



ANALYSE DE LA QUALITE ENVIRONNEMENTALE DE LA CONSTRUCTION D'UN BATIMENT TERTIAIRE

Construction du bâtiment « 6ENERGY+ » à Labège Locaux de GAMBA Acoustique au standard « BBC Neuf »



Rapport réalisé par



avec la participation de Lucie Félix.

- Avril 2012 -

1. Contexte du projet

L'objectif du projet était de construire un bâtiment à énergie positive et d'un confort optimal pour ses occupants.

Le projet s'articule autour de cinq axes principaux :

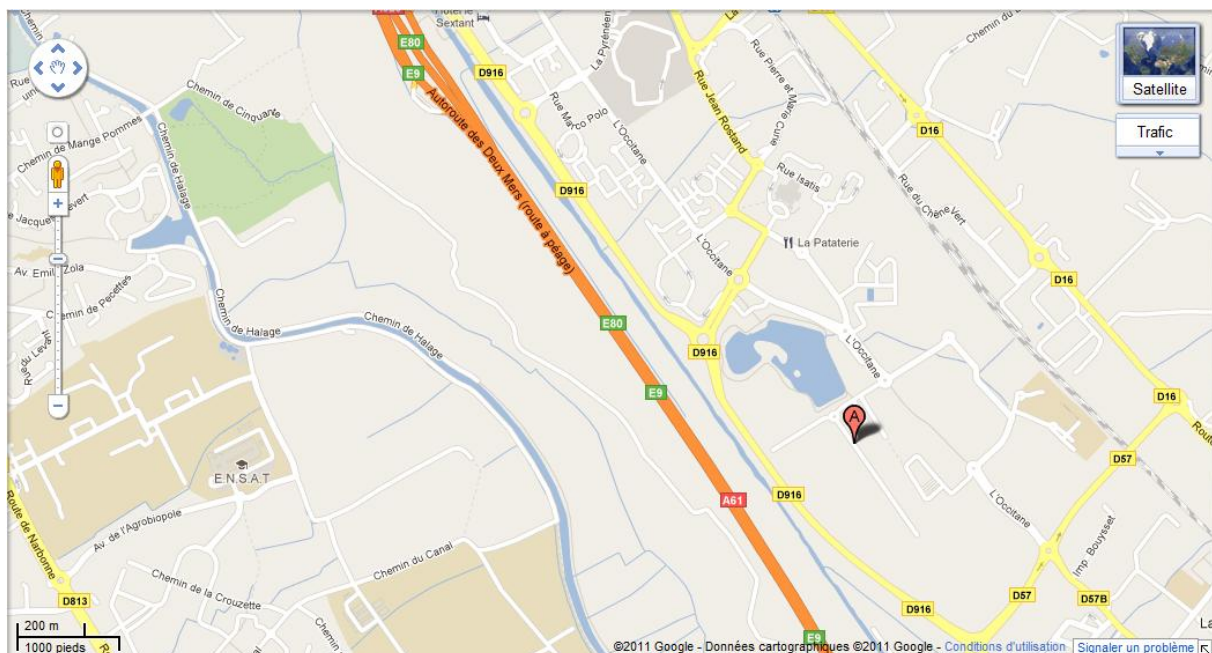
- Limitation des dépenses énergétiques
- Production d'énergie renouvelable
- Confort thermique
- Confort acoustique
- Création d'un cadre de vie agréable

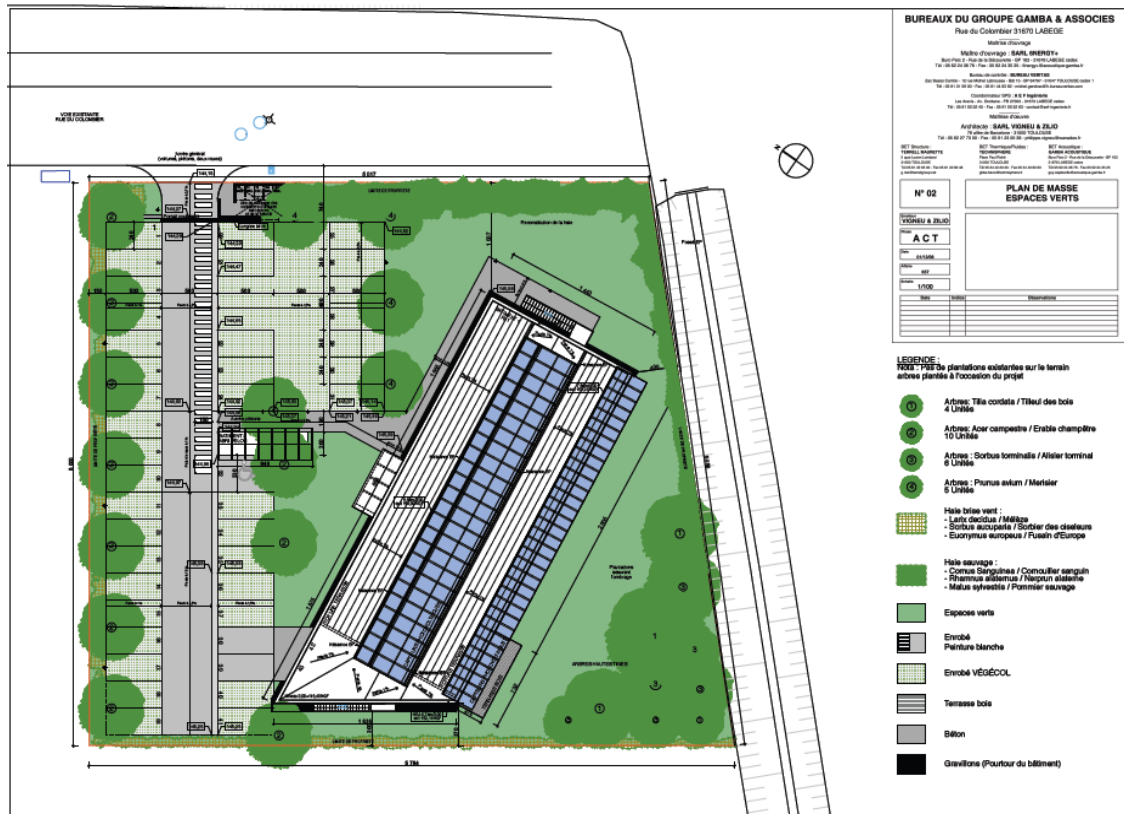
Pour atteindre cet objectif, une approche pluridisciplinaire a été menée en amont par divers acteurs de la construction.

2. Description du bâtiment

2.1 Plan de masse

Les bureaux ont été construits par l'entreprise 6ENERGY+ pour le compte de la société GAMBA Acoustique au 163 de la rue du Colombier, BP 67678, 31676 Labège cedex. Le bâtiment a une orientation Nord-Sud.





