous les nouveaux développements passent maintenant par cette démarche d'éco-conception.
- L'évaluation des améliorations apportées par comparaison des résultats d'ACV obtenus sur les nouvelles et les anciennes gammes.
- Et enfin la réalisation des bilans environnementaux et la définition de l'argumentaire environnemental propre au produit afin de communiquer de façon fiable et claire aux utilisateurs sur les avantages environnementaux de ses produits.

L'un des outils permettant de cadrer et d'harmoniser les développements est la politique d'Eco Conception (figure 6). Différentes catégories d'actions ont été définies. Elles visent à orienter les développements dans les axes stratégiques définis.

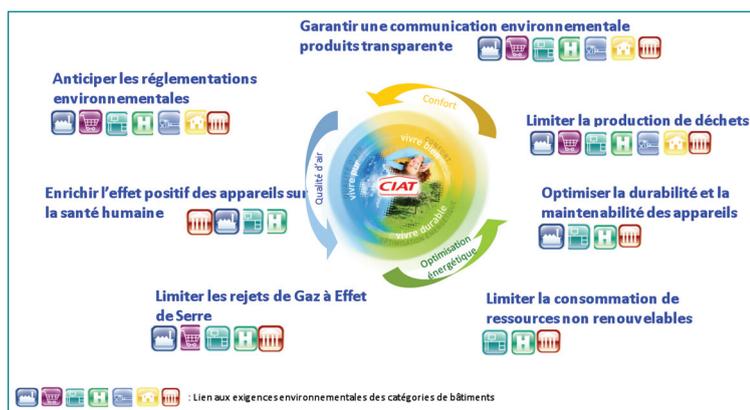


Figure 6 : Illustration de la politique d'éco-conception du Groupe CIAT

Concernant l'état d'avancement, nous avons à ce jour réalisé 33% des ACV des gammes intégrées dans les systèmes CIAT. L'objectif étant à terme de pouvoir couvrir toutes les gammes en vue de l'éco-conception des nouvelles à venir.

En parallèle, plusieurs gammes ont été éco-conçues en intégrant dès le départ des pistes d'amélioration environnementale (pour plus de détail, voir le § 3.b).

3.b) Exemple de produit éco-conçu : Coadis Line

La cassette sur boucle d'eau Coadis Line (photo 1) dont la fonction est le chauffage, le rafraîchissement et l'épuration de l'air intérieur est issue de cette démarche d'éco-conception.

Des pistes d'amélioration environnementale ont été intégrées dès l'ouverture du projet. Cette cassette présente des améliorations environnementales notables avec une ACV à 65% meilleure que l'ancienne gamme CIAT :



Photo 1 : photo de la cassette Coadis Line

- Efficacité énergétique : 70% de gain sur la consommation énergétique par l'emploi d'un moteur à haute efficacité énergétique (Hee) de série (gain sur les émissions de CO₂).
- Fournisseur structure appareil < 100 km.
- Consommation des matières premières : -30% sur le poids total (moins de tôles grâce à l'utilisation de polymères) et -21% sur le volume (diminution du volume de produits finis transportés => optimisation de l'impact transport).
- Process de fabrication optimisé pour un minimum de manipulations en production et un accès aisé aux composants (réduction du risque de Troubles Musculo-Squelettiques des opérateurs).
- Qualité de l'air intérieur : fonction EPURE (filtre plissé haute efficacité associé à la diffusion par effet Coanda) permettant, par

abattement particulaire sur PM2.5, de maintenir la charge particulaire de l'air intérieur à un niveau inférieur au taux préconisé par l'OMS, tout en augmentant la durée de vie du filtre (ce qui permet une économie de ressources et une diminution des déchets créés).

- Maintenance optimisée : accès aisé aux composants.
- Fin de vie : l'appareil est démontable facilement à 100%, avec une recyclabilité élevée (87%), grâce à une compatibilité des plastiques utilisés, et une réduction du nombre de fixations.

La cassette Coadis Line s'intègre à 100% dans le système CIAT Hysys Office. Cette approche « système global » permet une optimisation du dimensionnement des appareils, et de leur interaction. HYSYS représente l'objectif ultime de notre approche environnementale en intégrant, à terme, des produits éco-conçus, pour un objectif d'efficacité environnementale globale (signature environnementale optimisée, confort maximum, qualité sanitaire améliorée, consommation énergétique maîtrisée).

Ce produit a été primé en Décembre 2011 par la région Rhône-Alpes et a reçu le prix « Coup de cœur » du Trophée éco-innovations de Rhône-Alpes (figure 7).



Figure 7 : Logo « Trophées Eco Innovations Rhône-Alpes »

3.c) Impact sanitaire et éco-conception

Contrairement aux FDES, l'impact sanitaire des équipements techniques du bâtiment n'est pas pris en compte dans les PEP.

La Qualité d'Air Intérieur (QAI) étant l'un des trois fondamentaux conceptuels des systèmes CVC environnementalement performants (figure 8), et une thématique récurrente dans les développements des produits, l'objectif est de quantifier également les caractéristiques sanitaires des produits en fonctionnement. Des études de caractérisation sont actuellement en cours sur ce sujet (relargage de COV, Formaldéhyde, ...).

