

Management du bâtiment basse énergie

Hubert Pénicaud

Le cadre bâti, lieu de vie, donc de consommation, notamment d'énergie

- La vie utilise et transforme de l'énergie :
 - Alimentation : 2000 kcalories/jour/personne
 - Métabolisme : 80 à 300 W/personne
 - Respiration : 0,75 kg CO²/jour/personne

 - 2 à 2,5 kWh/jour/personne
 - Efficacité énergétique mécanique très faible : 95% transformée en chaleur (dégagements sensibles et latents)
 - Efficacité de la transformation en informations et émotions non chiffrée, mais réelle plus-value possible (moins-value aussi)

Faut-il arrêter de respirer ?

- Logement 4 personnes 100 m² :
 - Énergies conventionnelles, incluses dans RT ou BBC (étiquette B) : 1.000 kg CO²/an
 - Respiration : 1.120 kg CO²/an
- La question centrale n'est pas le tonnage de CO² émis , mais la durée du cycle dans lequel s'inscrit cette émission :
 - 1 an environ pour l'énergie métabolique réabsorbée par les cultures annuelles servant à la nourriture
 - 50 ans pour la combustion d'arbres issus de forêts renouvelées durablement
 - Des milliards d'années pour des énergies fossiles

Alors, quels critères ?

- En matière d'énergie, on considère aujourd'hui deux critères :
 - l'épuisement des ressources fossiles, plus ou moins traduit par le bilan en énergie primaire
 - l'impact sur le changement climatique, plus ou moins traduit par un tonnage équivalent de CO² ayant le même impact sur le réchauffement climatique à 100 ans

On pourrait considérer d'autres critères :

- impact sur la santé et le microclimat par dégagement local de gaz de combustion
- risques liés à la filières (nucléaire, plateforme pétrolière)
- échéance de renouvelabilité de la ressource :
 - la certification LEED considère comme renouvelable uniquement des ressources se renouvelant en moins de 10 ans : combustion de paille, mais pas de forêt
 - A quelle échéance une ressource géothermale est-elle toujours renouvelable?
- impact sur l'effet-serre à 10 ou 20 ans et non seulement 100 ans : le méthane serait beaucoup plus pénalisé.
- les coefficients de conversion en énergie primaire sont forfaitaires et parfois arbitraires

De quelle énergie parle-t-on en BBC ?

- On ne parle pour l'instant que des énergies utilisées pour le fonctionnement du bâtiment,
- Chauffage,
- rafraîchissement
- Eau chaude
- Eclairage
- Ventilation
- auxiliaires

Ce sont celles sur lesquelles les constructeurs ont a priori le plus d'influence

Peut-on aller plus loin que ces postes d'énergie conventionnels ?

- D'autres postes, plus liés au comportement des habitants, ont autant d'importance (transports, autres usages électriques)
- Il existe d'autres postes importants qui concernent au premier chef les constructeurs :
 - Contenu énergétique des matériaux (énergie grise)
 - Ascenseurs, éclairage de sécurité

Diagnostic des besoins

Avoir une idée claire des besoins finaux à satisfaire, sur lesquels les concepteurs n'ont que peu d'influence :

- Besoins actualisés par rapport aux techniques des bâtiments à basse consommation
- Besoins actualisés par rapport aux habitudes et modes de vie des occupants

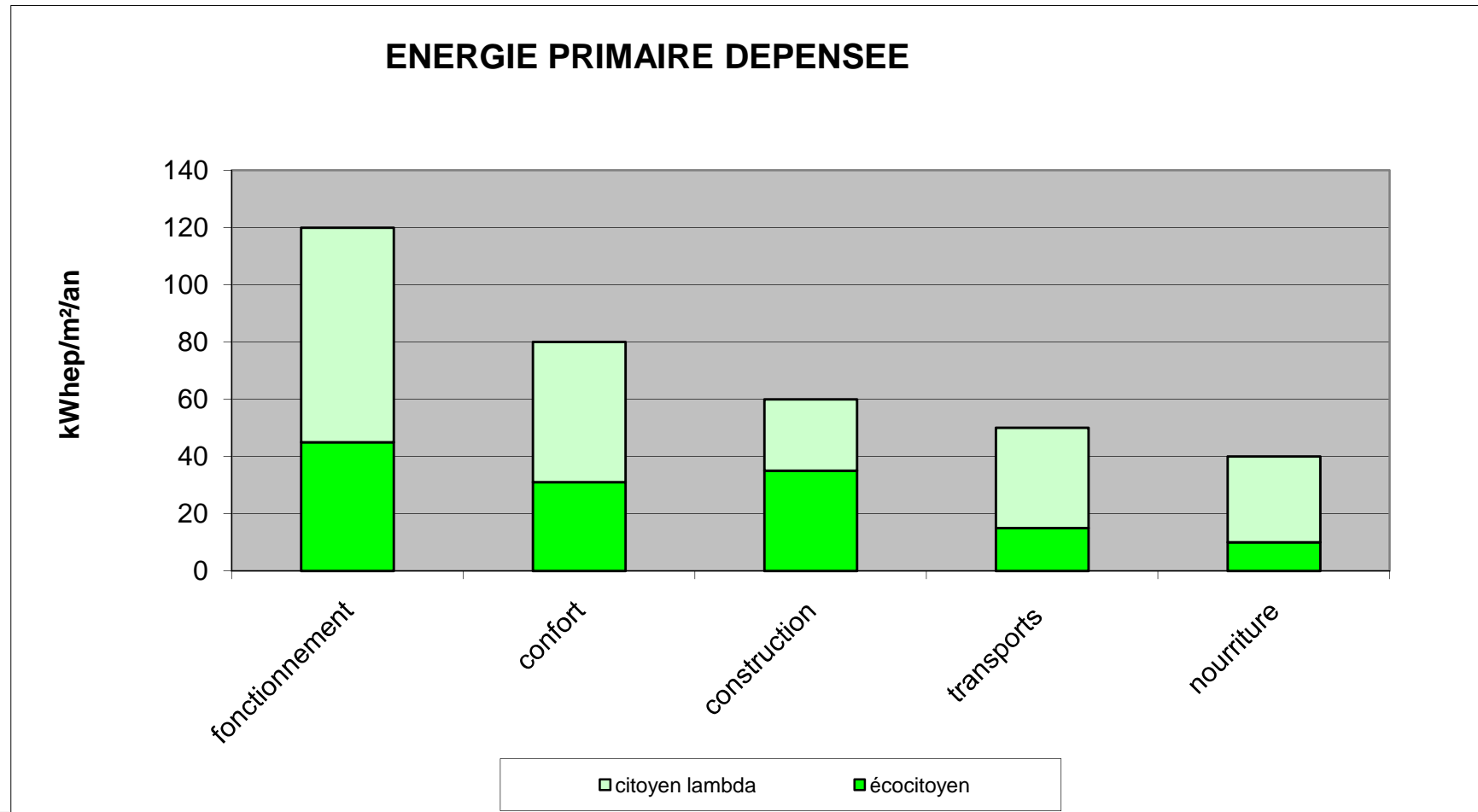
Partir d'un profil des besoins par poste adapté au type d'usage de bâtiment et à la zone climatique

