



POLYTECH[®]
TOURS

Département Aménagement



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

Energétique des EHPA

**L'ampleur de la facture énergétique des
établissements d'hébergement pour personnes
âgées en 2050**



RADI Amine

2011-2012

Directeur de recherche

M.MAIZIA Mindjid

Sommaire

Introduction	8
Contexte et objectifs de la recherche	9
Etapes de la recherche	11
L'état énergétique du parc des maisons de retraite en France en 2000	12
L'état énergétique du parc des maisons de retraite en France en 2050	22
Proposition de scénarios pour diminuer l'ampleur de la facture en 2050	26
Conclusion	31

Avertissement

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche et projet de fin d'études

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer tout une partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Remerciements

Ma reconnaissance va à toutes les personnes qui m'ont encadré, suivi et soutenu lors de la réalisation de ce projet de recherche.

A cet effet, je remercie tout d'abord M. Mindjid MAIZIA, tuteur de ce projet, qui a su me guider pas à pas dans l'élaboration de ce projet et m'initier à la réalisation d'un mémoire de recherche.

Ensuite, je souhaite remercier l'ensemble des acteurs rencontrés dans le cadre de ce projet, les étudiants de l'école polytechnique de l'université de Tours. Leur disponibilité et leur intérêt sont à l'origine même des éléments de réflexions présentés dans ce mémoire.

Introduction

L'évolution démographique française tend vers un vieillissement de la population. Les études réalisées par l'institut nationale de statistiques et des études économiques confirment cette tendance.

Dans cette optique, il paraît certain que nous verrons sur le territoire métropolitain une augmentation significative d'établissements pouvant accueillir une partie de cette population. Par conséquent une augmentation significative de la consommation d'énergie sera liée à cette activité.

A partir de ce constat, nous nous posons la question à propos de la tendance d'évolution de ces établissements d'accueils et de leur impact sur la consommation d'énergie.

Dans ce rapport, il ne sera pas question de débattre sur les moyens sociaux pour réduire le recours aux services des maisons de retraite puisque c'est un levier dont nous nous pouvons disposer, mais il sera de réaliser un constat de la facture énergétique de ces établissements à l'horizon 2050.

Il s'agira donc, de réaliser une base de données pouvant répertorier un échantillon représentatif des établissements d'accueils pour personnes âgées et leur facture énergétique associée.

Une fois cette base de données créée, nous pourrons, grâce, notamment à l'étude sur la population réalisé par l'INSSEE, de déterminer l'ampleur de cette facture énergétique aux horizons mentionnés auparavant.

Ainsi, nous pourrons, à l'aide des leviers énergétiques dont nous disposons, réaliser des scénarios d'optimisation énergétique pour influencer sur la facture énergétique globale de ces établissements.

Contexte et objectifs de la recherche

L'évolution de la consommation énergétique du secteur de l'hébergement des personnes âgées d'ici 2050 dépend directement de la tendance d'évolution de la population française, mais également, de l'évolution des performances énergétiques de ces établissements dans les années à venir.

Il est donc nécessaire de réaliser, à partir des informations dont nous disposons, une étude prospective entre l'année 2000 et 2050, en prenant en compte d'une part, l'évolution de la population, et d'autre part les performances énergétiques des bâtiments sur le territoire de la France métropolitaine.

Plusieurs questions se posent alors:

- Que peut être le lien entre l'évolution de la population et l'augmentation des maisons de retraite sur l'ensemble du territoire ?
- Que serait la facture énergétique de ce secteur sur les années à venir (principalement en 2050) ?
- Que peuvent être les leviers à utiliser pour freiner l'augmentation de la consommation d'énergie pour ce type d'établissement ?

1. la situation du secteur résidentiel des ménages âgés français n'est pas problématique.

L'intérêt de l'étude "evolution of aging society and effect on residential energy demand"1997, a été de définir les facteurs de lien entre l'évolution de la population japonaise et l'augmentation de la facture énergétique du secteur résidentiel.

De même que pour les pays occidentaux, dont la France, la société japonaise tend vers un vieillissement de sa population. Pour définir un lien entre ces deux notions, qui sont la consommation d'énergie et la population, des indicateurs qualitatifs ont été définis. une comparaison a également été réalisée entre le Japon et les pays occidentaux.

Cinq indicateurs ont été retenus, tout d'abord, la part importante des ménages âgés et leur évolution sur les prochaines années, les habitudes de consommations de matériels énergivores (électroménager, etc.). Ensuite la surface importante des logements et leur année de construction. Enfin, les faibles revenus des ménages âgés et le manque de subventions accordées à la rénovation des logements anciens.

Contrairement au Japon, les pays occidentaux ne sont pas dans la même situation. Les caractéristiques des logements et les efforts entrepris pour la maîtrise de l'énergie dans le secteur résidentiel rendent la situation moins préoccupante. Les disparités liées aux consommations énergétiques entre les logements des ménages âgés et les logements des ménages plus jeunes sont faibles ou inexistantes.

2. Evolution de la population française:

L'institut nationale de la statistique et des études économiques (INSEE) a réalisé sept scénarios différents pour l'évolution de la population française. Ils prennent en compte trois indicateurs: la fécondité, le solde migratoire et l'espérance de vie à la naissance.

Pour cette étude, il sera retenu **le scénario central des projection de la population**. Il permet de prolonger les tendances observées par le passé: il maintient une descendance moyenne finale à 1,9 enfant par femme, un solde migratoire de +100 000 personnes par an et une espérance de vie à la naissance à 89 ans avec un écart de 5,2 ans entre les hommes et les femmes.

Au premier janvier 2050, en supposant les tendances du scénario central, la France métropolitaine compterait 70 millions d'habitants. Un habitant sur trois serait âgé de 60 ans et plus (31,9% pour la catégorie 60 et plus). Le vieillissement est inéluctable, au sens où il est inscrit dans la pyramide des âges actuelle, puisque les personnes qui atteindront 60 ans à l'horizon 2050 sont déjà toutes nées en 1989 ou avant.

L'espérance de vie compte à elle, se stabilisera à la valeur de 2005. Il est important de mentionner ce paramètre puisqu'il influe indirectement sur la part des personnes de plus de 60 ans résidentes dans des maisons de retraite. Cependant, il ne sera pas pris en compte pour l'étude puisque sa stabilité ne modifie en rien cette proportion sur la période 2000 à 2050. L'évolution entre 2000 et 2005 est faible (0,6 ans). Elle sera considérée stable pour les besoins de l'étude.

3. Les types de maisons de retraite:

On distingue traditionnellement trois grands types d'établissements[DREES, 2007] :

- **les maisons de retraite**, lieux d'hébergements collectifs qui assurent une prise en charge globale de la personne âgées, incluant l'hébergement en chambre ou logement, les repas et divers services spécifiques.
- **les logements foyers**, groupe de logements ou de chambres autonomes assortis de services et équipements collectifs dont l'usage est facultatif.
- Il existe également des centres de soins longue durée qui, contrairement aux deux premiers, sont médicalisées. Ils se situent au sein de grands établissements de santé, hôpitaux cliniques etc.

Dans le cadre de cette étude, il sera pris en compte les deux premiers établissements. les centres longue durée ne sont pas pré-diagnostiqués dans l'échantillon de départ.

4. Objectif de l'étude

De part l'évolution de la population et le vieillissement de cette dernière, des établissements d'hébergement pour les personnes dépendantes seront construits pour les accueillir.

l'intérêt de l'étude est donc, de comprendre le lien entre le vieillissement de la population et l'augmentation de la facture énergétique du secteur des maisons de retraite.

- Qu'elle serait donc l'ampleur de la facture énergétique dans les années à venir ? Le paramètre humain, est il le seul à prendre en compte dans l'évolution de la facture énergétique?

le vieillissement de la population joue un rôle important dans l'augmentation de la facture énergétique du secteur des maisons de retraite, sa prise en compte semble essentielle.

l'objectif de l'étude est dans un premier temps d'analyser un échantillon de maisons de retraite sur le territoire métropolitain pour définir une facture énergétique moyenne par maison de retraite. Dans un second temps, la réalisation d'une projection sur l'année 2050 en fonction du nombre de résidents dans les EHPA permettra de déterminer l'ampleur de la facture énergétique pour cette année.

La différence de température entre 2000 et 2050 sera également prise en compte dans l'étude.

Etapes de la recherche

Définition d'un système de calcul des besoins et de la facture énergétiques:

- *la construction d'un système permettant de calculer les besoins en énergie d'un établissement d'hébergement pour personnes âgées.* cette tâche consiste à définir les paramètres propres à des bâtiments de maisons de retraite.
- *La détermination du système permettant le calcul de la facture énergétique.* Ce système permet de définir la facture énergétique suivant les sources d'énergie retenues pour l'étude et les types d'abonnements possibles.

Détermination de l'ampleur de la facture énergétique en 2000:

- *La détermination du nombre de maisons de retraite en 2000.* Cette tâche permet d'extrapoler l'échantillon de départ des maisons de retraite pré-diagnostiqués par les étudiants de Polytech'Tours.

Détermination de la facture énergétique en 2050:

- *la détermination du nombre de maisons de retraite en 2050.* De même que pour l'année 2000, permettrait d'extrapoler la consommation et la facture énergétique du secteur des EHPA pour 2050.
- *la détermination de la base de donnée rayonnement solaire pour les localisations des maisons de retraites étudiées.* Cette base de donnée heure par heure permettrait de calculer les apports solaires dus au rayonnement solaire.

Moyen pour remédier à l'augmentation de la facture énergétique:

- *La détermination de scénarios de rénovation* permettant de diminuer la facture énergétique globale du secteur des EHPA.
- *Déterminer l'influence des énergies renouvelables sur la facture des EHPA.* La mise en place de panneaux photovoltaïques sur les toitures des maisons de retraites.

L'état énergétique du parc des maisons de retraite en France en 2000

Le bilan de la facture énergétique qui sera établi pour l'année 2000 dépend de l'échantillon et des paramètres et hypothèses qui seront présentés par la suite. Ce bilan permet d'établir une base de référence pour réaliser la comparaison avec l'ampleur de la facture énergétique en 2050.

1. Présentation de l'échantillon des EHPA initial:

Dans le cadre de cette étude, 38 maisons de retraite ont été diagnostiquées par des étudiants de l'école polytechnique de l'université de Tours. Après vérification des données recueillies, il a été retenu 18 maisons de retraite représentatives du territoire métropolitain. Leur niveau de performance énergétique, leur localisation sur le territoire et la véracité des valeurs initiales ont été pris en compte dans ce choix.