Des pistes d'amélioration de la QAI sont d'ores et déjà intégrées dans la politique d'éco-conception et dans les projets de développement. Les caractéristiques sanitaires permettront de quantifier plus précisément cet aspect.

A terme des pistes HSSE seront également obligatoires dans les développements. Ces pistes viseront à améliorer encore plus les processus de fabrication en vue de la réduction des risques pour les salariés par exemple.



Figure 8 : Fondamentaux environnementaux du traitement de l'air intérieur : QAI ; Confort ; Optimisation énergétique

Conclusion

Le bâtiment est en pleine mutation environnementale. Les systèmes de traitement de l'air (chauffage, confort d'été, épuration) ont un rôle majeur à jouer dans ce challenge global. Ne pas se focaliser sur l'énergie est fondamental, les besoins du traitement d'air sont d'abord d'apporter un confort optimum aux occupants, tout en leur garantissant une qualité sanitaire irréprochable. Le bâtiment se doit également de manière globale de limiter ses impacts sur son environnement immédiat, comme plus lointain.

L'éco-conception, basée sur l'analyse du cycle de vie est un outil fondamental et précieux pour participer à l'atteinte des objectifs de préservation de notre environnement commun.

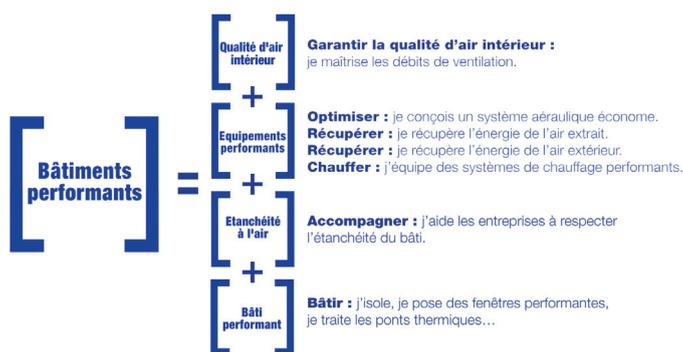
LES ENJEUX DE LA VENTILATION : PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR DANS LES BÂTIMENTS PERFORMANTS

Christophe BARRAU

Responsable National Promotion & Développement

Marchés Tertiaires

christophe.barrau@aldes.com



L'équation des bâtiments performants (figure 1)

1. La qualité d'air intérieur (QAI) : un enjeu de santé environnementale reconnu

Nous passons en moyenne 22 heures par jour dans des locaux fermés (bureaux, écoles, équipements publics...) dont plus de 16 heures à notre domicile. Les 9/10 de l'air que nous respirons sont donc conditionnés par la Qualité d'Air Intérieur. Or, celui-ci est parfois plus pollué que l'air extérieur.

L'être humain respire chaque jour en moyenne 15.000 litres d'air pour oxygéner 10.000 litres de sang. C'est suffisant pour se poser les bonnes questions et mettre en œuvre les bonnes solutions.

La notion de Qualité d'Air Intérieur est une notion complexe et à multiples facettes car elle peut prendre en compte non seulement des pollutions « visibles » (que l'être humain peut percevoir et ceci de manière différente d'une personne à l'autre, mais aussi selon l'âge et la sensibilité de l'individu [1]) telles que l'humidité, les odeurs, ou même les fumées, mais aussi les pollutions « cachées » telles que les allergènes, les microbes, le radon, le CO2 ou bien les

polluants chimiques... Face à ce constat sur la multiplicité des facteurs entrant dans la notion de qualité d'air intérieur, la ventilation permet d'assurer un renouvellement d'air indispensable au confort et la santé des occupants dans les bâtiments. La ventilation mécanique apparaît ainsi comme absolument nécessaire, mais pas toujours suffisante pour garantir une bonne qualité d'air intérieur. En effet, il faudra également veiller en parallèle à limiter les émissions de pollution intérieure à la source, notamment à travers les produits chimiques de nettoyage, mais aussi les matériaux de mobilier et de construction (le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage permet justement de prendre en compte ce dernier paramètre).

2. Un enjeu renforcé dans des bâtiments étanches

Les bâtiments sont de plus en plus étanches et, dans ces conditions, la ventilation par les fuites d'air parasites est supprimée. C'est une bonne nouvelle pour la maîtrise des déperditions de chaleur, mais c'est aussi une indispensable prise de conscience de l'importance de la maîtrise de la ventilation. Avec le renforcement de l'isolation des bâtiments, qui se traduit par une diminution des déperditions de l'enveloppe, le pourcentage relatif dû au renouvellement d'air augmente. Dans ces bâtiments, le poste "ventilation", qui atteint 13%, est un axe de progrès fort.

Pourquoi traiter l'étanchéité à l'air du bâti ?