Bilan énergie sur un logement

- 100 m², 4 personnes (en énergie finale)
 - Construction (énergie grise) : 2000 kWh/m² pour 50 ans : 40 kWh/m²/an
 - Consommation usages réglementaires : 40 kWh/m²/an (plus gratuit récupéré)
 - Autres usages électriques : 30 kWh/m²/an
 - Transport : 40 kWh/m²/an
 - Nourriture : 35 kWh/m²/an
 - Fournitures, biens et services divers (énergie grise)

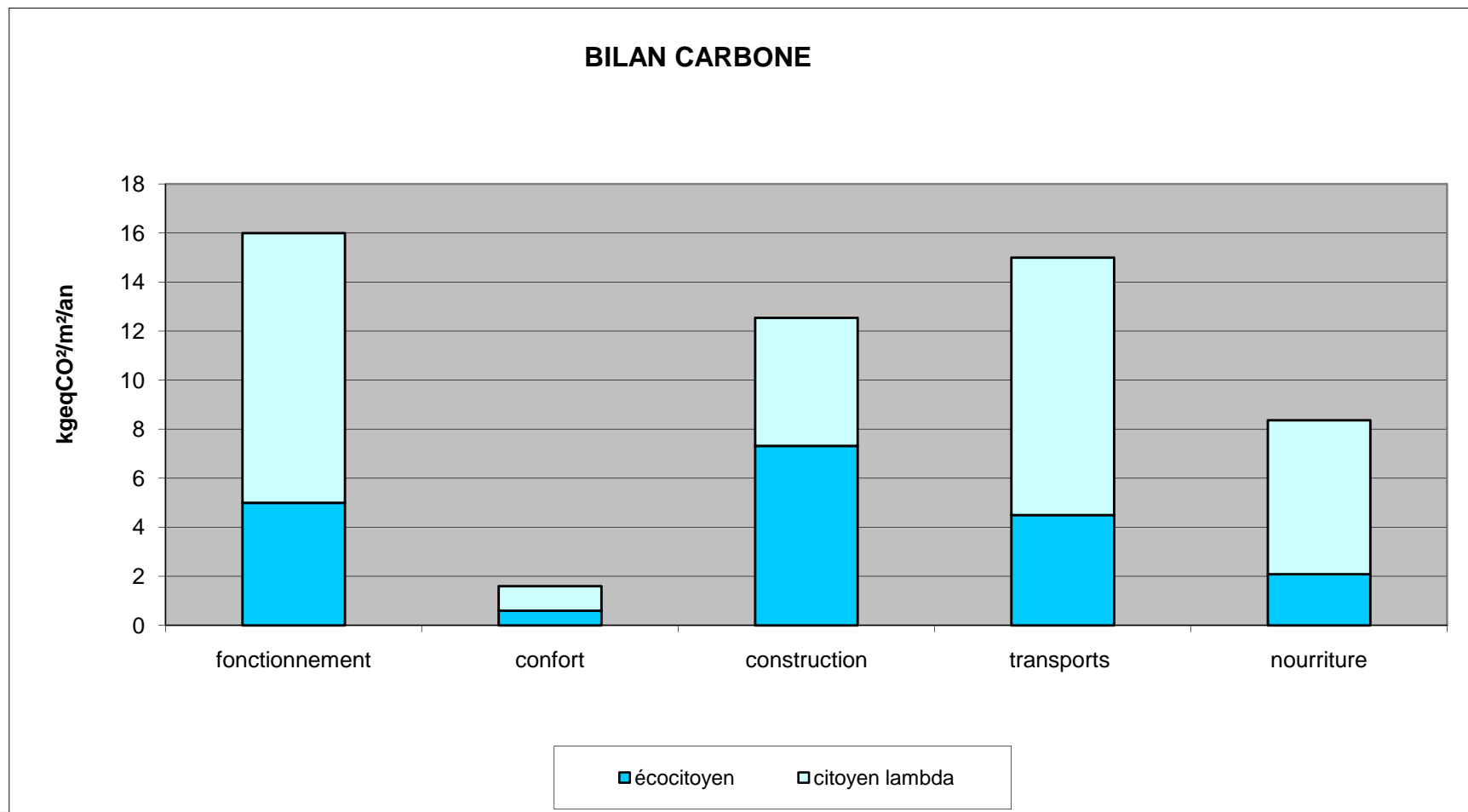
Bilan énergie d'une famille en 2010

12^{ème} UCE - Ile des Embiez - 11 au 13 mai 2011 (20 ans : 1991-2011)



Bilan carbone d'une famille en 2010

12^{ème} UCE - Ile des Embiez - 11 au 13 mai 2011 (20 ans : 1991-2011)



Les besoins réglementés

- Besoin d'une ambiance à température compatible avec la santé, le confort et les usages
- Besoin d'une eau à température adaptée aux usages en matière de santé, d'hygiène ou de préparation des aliments
- Besoin d'un air de qualité compatible avec la santé et le confort olfactif
- Besoin d'un niveau d'éclairage compatible avec les activités

Les besoins correspondants aux usages dominants (énergie finale)

- Ordres de grandeur en logement :
 - Chauffage : 15 kWh/m²/an
 - Rafraîchissement : 0 kWh/m²/an
 - Eau chaude sanitaire : 30 kWh/m²/an
 - Eclairage : 5 kWh/m²/an
 - Ventilation : 5 kWh/m²/an
 - Total : 55 kWh/m²/an

A comparer à un impératif de CONSOMMATION de l'ordre de 50 kWh/m²/an (énergie primaire).

Les besoins correspondants aux usages dominants (énergie finale)

- Ordres de grandeur immeuble tertiaire :

- Chauffage : 15 kWh/m²/an

- Rafraîchissement : 10 kWh/m²/an

- Eau chaude sanitaire : 5 kWh/m²/an

- Eclairage : 5 kWh/m²/an

