

# BBEFM

## Bâtiment Bioclimatique Evolutif à Fonction Mixte



### Points forts

Mots clefs : compacité, récupération, évolutivité, cohabitation des fonctions et utilisation continue, optimisation, réduction des déperditions, veiller à l'inertie, viser les apports gratuits.

Un concept bioclimatique optimisé pour réduire les déperditions thermiques.

- La compacité passe par la réduction des surfaces de parois en contact avec l'extérieur.
- L'isolation va de pair avec une bonne inertie.
- Les ponts thermiques sont limités. Escalier et coursives sont extérieurs et désolidarisés de la structure.
- Les logements sont peu vitrés au nord.

Un concept bioclimatique étudié pour capter, stocker et distribuer les apports solaires en hiver et éviter les surchauffes estivales.

- Vérandas encastrées au sud.
- Triple vitrage peu émissif et menuiseries isolantes
- Protection solaire (balcon, casquette photovoltaïque et fermeture des fenêtres par des volets roulants).

Un concept bioclimatique producteur d'énergie.

- Panneaux solaires thermiques en toiture.
- Module solaire photovoltaïque installé en toiture, en brise soleil et sur les garde-corps.
- Pompe à chaleur air/eau.
- Eoliennes en toiture.



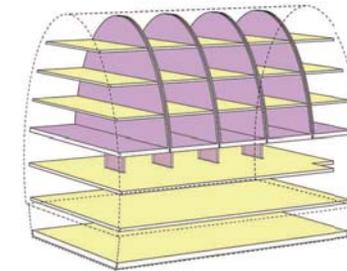
### Fonctionnement général

Le concept est un bâtiment évolutif dont l'amélioration continue est programmée et pour lequel les investissements peuvent être différés dans le temps. C'est un programme mixte, Habitat et Lieux de travail pour réduire les consommations énergétiques de l'ensemble sans recours à des techniques coûteuses.

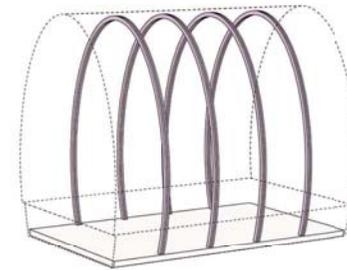
Conçu sur un axe Est Ouest avec serre climatique comme espace tampon pour tous les logements orientés au sud, le bâtiment de 6 niveaux et un sous-sol (espace tampon principalement désolidarisé du reste du bâtiment pour permettre une isolation continue de l'enveloppe) accueille deux étages de bureaux et quatre de logements. La trame de 5 m et les refends facilitent l'adaptation du bâtiment à la parcelle et aux voisins.

Le bâtiment reprend en coupe une forme ovale compacte pour réduire les surfaces de déperdition. Pour optimiser cette démarche, l'escalier et les coursives sont à l'extérieur du volume chauffé et désolidarisés de la structure. Les espaces de vie sont intégrés dans une enveloppe hyper-isolée. L'inertie thermique de la structure favorise les échanges de chaleur et le confort d'été. La façade est rythmée par les balcons et casquettes de protection. Les brise-soleil renforcent l'horizontalité marquant les différents niveaux. Les balcons sont traités avec des garde-corps vitrés. Les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques sont soit intégrés aux casquettes, soit aux garde-corps des balcons, soit à la toiture. Des éoliennes viendront compléter le dispositif de production d'énergies renouvelables, en toiture. Elles seront implantées en fonction de l'environnement du bâtiment en ville ou à la campagne.