Ces maisons de retraites sont réparties comme suit:

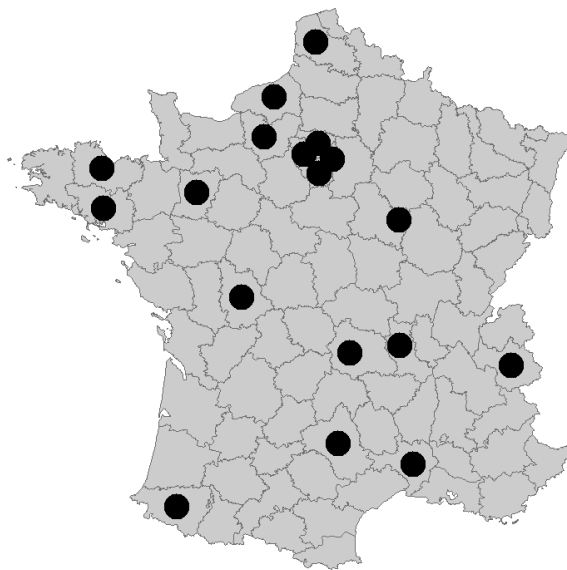


Figure 1: répartition des maisons de retraites retenus pour l'étude

2. La démarche calculatoire de la facture énergétique

Le calcul de la facture énergétique d'un bâtiment est liée à sa consommation et ces besoins énergétiques. Pour ce faire, il est nécessaire, d'une part, de calculer les déperditions liées à la transmission par l'enveloppe et le renouvellement d'air et d'autre part, de calculer les apports liés au rayonnement solaire et aux apports internes.

a. Les déperditions des bâtiments

Des hypothèses ont été émises pour le calcul des déperditions par l'enveloppe. Les données sur les maisons de retraite diagnostiquées n'étant pas suffisamment précises, les ponts thermiques¹, la transmission par les locaux non chauffés et par le sol et l'environnement extérieur au bâtiment ne seront pas pris en compte dans le calcul. la formule permettant ainsi de calculer les déperditions enveloppes est la suivante:

$$D_{enveloppe} = U_{bâtiment} * S_{enveloppe} * DT \quad (1)$$

Le nombre de personnes au sein d'une maison de retraite est composé du personnel et des résidents. Le taux d'occupation des lits est de 100%. Le débit de renouvellement d'air $Q_v=15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pers}$ est défini suivant la réglementation du secteur de la santé [ministère de la santé]. La formule permettant le calcul de la déperdition liée au renouvellement d'air est la suivante:

$$D_{renouvelair} = 0,34 * 15 * DT * \text{nombre personnes} \quad (2)$$

La température:

Le calcul des déperditions dépend de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur DT. Ainsi, il est important de connaître la température liée à la location de chacune des maisons de retraite. A partir d'une base de données de température en 2000[BD METEONORM]. Chacune des maisons de retraite sera associée à une tendance de température. Les données disponibles sur la température extérieure sont localisées comme suit:

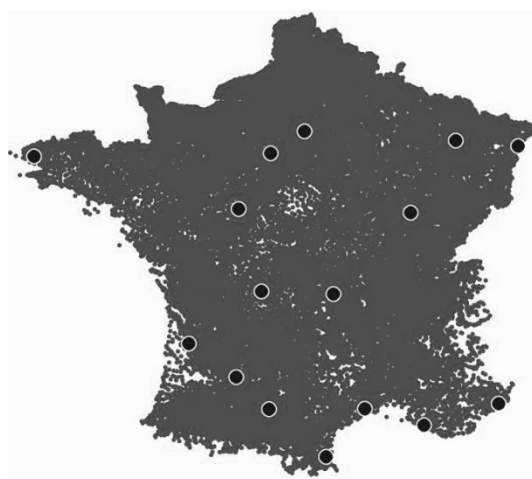


Figure 2:répartition des données température disponibles sur le territoire en 2000

¹ les ponts thermiques: Des zones ponctuelles ou linéaires dans l'enveloppe d'un bâtiment. Ils présentent une variation de résistance thermique (généralement à la jonction de deux parois).

Suivant la réglementation, la température de confort au sein des établissements de santé est de 22 degré minimum sur toute l'année. Elle est donc établit pour la température interne des bâtiments étudiés.

b. Les apports des bâtiments

les apports internes correspondent aux apports de chaleur liés aux équipements électriques d'une part et à l'occupation de l'espace d'autre part. La valeur de cet apport est défini à partir des réglementations thermiques (en fonction de l'âge du bâtiment).

$$\text{Apport interne} = A_{iRT} * SHON^2 \quad (3)$$

Les apports solaire représentent l'énergie obtenue par le rayonnement solaire. Ils contribuent au réchauffement du bâtiment. (4)

Après des calculs non concluants, il a été nécessaire de récupérer une base de données des rayonnements solaire selon la latitude des différents bâtiments. Cette base de données est issue de HELIOCLIM [Solar Energy Services for Professionals]. Les informations sont en w/m² sur une durée de 8760h, elle sera multipliée par les surfaces respectives des bâtiments pour ainsi, connaître les apports des bâtiments en énergie solaire. (4)

c. Les besoins en énergie:

La différence entre les déperditions et les apports représente les besoins en énergie pour un bâtiment. Pour cette étude, il sera pris en compte les valeurs négatives qui correspondent aux besoins en climatisation et les valeurs positives qui correspondent aux besoins en chauffage.

$$\text{besoins} = ((1) + (2)) - ((3) + (4))$$

la consommation compte à elle, dépend du rendement du système de chauffage ou climatisation. Cependant, pour l'étude, nous considérons un rendement similaire pour les deux systèmes.

d. les factures énergétiques:

les consommations des bâtiments en énergie se font sur deux éléments: d'une part, les besoins en chauffage et climatisation qui représentent une partie importante de la facture énergétique. D'autre part, les apports internes qui consomment à leur tour de l'énergie électrique.

la facture énergétique dépend du type d'énergie pris en compte. Dans le cadre de cette étude, il sera sélectionné deux systèmes:

Le système électrique, qui dépend du type d'abonnement:

- Abonnement tarif de base: le prix de l'énergie est constant sur les heures de la journée et sur toute l'année.
- Abonnement tarif HC et HP: le prix de l'énergie est différent suivant les heures de la journée.

² SHON=surface habitable hors œuvres

Le deuxième système sélectionné sera le gaz de ville.

Electricité		
Tarif base (€/Kwh)	Tarif HC/HP (€/Kwh)	
0,0931	HC = 0,0629	HP = 0,0943

En calculant les besoins en énergie d'un bâtiment , nous définissons une première facture énergétique en fonction du système de chauffage ou de climatisation utilisé et du type d'abonnement. Ensuite une deuxième facture est déterminé par la consommation des systèmes électriques liés aux apports internes. La facture globale correspond donc à la somme des deux factures réunies.

voir le système expliquant la démarche calculatoire de la facture énergétique en annexes.

3. Analyse des résultats de l'échantillon initial

a. la consommation énergétique de l'échantillon

la consommation d'un bâtiment dépend de plusieurs paramètres, d'où l'intérêt d'analyser l'échantillon des maisons de retraite pour ainsi, voir les paramètres qui interviennent sur la consommation en énergie d'un bâtiment. Ceci permettrait également, de tirer les spécificités de l'échantillon pour ainsi juger sa pertinence.

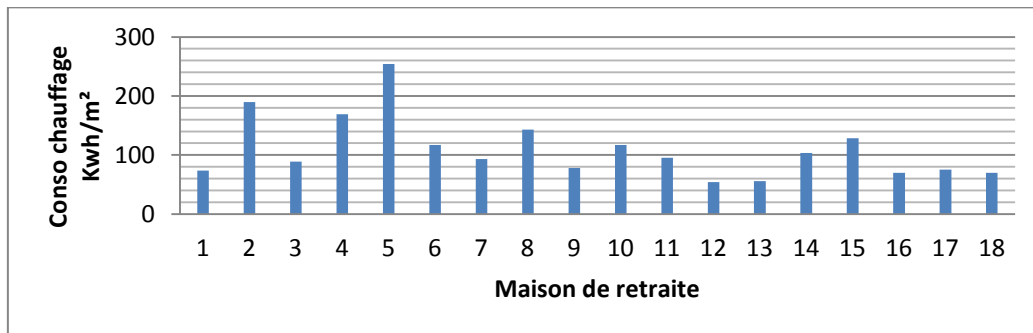
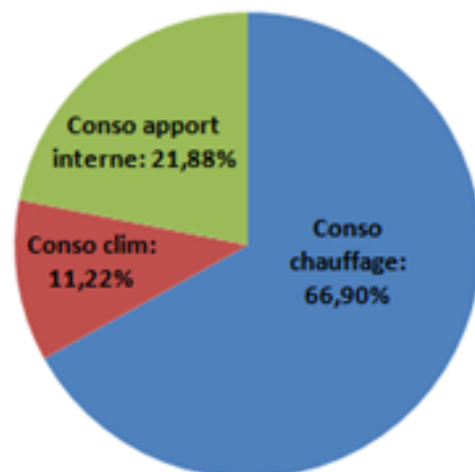


Figure 3: consommation en chauffage de l'échantillon

La consommation de chauffage des maisons de retraite étudiées est hétérogène. Sur les 18 maisons de retraites sélectionnée, il apparaît une consommation maximale de 254Kwh/m² pour un bâtiment datant de 1970. La consommation minimale est de 53Kwh/m² pour un bâtiment construit en 2010. les hypothèses émises au départ, notamment le faite de ne pas prendre en compte la consommation de l'eau chaude sanitaire explique cette faible valeur.

Les postes de consommation au sein des maisons de retraite étudiées sont répartis comme indiqué sur le diagramme ci-contre, nous constatons une part importante du chauffage avec 66,9% Malgré l'intérêt des apports internes dans la réduction des besoins énergétiques des bâtiments, la part moyenne de l'échantillon étant de 21% . Il est important de diminuer la consommation de ce paramètre. La consommation de climatisation représente 11,22%.



Figure

rgie

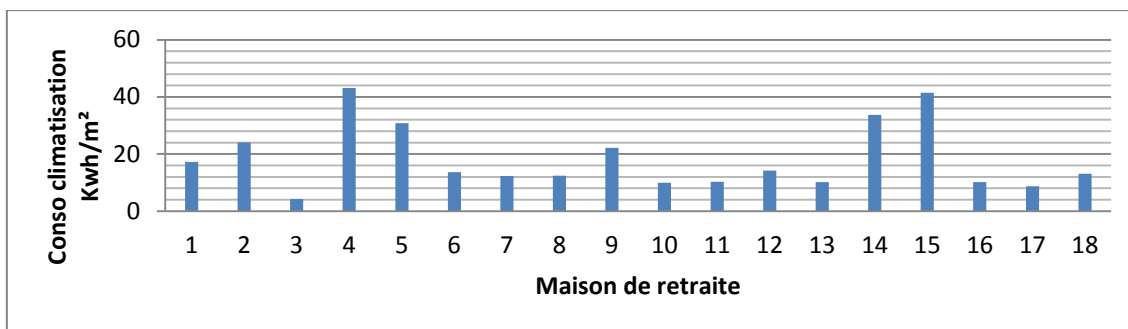


Figure 5: la consommation en climatisation de l'échantillon

Le graphe ci dessus permet de juger la consommation liée à la climatisation des maisons de retraite. La localisation est un paramètre important: la maison de retraite 15 (associée à la température de Marseille) et la maison de retraite 3 (associée à la température de Brest) ont un écart de consommation de 37Kwh/m². Cette comparaison à pu être possible puisque le bâtiment le plus énergivore est plus récent que le bâtiment 3.

b. Les factures énergétiques de l'échantillon:

La facture énergétique d'un bâtiment est liée à sa consommation d'énergie globale. Cette facture prend en compte l'ensemble des postes de consommation définis pour l'étude.