- Ventilation : 10 kWh/m²/an

- Total : 50 kWh/m²/an

A comparer à un impératif de CONSOMMATION de l'ordre de 50 kWep/m²/an (énergie primaire).

Stratégie de construction

- Avoir une excellente enveloppe (traitement des points singuliers, optimisation de la surface vitrée et de la compacité en croisant les impératifs de déperditions, de ventilation et d'éclairage naturels).
- Utiliser des systèmes énergétiquement performants, et des énergies renouvelables

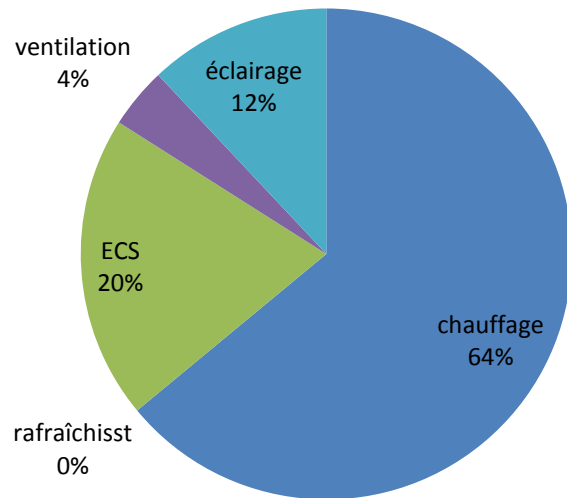
Diminuer l'usage des kWh électriques, Gérer et utiliser les kWh thermiques inévitables arrivant sur place.

- Le facteur multiplicateur 2,58 pour l'électricité n'est pas usurpé. Il pourrait être plus élevé;
- Energie solaire arrivant au sol : 1000 à 1500 kWh/m²/an, à comparer aux 50 kWh/m²/an
- Même en Janvier, il n'y a que quelques jours où les parois vitrées performantes ont plus de déperditions que de gains (toutes orientations)

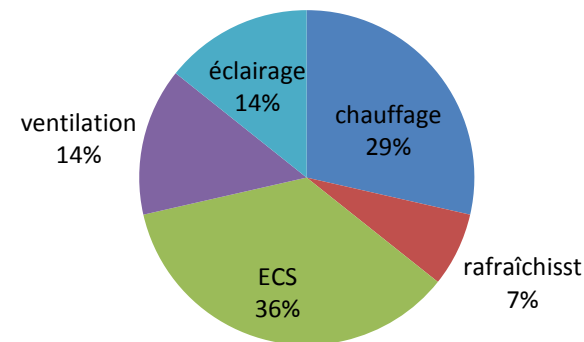
Peut-on appréhender le bâtiment BBC comme on l'a fait précédemment ? NON

Pourquoi ? Parce que le profil des consommations n'a plus rien a voir

Consommations 2000



Consommations 2012



Les années 73 à 85

- Lors de l'apparition des premières réglementations thermiques, le chauffage était de loin le premier poste de consommation d'énergie :

on s'est d'abord préoccupé d'isoler les bâtiments, afin de limiter leurs déperditions, puis de contrôler la ventilation :

Les architectes ont assimilé et mis en œuvre les premiers principes du bioclimatique, avec le conseil de quelques thermiciens, et l'offre des fournisseurs de produits de construction isolants.