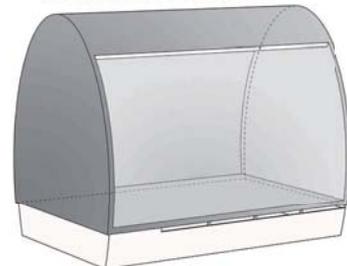
Dalles + Refends



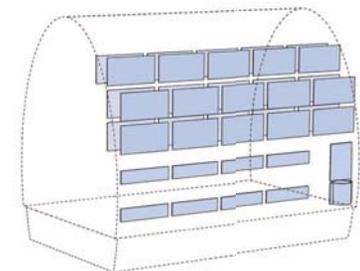
Arc - Porteurs structure enveloppe



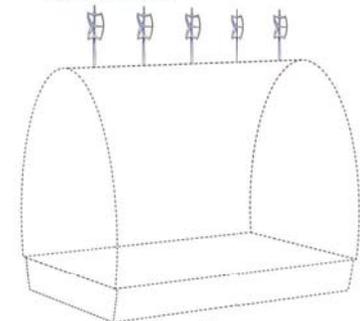
Enveloppe du bâtiment super isolée



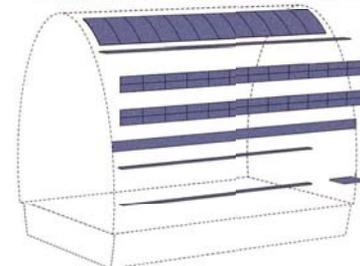
Au sud : Verandas pour les logements

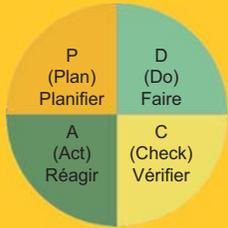


Eoliennes en toiture



Panneaux solaires thermiques et photovoltaïques



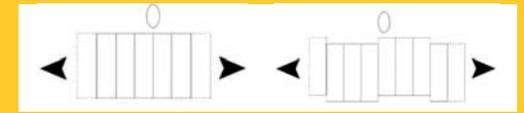


EQUIPE & DEMARCHE DE CONCEPTION



L'ovoïde a 16% de surface en moins par rapport à la forme rectangulaire

PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION ET DE DÉVELOPPEMENT



Possibilités d'agrandissement et/ou d'adaptation du bâtiment

Une équipe concourante

- aaPGR architectes
- N. CHAUVINEAU : Ingénieur énergies renouvelables
- WATTS : Economiste

Programme mixte

Le concept réunit dans le même bâtiment des logements et des bureaux. D'un point de vue énergétique cette cohabitation s'avère être un facteur important de réduction des consommations d'énergie. Les bureaux sont principalement occupés en journée et les logements la nuit. En plaçant deux étages de bureaux dans la partie inférieure du bâtiment, les déperditions de chaleur sont récupérées et réutilisées au profit des logements. Les calories récupérées par les logements sont véhiculés par un système de lames d'air (ventilation orientée). Inversement et de manière encore plus significative, les bureaux protégés des apports solaires et des surchauffes d'été, diminueront leur besoin en climatisation sans remettre en cause les conditions de travail. L'étude thermique dynamique a permis de prouver l'opportunité réelle de la cohabitation des fonctions.

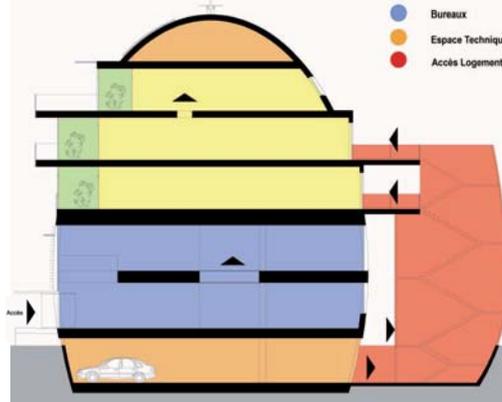
Vue vers la façade sud



Plan d'un étage de logements



Coupe transversale



Bâtiment évolutif

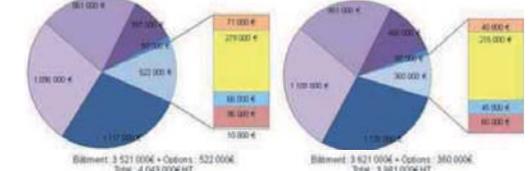
Le bâtiment est évolutif sur un délai de 10 à 15 ans, il peut accueillir un système énergétique plus performant et plus écologique sans générer de surcoûts liés à la rénovation (préinstallation des fixations, des réseaux électriques et du raccordement ECS, dimensionnement adéquat des locaux techniques et des réserves).