2.2 Particularités architecturale

2.2.1 Compacité

La forme et la hauteur du bâtiment tendent à limiter les pertes thermiques. Il a été choisi qu'il ne comporte qu'un étage pour que le ratio surface en contact avec le sol/ surface murs+toitures soit plus important que pour un bâtiment sur plusieurs étages. En effet les pertes thermiques sont plus grandes par les murs ou la toiture que par le sol. Ceci permet aussi d'avoir une surface de toiture plus importante pour installer les panneaux solaires.

2.2.2 Orientation et panneaux solaires

L'orientation Nord-Sud du bâtiment présente plusieurs avantages. La façade nord reçoit peu de chaleur en été qui évite les surchauffes. L'exposition au sud est idéale pour les panneaux solaires (environ 340 m²) qui reçoivent ainsi un maximum de luminosité pour produire de l'électricité. De plus ils permettent d'ombrager la façade en été tout en laissant passer les rayons plus rasant en hiver.

En revanche il est à noter que les panneaux solaires situés sur le rebord du toit ombragent en partie les panneaux solaires situés en dessous, ce qui a pour effet de réduire la production d'électricité d'autant que ces panneaux sont montés en série.

2.2.3 Shed

Le Shed est constitué de deux parties. La première inclinée côté sud sert de support aux panneaux solaires et la seconde inclinée au nord est composée d'un produit de type « Danpatherm » (85 m² et épaisseur 7 cm). Ceci permet un apport important de lumière naturelle sans entraîner d'inconfort d'été.

Pour tirer parti au maximum de cet apport de lumière, un puits de jour a été aménagé entre le premier étage et le rez de chaussée. Ceci permet de diminuer la facture énergétique due à l'éclairage.

2.2.4 Aménagements particuliers

Un garage à vélo a été installé pour encourager les usagers à utiliser ce moyen de transport.

Des douches sont aussi à la disposition pour assurer le confort des cyclistes et autres usagers.

Une cuisine et une terrasse leur permettent de préparer leur repas sur place et d'éviter ainsi des déplacements supplémentaires.

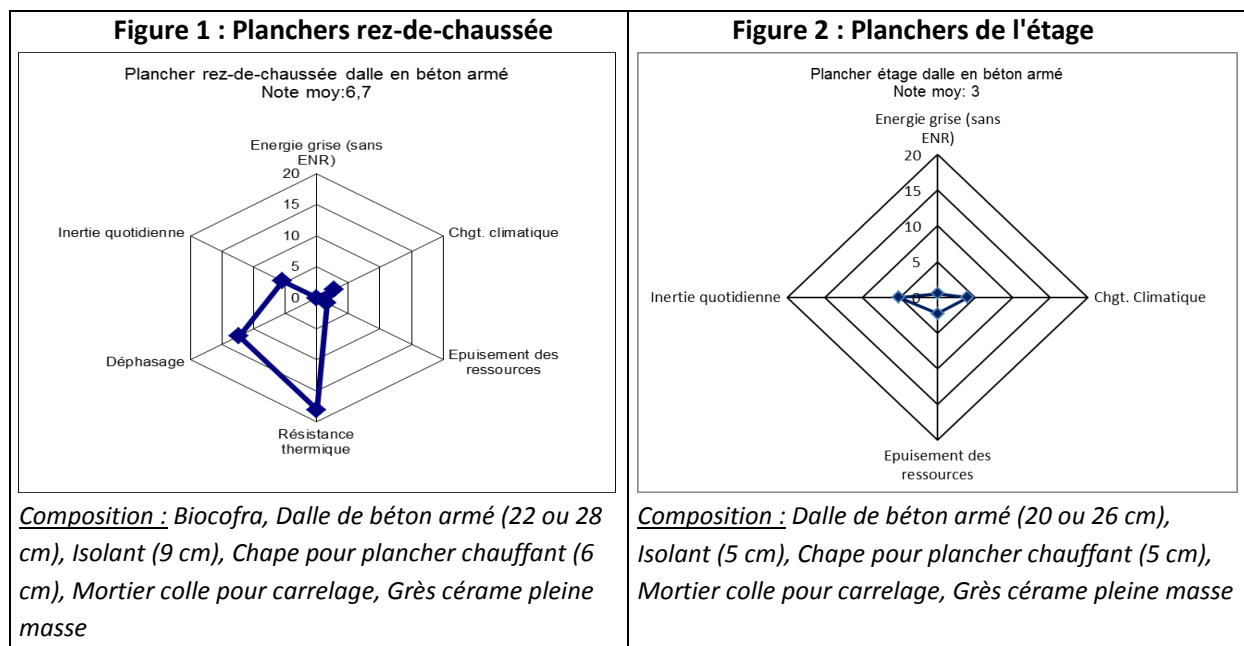
2.3 Choix des matériaux de construction

2.3.1 Fondations et soubassement

Les longrines, pieux, têtes de pieux et autres éléments de fondations sont constitués de béton armé. Le système de fondation retenu est un système de fondations profondes sur pieux ancrés dans le substratum résistant.

2.3.2 Dalles et planchers

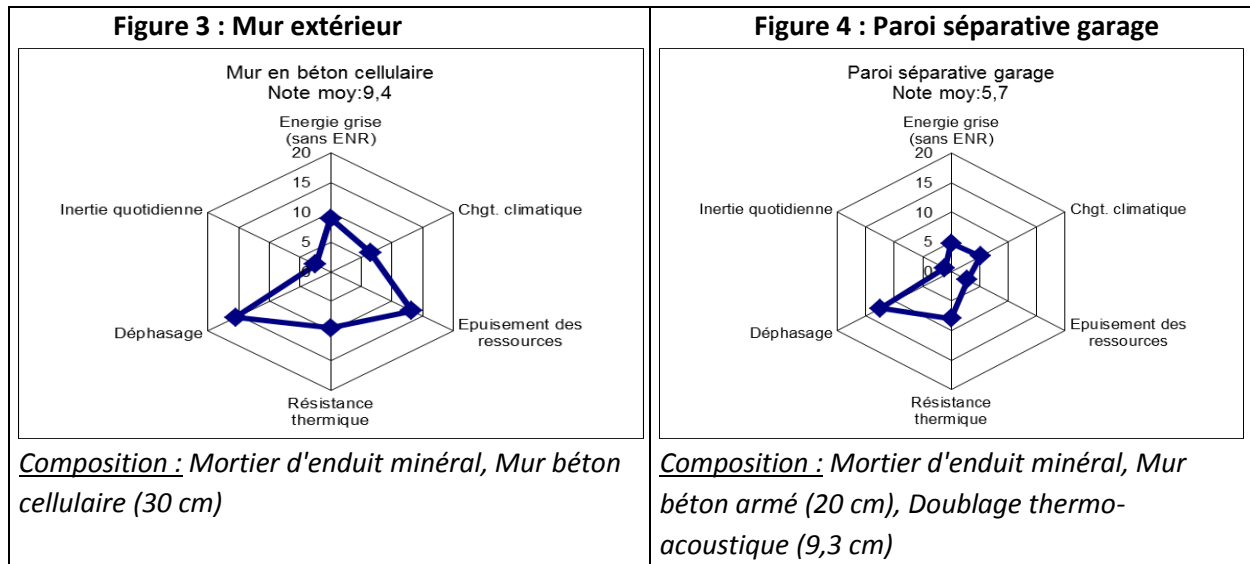
Les planchers bas et intermédiaire se composent d'une dalle en béton armé isolé par l'intérieur avec du polyuréthane. Au dessus une chape de béton est coulée sur le plancher chauffant/rafraîchissant assurant un bon confort thermique.