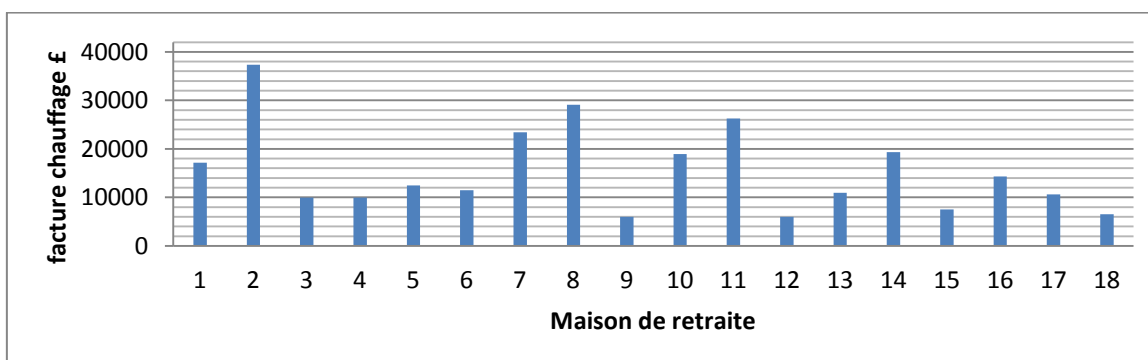


Figure 6: La facture de chauffage de l'échantillon

Le graphe ci-dessus permet de juger l'ampleur de la facture de chauffage des maisons de retraite étudiées. Les résultats obtenus correspondent à la facture de chauffage en euros. Nous constatons que les bâtiments dont la facture est la plus élevée sont construits avant 1900: 1891 (2) et de 1989 (8). Le premier est situé à Toulouse et le second à Tours. La localisation est un paramètre à prendre en compte, mais pour ce cas, il intervient de manière moins importante sur la facture de chauffage. Le type d'énergie est un facteur influant sur la facture énergétique: Pour une même localisation, l'écart de consommation de chauffage entre les deux bâtiments 14 et 15 est de seulement 20Kwh/m², utilisant deux systèmes différents (l'électricité pour le bâtiment 14 et le gaz pour le bâtiment 15) l'écart au niveau de la facture énergétique est de 0,87 €/m².

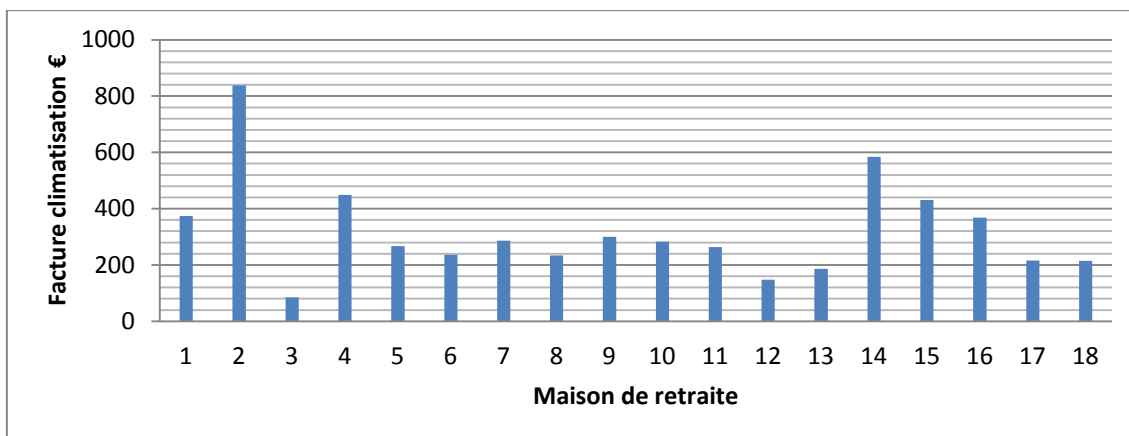


Figure 7: La facture climatisation de l'échantillon

L'obtention des résultats ci-dessus correspond à la consommation de la climatisation en fonction du tarif de l'électricité³. La facture du bâtiment 2 est élevée de part sa localisation (Toulouse) et ses performances énergétique puisqu'il date de 1891. La facture la plus faible au niveau de l'échantillon est celle du bâtiment 3 localisé à Brest.

La température moyenne (12,9%) en France en 2000 influe sur la consommation et sur la part de la facture énergétique des différents postes de consommation. La part financière du chauffage et des apports internes sont très importantes avec respectivement 66% et 33%. Cependant la part de la climatisation dans la facture énergétique des bâtiments est très faible. la moyenne de chauffage étant de 75 450 €, les apports internes 7635 €, la climatisation 350 €.

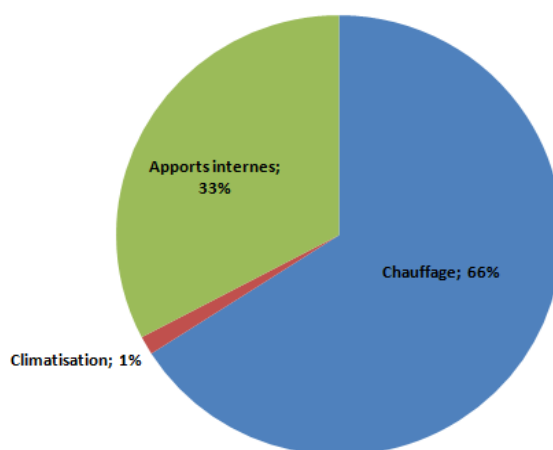


Figure 8: répartition de la part des postes consommateurs d'énergie

³ type d'abonnement: tarif de base ou tarif heures creuses / heures pleines

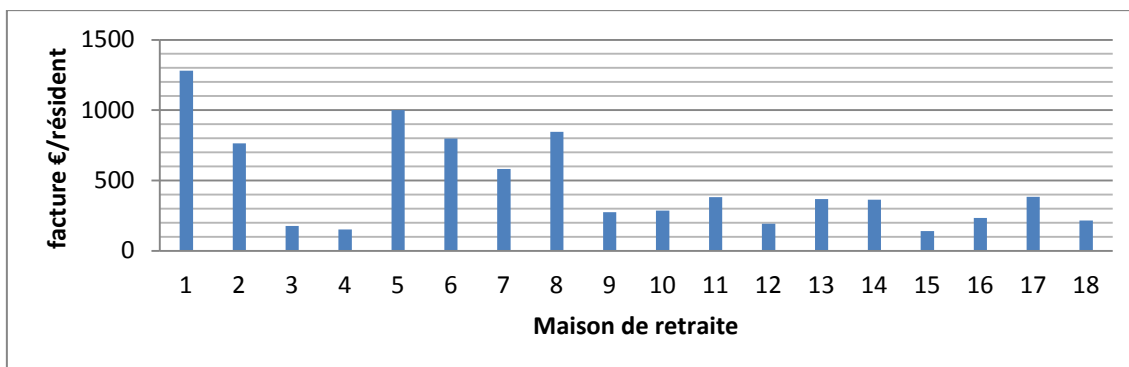


Figure 9: la facture globale par résident de l'échantillon

la figure ci-dessus représente la facture d'énergie de la maison de retraite par le nombre de résidents qu'elle accueille. Le bâtiment (1) ayant la facture la plus élevée est un bâtiment de 2500 m² de SHON et un nombre de résidents réduit à environ 20 personnes (l'établissement date de 1992). Selon le diagramme, le bâtiment 3, construit en 1990, est associé à une valeur très faible puisqu'il accueille 5 fois plus de personnes (environ 100 résidents). l'explication qui peut être émise est que la surface associée aux espaces communs est plus importante pour le premier bâtiment.

La multiplicité des paramètres qui influent sur la facture énergétique rend la comparaison entre les bâtiments difficile. La localisation, les performances énergétiques, le prix de l'énergie et la surface des bâtiments sont d'autant de paramètres à prendre en compte.

L'échantillon paraît représentatif du secteur des maisons de retraite. Les consommations de chauffage sont en moyenne à 120Kwh/m², cette valeur est due à une part non négligeable de bâtiments construits après 2000 (5/18). La valeur de référence étant de 180Kwh/m² en moyenne en 1998 pour le secteur résidentiel [Les cahiers du clip n°13].

4. Projection sur l'ensemble des maisons de retraite en 2000

L'extrapolation de l'échantillon sur l'ensemble des maisons de retraite permettrait de connaître l'ampleur de la consommation et de la facture énergétique en 2000.

Ayant trouvé des informations différentes et non vérifiées concernant le nombre de maison de retraite, il a été décidé de réaliser l'extrapolation à partir du nombre de résidents en maisons de retraite en 2000.

Selon une enquête réalisée par "handicaps, incapacité, dépendance" (1998), **498 000 personnes** (correspondant à 4,8% de la catégorie 60 et +), résident dans des établissements d'hébergements pour personnes âgées. Pour les années 2003 et 2007, nous avons respectivement, 642 726 et 656 741 personnes. Pour l'obtention du nombre de résidents pour l'année 2000, il a été nécessaire de réaliser une interpolation suivant une courbe de tendance. De cette façon, le nombre de personnes en maisons de retraite en 2000 est de **575 000 personnes**.

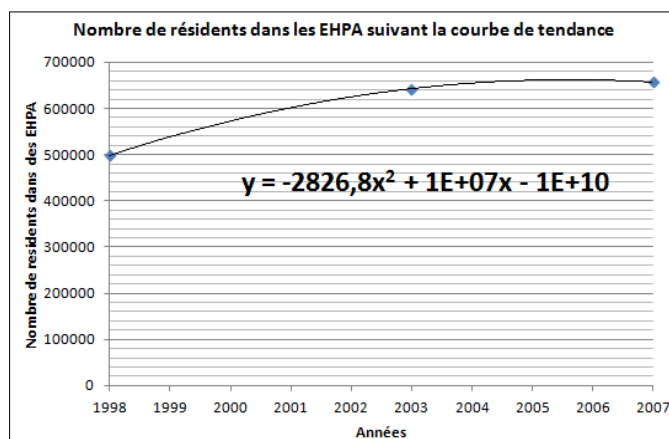


Figure 10: Nombre de résidents dans les EHPA
Sources: INSEE et DREES

Comme il peut être constaté sur la figure ci-dessus, la courbe polynomiale tend vers une diminution à partir de 2007. Cette dernière reste correcte entre 1998 et 2007, mais ne peut être utilisée pour définir le nombre de résidents en 2050 puisque la tendance doit être à la hausse[INSEE].

a. La consommation et la facture énergétique des EHPA en 2000

Grâce à l'échantillon des 18 maisons de retraite, il a été réalisé une extrapolation de la facture moyenne des bâtiments sur l'ensemble des maisons de retraites sur le territoire en 2000.