- Ainsi, à la conception il a été prévu de :
- réserver des zones en toiture pour un futur système de capteur solaire (thermique ou photovoltaïque),
  - concevoir une toiture permettant d'implanter facilement des panneaux solaires,
  - construire un réseau d'eau chaude susceptible d'accueillir de nouveaux capteurs solaires,
  - installer les gaines qui permettront d'accroître simplement le système de production d'électricité photovoltaïque ou micro-éolien,
  - implanter une chaufferie suffisamment spacieuse pour que la production de chauffage puisse évoluer suivant le contexte énergétique du moment.
- Le bâtiment est capable de s'adapter et pourra évoluer facilement dans le temps au gré des budgets disponibles et des demandes de ses occupants.

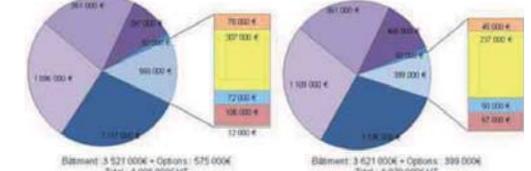
Vue vers la façade nord



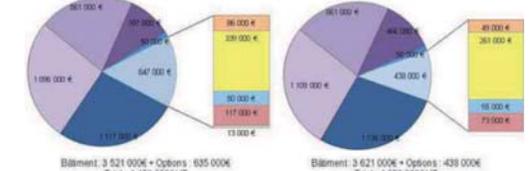
Budget 01 : investissement dans les 5 ans suivant la construction



Budget 02 : investissement entre 5 ans et 10 ans suivant la construction



Budget 03 : investissement après 10 ans suivant la construction



- Gros Œuvre
- Second Œuvre
- Extérieurs
- PS Photovoltaïque
- PAC
- Couvert
- Organes Techniques
- Ecliers
- Installation chantier
- Gros Œuvre
- Second Œuvre
- Extérieurs
- PS Thermiques
- Ecliers
- Couvert
- Organes Techniques
- PS Thermiques
- Ecliers

Expertise financière

L'étude propose une comparaison entre les coûts de construction et de réhabilitation de deux types de conception du projet.

- L'un (A, passif) à forte inertie thermique, à isolation renforcée et à matériaux recyclables mais non conçu pour évoluer et sans équipements à énergie renouvelable.
- L'autre (B, biodynamique) conçu avec des équipements performants et producteurs d'énergie peut évoluer sans intervention lourde.

En conclusion, le bâtiment A est moins cher à la construction mais une fois mis en place des équipements de production d'énergie, le bâtiment B est plus économique.

**FONCTIONNEMENT THERMIQUE**

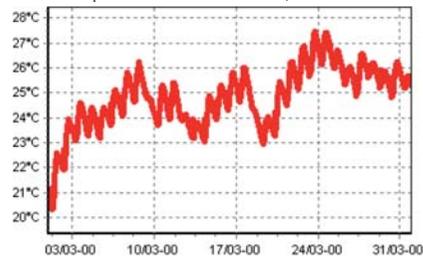
**Transferts de chaleur**

La mixité des fonctions dans un même bâtiment permet de récupérer la chaleur produite pendant la journée dans les bureaux en la stockant dans la structure constituée d'une dalle épaisse et de murs de refend pour la restituer au moment de l'utilisation des logements dans la soirée.

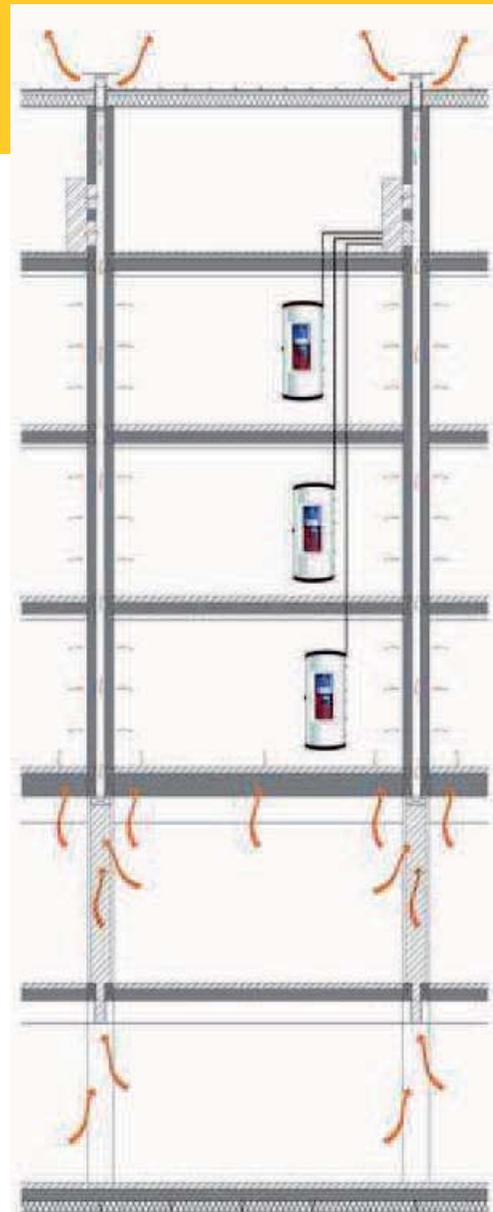
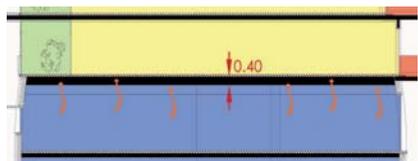
La dalle entre le dernier niveau de bureaux et le premier niveau de logements a une épaisseur de 40 cm de béton. De par son inertie importante, elle stocke la chaleur produite dans les bureaux qui est captée pour être distribuée dans les logements.