2.3.3 Murs

Le béton cellulaire assure à la fois la fonction de mur porteur et d'isolation. La structure de l'ouvrage est renforcée par des poteaux en béton armé.

Le béton cellulaire présente pour avantage de ne consommer que 20% de matière première comparé à du béton ordinaire et présente une bonne résistance thermique durable.

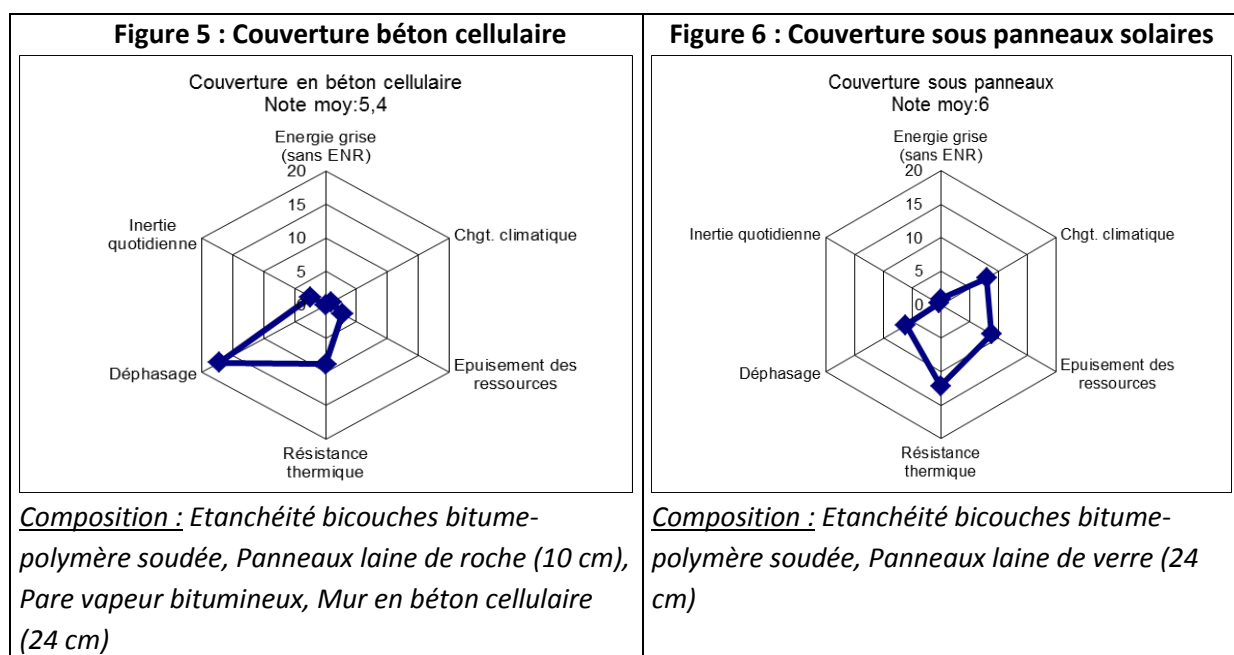


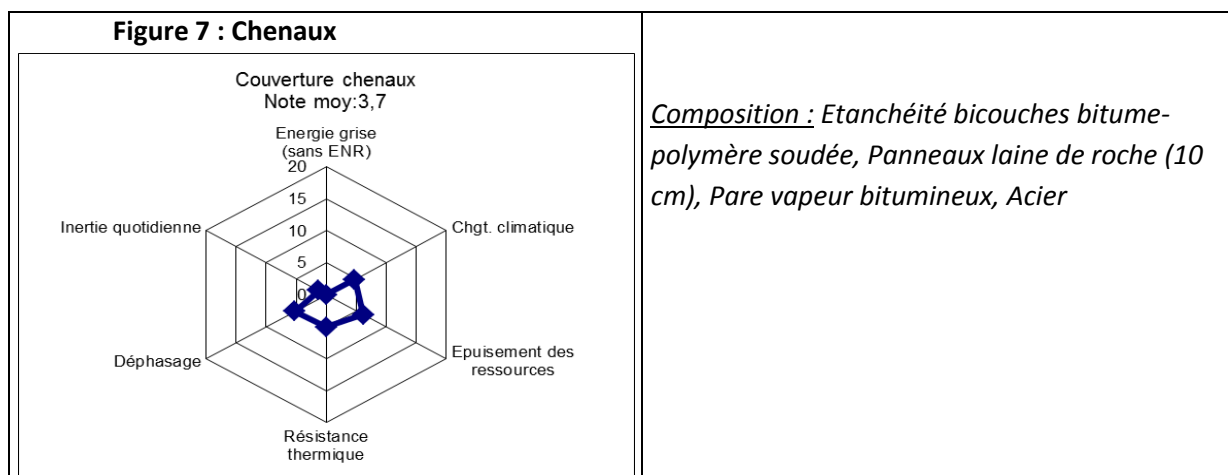
2.3.4 Couverture

Le toit est principalement constitué d'un complexe (de l'intérieur vers l'extérieur) pare vapeur bitumineux/béton cellulaire/isolant en laine de roche/étanchéité bicouches.

L'isolation sous les panneaux solaires du Shed est assurée par des panneaux de laine de verre.

Le toit est soutenu par des poutres en acier et la stabilité de l'ensemble de la structure est renforcée par des contreventements en acier.