En prenant en compte un taux de remplissage de 100%, le nombre de lits correspondrait au nombre de résidents. Le nombre de lit serait donc de 575 000 en 2000. Egalement, les valeurs projetées correspondent à la moyenne de l'échantillon. la projection permet d'avoir les résultats suivants:

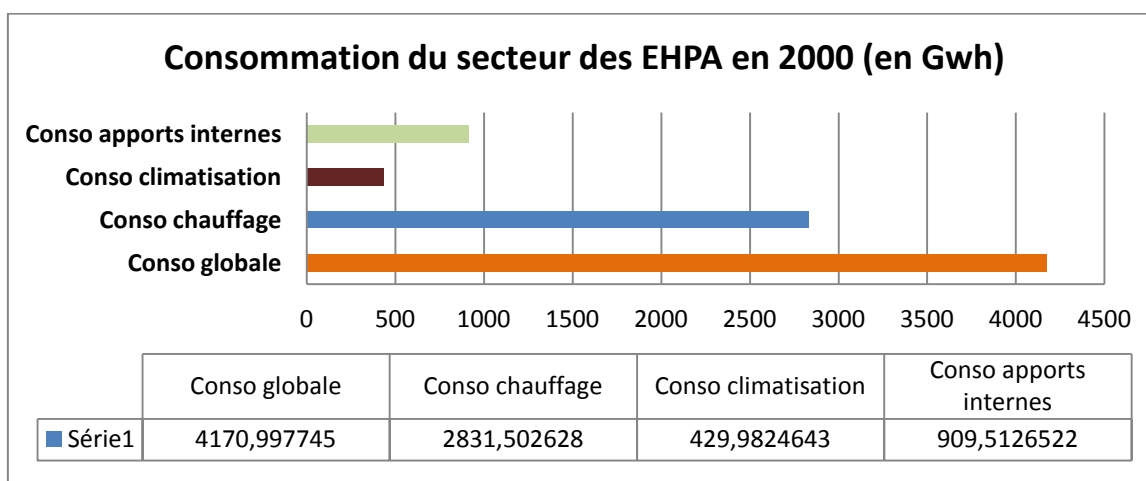


Figure 11: consommation du secteur EHPA en 2000

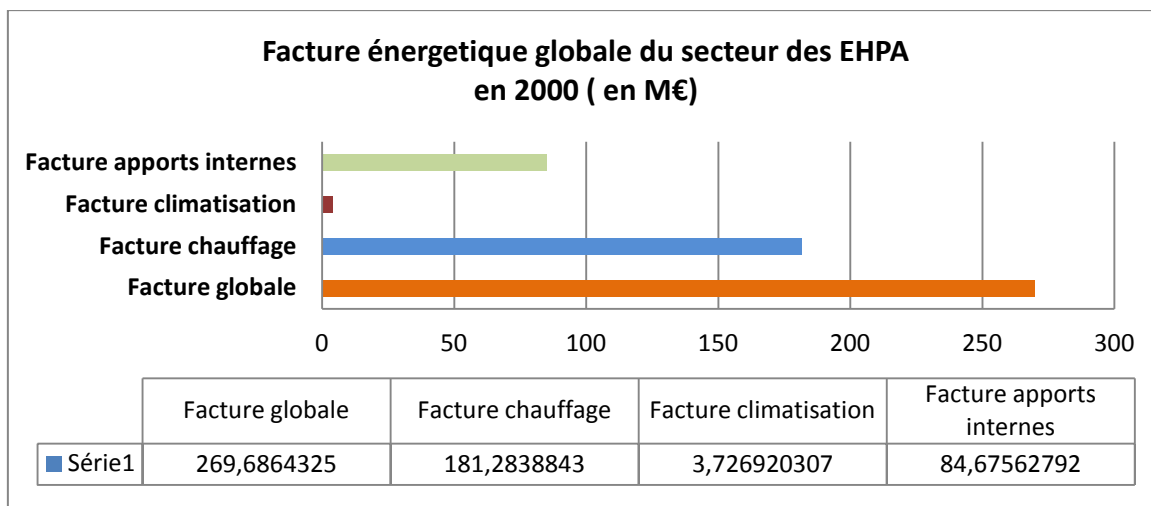


Figure 12: facture énergétique EHPA en 2000

la consommation du secteur des maisons de retraite en 2000 s'élève à 4171 Gwh/an, pour 8846 maisons de retraite (considérant la moyenne des résidents par EHPA de l'échantillon initial) sur le territoire métropolitain. La consommation de chauffage atteint 2831 Gwh/an en 2000, à titre de comparaison le parc de logements en France à une consommation de 980 Twh/an[clip n°21] pour la même année. Les maisons de retraite représentent donc une part très minime des consommations d'énergie en France.

La facture globale du secteur des EHPA atteint la valeur de 269 millions d'euros/an. 60% de la facture finale est dédiée au chauffage qui s'élève à 181 millions d'euros. La facture de climatisation compte à elle est de 3,7 millions d'euros/an: c'est un chiffre important mais, rapporté à la facture globale, il ne représente que 1,3%. Comme mentionné auparavant cette valeur est due au climat et la température moyenne en France. La projection pour l'année 2050 permettra de définir l'évolution de la part de la climatisation sachant que l'écart moyen de température serait de 1,5C° et 2C° [selon la simulation ARPEGE].

L'état énergétique du parc des maisons de retraite en France en 2050

la projection du parc en 2050 permet de connaître l'ampleur de la facture énergétique en cette même année. La comparaison se fera alors avec l'état du parc en 2000.

l'évolution du tarif de l'énergie en 2050 ne sera pas intégré dans la projection malgré sa pertinence. C'est un paramètre qui n'obéit à aucune règle mathématique qui permettrait de le déterminer.

Il sera réalisé dans cette partie une extrapolation sur le nombre de lits au sein des maisons de retraites en 2050, en prenant en compte l'évolution de la température.

La France connaîtra une hausse marquée des températures moyennes. Ces évolutions sont cependant plus brutales pour certaines régions que pour d'autres. Dans le sud ouest, la hausse annuelle moyenne des températures se situerait entre 1,8°C et 2,4°C alors que dans le nord est, la fourchette atteindrait 1,5 et 4°C [Données Météo France]

Pour cette effet, nous prenons en compte l'effet du réchauffement climatique et l'évolution de la température suivant le scénario modéré en 2050. Selon les données de la simulation [science et vie et météo France, ARPEGE], nous connaissons les écarts de la température entre 2050 et l'année de référence⁴, semaine par semaine. Grâce à ces données et de la température maximale et minimale journalière [Tmax et Tmin en 2000], nous réalisons une courbe représentant la fluctuation de la température sur 8760h. Ceci se fera en répercutant l'écart prévisionnel hebdomadaire de 2050 sur l'ensemble des températures hebdomadaires en 2000.

Il sera également pris en compte l'évolution de l'intensité du rayonnement solaire en 2050. A partir des mêmes données recueillis[Simulation ARPEGE], nous réalisons la courbe représentant les apports solaires sur cette année en 8760h, en utilisant la même méthode que pour la température.

Ainsi, nous obtenons les résultats de la consommation et la facture énergétique de l'échantillon.

En 2050, la part de la climatisation est plus importante avec 4% de plus qu'en 2000. Contrairement au chauffage qui diminue de 5%. Ce résultat était attendu, cependant la différence prévisible entre les deux années devait être plus importante. Ce résultat prouve le contraire.

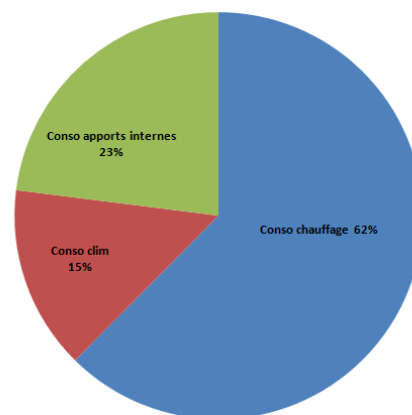


Figure 13:part des consommations énergétiques de l'échantillon

⁴ l'année de référence est la moyenne des 30 dernières années à partir de 2010.

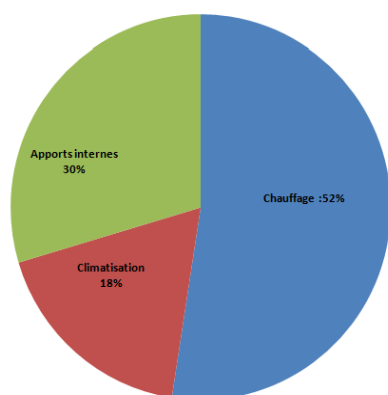


Figure 14:Part de la facture énergétique de l'échantillon

Contrairement à l'évolution de la consommation de la climatisation, sa facture énergétique associée a augmenté considérablement. Ceci est dû à la source d'énergie pour les systèmes de rafraîchissement qui sont exclusivement électriques (considérés électriques pour l'étude). Cette facture est en moyenne pour l'échantillon de 4630 €, la facture chauffage diminue considérablement avec en moyenne 13 500 € (75 450 € en 2000).

1. Projection sur l'ensemble des maisons de retraites en 2050

De même que pour l'année 2000, nous considérons le nombre de lits au sein des maisons de retraite en 2050. Ce nombre dépend des hypothèses définies pour l'étude:

la prise en compte du scénario central défini par l'INSEE permet d'atteindre 70 millions d'habitants en 2050 sur le territoire métropolitain. La stabilité de l'espérance de vie jusqu'en 2050 n'influera pas sur la part des plus de 60 ans qui résident dans les maisons de retraite.

La population augmenterait de manière logarithmique à un rythme de moins en moins rapide. En 2050, **31,9%** des français métropolitains serait âgés de plus de 60 ans. Ceci représenterait environ **22 317 559 personnes** de plus de 60 ans.

Sachant que, d'une part, l'espérance de vie est stable jusqu'en 2050 et d'autre part, la proportion des résidents dans des maisons de retraite est de 4,8% des plus de 60 ans (selon les chiffres de 1998), Le nombre de personnes susceptibles de résider dans des maisons de retraite en 2050 serait de **1 071 840 personnes**.

La limite de cette méthode est la non prise en compte de l'évolution de la demande pour ces établissements. N'ayant pas d'informations sur ce paramètre, il n'a pas été inséré dans cette projection.

En plus des hypothèses sur la population, les nouvelles maisons de retraite qui accueilleront les nouveaux résidents seront moins énergivores que celles construites avant 2000. L'échantillon étudié est composée de maisons construites avant 2000 et une partie construite après cette même année. Il sera considéré pour l'extrapolation, la maison de retraite la moins énergivore. La répartition est de manière égale sur les 7 localisations dont on dispose. Elle sera réalisée de la manière suivante:

l'extrapolation de l'ensemble des maisons de retraites de l'échantillon en fonction du nombre de résidents en 2000 pour la température de 2050. (1)

l'extrapolation de la maison de retraite la moins énergivore en fonction du nombre de nouveaux résidents en 2050 (nombre de résidents en 2050 - le nombre de résidents en 2000). (2)

la projection de la facture et consommation en 2050 <=> (1) + (2)

2. la consommation et la facture énergétique des EHPA en 2050

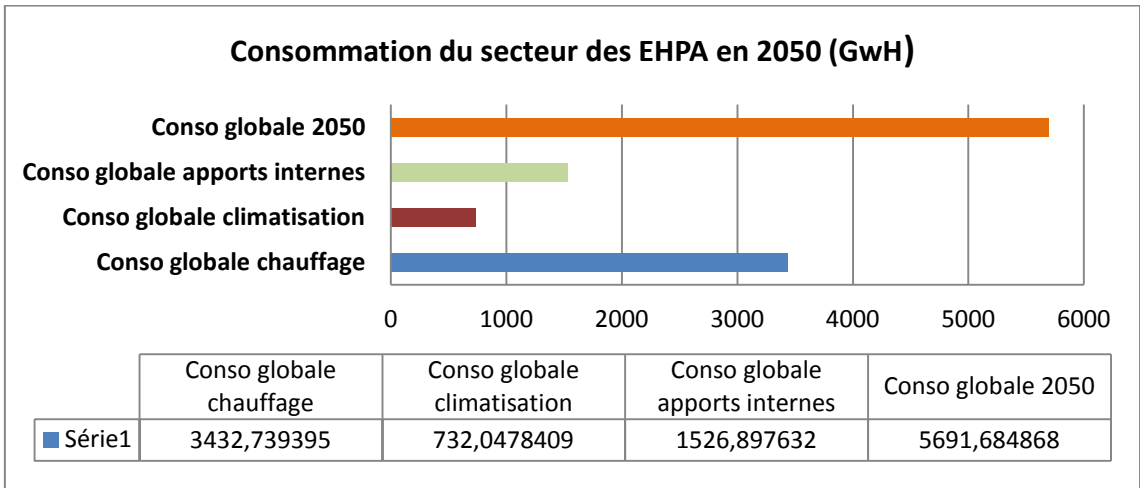


Figure 15: Consommation des EHPA en 2050

Selon les résultats obtenus et sous réserve des hypothèses émises, la consommation globale du secteur des EHPA atteindrait en 2050 la valeur de 5691 Gwh/an. Ceci représente une augmentation de 1519,68 Gwh/an, environ 26% pour une évolution de 46% de résidents dans ces établissements. Nous pouvons expliquer cette différence d'augmentation entre la consommation et le nombre de lits par les performances énergétiques du bâtiment extrapolé qui permet un tel rapport.

