



Ecosite, BP 147, 34140 Mèze (France)

Tél : 04 67 18 31 10 • Fax : 04 67 74 18 67

e-mail : contact@izuba.fr - Site web : <http://www.izuba.fr>

SCOP ARL à capital variable • 433 271 905 RCS Sète

SIMULATION CLIMAT 2030 – 2050 DES BÂTIMENTS BBC

Evaluation du comportement des bâtiments « BBC » dans les conditions climatiques prévues à échéance 2030 et 2050 en Languedoc Roussillon

Rapport final

- Etape 1 : choix des bâtiments étudiés
- Etape 2 : génération des fichiers météo et hypothèses de base
- Etape 3 : simulation pour les différents climats
- Etape 4 : propositions d'amélioration

Commanditaire	ADEME <i>Responsable marché : Jacques RAVAILLAULT</i> <i>Personnes contact : Céline VACHEY et Pierre VIGNAUD</i>
Coordonnées	119, avenue Jacques Cartier CS 29 011 34934 Montpellier cedex 2
Tél et mail	Céline Vachey : 04 67 99 89 68 – celine.vachey@ademe.fr Pierre vignaud : 04 67 99 89 63 – pierre.vignaud@ademe.fr
Fax	04 67 64 30 89
Code étude Izuba	E661
Version	V03
Date	6 juillet 2010
Dossier suivi par	Stéphane BEDEL stephane.bedel@izuba.fr
Etude réalisée par	Eduardo SERODIO Ludovic BUREAU Sophie BONNAUD Thierry SALOMON

Sommaire

Contexte

1. CONTEXTE	5
2. DEROULEMENT DE L'ETUDE	5
2.1. LES ETAPES DE L'ETUDE.....	5
2.2. LE COMITE D'EXPERT	5
2.3. LES PRINCIPALES DATES	6
3. GLOSSAIRE DES PRINCIPALES GRANDEURS UTILISEES DANS L'ETUDE	7

Etape 1 : Choix des bâtiments étudiés

4. CHOIX DES BATIMENTS ETUDIES	10
4.1. DESCRIPTIF RECAPITULATIF DES PROJETS PROPOSES	10
4.2. LOCALISATION DES PROJETS	11

Etape 2 : Génération des fichiers météo et hypothèses de base

5. CREATION DES FICHIERS METEOROLOGIQUES DE BASE 1999-2008	12
5.1. METHODOLOGIE	12
5.2. LOCALISATION DES STATIONS	12
5.2.1. Généralités sur les stations.....	13
5.3. RECAPITULATIF DES DONNEES ACHETEES	13
5.3.1. Données mensuelles.....	13
5.3.2. Données horaires achetées pour l'année 2003	13
5.4. VALIDATION DU GENERATEUR METEOCALC.....	13
5.4.1. Avant propos	13
5.4.2. Comparaison des données météo mensuelles REEL/GENERE 2003 pour la station de Carcassonne	14
5.4.3. Comparaison des données météo annuelles REEL/GENERE 2003 pour les stations de CARCASSONNE et PERPIGNAN	15
5.4.4. Comparaison des valeurs horaires.....	18
5.4.5. Comparatif sur les résultats	18
5.4.6. Comparaison des températures horaires en été pour le projet I-MI PAILLE	22
5.4.7. Conclusion.....	26
5.5. GENERATION DES FICHIERS HORAIRES	26
5.5.1. Méthodologie.....	26
5.5.2. Analyse des données pour la station de Carcassonne	26
5.5.3. Récapitulatif des résultats	29
5.6. COMPARATIF ENTRE STATION	29
5.6.1. Degrés jour unifié (DJU), degrés heure été (DHE) et rayonnement solaire	29
5.6.2. Moyennes des températures minimales	30
5.6.3. Températures minimales.....	31
5.6.4. Moyenne des températures maximales.....	32
Températures maximales.....	33
5.6.5. Températures moyennes	34
5.6.6. Insolation.....	35
6. CREATION DES FICHIERS METEOROLOGIQUES 2030-2050	36
6.1. METHODOLOGIE	36
6.2. PARAMETRES RETENUS DE L'ETUDE ECOFYS	36
6.3. TEMPERATURE - ANNEE 2030	37
6.3.1. Référence.....	37
6.3.2. Prévisions.....	37
6.3.3. Remarques.....	37