2.1. Pour atteindre les performances

Dans les bâtiments performants, il apparaît aujourd'hui que les défauts d'étanchéité sont un poste à maîtriser pour répondre aux objectifs annoncés. En Réglementation Thermique 2012 (RT2012), la mesure d'étanchéité est systématique en logement et incitée en Tertiaire !

2.2. Pour garantir une meilleure QAI

Une bonne étanchéité à l'air du bâtiment améliore le fonctionnement de la Ventilation, puisqu'elle évite que les fuites d'air ne court-circuitent le balayage d'air dans les locaux. Le renouvellement de l'air est ainsi mieux maîtrisé, garantissant une bonne qualité de l'air intérieur et évitant de chauffer plus d'air que nécessaire. Dans le cas d'une Ventilation double-flux avec échangeur de chaleur, elle garantit des rendements élevés, qui peuvent chuter en cas de défauts d'étanchéité à l'air.

2.3. Pour apporter plus de confort

Une étanchéité à l'air maîtrisée est une garantie de confort thermique (suppression de la sensation de courant d'air, rapidité à chauffer le local, ...) et acoustique pour les occupants. Elle évite certaines pathologies liées à la condensation : l'hiver les défauts d'étanchéité font un appel d'air chaud et humide qui se transforme en condensation au contact de la paroi froide, accentuant localement la dégradation du bâti.

3. Un seul objectif : maîtriser les débits de ventilation

L'objectif est de concevoir des systèmes pour maintenir des débits de renouvellement d'air suffisants pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur, tout en maîtrisant les dépenses énergétiques liées au chauffage de l'air neuf.

3.1. Optimiser : je conçois un système aéraulique économe

3.1.1. En modulant les débits

Ventilation Modulée en Tertiaire : je module les débits en fonction de détection optique, de présence (figure II) et d'agitation Agito ou de détection de taux de CO2 (figure III) : pilotage soit par le registre automatisé soit par le ventilateur. Ces détecteurs ne nécessitent pas d'entretien ni réétalonnage et garantissent donc une pérennité de la mesure dans le temps.



Détecteur de présence (figure II)



Capteur de CO2 (figure III)

Je respecte les débits d'air hygiéniques nécessaires à une bonne qualité d'air intérieure. Ces débits *minimums* d'air hygiénique en France, rappelons-le, sont régis par le Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT) Titre III - Section 2,

dans les locaux accueillant du Public ou par le code du Travail Livre II - Titre III, dans les locaux accueillant des effectifs salariés.

La Ventilation Modulée en Tertiaire, notamment grâce aux capteurs CO2, qui réalisent une mesure continue, permet d'apporter une réponse aux exigences énergétiques mais aussi aux exigences du décret n°2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public et dont l'entrée en vigueur est prévue pour le 1er juillet 2012.

- Valorisé par AT 14/10-580.
- Fonctionnement chronoproportionnel des systèmes Agito qui assurent une bonne diffusion de l'air quel que soit le débit.

3.1.2. En optimisant la consommation des ventilateurs

Ventilateurs basse consommation micro-watt : je choisis ces ventilateurs afin de maîtriser la consommation des auxiliaires.

- Moteur à commutation électronique ou asynchrone avec variateur de fréquence permettant de piloter au plus près du besoin le point de fonctionnement débit/pression et donc la consommation du ventilateur.
- Conception étanche des caissons pour éviter les surconsommations dues aux fuites.

3.1.3. En distribuant l'air sans pertes et de façon pérenne

Virtuofix : je choisis un réseau aéraulique étanche et performant pour minimiser les pertes aérauliques.

Moins de fuites dans le réseau, c'est :

- Moins d'énergie nécessaire pour chauffer un débit extrait.
- Plus de récupération d'énergie sur les échangeurs.
- Moins de consommation électrique au ventilateur.
- Moins d'encrassement par les fuites.

Afin de pérenniser la propreté des systèmes aérauliques et ainsi contribuer à la bonne QAI, j'entretiens régulièrement les ventilateurs et centrales double flux (changement régulier des filtres notamment), mais aussi les réseaux de ventilation. Je peux m'appuyer sur la norme « NF EN 12097 : Exigences relatives aux composants destinés à faciliter l'entretien des réseaux de conduits ». Pour se faire, je n'oublie pas de prévoir des trappes d'accès sur mon réseau afin de permettre leur nettoyage.

3.2. Récupérer : je récupère l'énergie de l'air extrait ou de l'air extérieur

3.2.1. Pour pré-chauffer l'air : le système de ventilation Double Flux à récupération de chaleur

Un échangeur de chaleur (système Double Flux) permet de récupérer l'énergie de l'air extrait pour ventiler le local afin de pré-chauffer l'air neuf en saison de chauffe.

Les échangeurs de chaleur haut rendement de dernière génération peuvent récupérer dans les conditions optimales jusqu'à 92% de la chaleur de l'air extrait pour les échangeurs statiques à plaques contre-flux et jusqu'à 86% de la chaleur de l'air extrait pour les échangeurs rotatifs ; chaque technologie ayant ses avantages et inconvénients.