Les thermiciens ont mis au point des techniques d'utilisation d'énergies renouvelables (solaire, pompe à chaleur).

Les années 85-95

- Toujours essentiellement en vue d'abaisser les consommations de chauffage, puis de conditionnement d'air (avec le développement des systèmes de climatisation considérés de plus en plus comme une prestation de confort incontournable dans le monde des bureaux), les thermiciens affinent les performances des systèmes.
- On commence à se soucier des autres postes de consommations, d'abord en tant que charges de climatisation, mais sans
- Les progrès des fournisseurs d'éléments d'enveloppe se poursuivent (vitrages antiémmissifs, isolation externe)
- Les thermiciens interviennent auprès des architectes, mais surtout pour la mise en œuvre des systèmes (passages de gaines, encombrement des locaux techniques) et de leurs modes de régulation.
- Les progrès sur les systèmes et les produits laissent croire au plus grand nombre que on peut continuer à faire de l'architecture sans se soucier d'énergétique, et coller ensuite les systèmes correctifs.

95-2010

- Même si les réglementations s'appellent toujours RT, on passe de la thermique à l'énergétique.
- On considère l'énergie primaire et l'impact sur le réchauffement climatique, qui amènent à s'interroger différemment sur les sources d'énergie.
- Les exigences deviennent de plus en plus draconiennes, même si elles sont dans les faits incomplètement appliquées : elles sont un gage donné aux « écologistes » et une bouffée d'oxygène pour l'industrie du bâtiment.
- Dans le même temps, la HQE élargit la préoccupation énergétique à une préoccupation environnementale plus large : la simulation thermique dynamique apparaît comme un complément du calcul réglementaire, d'abord vis-à-vis du confort d'été, puis de l'évaluation de la performance des systèmes et l'optimisation de leur conduite.
- Les industriels développent une offre très large dans le domaine des économies d'énergie (thermique, isolation, vitrages, étanchéité, lampes, ventilateurs et récupérateurs, contrôle et pilotage,...).

Les acteurs du Bâtiment Basse Energie

- Chaque fois qu'on arrive à réduire un poste de consommation, les autres prennent relativement une importance accrue ; aujourd'hui, l'architecte et le thermicien et plus ou moins les autres BET ont conscience de devoir travailler ensemble dès le début du projet sur les aspects énergétiques.
- Le profil de l'énergéticien en tant que tel n'est pas clairement défini : la responsabilité peut en être tenue par le thermicien du projet, ou par un responsable HQE s'il y en a un.

La question de la responsabilité énergétique

- Le thermicien ne rédige que le CCTP du lot CVC.
- L'électricien, par exemple, même s'il appartient à la même société, travaille souvent relativement indépendamment
- La rédaction des lots structure et architecturaux reviennent à d'autres entités.
- Le thermicien met en place le cahier des charges fonctionnel de l'installation, mais, au-delà des automatismes intégrés à son lot, la GTC est le plus souvent noyée dans le lot courants forts-courants faibles : en ce qui concerne les entreprises, on se retrouve avec une entreprise CVC et une entreprise d'électricité ayant chacune son sous-traitant pour les aspects de commande et de suivi

Confrontation de l'optimisation énergétique à d'autres exigences ou habitudes

- On croule sous les réglementations, et on considère qu'une fois qu'on a réussi à naviguer entre les textes le travail est fini
- Ces réglementations sont parfois difficiles à concilier :
- par exemple, l'étanchéité à l'air d'un bâtiment est battue en brèche dès qu'il y a un ascenseur dans le volume chauffé, dans la mesure où la réglementation impose une ventilation permanente de la cage d'ascenseur . Sur le cas précis d'un hôtel, on a multiplié par 3 de ce fait les pertes par infiltration .
- En attendant que la réglementation française accepte une ventilation commandée par détection, comme pour le désenfumage, plaçons les ascenseurs hors volume chauffé.

Chauffage des locaux

- Besoin de chauffage :
 - température officielle 19°C, souvent 22°C : réelle température de confort très variable suivant habillement (cf. étude CSTB 1973), métabolisme, possibilité de choix et d'intervention
 - effet des variations de température (en un même lieu en interne, transition intérieur/extérieur)
- diminution des pertes : passif 15 kWh/m²/an
 - Déperditions conductives
 - Infiltrations
 - Renouvellement d'air

Rafrâichissement

- Le rafraîchissement : en France métropolitaine, une question à traiter par l'architecture, le recours aux énergies naturelles du site (inertie du sol, ventilation, humidification), et le comportement
- température officielle 26°C minimum, consigne réelle souvent 22°C : réelle température de confort très variable suivant habillement (cf. étude CSTB 1973), métabolisme, possibilité de choix et d'intervention
- La canicule : une question de comportement autant que de technique