6.4.	NOMBRE DE JOURS OU LA TEMPERATURE EST > 35°C - 2030.....	38
6.4.1.	<i>Prévisions</i>	38
6.4.2.	<i>Remarques</i>	38
6.5.	NOMBRE DE JOURS OU LA TEMPERATURE DEPASSE DE 5°C LA NORMALE PENDANT AU MOINS 6 JOURS - 2030	39
6.5.1.	<i>Prévisions</i>	39
6.5.2.	<i>Remarques</i>	39
6.6.	TEMPERATURE - ANNEE 2050	40
6.6.1.	<i>Référence</i>	40
6.6.2.	<i>Prévisions</i>	40
6.6.3.	<i>Remarques</i>	40
6.7.	NOMBRE DE JOURS OU LA TEMPERATURE EST > 35°C - 2050.....	41
6.7.1.	<i>Prévisions</i>	41
6.7.2.	<i>Remarques</i>	41
6.8.	NOMBRE DE JOURS OU LA TEMPERATURE DEPASSE DE 5°C LA NORMALE PENDANT AU MOINS 6 JOURS - 2050	42
6.8.1.	<i>Prévisions</i>	42
6.8.2.	<i>Remarques</i>	42
	CREATION DES FICHIERS 2030 ET 2050	43
6.8.3.	<i>Méthodologie</i>	43
6.8.4.	<i>Exemple pour la station de Montpellier et le mois de janvier</i>	44
6.9.	CREATION DES FICHIERS 2030 ET 2050 CANICULAIRES	44
6.9.1.	<i>Méthodologie</i>	44
6.9.2.	<i>Exemple pour la station de Montpellier et le mois de janvier</i>	45

Etape 3 : Simulation pour les différents climats

7.	FICHES DE RESULTATS DES SIMULATIONS AVANT AMELIORATIONS.....	46
7.1.	METHODOLOGIE	46
7.2.	FICHES DE RESULTATS.....	46
7.3.	ANALYSE COMPARATIVE	70
7.3.1.	<i>Besoins de chauffage</i>	70
7.3.2.	<i>Confort d'été</i>	71
8.	ANALYSE DE SENSIBILITE	72
8.1.	METHODOLOGIE	72
8.2.	CLIMAT.....	74
8.2.1.	<i>Description</i>	74
8.2.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	74
8.3.	ISOLATION.....	76
8.3.1.	<i>Description</i>	76
8.3.2.	<i>Synthèse des résultats (Page suivante)</i>	76
8.4.	INERTIE – PAROIS EXTERIEURES.....	78
8.4.1.	<i>Description</i>	78
8.4.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	78
8.5.	INERTIE - CAS DE L'OSSATURE BOIS.....	80
8.5.1.	<i>Description</i>	80
8.5.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	80
8.6.	INERTIE - CLOISONS INTERIEURES.....	82
8.6.1.	<i>Description</i>	82
8.6.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	82
8.7.	TOITURE.....	84
8.7.1.	<i>Description</i>	84
8.7.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	84
8.8.	SOL	86
8.8.1.	<i>Description</i>	86
8.8.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	86
8.9.	APPORTS INTERNES	88
8.9.1.	<i>Description</i>	88
8.9.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	88
8.10.	INFILTRATIONS D'AIR	90
8.10.1.	<i>Description</i>	90

8.10.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	90
8.11.	VENTILATION NOCTURNE.....	92
8.11.1.	<i>Description</i>	92
8.11.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	92
8.12.	VENTILATION PAR BRASSAGE.....	94
8.12.1.	<i>Description</i>	94
8.12.2.	<i>Synthèse des résultats</i>	94
8.13.	PRIX DES OPTIONS SUR LE BATI.....	95
8.13.1.	<i>Enveloppe</i>	95
8.13.2.	<i>Cloisons</i>	96
8.13.3.	<i>Toiture</i>	97

Etape 4 : Propositions d'amélioration

9.	SCENARIOS D'AMELIORATION.....	98
9.1.	AVANT PROPOS.....	98
9.2.	RESULTATS.....	99
9.3.	COMPARATIF ENTRE LES PERIODES 1999/2008, 2030 ET 2050.....	125

1. Contexte

Le réchauffement climatique lié à l'élévation du taux de CO₂ dans l'atmosphère est une préoccupation qui va devenir de plus en plus importante dans les années à venir. Les modèles météorologiques prévoient une augmentation de l'ordre de 2°C à l'horizon 2030 avec une évolution modérée jusqu'en 2050 puis un accroissement des tendances en 2080. Une des conséquences de ces perturbations va être une augmentation des températures dans les bâtiments avec des incidences sur le confort en été et un risque éventuel sur la santé des occupants en particulier des personnes fragiles.

La question posée par l'ADEME est de savoir si les bâtiments performants répondant aux exigences BBC-Effinergie permettront demain de supporter ces hausses de températures et à quel prix.

L'objet de l'étude confiée à IZUBA énergies est donc de se projeter vers l'avenir. Les bâtiments BBC construits aujourd'hui seront soumis au climat prévisible de 2030 et 2050. L'impact sur les consommations énergétiques globales est évalué mais c'est surtout l'incidence sur le confort en été qui est analysé. Des solutions sur le bâti et les équipements seront proposées pour obtenir un niveau de confort acceptable. Elles seront analysées à la fois sous l'angle technique, énergétique, environnemental et économique.