Les murs de refend sont constitués de deux voiles de béton de 15 cm séparés par une lame d'air ce qui permet de récupérer directement l'air chaud des bureaux pour chauffer les voiles de béton qui restituent la chaleur par rayonnement. L'air est évacué par des cheminées en partie supérieure et utilisé par des pompes à chaleur air/eau situées dans les combles pour produire de l'eau chaude sanitaire destinée aux logements.

Variation de la température dans les lames d'air, mois de mars 2000



Transfert de chaleur bureaux-logements à travers la dalle de forte inertie



**ECLAIRAGE, MATERIAUX ET COMPACITÉ**

**Eclairage naturel**

L'optimisation de l'éclairage naturel est un point important compte tenu de la taille du bâtiment. Il permet d'améliorer le confort des futurs utilisateurs mais aussi de limiter les apports internes liés aux éclairages et fortement consommateurs de l'énergie de climatisation.

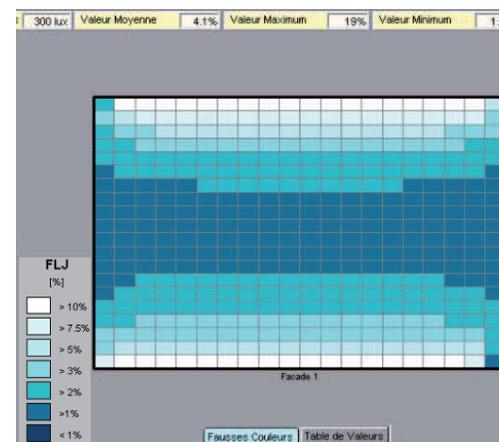
**Facteur lumière du jour d'un étage de bureaux**

C'est le pourcentage qui montre la luminosité présente à l'intérieur de la pièce par rapport à la lumière disponible à l'extérieur.

**Autonomie en éclairage naturel**

C'est la prise en compte de la couverture de l'éclairage à l'intérieur des pièces par la lumière naturelle. Le calcul d'autonomie naturelle consiste à trouver le pourcentage de temps et de surface pour lesquels un seuil d'éclairement d'origine naturel est atteint. C'est un indice synthétique pour évaluer les économies possibles par la gestion de l'éclairage artificiel.

Facteur lumière du jour d'un étage de bureaux



**Matériaux & compacité**

La façade est composée des matériaux suivants :

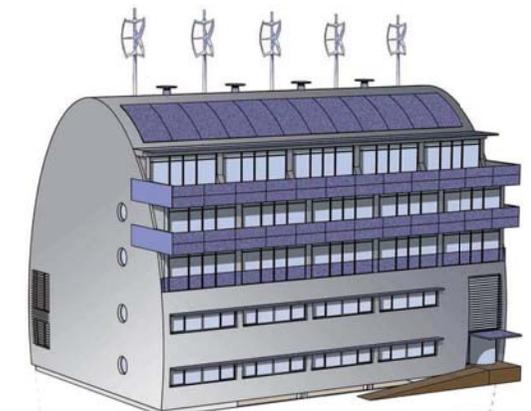
- le zinc pour le parement extérieur de l'enveloppe,
- un matériau transparent (verre ou résine) vient compléter les gardes corps,
- le bois sera utilisé pour créer l'escalier extérieur et la structure secondaire de l'enveloppe.