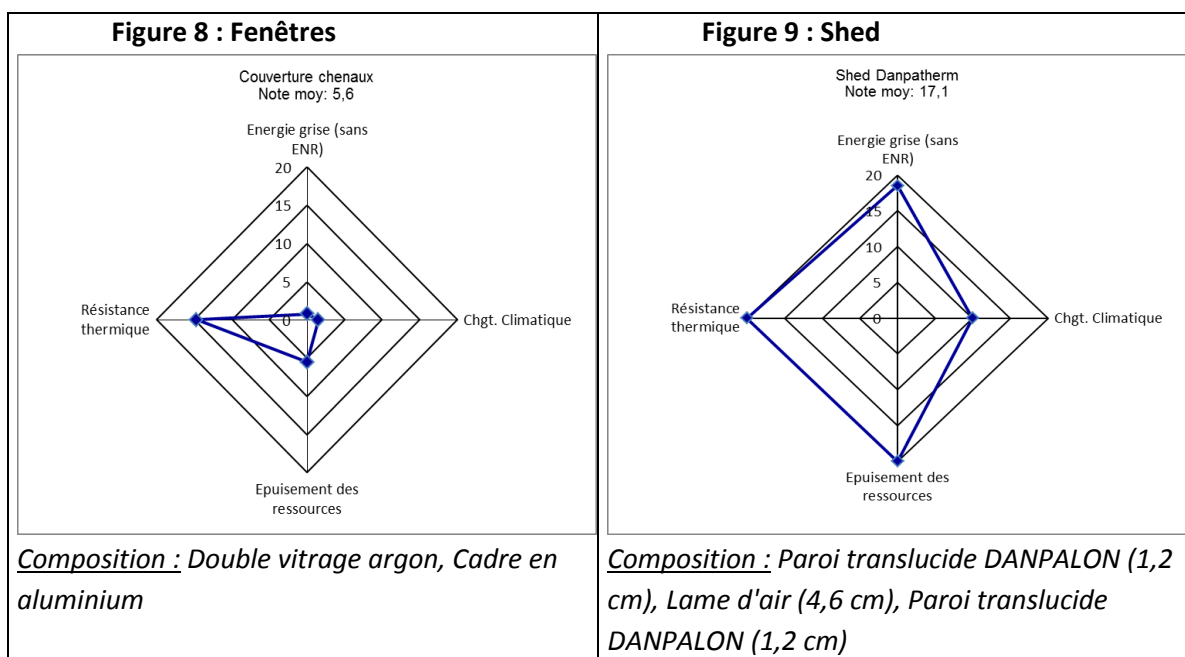




2.3.5 Huisseries

Au rez-de-chaussée les portes et fenêtres sont en double vitrage argon antieffraction et à l'étage de double vitrage argon.

En été pour refroidir le bâtiment durant la nuit, un automatisme permet d'ouvrir les fenêtres si la température extérieure est suffisamment faible. Ces ouvertures sont protégées des effractions par des barreaux.



2.3.6 Cloisons et aménagements

Un soin tout particulier a été apporté à l'isolation acoustique au sein du bâtiment par la mise en place de cloisons adaptées (double épaisseur plaques de plâtre+isolant), de panneaux et de baffles acoustiques sur les murs et le plafond.

Des cloisons amovibles ont été installées dans certaines pièces pour pouvoir aménager des salles de réunion de tailles variables selon les besoins.

2.4 Equipements et production d'énergie

2.4.1 Panneaux solaires

L'électricité est produite en totalité par les panneaux photovoltaïques, pour cela 340 m² de panneaux ont été installés. Ils permettent de produire environ 62000 kWh d'énergie finale par an alors que la consommation annuelle du bâtiment est de seulement 35000 kWh d'énergie finale.

2.4.2 Eclairages

Au-delà des apports de lumière naturelle, un système automatique d'éclairage a été mis en place qui permet de régler la luminosité à un seuil donné.

2.4.3 Forages profonds et pompes à chaleur

Des forages profonds ont été effectués pour pouvoir tirer profit de l'inertie thermique du sol.

Couplé à des pompes à chaleur réversibles le système permet réguler la température du fluide du plancher chauffant/rafraîchissant, celle de l'air soufflé par le système de ventilation et de produire l'eau chaude sanitaire.

En hiver si le système est insuffisant un appoint électrique prend le relai.

3. Etudes des impacts environnementaux avec COCON

L'étude des impacts environnementaux a été réalisée à partir du logiciel COCON développé par Luc Floissac.

Ce logiciel permet aussi d'évaluer la résistance thermique des différentes parois du bâtiment, de se positionner par rapport à certaines normes et labels (BBC, Passiv Haus, RT2005, ...), ainsi que l'impact environnemental et énergétique dû au transport des usagers.

Les impacts des matériaux pris en compte proviennent de différentes bases de données qui regroupent les résultats d'Inventaires de Cycle de Vie (ICV).

Pour l'analyse du bâtiment GAMBA Acoustique, nous avons retenu le label BBC comme système de notation.

3.1 Résultats pour l'énergie grise et le changement climatique

L'énergie grise correspond à l'énergie totale consommée lors de l'ensemble du cycle de vie des matériaux (énergie nécessaire à l'extraction des matières premières, à la production, au transport, à l'utilisation et à l'entretien, à la fin de vie).

Figure 10 : Répartition de la consommation en Energie grise sur l'ensemble du bâtiment