2. Déroulement de l'étude

2.1. Les étapes de l'étude

Les différentes étapes de l'étude sont résumées ci-après :

Etape 1 : choix des bâtiments étudiés

En concertation avec le comité de pilotage choix de 10 projets répartis sur la région

Etape 2 : génération des fichiers météorologiques et hypothèses de base

Création des fichiers 1999-2008, 2003, 2030, 2050, 2030 caniculaire, 2050 caniculaire

Description des hypothèses de fonctionnement de chaque projet : ventilation, chauffage, occupation, apports internes, protection solaires

Etape 3 : simulation dynamique pour les différents climats

Réalisation de fiches de synthèse des résultats avec analyse multicritères : besoins chaud, confort d'été, impact environnemental, coût de fonctionnement

Etape 4 : propositions d'amélioration

Analyse de sensibilité sur les principaux paramètres : inertie, isolation, apports internes

A l'issue des résultats, analyse technique et économique des solutions pouvant être mise en œuvre pour atteindre un niveau de confort satisfaisant pour chaque projet

2.2. Le comité d'expert

Au sein de l'ADEME Languedoc Roussillon, le projet a été suivi par Pierre VIGNAUD et Céline VACHEY.

Afin d'avoir un avis critique, un comité de pilotage composé des membres suivants a été constitué :

- M. Patrick NIVARD - DDE de Montpellier
- Mme Mimi Tjoyas – Architecte
- Fabrice LAMOUREUX – Direction de l'environnement à la région Languedoc Roussillon
- Raphaëlle VIENOT - Direction de l'environnement à la région Languedoc Roussillon
- Catherine BONDUAU – Association EFFINERGIE
- Jean Marie HAQUETTE – Comité National pour le Développement du Bois

Au delà des éléments apportés par ce comité par son analyse critique et ses propositions, IZUBA énergies a fait appel ponctuellement à l'avis de spécialistes sur certains sujets. Pour le temps qu'ils y ont consacré nous tenons plus particulièrement à remercier :

- M. Gaël LHENRY – Architecte – Nous a fourni le coût des différentes parois étudiées dans le projet

- M. DELLANTONIO - BET altéa bois – Nous a fait part de son expérience sur les maisons à ossature bois avec remplissage en botte de paille en nous donnant quelques indications sur les procédés de préfabrication qui se développent de plus en plus
- M. Daniel MUGNIER – BET TECSOL – Nous a donné des renseignements utiles sur la climatisation solaire et sur l'état de la technique et ses possibilités de développement dans le futur.

2.3. Les principales dates

L'étude a donné lieu à la réalisation de rapports intermédiaires avec une restitution par diaporama auprès du comité de pilotage. Les principales dates de réalisation du projet sont décrites ci-après :

1/ Réunion de démarrage à l'ADEME - 12/06/09

- Choix des projets pouvant être retenus dans le cadre du programme.
- Choix des 6 stations météorologiques pour achat des données mensuelles associées

2/ Rapport intermédiaire N°1 et réunion avec le comité du pilotage le 10/07/09

- Validation de la méthodologie pour la création des fichiers météorologiques de base.
- Validation des projets : les documents relatifs à chaque projet seront fournis par l'ADEME
- Comparatif des résultats obtenus à partir de fichiers horaires réels, générés à partir de METEOCALC et METENORM.
- Proposition du comité de pilotage d'étudier une autre méthode pour la génération des fichiers météo.
- Accord pour achat des données horaires 2003 pour les stations de Perpignan, Carcassonne qui disposent du rayonnement diffus et global.
- Recalage du générateur METEO à partir de données horaires réelles et des données mensuelles

3/ Réunion d'avancement à l'ADEME – 22/07/09

- Présentation de l'analyse faite sur les fichiers météorologiques : comparatif entre fichier réel et fichier généré.
- Validation de la méthode de génération des fichiers météo de base décrite initialement consistant à définir une année à partir des mois les plus représentatifs de la période 1999-2008.
- Accord pour achat du fichier horaire 2003 pour la station de Nîmes

4/ Rapport intermédiaire N°2 et réunion avec le comité du pilotage le 16/10/09

- Présentation des projets et des stations météorologiques retenus dans le cadre du projet
- Résultats des simulations pour la période de référence 1999-2008 et l'année 2003 pour l'ensemble des projets
- Proposition de la méthodologie pour la génération des fichiers 2030 et 2050

5/ Rapport intermédiaire N°3 et réunion avec le comité du pilotage le 19/01/10

- Présentation des écarts dus à la génération des fichiers météo
- Résultats et analyse des simulations des 10 projets à partir des fichiers météo créés
- Analyse de sensibilité sur un projet par catégorie de bâtiment sur les principaux paramètres pouvant influencer sur le confort d'été
- Proposition de la méthodologie concernant l'amélioration de chaque projet.