- **Echangeur statique** : excellente étanchéité entre le flux d'air vicié et d'air neuf (selon DIN 1946), garantissant aucun recyclage entre les flux. Possibilité de petites centrales compactes en faux plafonds pour réaliser du double flux par zone dit décentralisé (figure IV). Centrales limitées aux petits et moyens débits (jusqu'à 6000m³/h). Prévoir un système d'évacuation des condensats et évitant le givrage à très basse température extérieure.



Centrale DFE Compact (figure IV)

- **Echangeur rotatif** : moindre étanchéité entre le flux d'air vicié et d'air neuf (possibilité de très léger mélange de l'air vicié dans l'air neuf) - **A éviter dans les locaux recevant des populations sensibles** (milieu hospitalier, personnes âgées, enfants) / Gamme de centrales permettant de très gros débits (jusqu'à 18000m³/h).

- *Echangeurs certifiés : Eurovent.*
- *Un confort d'usage grâce à un apport d'air neuf préchauffé.*
- *Une filtration de l'air neuf pour une meilleure qualité d'air intérieur.*

3.2.2. Récupérer: je récupère l'énergie de l'air extérieur. Pour chauffer l'eau : chauffe-eau thermodynamique T.Flow Activ

Un chauffe-eau thermodynamique qui récupère l'énergie de l'air extérieur pour produire l'eau chaude.

Le système équipé d'une pompe à chaleur technologie CO2 garantit la production d'eau chaude en optimisant les gains énergétiques de l'installation (figure V).



Ballon d'ECS Thermodynamique au CO2 TFlow Activ (figure V)

- *Ecologique, le CO2 est un fluide réfrigérant naturel, non inflammable et non toxique.*
- *Econome, T.Flow Activ ne nécessite aucun complément électrique sur une très large plage de température (- 15°C à + 43°C).*
- *Ultra rapide, T.Flow Activ assure une montée en température en 2h30 contre 9 heures avec un ballon électrique.*
- *De l'eau chaude à disposition, le stockage de l'eau chaude à 65° est assuré, même par grand froid.*

3.3. Assurer le confort par l'air grâce à une bonne diffusion terminale : diffuseur Twisted

Associé à un système de production de chaleur sur vecteur air ou un système d'apport d'air frais, Twisted (figure VI), grâce à son système de diffusion d'air à haute induction par mise en rotation du jet d'air à l'intérieur du plénum, assure toujours une bonne diffusion même avec des variations de débits et de température du jet d'air. Rappelons-le, une bonne diffusion d'air, pour un confort optimal pour l'occupant, se base sur un bon dimensionnement du diffuseur, selon 3 règles fondamentales :

- ne rien voir
- ne rien entendre
- ne rien percevoir.



Diffuseur à jet hélicoïdal Twisted (figure VI)

4. Quid des débits réglementaires de renouvellement d'air hygiénique à l'International ?

Depuis fin 2011, l'organisme de certification HQE des bâtiments Tertiaires CERTIVEA a élaboré son nouveau Référentiel pour la Qualité Environnementale des Bâtiments - « Bâtiments Tertiaires » [2], dans le cadre de la certification NF Bâtiments Tertiaires-Démarche HQE.

Ce référentiel, à travers les diverses cibles de performances, fait justement écho aux divers points traités dans cet article précédemment. Néanmoins, si l'on s'attarde précisément sur la cible 11 « Confort Olfactif », on s'aperçoit que cette cible en niveau « Performant » fait référence non plus seulement aux débits réglementaires minimums français du RSDT et Code du Travail (cités au paragraphe 3-1-1), mais aussi aux débits de renouvellement d'air hygiénique stipulés dans la norme européenne NF EN 15251:2007 (conformément à la catégorie II de l'annexe B de la norme). Cette norme, comme d'autres réglementations dans le monde (telles que ASHRAE aux Etats-Unis), se base à la fois sur un débit par occupant mais aussi sur un débit complémentaire de débit par surface de local, afin de prendre en compte la production potentielle de pollution intérieure liée aux éléments constructifs.

Afin de faciliter la comparaison des divers débits réglementaires, d'une part entre la France et d'autres pays dans le monde, d'autre part entre la France et la norme européenne, nous nous sommes attachés à étudier le cas d'une salle de classe de 50m² de 26 élèves (figure VII), cette comparaison étant issue d'un article du REHVA journal [3].