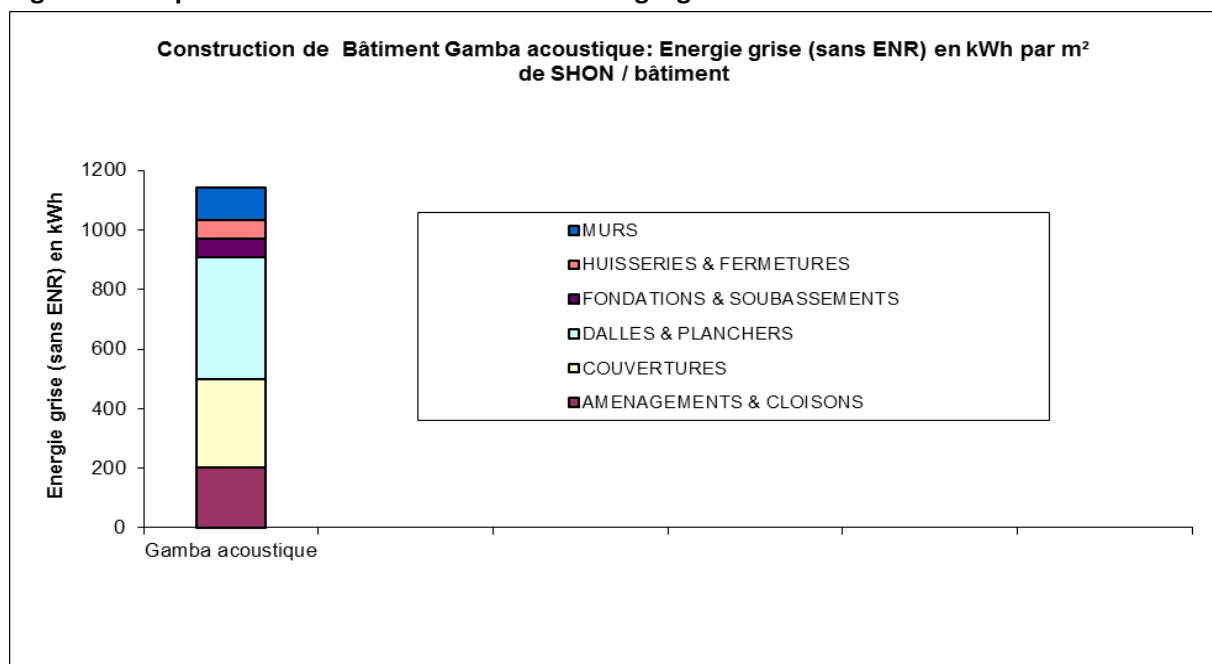
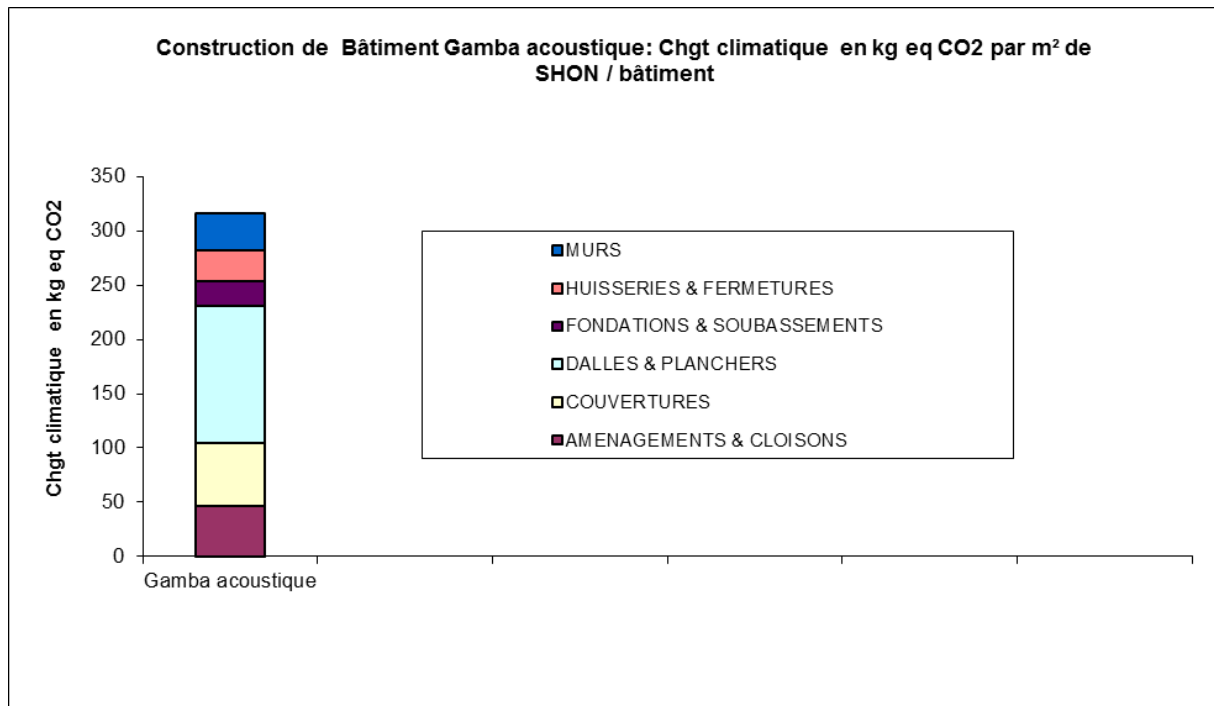


Figure 11 : Répartition de l'impact du changement climatique sur l'ensemble du bâtiment



Les aménagements et cloisons, les couvertures ainsi que les dalles et planchers représentent à eux seuls de l'ordre des ¾ de l'énergie grise et du changement climatique.

En effet, les dalles et planchers sont constitués principalement de béton armé, dont la fabrication nécessite beaucoup d'énergie et rejette beaucoup de gaz à effet de serre.

L'armature en acier des panneaux solaires et des contreventements maintenant la structure du bâtiment ont été inclus dans les couvertures, ce qui explique en grande partie les impacts observés.

Enfin, les aménagements comprennent les deux escaliers métalliques extérieurs et l'escalier intérieur en béton armé. De plus, les cloisons amovibles ont été modélisées avec des panneaux en fibre de bois haute densité et avec de la laine de roche haute densité, matériaux énergivores et impactants sur le changement climatique.

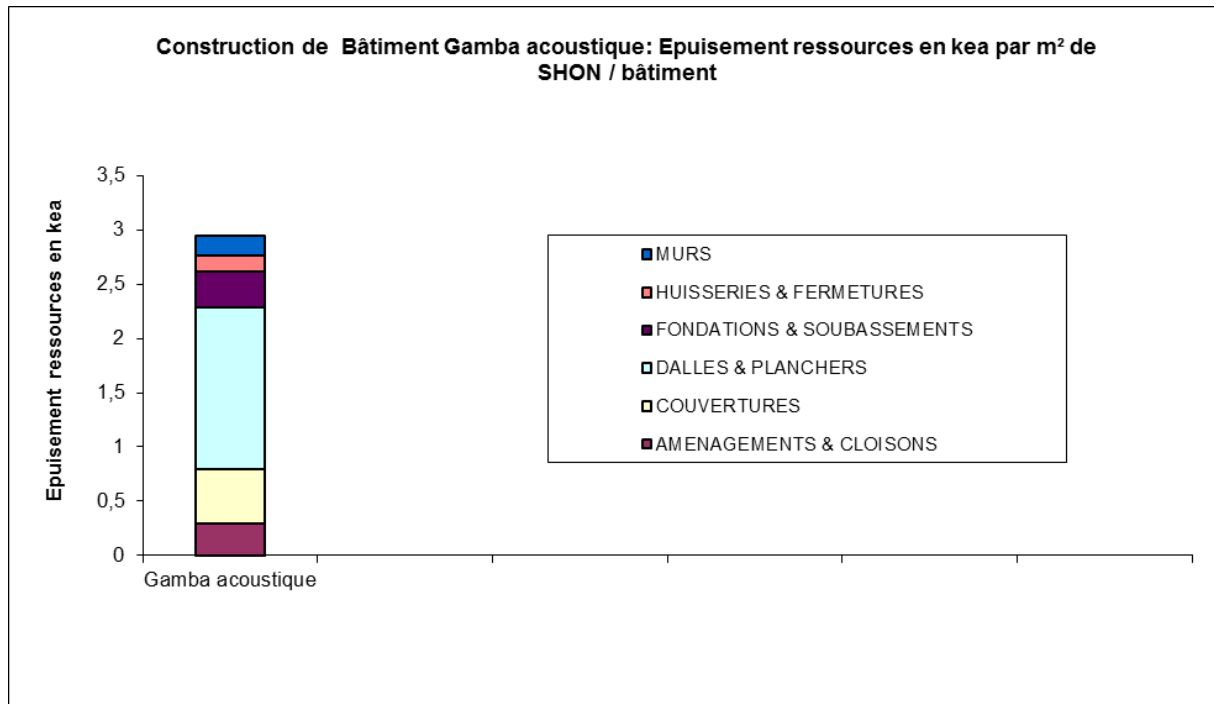
Pour ces raisons, les notes obtenues sont faibles :