La consommation de chauffage a augmenté de manière moins importante que la consommation en climatisation avec respectivement 17% et 41%. Cette évolution est due à l'augmentation de la température et du rayonnement solaire.

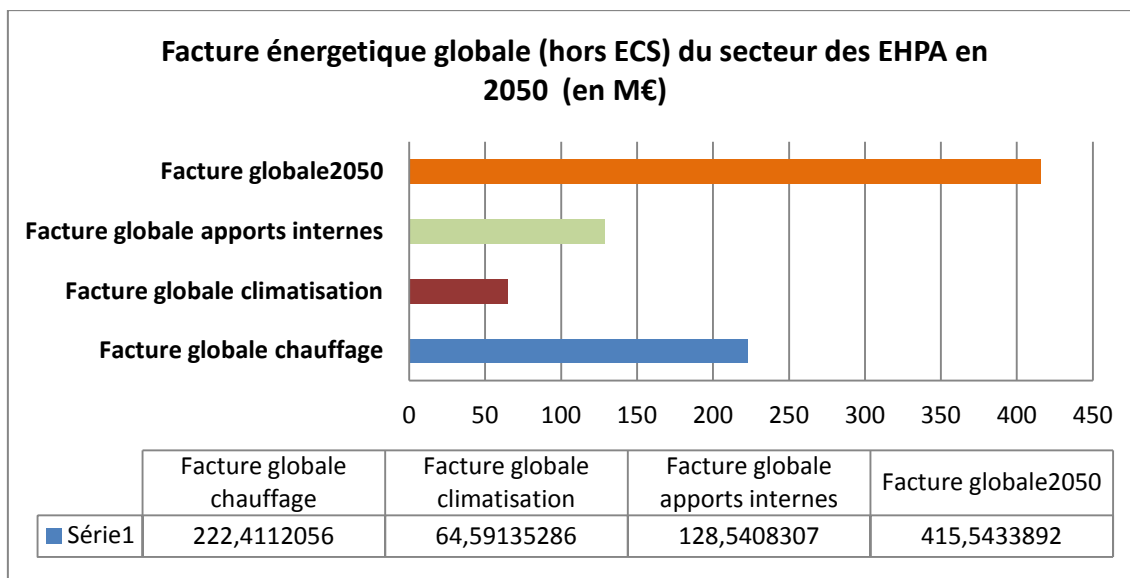


Figure 16: Facture des EHPA en 2050

la facture globale atteindra 415,54 millions d'euros/an pour 16 849 maisons de retraite en 2050. 8003 établissements seront construits en 50 ans environ 47% de plus qu'en 2000. Cependant la facture globale ne suit pas la même tendance d'évolution puisqu'elle augmente de 35%.

la facture de chauffage sera de 222,4 millions d'euros/an, une augmentation faible représentant 18%. Cependant, cette valeur se rapproche de la facture globale en 2000 qui est de 269 millions d'euros/an.

Contrairement à la facture de chauffage, la climatisation atteindra 64,59% une augmentation de 94% en 50 an. Cette valeur est due d'une part à l'augmentation du rayonnement et de la température en cette même année et d'autre part, l'hypothèse défini pour la climatisation.

Proposition de scénarios pour diminuer l'ampleur de la facture en 2050

1. Scénario 1: rénovation du parc des maisons de retraite de 2000

La rénovation du parc existant est un moyen de diminuer la facture énergétique globale. en considérant que la rénovation thermique d'un bâtiment permet de réaliser une économie de consommation de chauffage de 50% , et en considérant la même économie pour la climatisation. il serait possible d'atteindre la consommation globale suivante pour le parc existant en 2000:

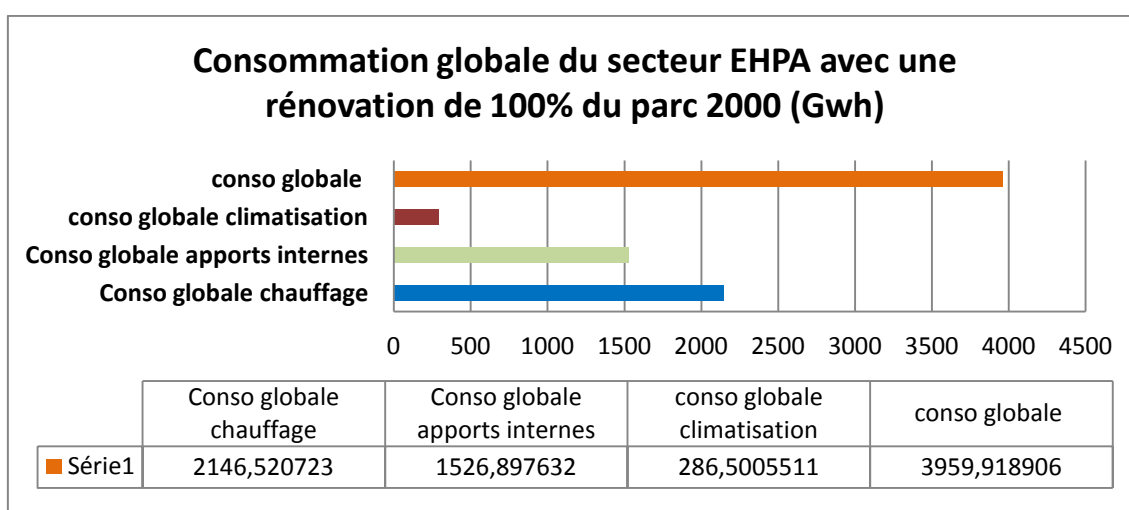


Figure 17: Rénovation du parc des EHPA en 2000 à 100%

Une rénovation à 100% du parc de maisons de retraite de 2000 permettrait de réaliser une économie globale de la facture énergétique de 288,7 millions d'euros.

Les économies de chauffage et de climatisation seront de 50% comme mentionné auparavant. Les apports internes gardent leur valeur initial puisque la rénovation n'influe pas sur ce poste de consommation.

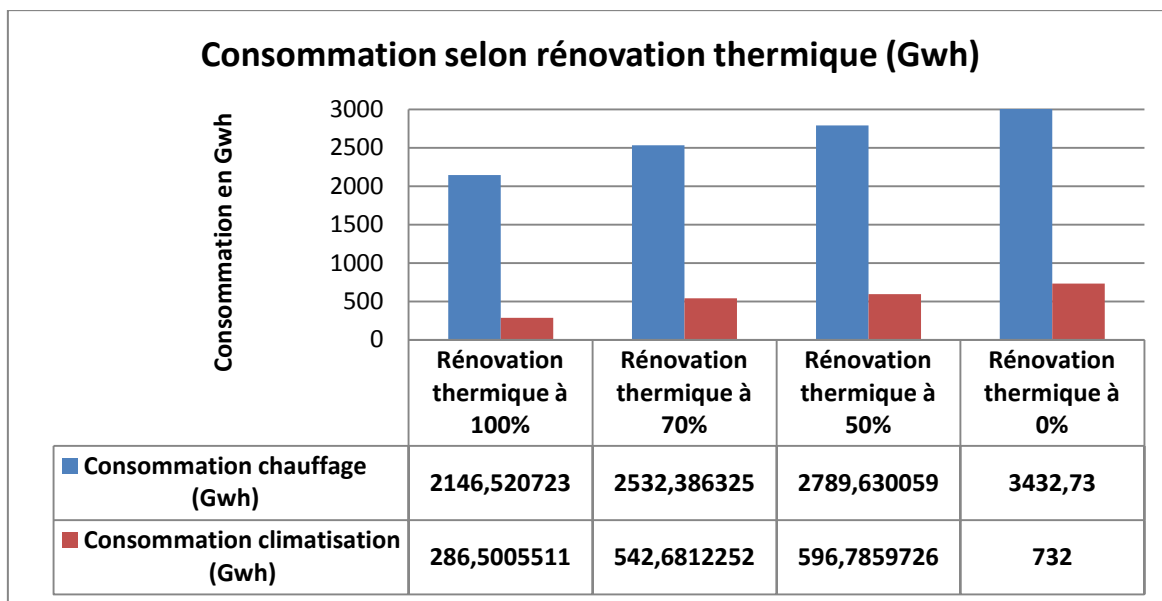


Figure 18: Consommation en Gwh / % de rénovation

La figure ci-dessus représente les consommations de chauffage et climatisation en fonction de la part de rénovation réalisé sur le parc existant en 2000 des maisons de retraite. Pour une rénovation de 50%, nous obtenons un gain de 18% pour les deux postes de consommation.

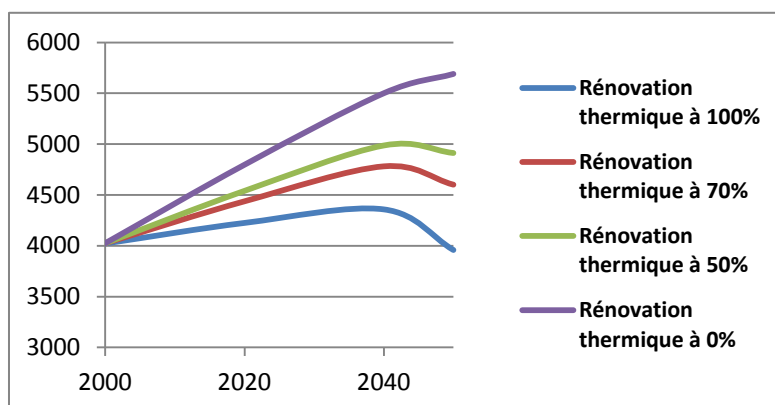


Figure 19: l'état de consommation énergétique du parc/ part de rénovation du parc (2050)

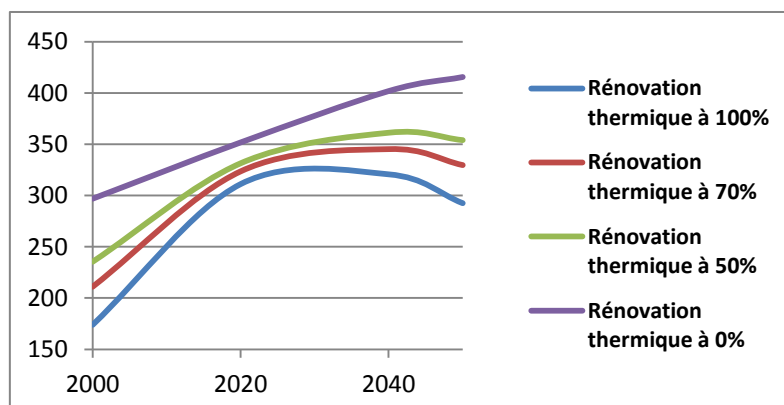


Figure 20: l'état de la facture énergétique du parc / part de rénovation du parc (2050)

La rénovation des bâtiments existants en 2000 permet de réaliser de réelles économies au niveau de la consommation en énergie. Nous considérons pour les différentes proportions de rénovation du parc sur les 50 ans sont de 100%,70% et 50%. Pour exemple, la rénovation à 50% du parc est réalisé sur la durée des 50 années, en 2020 la rénovation se fait sur le tiers du part à rénover, en 2040 les deux tiers, jusqu'à atteindre la totalité du parc à rénover en 2050.