Catégorie de bâtiment	Débit par occupant m3/h	Débit par surface m3/h.m2	Débit total d'occupation	Débit total surfacique	Débit global
Etats-Unis (ASHRAE 62-1:2007)					
	17	1,1	442	55	497
Portugal (RSECE Dec-Lei 79/2006)					
	30	-	780	-	780
Royaume-Uni (Building Bulletin101/2006)					
	10,8 - 28,8		281 - 748		281 - 748
		CO2 moyen < 1500 ppm (équivalent à 15m3/h par personne)			
Finlande & Danemark (Code de la Construction)					
	21,6	-	562		562
France (RSDT)					
Primaire	15	-	390	-	390
Secondaire	18	-	468	-	468

	Catégorie de bâtiment	Débit par occupant m3/h	Débit par surface m3/h.m2	Débit total d'occupation	Débit total surfacique	Débit global
Europe (EN15251:2007)						
Bâtiment très peu polluant	I	36	1,8	936	90	1026
	II	25,2	1,3	655	65	720
	III	14,4	1,1	374	55	429
Bâtiment peu polluant	I	36	3,6	936	180	1116
	II	25,2	2,6	655	130	785
	III	14,4	1,4	374	70	444
Bâtiment polluant	I	36	7,2	936	360	1296
	II	25,2	5	655	250	905
	III	14,4	2,9	374	145	519

Comparatif des débits de ventilation (figure VII)

Les premiers enseignements de cette comparaison mettent en exergue :

- des débits de renouvellement d'air minimums quasiment du simple au double entre les quelques pays comparés : hormis le Royaume-Uni (débit variable selon le taux de CO2), la France a les débits parmi les plus faibles
- concernant la norme européenne, les débits de renouvellement d'air hygiénique peuvent être très divers, pour un même local, selon le niveau d'exigence (catégorie I à III) et selon la source de pollution liée au bâti et mobilier. Les débits à mettre en jeu peuvent varier du simple au triple, mais les niveaux français sont encore dans la fourchette basse des débits minimums de la norme...

Les études en cours en France menées notamment par l'OQAI (Observatoire de la qualité de l'air intérieur) ou l'ANSES (agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail), ainsi que la publication récente de nombreux textes réglementaires, permettent de mesurer la prise de conscience actuelle sur la thématique de qualité d'air intérieur. Ces travaux en cours présentent d'une probable modification, à plus ou moins long terme, des débits réglementaires français.

Références :

- [1] DEOUX S. - Bâtir pour la santé des enfants, pages 316-323. Medieco Editions- Andorra 2010.
- [2] Référentiel pour la Qualité Environnementale des Bâtiments - « Bâtiments Tertiaires » ; Certivéa - Septembre 2011.
- [3] IANNIELLO E. - Ventilation systems and IAQ in school buildings. rehva journal; march 2011; pages 26-29.

RETOUR D'EXPÉRIENCE : LA MISE EN ŒUVRE D'UNE CHAUFFERIE BOIS EN CONTRAT DE PARTENARIAT AU CENTRE HOSPITALIER DE PÉRIGUEUX

Jacques BORDES

Ingénieur en Chef

*Centre Hospitalier de Périgueux,
80 avenue Georges Pompidou - 24000 Périgueux*

Pierre PRÉVOST

Ingénieur Chef de Projet, SOCOFIT

*Assistant à Maître d'Ouvrage, avenue Neil Armstrong,
BP 70211 - 33708 Mérignac Cedex*

Présentation du Centre Hospitalier de Périgueux

Le Centre Hospitalier de Périgueux est un établissement sanitaire public qui comprend 1 285 lits répartis entre les 2 sites de l'avenue Georges Pompidou.

Le site principal regroupe les services de Médecine, Chirurgie, Obstétrique, le pôle Gériatrique, les EHPAD et SSR, les services de Psychiatrie et le pôle logistique.

Il s'étend sur 40 hectares de terrain, répartis en 2 zones dites rives droite et gauche de part et d'autre de l'avenue Georges Pompidou.

L'état des lieux

L'hôpital de Périgueux, construit dans les années 1950 et modernisé jusqu'en 1985 en plusieurs phases de travaux disposait jusqu'en décembre 2010 d'une chaufferie au gaz, avec un secours au fioul, datant de 1969. Depuis cette date, les chaudières étaient restées d'origine, et la seule évolution notable avait eu lieu en 1995, date à laquelle l'une des 3 chaudières avait été remplacée par une installation de cogénération.

Cette dernière, qui assurait la couverture de 40% des besoins annuels de chauffage et de production d'ECS, a été mise à l'arrêt au terme du contrat de vente d'électricité à EDF et d'une année de fonctionnement sur le marché libre de l'électricité, soit en 2008.

L'évolution importante de l'établissement, liée d'une part à l'opération « hôpital 2007 » et d'autre part à la construction d'un EHPAD de 192 lits associé à un SSR de 60 lits, ainsi que la création de nouveaux services de psychiatrie, rendait les équipements obsolètes :

- La centrale de secours électrique et de cogénération devait être remplacée pour conserver un niveau de sécurité électrique suffisant,

- Les chaudières de 1969 ne présentaient plus un degré de sécurité suffisant : l'arrêt programmé de la cogénération (surcoût important en autoproduction) réduit le nombre de générateurs de chaleur à 2, alors qu'il est préconisé d'en disposer de 3,
- Du fait de la disparition de la cogénération, les équipements de production de chaleur devenaient insuffisants en puissance (à terme).

Ces installations faisaient l'objet d'un marché d'exploitation qui couvrait les installations de production de chaleur et les sous-stations. Ce marché venait à échéance fin 2008, et a été prolongé jusqu'au 31 décembre 2009, le nouveau marché devant prendre effet au 1^{er} janvier 2010.