- énergie grise : 7,5/20

- changement climatique : 5,7/20

3.2 Résultats sur l'épuisement des ressources

Figure 12 : Répartition de l'Épuisement de ressources sur l'ensemble du bâtiment



Les dalles et planchers ont le plus de poids sur l'épuisement des ressources, ceci est dû principalement à l'utilisation du béton armé et dans une moindre mesure aux isolants des dalles et aux chapes de béton contenant le plancher chauffant.

Les couvertures ont aussi un impact non négligeable sur l'épuisement des ressources à cause des parties en béton armé (toit locaux techniques), de la laine de roche et des étanchéités bicouches. Dans une moindre mesure les armatures en acier et le béton cellulaire participent à cet épuisement. Au niveau des aménagements il est à noter que l'escalier en béton armé et les cloisons mobiles ont une grande importance. Dans le cas des cloisons mobiles l'impact provient principalement de l'épaisseur de laine de roche haute densité ainsi que des panneaux en fibres de bois haute densité. Au vu de ces différents matériaux le logiciel donne une note de 8,9/20 par rapport au label BBC.

3.3 Résultats pour l'inertie du bâtiment

L'inertie de ce bâtiment est principalement apportée par les dalles et les planchers en béton armé. L'enveloppe extérieure en amène peu car:

- les murs et la toiture sont en grande partie composés de béton cellulaire (matériau léger)
- les surfaces vitrées sont importantes.

Par ailleurs, les dalles, qui pourraient compenser ce manque, sont isolées par l'intérieur et bloquent donc les transferts de chaleur entre le béton et l'intérieur du bâtiment. En effet:

- le plancher du rez-de-chaussée est isolé par l'intérieur
- la dalle de l'étage est isolée sur sa face supérieure, elle n'apporte donc sa masse thermique qu'au rez-de-chaussée.

La note donnée au critère "inertie thermique" par le logiciel est donc très faible : 2,9/20. Ceci montre bien qu'il est important d'isoler par l'extérieur les éléments pouvant apporter de l'inertie si l'on veut que celle-ci soit importante dans un bâtiment.

3.4 Résultats pour la résistance thermique du bâtiment.

La surface vitrée importante ainsi que le shed pénalisent la résistance thermique, cependant les matériaux utilisés sont performants par rapport aux matériaux courants pour cet usage (huisseries). Le logiciel tenant compte de l'usage, la note n'est pas pénalisée au contraire. De plus le logiciel COCON ne tient pas compte de l'orientation de ceux-ci, or dans ce projet l'orientation a été bien pensée notamment pour le confort d'été (avec orientation du shed au nord et brise-soleil au sud).

Les matériaux constituant les planchers donnent de bonnes performances (béton armé/isolant). En revanche celles des murs et du toit sont moyennes. Les déperditions sont particulièrement fortes au niveau des chenaux où seuls 10 cm de laine de roche assurent l'isolation.

Globalement on atteint une assez bonne note de 12,8/20.

3.5 Résultats pour le déphasage du bâtiment

Le déphasage des planchers, des murs et des couvertures est bon. Cependant des faiblesses sont présentes au niveau des chenaux du toit et sous les panneaux solaires car il s'agit en majeure partie de laine de roche et de laine de verre.

La note obtenue est donc de 13,8/20.

3.6 Comparaison entre les impacts de la construction du bâtiment et ceux du transport des usagers

Figure 13 : Comparaison entre la consommation d'Énergie due à la construction et celle due au déplacement des usagers

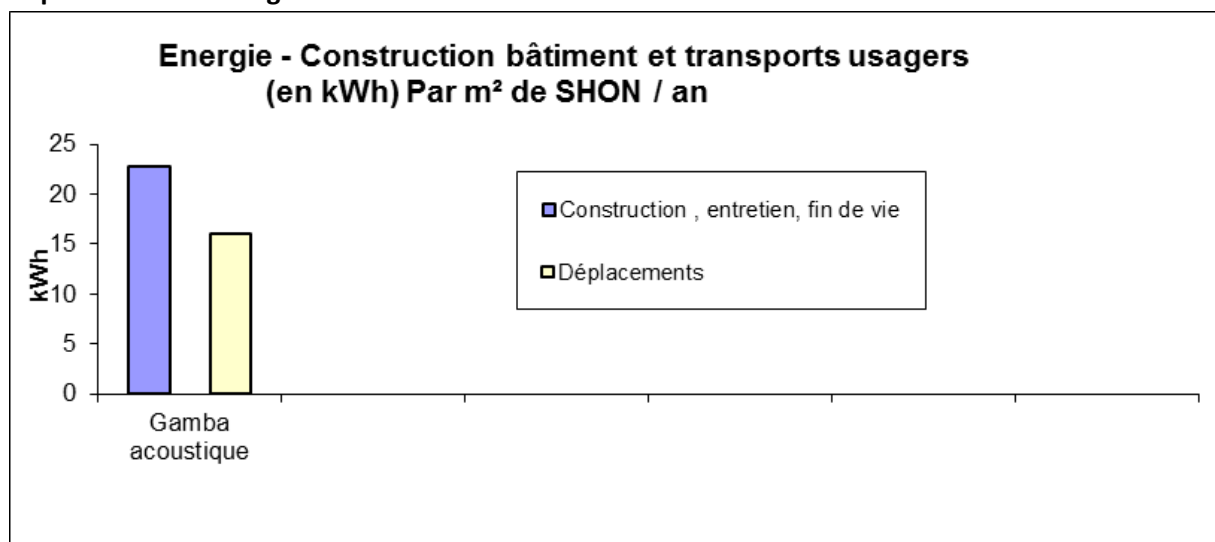
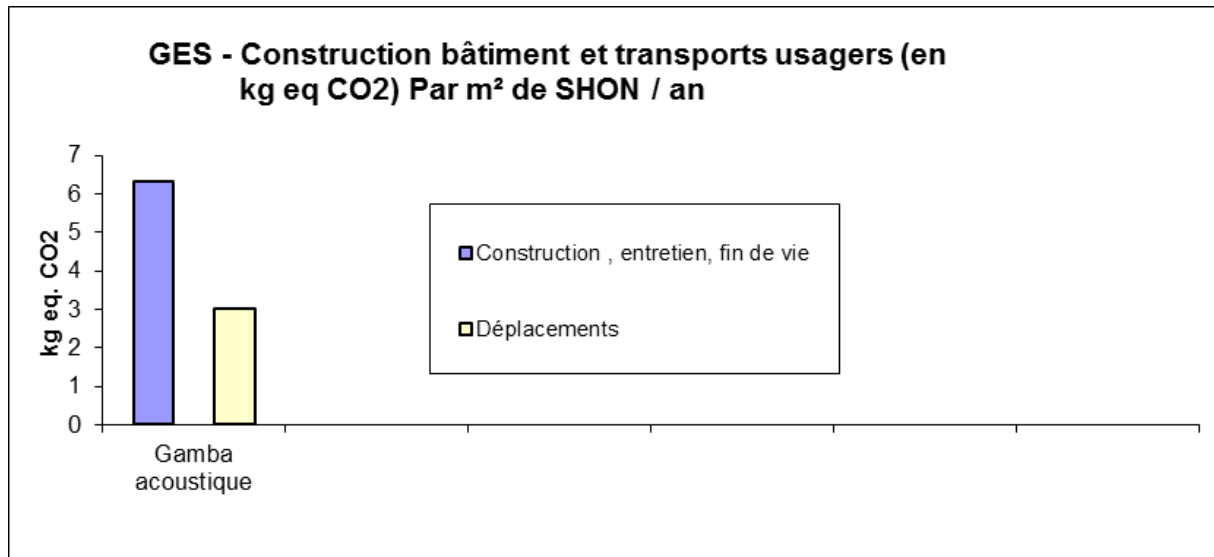