Le rafraîchissement

- Avec une conception raisonnée, il doit rester exceptionnel (commande temporisée par boîtier type incendie)
- Ce sont les forts dégagements calorifiques internes qui peuvent le justifier ; leur faire la chasse représente un double bénéfice
- Ne pas avoir peur d'une vitesse d'air un peu élevée en été (ex.ventilateurs plafonniers)
- La surventilation nocturne ne sert qu'avec une très forte inertie
- Le free-cooling, de préférence par ventilation naturelle, est prioritaire (température de non –chauffage en bureaux de l'ordre de 5 à 10°C)
- Inertie du sol, rafraîchissement évaporatif, PAC ammoniac

Qualité de l'air

- Les débits réglementaires (18 m³/h/personne) correspondent à un seuil pour lequel on n'a pas plus de 15% d'insatisfaits, pour des locaux sans pollution spécifique.
- Les autres débits (sanitaires, cuisine) devraient dépendre aussi de l'occupation ou de l'intensité d'utilisation.
- Pour contrôler les débits, les limiter dans le but de diminuer les consommations de chauffage, la ventilation devient de plus en plus mécanique, avec double flux : c'est là qu'augmentent les consommations des ventilateurs :
- On joue sur le rendement des ventilateurs, le dimensionnement des gaines, l'intermittence
- Les besoins sont en fait très variables suivant les moments : les taux de ventilation doivent aussi varier, suivant des indicateurs pertinents (hygroréglable, CO², CO en parking)

Eau chaude sanitaire

- 50 l/jour/personne à 60°C.
- 2,5 kWh/jour/personne ECS
- Besoin ECS : 30 kWh/m²/an
 - Une partie détournée du champ réglementaire en réchauffant l'eau dans les appareils électroménagers (cuisinière, lave-linge, lave-vaisselle, bouilloire)
 - Rendement (stockage, distribution) souvent médiocre : de l'ordre de 70%

Eclairage

- L'éclairement naturel peut satisfaire les besoins de lumière une part très importante du temps.
- Les niveaux d'éclairement qui courent la littérature sont des niveaux qu'il faut pouvoir assurer au maximum : leur modulation est nécessaire
- Le rendement des sources lumineuses s'est fortement amélioré ces dernières années

Qui faut-il mobiliser pour répondre sur un bâtiment au défi du BBC

- Le maître d'ouvrage
- Les professionnels du génie climatique
- Les concepteurs, architectes et BET
- Les entreprises (mise en œuvre)
- Les fournisseurs de matériaux (isolants, vitrages) et matériels
- Les assureurs et bureaux de contrôle
- Les professionnels dont les préoccupations et usages génèrent des consommations (ascensoristes, cuisinistes)

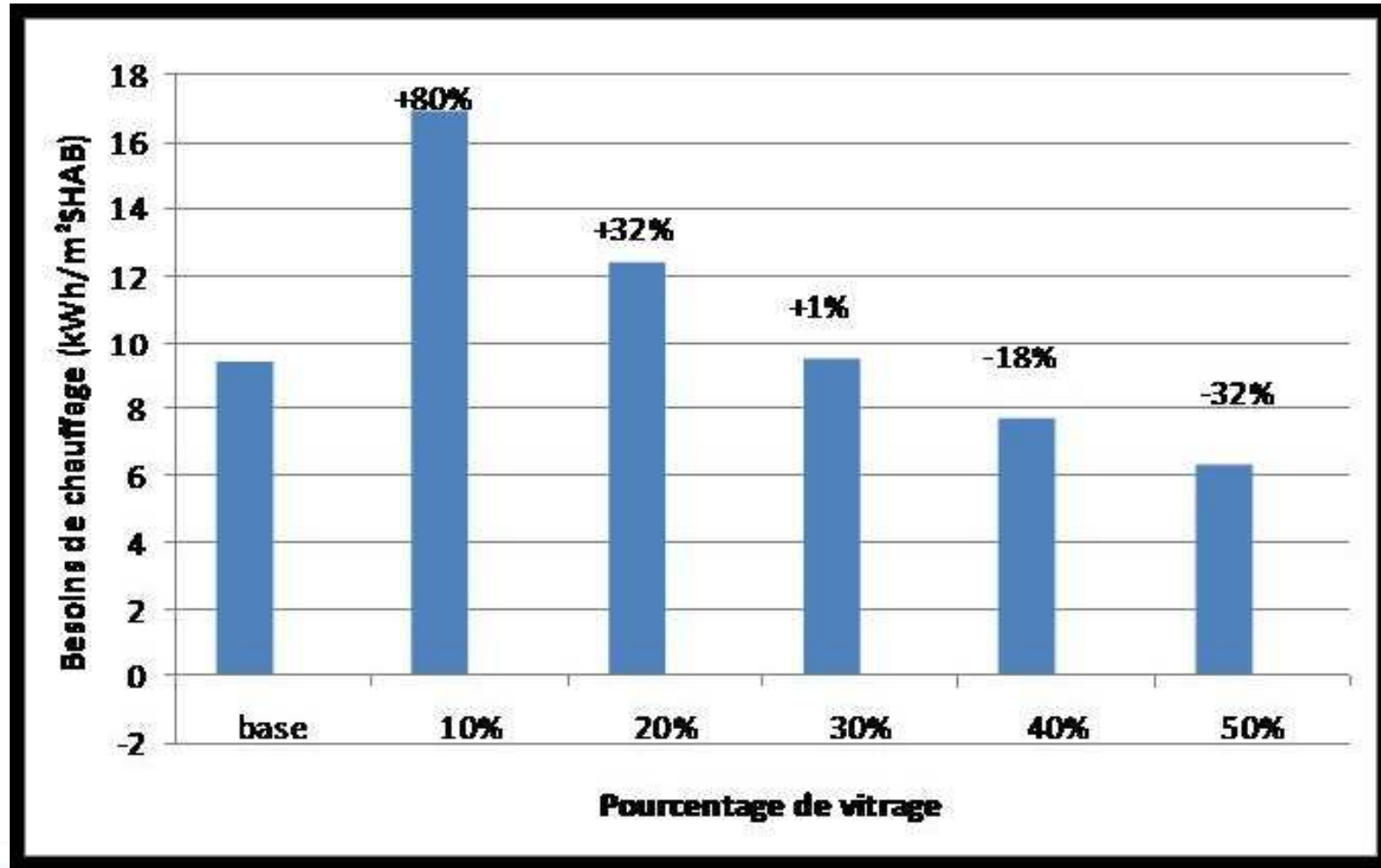
Les limites des pistes traditionnelles d'optimisation énergétique