Les enjeux

La direction du CHP, face à cette problématique, s'est fixé les enjeux suivants :

- Disposer à la mise en service des opérations diverses en cours, de moyens de production de chaleur suffisants et sécurisés,
- Remplacer les moyens actuels obsolètes et vétustes tout en préservant la continuité de service,
- Réaliser des économies sur le poste énergétique, tout en ayant une démarche environnementale et sociétale,
- Améliorer la qualité de la maintenance par la mise en œuvre d'un Gros Entretien et Renouvellement sur tout ou partie des installations de génie climatique.

L'étude de faisabilité

Pour répondre à ces enjeux, la direction du CHP a décidé de faire procéder à une étude de faisabilité, avec une hypothèse privilégiée : la production de chaleur par chaufferie biomasse.

Cette étude a été réalisée par SOCOFIT, sur la base des historiques de consommations et des projections pour la prise en compte des évolutions futures de l'établissement.

Elle a permis de déterminer dans un premier temps les besoins de chaleur au moment de la réalisation de celle-ci. Ces besoins étaient de l'ordre de 14 GWh sortie chaufferie par an, pour une puissance de 5,5 MW à -5°C.

Dans un second temps, il a fallu prendre en compte l'évolution prévisible du site :

• Plan Hôpital 2007 : une extension en cours de réalisation

Une extension de l'hôpital actuel est en cours dans le cadre du Plan Hôpital 2007 pour une surface de plancher neuf de 24 000 m² plus 4 000 m² en restructuration.

A octobre 2007, l'ouvrage en était au stade des terrassements.

• Un EHPAD et un centre SSR à l'horizon 2010

Le projet de la construction d'un Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes et d'un centre de Soins de Suite et de Rééducation pour une capacité d'accueil de 252 lits était en cours d'analyse du concours lors de la réalisation de l'étude.

• Autres projets

Parmi les autres projets structurants de l'hôpital, on notera la restructuration et l'extension du secteur psychiatrique en rive gauche, la création du centre d'alcoologie et diverses opérations de raccordement de bâtiments autonomes.

L'estimation des besoins de ces nouveaux bâtiments porte à l'horizon 2012 les besoins à 30,7 GWh sortie chaufferie par an, pour une puissance de l'ordre de 10 MW à -5°C.

Pour faire face à cette augmentation des besoins, il était inévitable, au-delà du simple remplacement des chaudières, de redimensionner les moyens de production de chaleur afin de permettre de disposer de l'intégralité de la puissance en cas d'indisponibilité de l'un quelconque des générateurs.

Aussi, cette contrainte de sécurité associée à une optimisation énergétique des moyens de production ont conduit à proposer au stade de la faisabilité une installation composée de 2 chaudières mixtes gaz/fioul de 3,5 MW unitaires associées à 2 chaudières bois de 2,75 MW unitaires.

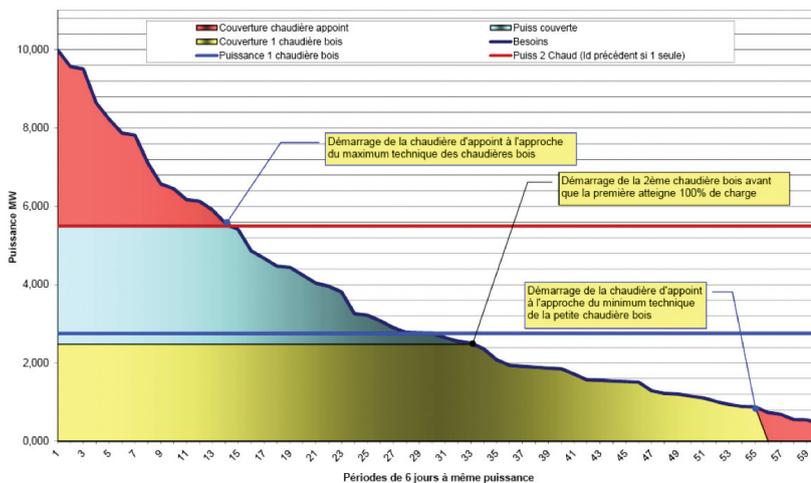


Figure 1 : Courbe monotone des besoins avec couvertures des chaudières bois

Le profil de consommation a conduit à un taux de couverture théorique de l'ordre de 85%.

Pourquoi 2 chaudières au bois de 2,75 MW unitaires plutôt qu'une seule de 5,5 MW ? La réponse tient dans le minimum technique des chaudières bois de cette gamme de puissance. Il est théoriquement à 25% de la puissance nominale, mais en pratique les exploitants ne descendent pas en dessous de 30%. Dans le cas présent, cela voudrait dire qu'en dessous de 1,65 MW, on n'aurait pas pu faire fonctionner la chaudière au bois, ce qui aurait limité le taux de couverture à environ 77%.