Figure 14 : Comparaison entre les émissions de Gaz à effet de serre due à la construction et celle due au déplacement des usagers



L'énergie consommée par les transports des usagers représente environ les $\frac{3}{4}$ de celle nécessaire à la construction. Pour les gaz à effet de serre l'impact des transports équivaut à la moitié de celui du bâtiment.

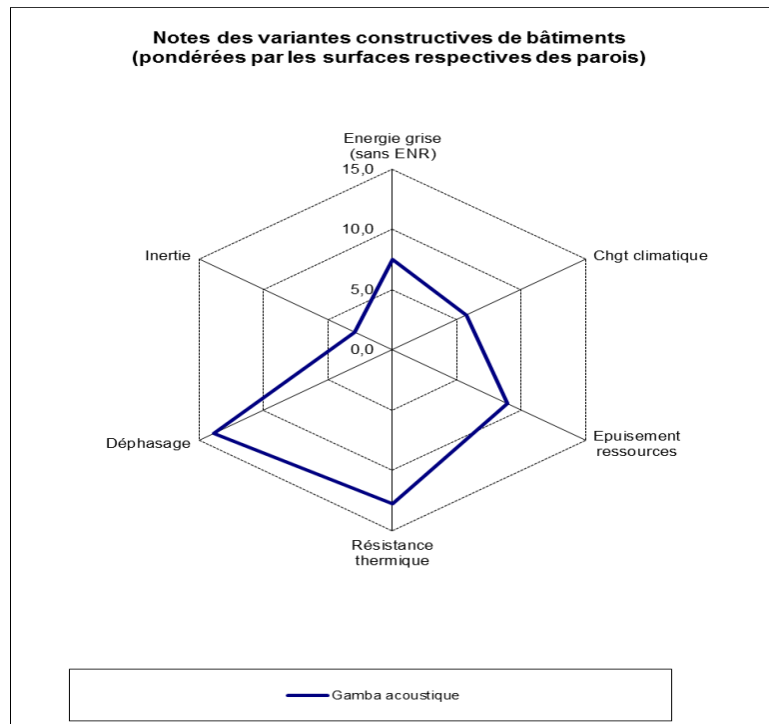
Ceci est dû à la situation géographique du bâtiment Gamba qui est positionné sur une zone industrielle éloignée de la plupart des habitations des usagers.

Le tableau ci-dessous résume la répartition des moyens de transports au sein de l'entreprise. Les salariés ayant participé à l'enquête sont au nombre de 26, certains utilisant plusieurs moyens de transport.

Moyen de transport utilisé	Nombre de kilomètres parcourus par jour (aller et retour)	Nombre de personnes utilisant ce moyen de transport
Voiture	600,32	22
Moto	7,5	1
Train	134,94	3
Métro, bus et pieds	34	2
Vélo	38,88	3

4. Conclusion relative au bâtiment

Figure 15 : Résultat des différentes notes données par COCON sur l'ensemble du bâtiment



La note moyenne obtenue pour les différents impacts environnementaux est de 8,6/20. En effet les matériaux utilisés ne sont pas nécessairement très écologiques (Béton armé, Acier, Laine de roche...). En revanche toute la réflexion autour de la conception de ce bâtiment et de ses équipements rend son usage peu énergivore et lui permet de produire de l'énergie. Il résulte de ces deux aspects qu'il produit à l'année un excédant énergétique important (bâtiment à énergie positive) ce qui n'a pas été mis en valeur avec le logiciel COCON.

5. Comparaison avec les impacts dus aux équipements techniques

5.1 Limites de l'étude

L'étude réalisée relative aux équipements techniques reste incomplète à cause de trois facteurs: le nombre restreint de documents disponibles, certains impacts non renseignés lorsqu'il existait des documents et la nécessité de combiner plusieurs bases de données.

Contrairement au domaine de la construction, il existe encore peu de démarches de déclaration environnementale pour les équipements techniques. Pour cette raison, les impacts de certains éléments des devis n'ont pas pu être pris en compte. C'est le cas notamment de toutes les bouches de soufflage et d'extraction d'air du système de ventilation, ou bien des pompes et des vannes du système d'alimentation en eau. N'ont pas non plus été pris en compte les automatismes d'ouverture des fenêtres, du portail, ainsi que les extincteurs ou le système de fermeture des portes coupe-feu. De même, par manque de précision du devis, les raccordements électriques de plusieurs équipements (comme la VMC ou l'alarme incendie) ont été laissés de côté.