- L'optimisation énergétique ne se réduit pas à un renforcement des pistes explorées jusqu'à présent .
- La surisolation a par exemple ses limites :
 - 1 – la fameuse « bouteille thermos » qui ne laisse pas ressortir la chaleur amène à des surchauffes au premier rayon de soleil, ou lorsque l'occupation des locaux est importante, d'où inconfort ou consommations de rafraîchissement
 - 2 – au-delà de 40 cm de polyuréthane, il faut plus de 50 ans pour que le centimètre complémentaire fasse économiser l'énergie nécessaire à sa fabrication

Les limites des pistes traditionnelles d'optimisation énergétique

- La compacité du bâtiment est moins importante aujourd'hui que la continuité de l'enveloppe isolante :
 - 1 – les pertes par les ponts thermiques sont plus importantes que par les surfaces courantes
 - 2 – des bâtiments moins compacts permettent un éclairage naturel beaucoup plus efficace, et ouvrent la possibilité de ventilation naturelle

Le vitrage n'est plus systématiquement synonyme de perte énergétique



Les surfaces vitrées

Importance des surfaces :

- Pour le bilan thermique hiver : faible
- Pour le confort d'hiver : faible
- Pour le confort d'été et éventuellement les consommations d'été : fort

Orientation :

- Toutes sont possibles, mais associées à occultations et ventilation appropriées

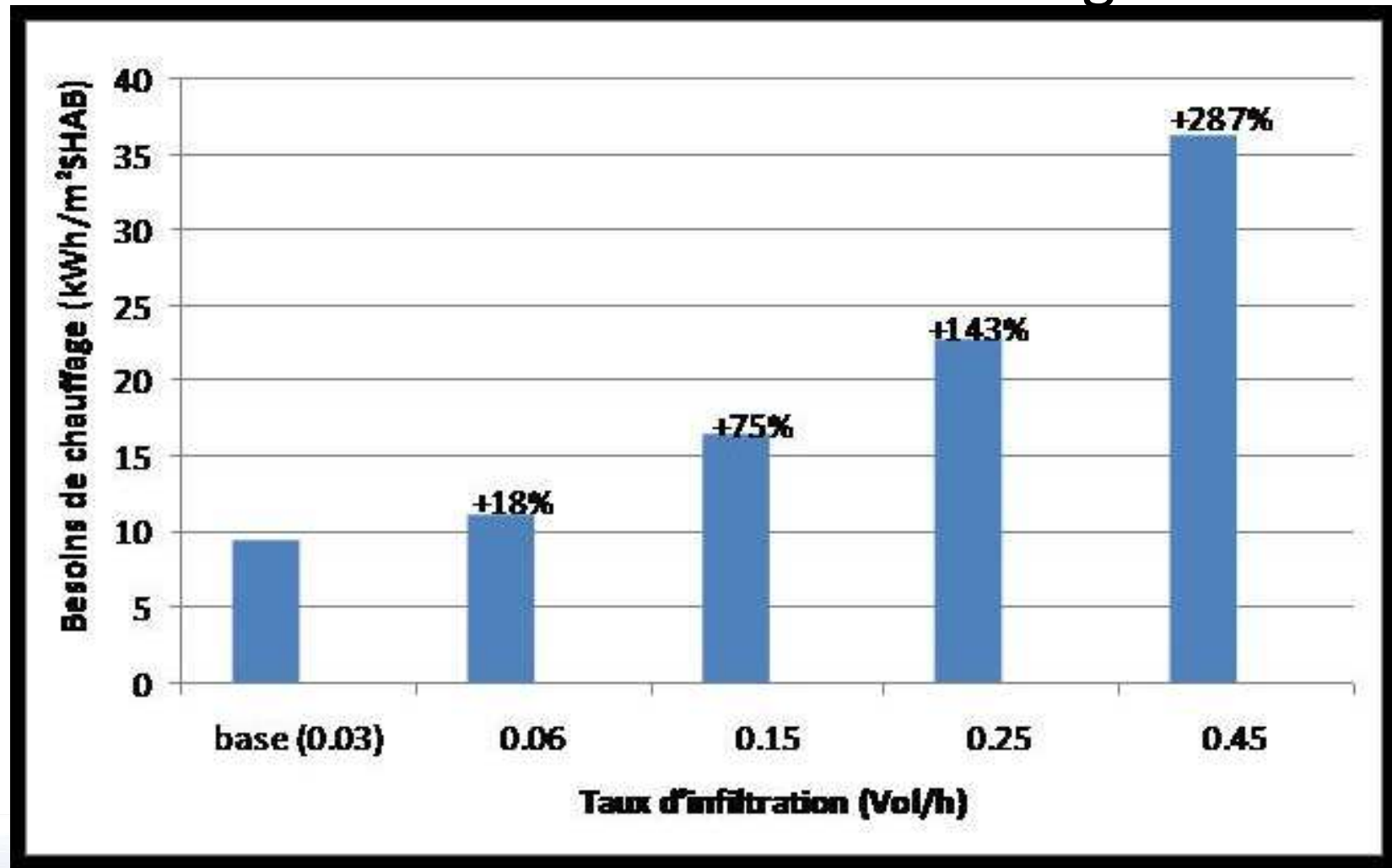
On ne peut se passer du recours aux sources d'énergie renouvelable