Des contraintes de mise en œuvre

La principale difficulté résidait dans l'implantation des nouveaux équipements dans un espace restreint tout en préservant la continuité de fonctionnement de l'hôpital :

Le défi était de réaliser les nouvelles installations en lieu et place des anciennes, sans interruption de la fourniture supérieure à la demi-journée.

Il a donc fallu définir un périmètre d'intervention un peu plus important que la chaufferie existante, afin que les candidats puissent phaser les travaux sans mise en œuvre d'une chaufferie provisoire.

Une procédure innovante : le Contrat de Partenariat

Dans ce projet, le Centre Hospitalier a opté pour une procédure de Partenariat Public Privé.

En effet, même si le choix de ce type de procédure pose questions pour de grandes réalisations hospitalières, il nous a paru pertinent dans le cadre d'une centrale de production thermique.

Ce n'est pas l'investissement qui représente la plus grande partie du contrat, mais l'achat de l'énergie et l'exploitation maintenance de la chaufferie, du réseau et des installations de chauffage, ventilation, climatisation.

De plus, ce n'est pas le cœur de métier de l'hôpital. Ainsi des professionnels du monde de l'énergie peuvent être plus à même de nous faire bénéficier de leur connaissance et leur compétence.

Le Centre Hospitalier souhaitait obtenir de la part des prestataires une garantie globale technique et financière tout en ayant la volonté d'englober l'ensemble des installations de CVC dans un marché d'exploitation unique.

Enfin, le Centre Hospitalier de Périgueux voulait se réserver la possibilité d'obtenir des recettes annexes au travers d'extensions de son réseau vers des « clients institutionnels extérieurs ».

L'ensemble de ces possibilités, et notamment le report des risques sur le prestataire, est offerte par les PPP, et plus particulièrement dans le cas d'espèce par le contrat de partenariat (ordonnance du 17 juin 2004).

Cette procédure, pour être dérogatoire, n'en est pas moins encadrée, et doit faire l'objet d'un avis de la MAPPP. Le cas de la présente opération constitue un cas très particulier de l'application d'un contrat de partenariat : c'est la part relative à l'exploitation des ouvrages qui en apporte la justification, le montant d'investissement étant trop faible pour justifier à lui seul d'engager une procédure qui est relativement lourde.

La passation du contrat s'est donc faite à l'issue d'un dialogue compétitif constitué de 2 phases de dialogue (PPS et PPD), suivies de l'offre finale.

Le dialogue a l'avantage d'avoir permis d'approcher, avec chacun des candidats, au plus près des besoins du CHP, mais à l'inconvénient d'être très complexe (près de 1000 pages de contrat).

Il a été un facteur d'amélioration des offres à chacune des phases, mais il a également été révélateur des faiblesses de certaines au travers du questionnement poussé de la part de la commission de dialogue.

Tous les candidats, alors que ce n'était qu'une hypothèse parmi d'autres, ont proposé une chaufferie biomasse.

À l'issue d'une analyse multicritères (qualités techniques, sécurité, qualités financières, sécurité juridique), la société Cofely a été retenue pour réaliser l'opération avec un contrat sur 20 ans qui a inclus la conception-réalisation de la chaufferie, la fourniture d'énergie ainsi que la maintenance et au GER (Gros Entretien Renouvellement) de l'ensemble de notre réseau CVC et ECS pour l'ensemble de l'Établissement.



Vue de la façade sud de la chaufferie

Le projet proposé par le lauréat

L'offre de Cofely se rapprochait techniquement de l'étude de faisabilité :

- 2 chaudières gaz/fioul, couvrant à elles seules la totalité des besoins prévisionnels
- 2 chaudières bois, avec un étagement de puissance permettant au candidat de garantir un taux de couverture minimal de 90%
- Volume de stockage de bois : 695 m³

Principaux matériels mis en œuvre sont d'origine Française :

- Chaudières bois Compte-R, 1,8 MW et 3,8 MW avec récupérateur sur fumées et filtres à manches,
- Chaudières gaz/fioul Guillot, 5 MW et 3,5 MW (pouvant monter à 5 MW dans le cadre du contrat),
- Brûleurs Cuenod,
- Cheminée multiconduits Beirens,
- Pompes et circulateurs Salmson,
- Groupe électrogène 2HE,
- GTC SAIA.



Chaudière Compte-R de 3,8 MW

Le phasage de mise en œuvre a été le suivant :

- les chaudières gaz/fioul sont implantées dans l'ancienne chaufferie vapeur,
- les panoplies de chauffage sont déplacées en mezzanine au-dessus de ces chaudières,
- l'espace de la chaufferie existante peut alors être libéré,
- démolition partielle de la chaufferie existante,
- construction des silos,
- mise en place des chaudières bois,
- mise en place des organes actifs des silos (échelles, grappin),
- finition du bâtiment,
- finition des VRD, réalisation de la cour de manœuvre en béton.

En temps masqué, la GTC est mise en place sur l'ensemble du site. Le montant de l'opération s'élève à 5 700 000 Euros hors taxes.