La rénovation thermique pour 50% du parc des maisons de retraite de 2000 permet de réaliser une économie en énergie de 13,6% , 778 Gwh/an sur la consommation globale du secteur en 2050. En ce qui concerne la facture globale, l'économie réalisée est de 14% représentant 61,54 millions d'euros/an.

La rénovation de 100% du parc de 2000 permet de réaliser des économies considérables, la facture globale descend en dessous de la facture du parc de maisons de retraite en 2000. L'économie réalisée est de 30% en énergie soit 1732Gwh/an d'économie sur la consommation globale en 2050. 29,5% d'économie est réalisée sur la facture énergétique par rapport au parc non rénové(123 millions économisé par an).

2. Scénario 2: Utilisation des énergies renouvelables

La production électrique d'origine photovoltaïque peut être une solution intéressante malgré le coût d'investissement qui reste pénalisant, une surface de 18 m² de panneaux photovoltaïques coute environ 25 000 € sans les subventions existantes.[guide habitat passif,2008].

Ce système permettant de transformer le rayonnement solaire en énergie électrique à un rendement très faible puisqu'il s'insère dans une fourchette de 15 à 20%. Cependant le système permet de diminuer la facture énergétique d'un bâtiment, pour une construction ayant un besoin moyen de 3Mwh/an une surface de 24 m² peut subvenir à une partie importante des besoins énergétiques du bâtiment y compris le chauffage.

Pour vérifier ces chiffres, il est intéressant de réaliser un calcul permettant de juger les apports énergétiques possibles pour les maisons de retraites. le rayonnement solaire dépend essentiellement de la localisation du bâtiment. La base de donnée réalisée à partir des données rayonnement solaire [simulateur ARPEGES] permet de connaître l'énergie par an du rayonnement solaire suivant la localisation de l'échantillon des maisons de retraite étudiées.

Il est considéré pour ce calcul que la localisation de l'échantillon est représentatif de la localisation réelle des maisons de retraites en France métropolitaine. il sera également émis comme hypothèse que les panneaux solaires récoltent la totalité du rayonnement journalier [incorrect pour des systèmes conventionnelles mais possible pour des systèmes mobiles de poursuite du soleil appelés TRACKERS] et que le rendement du système est de 20%. Egalement, la base de données rayonnement solaire est réalisé suivant l'hypothèse d'un ciel clair sans nuages. Ces hypothèses permettent de connaître la production maximale possible pour ces systèmes.

Résultat:

La consommation moyenne de l'échantillon des 18 maisons de retraite en 2050 est de 347 000 Kwh par an et la production d'énergie par le photovoltaïque calculée est de 245 000Kwh en moyenne par an. Ceci représente environ 70% de la consommation d'énergie des établissements étudiés (hors ECS non prise en compte dans la facture globale des bâtiments, celle ci représente environ 30% de la consommation globale en énergie du bâtiment). Pour obtenir ces résultats, nous avons considéré que la surface du toit des bâtiments représentait environ 30% de la surface de l'enveloppe du bâtiment et que la surface dans sa totalité était équipé de panneaux solaires.

La consommation du parc des maisons de retraites de 2000 consomme 4022 Gwh/an en 2050. La production des panneaux solaires calculée est de 2789 Gwh/an sur la même année. L'économie réalisé pour ce parc est donc de 70% (hors ECS).

La production du nouveau parc⁵ est importante 2409 Gwh/an contre une consommation de 1668 Gwh/an. Ceci représente 140% des besoins du nouveau parc (hors ECS). Cette part paraît surévaluée mais expliquée par les hypothèses émises pour le calcul.

Le parc globale des maisons de retraites 2050 consomme 5690 Gwh/an (hors ECS) et la production des panneaux solaires est de 5198 Gwh/an. le système de production mis en place permet de répondre à 90% de la consommation globale du secteur des maisons de retraites (hors ECS) pour une installation moyenne de 951 m² de panneaux solaire sur chaque maison de retraite.

Ce système permet d'économiser 379 M€ (hors facture ECS). Cependant, son installation sur l'ensemble des maisons de retraite (la surface nécessaire est de 15 205 172 m² pour atteindre les 90% d'économie) est coûteuse. Sur la base de 1000€ HT le m²[habitat passif,2008], le prix de l'installation des systèmes sur la totalité des surfaces serait de 15 205 M€ HT.

Le temps de retour sur investissement⁶ serait d'environ 25 ans.

Ces systèmes permettent de réduire considérablement la facture énergétique des maisons de retraites, cependant le prix très élevé serait un frein à l'installation de cette source d'énergie renouvelable.

la limite de la projection et de l'étude:

l'étude a été conditionné par l'échantillon de maisons de retraite initial, pour lequel un effort à été réalisé pour essayer de déterminer la représentation la plus saine du parc de maisons de retraite, en prenant en compte une répartition équilibré sur le territoire et des performances énergétiques hétérogènes.

les nombreuses hypothèses prises en compte schématisent les consommations des bâtiments étudiés et ne représente pas la réalité: l'environnement extérieur du bâtiment, les sélections des types d'énergie, la non prise en compte de l'eau chaude sanitaire etc., influent sur le résultat final obtenue. A titre d'exemple, l'évolution de la facture de la climatisation est considérable du fait

⁵ le nouveau parc = le parc de 2050 - le parc de 2000

⁶ Le retour sur investissement: le montant d'argent gagné ou perdu par rapport à la somme initialement investie dans un investissement.

des l'hypothèses prenant en compte l'électricité comme source d'énergie pour cette dernière. Egalement, la production surévaluée des panneaux solaires est due au cas hypothétique considéré.

Dans ces conditions, avec les hypothèses de cette étude, les résultats sont tout à fait cohérents.

Conclusion

les méthodes et hypothèses utilisés dans cette recherche aboutissent à des résultats surévalués. De plus, les bases de données récupérées ne prennent pas en compte des paramètres influant pour l'élaboration de leur modèles et prévisions. l'étude reste conditionné par l'échantillon initial des maisons de retraite pour lequel une sélection et une vérification des données initiales a été tout de même réalisé pour assurer un échantillon sain.

Cependant , aborder non seulement le chauffage mais également la climatisation en fonction de l'évolution du climat en 2050, nous à permis de prendre en compte deux paramètres importants et essentielles dans le secteur des maisons de retraite, le confort d'hiver et d'été étant un sujet d'actualité et une nécessité dans le cadre de construction de nouvelles maisons de retraite.

Finalement, l'étude permet d'avoir une vision globale des consommations liés au secteur des maisons de retraite. La définition de la facture énergétique globale liés à ce domaine sur le territoire métropolitain permet de voir l'évolution de ce secteur sur les 40 années à venir. Cependant une étude plus approfondi prenant en compte les consommations réelles de l'échantillon de base permettrait de juger la véracité des résultats obtenues et permettrait de compléter ce travail de recherche.

Bibliographies

Eiji Yamasaki, Norio Tominaga, "evolution of aging society and effect on residential energy demand", energie policy,1997

Bas J.vanRuijven, Detle. van Vuuren, Bert.de Vries, Morna Isaac a, Jeroen .vanderSluij, PaulL.Lucas a, P.Balachandra c , " Model projections for household energy use in india", energy policy, 2011

Neveen Hamza, Rose Gilroy , "the challenge tio uk energy policy an ageing population perspective", energy policy,2011

PFE_Accadebled_Delavault_Magre, "les effet du changement climatique sur la consommation de chauffage de l'habitat en 2050 en France",2011

Brigitte Vu, "le guide de l'habitat passif" , Editions Eyrolles, 2008

Traisnel, J.P., Maïzia, M., " Habitat et développement durable : les perspectives offertes par le solaire thermique", Cahier du CLIP, vol 16, Paris 2004

Isabelle Robert-Bobée, "Projections de population 2005-2050 Vieillissement de la population en France métropolitaine",2007

Noémie POIZE, "Projet européen COOLREGION", 2009

Bruno Georges, "Le projet de Saint Just Saint RAMBERT"Energie et maison de retraite dans la loire",2009

Prévot J., 2009, « Les résidents des établissements d’hébergement pour personnes âgées en 2007 », *Études et résultats*, DREES, n°699, août.

Dutheil N., 2005, « Les établissements d’hébergement pour personnes âgées en 2003 : locaux et équipements », *Études et résultats*, DREES, n° 380, mars.

Perrin-Haynes J., 2010, « Les établissements d’hébergement pour personnes âgées. Activité, personnel et clientèle au 31 décembre 2007 », *Document de travail*, DREES, série Statistiques, n°142, février.