- Les limites de consommation nécessaires pour répondre aux objectifs d'aujourd'hui, et plus encore de demain, sont inférieures aux besoins énergétiques tels qu'ils s'expriment aujourd'hui .
- L'intégration des énergies renouvelables, soit locales (solaire) soit amenées par le réseau (géothermie, biomasse,...) est incontournable.

Analyse de tous les flux disponibles

- Récupération sur l'air (préchauffage air neuf ou eau)
- Récupération sur l'eau : recyclage de l'eau (machines à laver) ou préchauffage eau
- Récupération contrôlée des éléments climatiques (ensoleillement vitrages)
- Récupération des calories proches (sol, égout, chaleur latente, cuisine, process)

L'étanchéité à l'air, en double flux avec récupération, a une influence prépondérante sur les consommations de chauffage



Offrir les services liés à l'énergie à l'endroit et au moment où on en a besoin

Zoning

Gestion de l'intermittence

- Fractionnement de l'espace et modes d'émission adaptés
- Fractionnement des commandes et régulations
- Modes de commande (automatismes centralisés, automatismes locaux, commande locale, temporisation)

La gestion technique des installations

- La gestion technique des installations est de plus en plus complexe, pour tenir compte des variations climatiques, de l'occupation réelle des locaux, et des comportements des habitants.
- Dans la pratique, les performances des automatismes et des GTC sont souvent très loin de celles escomptées:
- Elles sont souvent morcelées en plusieurs tronçons incompatibles entre eux, du fait d'intervenants divers et d'un manque de coordination
- Les opérations de réception ne comportent pas de commissioning, et on se contente souvent de vérifier le fonctionnement isolé de chaque organe
- Les exploitants ne sont pas toujours conscients de la sensibilité du fonctionnement et des consommations à l'ajustement des paramètres
- Les installations vieillissent et nécessitent un suivi régulier, les sondes nécessitent des contrôles et réétalonnages.

Qui faut-il mobiliser pour répondre au sur un bâtiment au défi du BBC

- Le maître d'ouvrage
- Les professionnels du génie climatique
- Les concepteurs, architectes et BET
- Les entreprises (mise en œuvre)
- Les fournisseurs de matériaux (isolants, vitrages) et matériels
- Les assureurs et bureaux de contrôle
- Les professionnels dont les préoccupations et usages génèrent des consommations (ascensoristes, cuisinistes)

L'importance des détails de mise en œuvre

- Les déperditions thermiques en partie courante sont bien maîtrisées aujourd'hui.
- C'est dans le souci du détail (pont thermique d'accrochage du bardage protégeant l'isolation par l'extérieur, étanchéité d'un seuil de porte, coque isolante des vannes) que se joue la qualité énergétique.
- Il est souhaitable de renforcer le contrôle systématique de tous les détails d'exécution et des procédures de mise en œuvre.
- Les missions d'ingénierie complètes (avec EXE et SYNTHES) sont à préconiser.

Portée et limite du BBC

- Le BBC est aujourd'hui la combinaison :
 - d'une exigence sur le bilan prévisionnel de consommation d'énergie pour les postes conventionnels suivant une méthode de calcul conventionnelle
 - D'une exigence de contrôle, à la livraison des logements, de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe bâtie

Basé sur des calculs prévisionnels ou des mesures à la réception, le BBC ne fait intervenir ni les utilisateurs, ni les exploitants.

Qui faut-il mobiliser encore pour répondre au défi de l'énergie dans le bâtiment ?