A l'intérieur on trouvera :

- une isolation en ouate de cellulose,
- des cloisons et plafonds intérieurs en plâtre,
- du béton pour les arcs porteurs, les poteaux, les dalles et les murs de refends,
- du bois pour les menuiseries.

L'ensemble de ces matériaux ont été choisis en fonction de leurs caractéristiques physiques, leurs disponibilités et leurs facilités de mise en œuvre. Ils ont aussi une capacité à être recyclés. En sortant les circulations à l'extérieur de l'enveloppe, les espaces chauffés sont assemblés sous une enveloppe hyper isolée englobant l'inertie thermique nécessaire pour favoriser les échanges de chaleur et le confort d'été.

Un bâtiment très compact, avec des équipements producteurs d'énergie

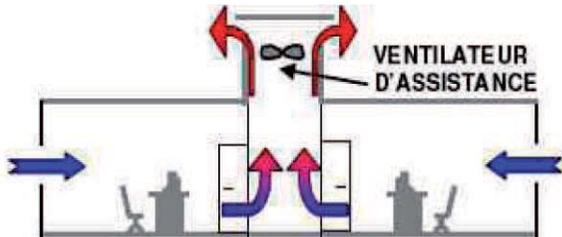


FONCTIONNEMENT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

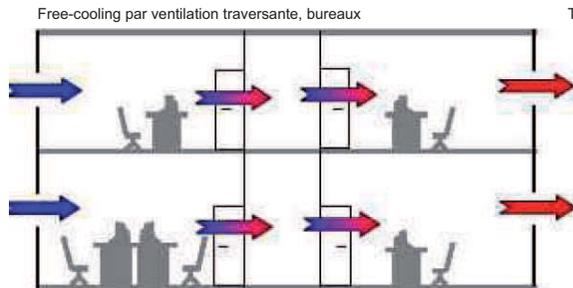
Ventilation et confort d'été

L'optimisation du confort d'été est inséparable de la conception bioclimatique :

- Brise-soleil : les baies vitrées au sud seront équipés de brise-soleil qui permettent de contrôler les rayons solaires en été et laisser passer la lumière en hiver.
- Free-cooling : la ventilation traversante dans les bureaux à la double orientation permet de refroidir le bâtiment en utilisant l'air extérieur lorsque sa température est inférieure à la température intérieure.
- Ventilation hygiénique : la ventilation mécanique sera de type simple flux avec extraction centrale. Il s'agit d'introduire, via des entrées d'air, une quantité donnée d'air neuf dans les locaux et d'extraire ensuite mécaniquement l'air vicié. Située dans les combles, cette ventilation aura un rôle d'assistance au free-cooling. L'extraction aura lieu à travers les doubles parois séparant les logements.



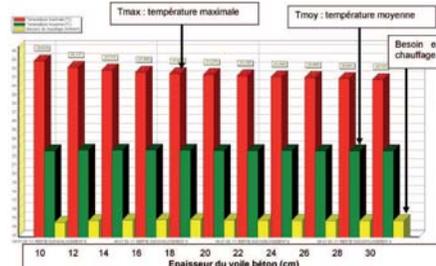
Free-cooling avec ventilateur d'assistance, logements



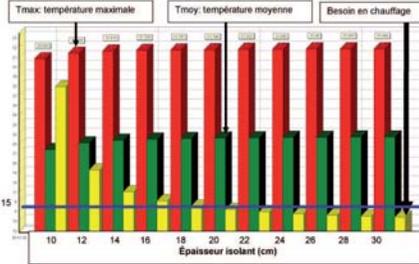
Free-cooling par ventilation traversante, bureaux

Résistance et inertie thermique

Principalement définie par l'épaisseur et les performances de l'isolant, la résistance thermique des parois est la base d'un bâtiment à basse consommation d'énergie. L'objectif de 15 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie primaire pour le chauffage demande une l'épaisseur d'isolant de 20 cm. L'inertie thermique réduit la charge du chauffage. Elle permet de stocker la chaleur lorsqu'il fait chaud et de la restituer lorsque la température redescend. Un déphasage d'une douzaine d'heures permet de capter la chaleur en journée lorsque les logements sont vides et de la restituer en soirée au retour des occupants. Pour cela les refends intérieurs et les dalles sont constitués de béton (matériau à forte chaleur spécifique). Grâce à une répartition homogène de la masse, la chaleur stockée est redistribuée équitablement dans le logement. L'inertie permet entre autre de lisser les variations de température.