Tables des illustrations

<i>Figure 1: répartition des maisons de retraites retenus pour l'étude</i>	<i>12</i>
<i>Figure 2:répartition des données température disponibles sur le territoire en 2000</i>	<i>13</i>
<i>Figure 3:consommation en chauffage de l'échantillon</i>	<i>16</i>
<i>Figure 4:répartition moyenne de la consommation d'énergie</i>	<i>16</i>
<i>Figure 5:la consommation en climatisation de l'échantillon.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 6:La facture de chauffage de l'échantillon</i>	<i>17</i>
<i>Figure 7:La facture climatisation de l'échantillon</i>	<i>18</i>
<i>Figure 8: répartition de la part des postes consommateurs d'énergie</i>	<i>18</i>
<i>Figure 9:la facture globale par résident de l'échantillon.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 11: consommation du secteur EHPA en 2000</i>	<i>20</i>
<i>Figure 10: Nombre de résidents dans les EHPA.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 12:facture énergétique EHPA en 2000</i>	<i>21</i>
<i>Figure 13:part des consommations énergétiques de l'échantillon.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 14:Part de la facture énergétique de l'échantillon</i>	<i>23</i>
<i>Figure 15:Consommation des EHPA en 2050</i>	<i>24</i>
<i>Figure 16:Facture des EHPA en 2050</i>	<i>25</i>
<i>Figure 17: Rénovation du parc des EHPA en 2000 à 100%.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 18:Consommation en Gwh / % de rénovation</i>	<i>27</i>
<i>Figure 20:l'état de la facture énergétique du parc / part de rénovation du parc (2050)</i>	<i>27</i>
<i>Figure 19: l'état de consommation énergétique du parc/ part de rénovation du parc (2050) ...</i>	<i>27</i>

Table des matières

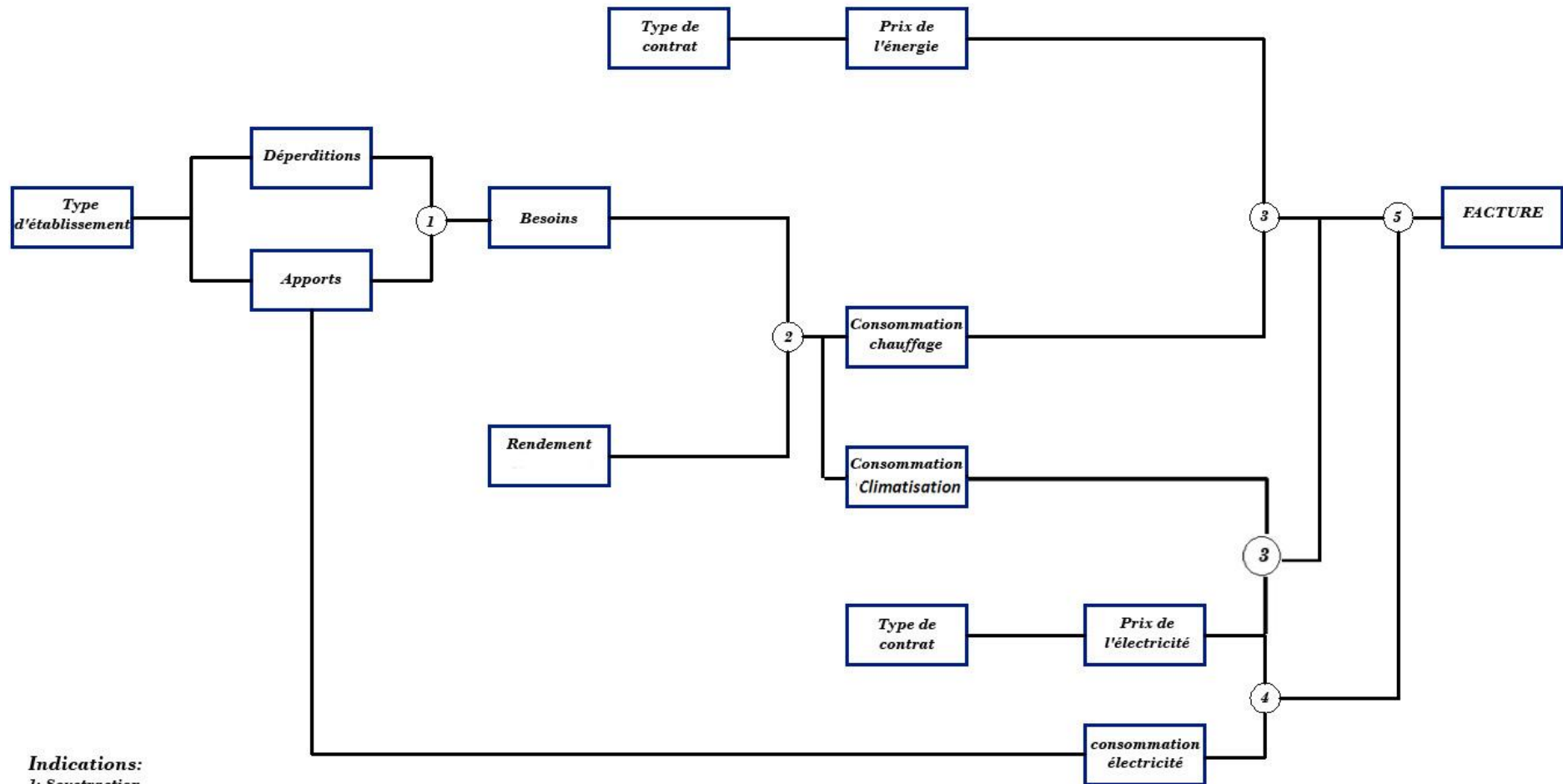
Introduction	8
Contexte et objectifs de la recherche	9
1. la situation du secteur résidentiel des ménages âgés français n'est pas problématique. 9	
2. Evolution de la population française:.....	10
3. Les types de maisons de retraite:	10
4. Objectif de l'étude.....	10
Etapes de la recherche	11
L'état énergétique du parc des maisons de retraite en France en 2000	12
1. Présentation de l'échantillon des EHPA initial:	12
2. La démarche calculatoire de la facture énergétique	12
a. Les déperditions des bâtiments	13
b. Les apports des bâtiments	14
c. Les besoins en énergie:	14
d. les factures énergétiques:	14
3. Analyse des résultats de l'échantillon initial	16
a. la consommation énergétique de l'échantillon	16
b. Les factures énergétiques de l'échantillon:	17
4. Projection sur l'ensemble des maisons de retraite en 2000	19
a. La consommation et la facture énergétique des EHPA en 2000	20
L'état énergétique du parc des maisons de retraite en France en 2050	22
1. Projection sur l'ensemble des maisons de retraites en 2050	23
2. la consommation et la facture énergétique des EHPA en 2050	24
Proposition de scénarios pour diminuer l'ampleur de la facture en 2050	26
1. Scénario 1: rénovation du parc des maisons de retraite de 2000	26
2. Scénario 2: Utilisation des énergies renouvelables	28
Conclusion	31
Bibliographies.....	32
Tables des illustrations.....	33

ANNEXES

Tableau 1: tableau informations maisons de retraite source: travail des étudiants de Polytech'Tours

Nom maison de retraite	Année	Nombre de personnel	Nombre de résidents	U bâtiment	surface enveloppe bâtiment	surface enveloppe sud bâtiment	SHON	latitude	Type tarif	apport internes	ville la plus proche pour BD T
le home du vernay 73	1992	8,7	20,3	0,75	3275	262	2500	45,6	1	4,16	<i>Clermont Ferrand</i>
Saint dominique 12	1891	28,8	67,2	2,07	4636	554	4020	44	3	4	<i>Toulouse</i>
Clisouet 56	1990	43,5	101,5	0,7	2657	172,8	2300	47,6	3	4,16	<i>Brest</i>
Korian Mrisol Servan 93	Avant 1988	40,5	94,5	0,74	2254	528	1200	48	3	4,16	<i>Paris</i>
Dolc epars 28	1750	6,9	16,1	2,5	1116	334	1000	48	3	4,16	<i>Paris</i>
Ereac 22	1992	9,9	23,1	0,82	3640	462	2000	48,4	3	4,16	<i>Brest</i>
Fontaine MEDICIS 62	1999	24	56	0,95	2950	390	2700	50	1	4	<i>Paris</i>
Korian les tilleuls 86	2008	31,5	73,5	0,4	2244	100	1987	46,8	1	4	<i>Tours</i>
L'abbaye saint maur des fossés 94	2002	105	245	0,58	8179	176	9730	48	1	4	<i>Paris</i>
Le bois la rose 27	1989	45	105	0,74	5110	161	3300	48	3	4	<i>Paris</i>
les cents cloches 76	1985	41,1	95,9	1,05	2655	150	2950	49,44	1	4,16	<i>Paris</i>
Les colchiques 64	renové 2001	22,5	52,5	0,9	715	50	1200	43,4	1	4	<i>Toulouse</i>
Les opalines 42	2000	33	77	0,47	3400	442	3121	45,43	3	4	<i>Tours</i>
Poulx 30	1993	10,8	25,2	0,4	1452	134	700	44	3	4,16	<i>Marseille</i>
Renouard 63	2000	36,6	85,4	0,47	2562	412	1200	45	3	4,16	<i>Clermont Ferrand</i>
Résidence Mapi 95	1989	53,1	123,9	0,74	4084	180	4200	49	3	4,16	<i>Paris</i>
Résidence perrine thulard 53	2007	22,5	52,5	0,43	5223	218	2870	48,16	3	4	<i>chartres</i>
Résidence soleil levant 89	1993	26,1	60,9	0,47	3234	330	1904	47,9	3	4,16	<i>Brest</i>

Modalisation du système Prix de l'énergie



Indications:
1: Soustraction
5: Somme
2,3,4: multiplication

Réalisation: Amine RADI, Sujet: PFE-EHPA

Calcul de la facture énergétique globale de l'échantillon des maisons de retraite 2000 (le même calcul est réalisé pour 2050 en prenant en compte les données 2050)

```
%function [ DT ] =calculDT
input=load('variable.mat');
%alors on trouve le vecteur de base du cos entre 1 et 8760:

%%          %CALCUL DES DEPERDITIONS:
%function [ dair ] = renouvellementair
%faire appel au départ à np
%np: nombre de personnes
% DT défini au départ
% calcul des déperditions renouvellement d'air:
dair= 0.34*20*input.DT;
np=meshgrid(input.np,1:8760);
np=np';
dair=dair.*np;

%function [ denv ] = deperditionenveloppe
%faire appel à sbat,ubat du bâtiment étudié
%sbat:surface du bâtiment étudié
%ubat: le coeff moyen de déperdition
% DT est défini au départ
% calcul du coefficient de déperdition par transition:
sbat=input.sbat;
ht=input.Ubat.*input.sbat;
ht=meshgrid(ht,1:8760);ht=ht';
% calcul de la déperdition enveloppe:

denv=ht.*input.DT;

%CALCUL DES APPORTS:
%function [ ai ] = apportinterne
%selon les résultats de l'échantillon on définit le vecteur ai des maisons
%de retraites et la surface habitable correspondante pour avoir un vecteur
%final apport interne(ai) pour toutes les maisons de retraites sur 8760
%heures

ai=meshgrid(input.ai,1:8760);ai=ai';
SHON=meshgrid(input.SHON,1:8760);SHON=SHON';
ai=ai.*SHON;

%function [ as ] = apportsolaire

%calcul apport solaire finale
sbatsud=input.sbatsud;
sbatsud=meshgrid(sbatsud,1:8760);sbatsud=sbatsud';
as=input.ray.*sbatsud*0.5*0.2;

%CALCUL DES BESOINS ENERGETIQUES:
%function [ b ] = besoin
```

```

%comme entrée le résultat des 4 fonctions
%dair=déperdition renouvellement air
%denv=déperdition enveloppe
%ai= apport interne
%as= apport solaire
% Calcul des apports a
a=ai+as;
% Calcul des déperditions d
d=dair+denv;
% Calcul des besoins b
b=d-a;
% le rendement du chauffage
b=b/input.ro;

%%%CALCUL DE LA FACTURE:

%function [ fC ] = facture CHAUFFAGE
%Définir les premiers éléments pour le calcul de la facture de la conso:
bp=b>0;
bp=bp.*b;
bp=bp./input.SHON;
hpCC=[1 4 4 4 4 4 4 1 1 1 1 1 1 4 4 4 4 1 1 1 1 1 1 1];
hpCC=meshgrid(hpCC,1:365);
hpCC=hpCC';
hpCC=hpCC(1:end);
hpCC=meshgrid(hpCC, 1:25);
prixCC=[0.0931000000000000,0.0931000000000000;0.0943000000000000,0.062900000000
00000;0.0490000000000000,0.0490000000000000;];

typtarifCC=input.typtarifCC;
typtarifCC=meshgrid(typtarifCC,1:8760);
typtarifCC=typtarifCC';
typtarifCC=hpCC+typtarifCC-1;
tarifCC=prixCC(typtarifCC);
%%Facture Chauffage:
FC=tarifCC.*bp;

% calcul de la facture apport interne

hpAI=[1 3 3 3 3 3 3 1 1 1 1 1 1 3 3 3 3 1 1 1 1 1 1 1];
hpAI=meshgrid(hpAI,1:365);
hpAI=hpAI';
hpAI=hpAI(1:end);
hpAI=meshgrid(hpAI, 1:25);
prixAI=[0.0931000000000000,0.0931000000000000;0.0943000000000000,0.062900000000
00000];

typtarifAI=input.typtarifAI;
typtarifAI=meshgrid(typtarifAI,1:8760);
typtarifAI=typtarifAI';
typtarifAI=hpAI+typtarifAI-1;
tarifAI=prixAI(typtarifAI);

%calcul de la facture apport interne