Un montant de subvention important

Le projet a reçu une aide importante de l'ADEME, environ 1 500 000 Euros, dont une partie (20%) ne sera versée qu'après vérification des résultats à l'issue d'une période de 2 années de fonctionnement. Cette aide de l'ADEME est complétée, à hauteur d'environ 500 000 Euros, par une subvention du FEDER.

L'accès au taux de TVA réduit

Dans certaines conditions que nous exposerons ci-après, une chaufferie biomasse peut ouvrir droit à un taux réduit de TVA sur le combustible, voire sur la chaleur et l'abonnement dans le cas d'un réseau. Cette possibilité n'avait pas été prise en compte dans l'analyse économique, car elle avait un aspect hypothétique en l'absence de réponse claire de l'administration fiscale.

Une procédure « classique » aurait permis l'accès au taux de TVA réduit pour la part correspondant au combustible bois, aux conditions suivantes :

- Combustible biomasse constitué d'au moins 50% de plaquettes forestières et achat direct par le client final,
- Ou alimentation d'un réseau de chaleur, avec donc des clients juridiquement distincts du centre hospitalier, avec un taux de couverture biomasse (ou énergies renouvelables) minimum de 60%.

La première double condition ne permettait pas l'accès à des marchés de longue durée, et allait donc à l'encontre de la volonté d'obtenir des garanties techniques et économiques à long terme. De plus, cela revenait à responsabiliser le centre hospitalier sur la fourniture de combustible, ce qui n'est pas sa vocation.

Il fallait donc explorer la piste de la deuxième condition, exploration d'autant plus difficile que la définition juridique d'un réseau faisait défaut.

Une réponse favorable du Ministère des Finances combinée à l'analyse de la MAPPP sur le caractère unique de la redevance en matière de PPP (1 seule redevance pour 1 contrat, même si celle-ci est décomposée en plusieurs termes) ont entraîné l'obtention du taux de TVA réduit sur l'ensemble du contrat.

Une réalisation exemplaire



Chaudière Compte-R de 3,8 MW

Après quelques mises au point de départ, le chantier s'est déroulé sans incident notable, seule la présence de joints d'amiante au niveau des chaudières a retardé le chantier d'environ 11 semaines.

Une excellente collaboration s'est établie très rapidement entre les équipes du prestataire, celles du centre hospitalier et l'assistant au maître d'ouvrage, ce qui a permis d'une part de minimiser les perturbations dans le fonctionnement de l'hôpital, et d'autre part de faire face en toute transparence à tous les problèmes survenant immanquablement dans les opérations de rénovation.

Ainsi, la mise en œuvre rapide des chaudières gaz/fioul a permis la mise en service du bâtiment C - opération « hôpital 2007 », 24 000 m² neufs - sans le souci de la fiabilité des installations de production de chaleur.

Des premiers résultats encourageants

La chaufferie a été mise à disposition le 22 septembre 2011.

On peut d'ores et déjà affirmer que les résultats sont conformes aux attentes : sur le premier trimestre d'exploitation, le taux de couverture de la biomasse a été de près de 92%.

La sécurisation économique a également vu sa démonstration : alors que, depuis la remise de l'offre finale, soit septembre 2009, le prix du gaz au tarif S2S, sur lequel était basé le prix de la chaleur avant la réalisation de l'opération, a subi une augmentation de 55%, le coût du mix bois/gaz/électricité n'a augmenté pendant le même temps « que » de 20%.

Pour conclure

On peut dire que oui, aujourd'hui le Centre Hospitalier de Périgueux se chauffe au bois, mais loin de revenir aux temps reculés, chers au Périgord, cette nouvelle chaufferie est une vraie opportunité pour relever les défis du 21^{ème} siècle.

- Opportunité pour l'hôpital de Périgueux d'assurer et de sécuriser sa production thermique dans un contexte de développement et de construction de nouveaux bâtiments modernes et de plus en plus techniques.

- Opportunité pour l'hôpital de Périgueux d'assumer son rôle, en tant que gros consommateur d'énergie et d'acteur engagé dans le développement durable.

Grâce à cette nouvelle chaufferie bois, à la place des anciennes chaudières gaz, l'hôpital va éviter le rejet à l'atmosphère de 8 000 tonnes de CO² par an.

D'autre part, les 11 000 tonnes de bois brûlés par an proviennent essentiellement des forêts de la Dordogne et vont permettre de favoriser le développement de l'exploitation de notre grande forêt avec la création d'emploi.

Enfin, dans le cadre de l'extension d'un réseau de chaleur, ce sont plusieurs partenaires institutionnels qui vont pouvoir se chauffer à l'énergie bio masse.

- Opportunité pour l'hôpital de Périgueux de maîtriser le coût d'une énergie qui représente 60 % de tous les mégawattheures consommés annuellement (électricité, gaz et thermie).

Dans un environnement économique où l'énergie va prendre de plus en plus de place avec des évolutions de prix aléatoires, l'hôpital de Périgueux s'est assuré une garantie grâce à un coût du bois maîtrisé et indépendant de l'évolution des énergies fossiles sur la durée du contrat.