De plus, sur l'ensemble des documents utilisés, certains indicateurs environnementaux apparaissaient plus ou moins régulièrement. Par exemple, on trouvait systématiquement, quelle que soit la base de données dont était issu le document, l'indicateur changement climatique (exprimé en $\text{kg}\sim\text{CO}_2$), mais beaucoup moins souvent l'indicateur pollution de l'air (exprimé en m^3).

Enfin, comme nous l'avons dit plus haut, les chiffres utilisés sont issus de plusieurs bases de données: la base de données du logiciel COCON, celle du logiciel SIMAPRO (EcoInvent), et enfin une base de données de documents du type Profil Environnemental Produit (PEP), qui contient majoritairement des documents concernant l'installation électrique. Ceci peut avoir entraîné une étude moins précise encore, puisque les logiciels ou les méthodes employées pour établir les données utilisées diffèrent. Notamment, les limites des Analyse de Cycle de Vie (ACV) qui ont servi à la rédaction des documents ne sont pas les mêmes: pour les données issues de COCON, tout le cycle de vie du produit est pris en compte (extraction des matières premières, fabrication, transport, utilisation et traitement des déchets). Pour celles issues d'EcoInvent, seules les deux premières étapes sont considérées. Pour les données sous forme de PEP, nous n'avons retenu que les trois premières étapes (jusqu'au transport).

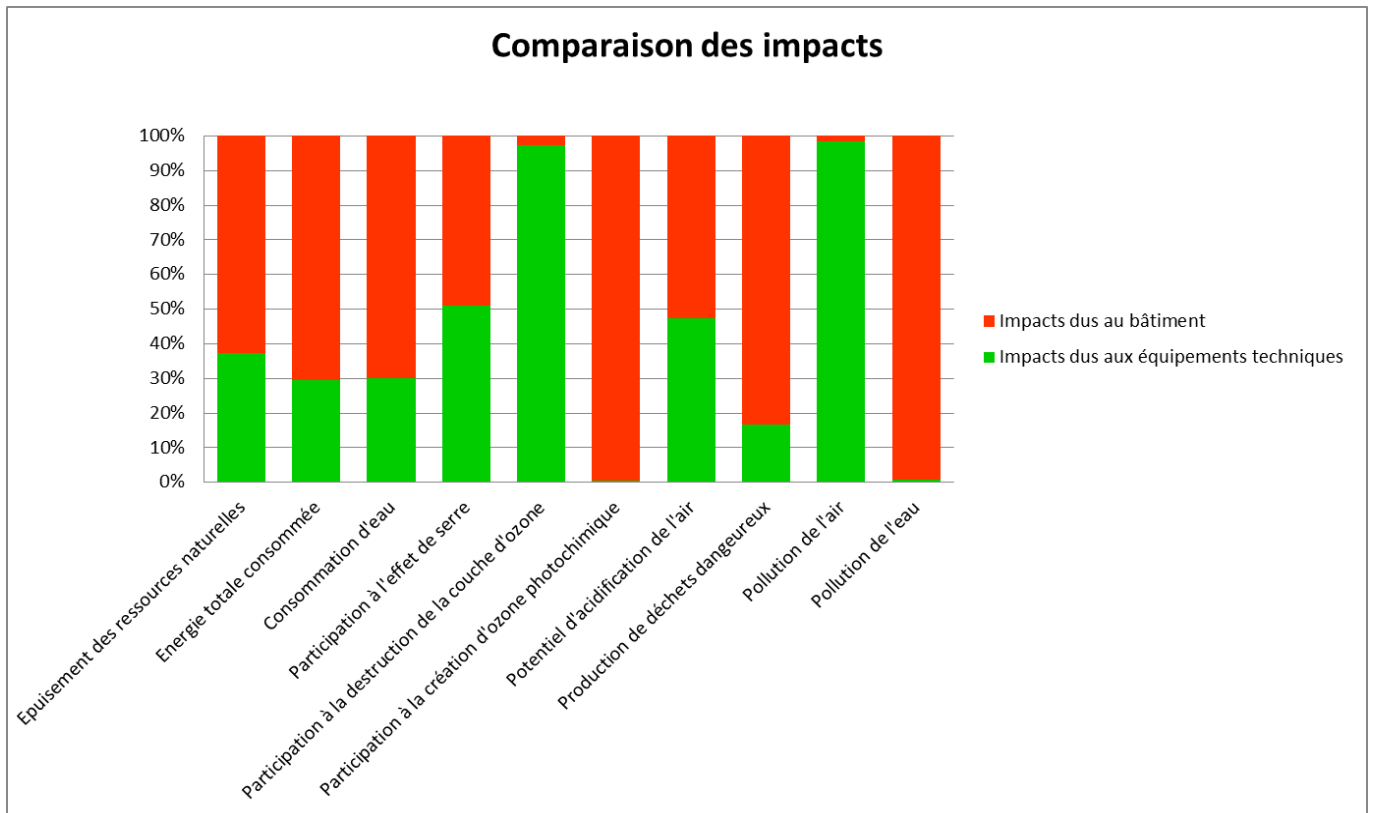
Le tableau suivant résume la répartition des documents selon les trois bases de données précédentes.

	Base de données du logiciel COCON	Base de données EcoInvent	Base données PEP
Interrupteurs, prises de courant et prises informatiques			+++
Appareils d'éclairage			+++
Equipement de sécurité (repérage des sorties de secours, alarme, ...)			+++
Armoire électrique et accessoires, alimentations			+++
Câbles et fils électriques (circuits d'éclairage), terre			+++
Alimentation en eau pour sanitaires et plancher chauffant	+++		+++
Sanitaires (WC, ...)	+++		
Conduits pour la ventilation	+++		
Centrales double et simple flux (ventilation)		+++	
Calorifugeage des circuits d'eau, de ventilation et de chauffage	+++		
Panneaux photovoltaïques		+++	
Pompes à chaleur		+++	

Pour ces raisons, les valeurs obtenues pour chaque indicateur sont à priori des valeurs MINIMALES, et peuvent uniquement donner une idée du poids relatif des équipements par rapport au bâtiment.

5.2 Résultats obtenus

Figure 16 : Résultat des différentes notes données par COCON sur l'ensemble du bâtiment



On peut constater que pour la majorité des indicateurs, l'impact dû aux équipements techniques est loin d'être négligeable. Il est même supérieur à celui du bâtiment pour les indicateurs participation à l'effet de serre (changement climatique), participation à la destruction de la couche d'ozone et pollution de l'air.

Pour compléter cette étude, il aurait été intéressant de pouvoir illustrer la différence d'impacts, pendant la durée de vie du bâtiment, entre l'utilisation d'équipements tels les panneaux photovoltaïques, les pompes à chaleur, le plancher chauffant et l'utilisation d'équipements plus classiques.