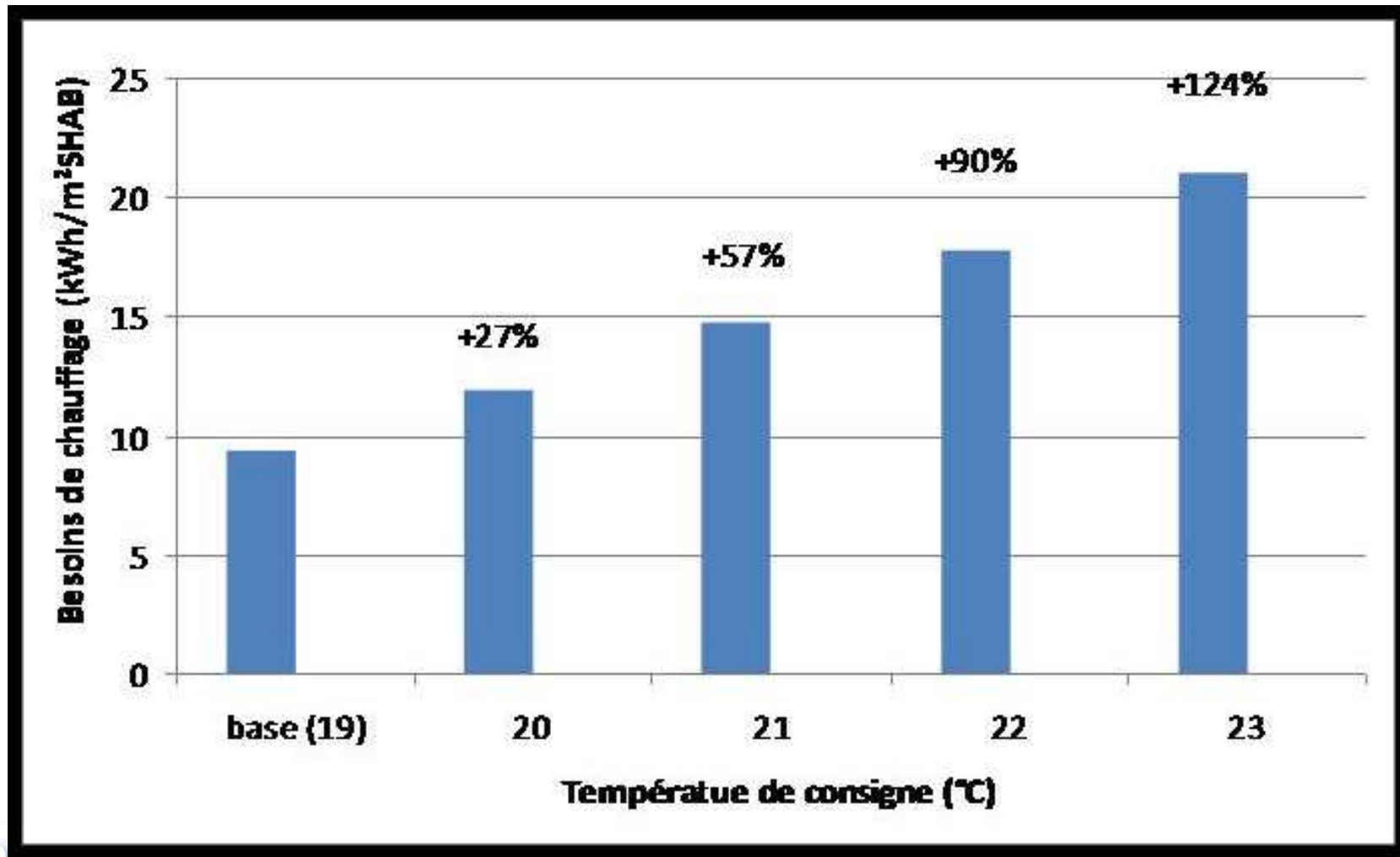
- Les utilisateurs, les habitants
- Les exploitants

Etre conscient de l'importance des comportements des occupants

- Influence du niveau de température de consigne
- Influence des apports internes
- Influence de l'ouverture des fenêtres
- Influence de la gestion des occultations

Pour cela bien analyser ce qui constitue le confort pour les occupants (température ressentie, qualité d'air, courants d'air, sécurité, vision, bruit)

Influence de la température de chauffage sur les consommations



Suivi des bâtiments et retours d'expérience

- Vérification des réglages et du fonctionnement effectif des installations (commissioning)
- Une fois le bâtiment livré, suivre les consommations par poste (nécessité de comptages et relevés assez complets)
- Participer au suivi de l'exploitation, dialoguer avec l'exploitant
- Participer au suivi des usages et du ressenti, dialoguer avec les occupants

De la construction à l'exploitation

- Les investisseurs qui font édifier un immeuble se soucient de plus en plus de consommations réelles.
Or il est vrai que ces consommations sont souvent très éloignées des consommations annoncées par les méthodes conventionnelles officielles. D'autres actions sont indispensables :
 - Commissionnement et suivi des installations
 - Accompagnement et intéressement des exploitants
 - Sensibilisation et contrôle de l'utilisation

Etre conscient de l'importance des comportements des gestionnaires

- Influence du niveau de température de consigne (ex. préchauffage d'air neuf à trop haute température)
- Influence de l'entretien (ex. encrassage des filtres)
- Influence de la gestion des horloges

Résumé à court terme

- Un responsable « énergie » du projet
- Un travail intéressant toutes les disciplines, avec attention aux détails d'exécution
- Une extension aux usages non réglementés aujourd'hui
- Un commissioning et un suivi d'exploitation attestant du fonctionnement effectif des installations et non seulement du respect factuel des CCTP
- Une modification des comportements des habitants et la remise en cause d'habitudes de confort, si on veut que le logement reste accessible à tous.

A moyen terme

- Intégration de la dimension urbaine et des modes de vie
- Bilan énergétique et bilan carbone d'ensemble, intégrant les énergies grises et les coûts environnementaux externalisés
- Ne pas oublier l'accès à la qualité des locaux pour tous