Température et besoins de chauffage / épaisseur isolant ou voile béton



PERFORMANCES ÉNERGETIQUES

Équipements et consommation

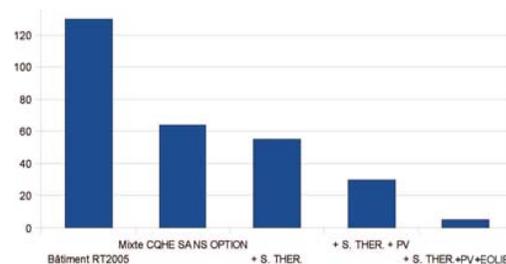
Le bâtiment A consomme deux fois moins d'énergie que ce que préconise la RT2005 ce qui correspond au niveau BBC en Ile de France soit 65 kWh/m<sup>2</sup>/an. Source de chaleur : bois énergie / réseau de chaleur.

- Bâtiment A (RT2005) : un bâtiment de la même forme avec une isolation de 7 cm (réglementaire).
- Bâtiment B (Mixte CQHE sans option) : le bâtiment de base avec une isolation de 20 cm. Le projet comprend une utilisation du RDC et du premier étage en bureaux et le reste des niveaux sont destinés à l'habitat en plus des espaces techniques.
- +S THER : bâtiment B équipé de panneaux solaires thermiques pour la production d'ECS.
- +S THER +PV : bâtiment B équipé de panneaux solaires thermiques et de panneaux photovoltaïques.
- +S THER+PV+EOLIEN : bâtiment B avec l'ensemble des options mis en place.

Consommations	Bois énergie	Géothermie	Chauffage urbain
Chauffage	13	8	11
Froid	8	6	8
ECS	19	19	13
Eclairage	18	18	18
Auxiliaires	8	11	8
Sous Total	66	62	58
Production			
Solaire Photovoltaïque	-9	-9	-9
Solaire Thermique	-25	-25	-25
Micro Eolien Urbain	-25	-25	-25
TOTAL	7	3	-1

Consommations énergétiques totales par source d'énergie (kWh/m<sup>2</sup>/an)

Besoins de consommation en fonction des équipements



Production d'énergie solaire (thermique et photovoltaïque) et éolienne

Production d'énergie solaire & éolienne

Les modules solaires photovoltaïques à silicium amorphe sont installés en toiture dans la couverture zinc, sur les brise-soleil pour protéger des surchauffes les logements du R+4 et des 2 niveaux de bureau, et sur les garde-corps à tous les niveaux des terrasses au sud. La production totale du site pourrait être de 20 980 kWh par an pour une surface de 246 m<sup>2</sup>. Les panneaux solaires thermiques en toiture sont intégrés dans la couverture zinc. La production totale du site pourrait être de 20 987 kWh/an pour une surface de 40 m<sup>2</sup> assurant 40 à 50% de l'eau chaude sanitaire. Le dimensionnement des éoliennes en milieu urbain nécessite des mesures de vitesse et fréquence des vents sur une durée de 3 à 6 mois. Parmi plusieurs éoliennes envisagées, la machine la plus performante pour le projet serait la WRE 060 du fabricant ROPATEC. En considérant 3 éoliennes tournant à pleine puissance (6 m/s) pendant 7,5 h/jour, le productible serait de 21 018 kWh par an.

Besoins d'énergie et émission de CO<sub>2</sub>

Ce concept bioclimatique est conçu pour consommer :

- en chauffage : 15 kWh/m<sup>2</sup>/an
  - en eau chaude sanitaire : 10 kWh/m<sup>2</sup>/an
  - en électricités spécifiques :
    - pour le secteur résidentiel : 250 kWh/an/pers.
    - pour le secteur tertiaire : 30 kWh/an/pers.
- et produire moins de 6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an.

Besoins d'énergie et émission de gaz à effet de serre