```

```

FAI=tarifAI.*ai;

% calcul facture climatisation:
bn=b>0;
bn=bn.*b;
bn=bn./input.SHON;
%facture climatisation, on prend en compte le système de calcul
%la facture apport interne, il est considéré pour la clim l'électricité.
FCL=tarifAI.*bn;
%FACTURE FINALE:
F=FC+FAI+FCL;

```

Calcul du rayonnement solaire en 2050

```

input=load('BDRAY2050.mat');
%ectray(num) correspond aux données récupérées pour les localisations
ectray75=meshgrid(input.ectray75,1:7);
ectray75=ectray75(1:end);ectray75=[ectray75
0];ectray75=meshgrid(ectray75,1:24);ectray75=ectray75(1:end);
ectray37=meshgrid(input.ectray37,1:7);
ectray37=ectray37(1:end);ectray37=[ectray37
0];ectray37=meshgrid(ectray37,1:24);ectray37=ectray37(1:end);
ectray31=meshgrid(input.ectray31,1:7);
ectray31=ectray31(1:end);ectray31=[ectray31
0];ectray31=meshgrid(ectray31,1:24);ectray31=ectray31(1:end);
ectray28=meshgrid(input.ectray28,1:7);
ectray28=ectray28(1:end);ectray28=[ectray28
0];ectray28=meshgrid(ectray28,1:24);ectray28=ectray28(1:end);
ectray63=meshgrid(input.ectray63,1:7);
ectray63=ectray63(1:end);ectray63=[ectray63
0];ectray63=meshgrid(ectray63,1:24);ectray63=ectray63(1:end);
ectray67=meshgrid(input.ectray67,1:7);
ectray67=ectray67(1:end);ectray67=[ectray67
0];ectray67=meshgrid(ectray67,1:24);ectray67=ectray67(1:end);
ectray29=meshgrid(input.ectray29,1:7);
ectray29=ectray29(1:end);ectray29=[ectray29
0];ectray29=meshgrid(ectray29,1:24);ectray29=ectray29(1:end);
logi=input.ray2000>0;
ectray=logi.*ectray;
ray2050=ectray+input.ray2000;logiray=ray2050>0;
ray2050=logiray.*ray2050;
% Définition manuel du ray2050 pour les maisons de retraite associées

```

Détermination de DT 2050

```

%function [ DT ] =calculDT
input=load('variable2050.mat');
%ECART TMAX 2000 2050
ectmax37=meshgrid(input.ectmax37,1:7);
ectmax37=ectmax37(1:end);ectmax37=[ectmax37
0];ectmax37=meshgrid(ectmax37,1:24);ectmax37=ectmax37(1:end);
ectmax28=meshgrid(input.ectmax28,1:7);
ectmax28=ectmax28(1:end);ectmax28=[ectmax28
0];ectmax28=meshgrid(ectmax28,1:24);ectmax28=ectmax28(1:end);

```



```

ectmax29=meshgrid(input.ectmax29,1:7);
ectmax29=ectmax29(1:end);ectmax29=[ectmax29
0];ectmax29=meshgrid(ectmax29,1:24);ectmax29=ectmax29(1:end);
ectmax31=meshgrid(input.ectmax31,1:7);
ectmax31=ectmax31(1:end);ectmax31=[ectmax31
0];ectmax31=meshgrid(ectmax31,1:24);ectmax31=ectmax31(1:end);
ectmax63=meshgrid(input.ectmax63,1:7);
ectmax63=ectmax63(1:end);ectmax63=[ectmax63
0];ectmax63=meshgrid(ectmax63,1:24);ectmax63=ectmax63(1:end);
ectmax67=meshgrid(input.ectmax67,1:7);
ectmax67=ectmax67(1:end);ectmax67=[ectmax67
0];ectmax67=meshgrid(ectmax67,1:24);ectmax67=ectmax67(1:end);
ectmax75=meshgrid(input.ectmax75,1:7);
ectmax75=ectmax75(1:end);ectmax75=[ectmax75
0];ectmax75=meshgrid(ectmax75,1:24);ectmax75=ectmax75(1:end);
%ECART TMIN 2000 2050
ectmin37=meshgrid(input.ectmin37,1:7);
ectmin37=ectmin37(1:end);ectmin37=[ectmin37
0];ectmin37=meshgrid(ectmin37,1:24);ectmin37=ectmin37(1:end);
ectmin28=meshgrid(input.ectmin28,1:7);
ectmin28=ectmin28(1:end);ectmin28=[ectmin28
0];ectmin28=meshgrid(ectmin28,1:24);ectmin28=ectmin28(1:end);
ectmin29=meshgrid(input.ectmin29,1:7);
ectmin29=ectmin29(1:end);ectmin29=[ectmin29
0];ectmin29=meshgrid(ectmin29,1:24);ectmin29=ectmin29(1:end);
ectmin31=meshgrid(input.ectmin31,1:7);
ectmin31=ectmin31(1:end);ectmin31=[ectmin31
0];ectmin31=meshgrid(ectmin31,1:24);ectmin31=ectmin31(1:end);
ectmin63=meshgrid(input.ectmin63,1:7);
ectmin63=ectmin63(1:end);ectmin63=[ectmin63
0];ectmin63=meshgrid(ectmin63,1:24);ectmin63=ectmin63(1:end);
ectmin67=meshgrid(input.ectmin67,1:7);
ectmin67=ectmin67(1:end);ectmin67=[ectmin67
0];ectmin67=meshgrid(ectmin67,1:24);ectmin67=ectmin67(1:end);
ectmin75=meshgrid(input.ectmin75,1:7);
ectmin75=ectmin75(1:end);ectmin75=[ectmin75
0];ectmin75=meshgrid(ectmin75,1:24);ectmin75=ectmin75(1:end);
% definir les Tmax:
tmax37=meshgrid(input.tmax37,1:24);tmax37=tmax37(1:end);
tmax28=meshgrid(input.tmax28,1:24);tmax28=tmax28(1:end);
tmax29=meshgrid(input.tmax29,1:24);tmax29=tmax29(1:end);
tmax31=meshgrid(input.tmax31,1:24);tmax31=tmax31(1:end);
tmax63=meshgrid(input.tmax63,1:24);tmax63=tmax63(1:end);
tmax67=meshgrid(input.tmax67,1:24);tmax67=tmax67(1:end);
tmax75=meshgrid(input.tmax75,1:24);tmax75=tmax75(1:end);
%definir les Tmin
tmin37=meshgrid(input.tmin37,1:24);tmin37=tmin37(1:end);
tmin28=meshgrid(input.tmin28,1:24);tmin28=tmin28(1:end);
tmin29=meshgrid(input.tmin29,1:24);tmin29=tmin29(1:end);
tmin31=meshgrid(input.tmin31,1:24);tmin31=tmin31(1:end);
tmin63=meshgrid(input.tmin63,1:24);tmin63=tmin63(1:end);
tmin67=meshgrid(input.tmin67,1:24);tmin67=tmin67(1:end);
tmin75=meshgrid(input.tmin75,1:24);tmin75=tmin75(1:end);

% calcul de TMAX2050;
tmax37=input.tmax37+input.ectmax37;
tmax28=input.tmax28+input.ectmax28;

```

```

tmax29=input.tmax29+input.ectmax29;
tmax31=input.tmax31+input.ectmax31;
tmax63=input.tmax63+input.ectmax63;
tmax67=input.tmax67+input.ectmax67;
tmax75=input.tmax75+input.ectmax75;
% calcul de TMIN2050;
tmin37=input.tmin37+input.ectmin37;
tmin28=input.tmin28+input.ectmin28;
tmin29=input.tmin29+input.ectmin29;
tmin31=input.tmin31+input.ectmin31;
tmin63=input.tmin63+input.ectmin63;
tmin67=input.tmin67+input.ectmin67;
tmin75=input.tmin75+input.ectmin75;

%associer les tmax et tmin aux maisons de retraites
%definir la tendance de la temperature
x=-pi:pi/11.5:pi;
vectcos=cos(x);
vectcos=meshgrid(vectcos,1:365);vectcos=vectcos';
vectcos=vectcos(1:end);
vectcos=meshgrid(vectcos,1:25);
%CALCUL Text
Tmin=input.Tmin;
Tmax=input.Tmax;
Text=((Tmin-Tmax)/2).*vectcos + ((Tmax+Tmin)/2);
%calcul DT2050
Tint=meshgrid(input.input.Tint,1:25);
DT2050=Tint-Text;

```

Détermination de la production moyenne des panneaux solaire

```

input=load('BDRAY2050.mat');
ray2050=input.ray2050;
%la surface moyenne est de 915m²
pp=915.*ray2050;
pp=pp';
pp=sum(pp);
% du faite des maisons de retraite érronée, le résultat moyen a été fait
% sur excel

```

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Département Aménagement
35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeur de recherche :
Maizia Mindjid

RADI Amine
Projet de Fin d'Etudes
DA5
2011-2012

Titre : L'ampleur de la facture énergétique des établissements d'hébergement pour personnes âgées en 2050.

Résumé :

La première partie du rapport est consacrée à la réalisation d'un système permettant de calculer les consommations et les factures énergétiques des établissements de maisons de retraite à l'échelle d'un échantillon pré-diagnostiqué. Cette tâche est réalisée en vue de projeter les résultats obtenus. Dans un premier temps, sur l'ensemble du parc de maisons de retraite en 2000 et en second temps sur le parc en 2050.

La deuxième partie présente les résultats obtenus en matière de consommations et factures énergétiques du chauffage et de la climatisation sur le parc de maisons de retraite, en fonction de l'évolution du climat et de la population métropolitaine. Elle consiste à calculer ces consommations et ces factures en 2000 puis à établir un exercice de prospective à l'horizon 2050. Les résultats obtenus permettent de répondre à la question : « qu'elle serait l'ampleur de la facture énergétique d'ici 2050 ? »

Finalement, la dernière partie permet de déterminer des moyens techniques permettant d'influer sur la facture énergétique, la rénovation du parc ancien et la mise en place de panneaux solaire ont été retenues pour cette étude.

Mots clés: France métropolitaine, réchauffement climatique, vieillissement de la population, établissements d'hébergement pour personnes âgées, facture énergétique, consommation énergétique, chauffage, climatisation, source d'énergie.