6/ Rapport intermédiaire N°4 et réunion avec le comité du pilotage le 26/03/10

- Analyse de sensibilité sur 3 projets
- Présentation de l'analyse multicritères des différents scénarios d'amélioration

7/ Réunion d'avancement à l'ADEME – 06/05/10

- Analyse critique du rapport N°4

- Proposition de rendu intégrant les différentes remarques

8/ Rapport final – 07/07/10

- Remise du rapport final

3. Glossaire des principales grandeurs utilisées dans l'étude

- **λ : Conductivité thermique en $W/(m.K)$** : Flux thermique par mètre carré, traversant un mètre d'épaisseur de matériau pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces de ce matériau.
- **ψ : coefficient de transmission linéique, en $W/(m.K)$** : Flux thermique en régime stationnaire par unité de longueur, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.
- **R : Résistance thermique en $m^2.K/W$** : Inverse du flux thermique à travers un mètre carré d'un système pour une différence de température d'un kelvin entre les deux faces de ce système.
- **R_s : Résistance superficielle en $m^2.K/W$** : Inverse du flux thermique passant par mètre carré de paroi, de l'ambiance à la paroi pour une différence de température d'un kelvin entre celles-ci
- **U : Coefficient de transmission surfacique en $W/(m^2.K)$** : flux thermique en régime stationnaire par unité de surface, pour une différence de température d'un kelvin entre les milieux situés de part et d'autre d'un système.
- **U_g : Coefficient de transmission surfacique du vitrage en $W/(m^2.K)$**
- **U_f : Coefficient de transmission surfacique de la menuiserie en $W/(m^2.K)$**
- **U_w : Coefficient de transmission surfacique moyen de la paroi vitrée en $W/(m^2.K)$**
(= $U_g * A_g + U_f * A_f / (A_g + A_f)$)
- **S_w : facteur solaire moyen de la paroi vitrée** : déterminé à partir du facteur solaire du vitrage S_g et du facteur solaire de la menuiserie S_f en fonction de leur surface respective.
- **$U_{bât}$: Coefficient moyen surfacique en $W/(m^2.K)$** : coefficient moyen de déperdition par transmission à travers les parois déperditives séparant le volume chauffé de l'extérieur, du sol et des locaux non chauffés.
- **ρ : Masse volumique en kg/m^3**
- **c : chaleur massique ou spécifique en $J/(kg.K)$ ou $Wh/(kg.K)$** : quantité d'énergie que peut emmagasiner un matériau par kg. ($Wh = J/3600$)
- **a : diffusivité en m^2/s ($=\lambda/(\rho*c)$)** : définit la vitesse de variation de température en fonction du temps. Plus ce coefficient est élevé, plus le matériau absorbera de la chaleur sans se réchauffer trop vite.
- **b : effusivité en $J/(m^2.K.s^{0.5})$ ($=\sqrt{\lambda*\rho*c}$)** : définit la rapidité et donc la capacité qu'a un matériau à absorber de la chaleur. L'effusivité est un paramètre important dans le confort d'été. Il caractérise la rapidité du matériau à absorber de la chaleur et donc à limiter les surchauffes intérieures. Plus ce coefficient est élevé, plus le matériau absorbera de la chaleur sans se réchauffer trop vite et

inversement. C'est ce qu'on appelle communément l'inertie. On peut séparer les matériaux en quatre grandes familles :

1/ les isolants ayant une très faible effusivité : isolant de faible densité comme les laines ou les polystyrènes,...

2/ les isolants ayant une faible effusivité : isolant de moyenne à forte densité comme la ouate de cellulose, les fibres de bois, le liège, la paille,...

3/ les murs à isolation répartie ayant une effusivité moyenne assurant la double fonction de portance et d'isolation : brique alvéolaire, béton cellulaire, béton de chanvre, pierre ponce,...

4/ les murs porteurs non isolants ayant une forte effusivité mais nécessitant l'adjonction d'un isolant : parpaing, béton, terre cuite ou crue,....Le bénéfice de l'effusivité de ces matériaux n'est assurée que si l'isolant se trouve à l'extérieur.

A titre de comparaison le tableau suivant donne les principales propriétés physiques de certains matériaux :

	Conductivité	Densité	Capacité thermique	Effusivité
Laine de verre	0,035	12	0,233	0,3
Ouate de cellulose	0,039	60	0,54	1,1
Botte de paille	0,065	80	0,389	1,4
Fibre de bois	0,04	150	0,58	1,9
Béton cellulaire	0,097	400	0,244	3,1
Brique MONOMUR	0,1	600	0,25	3,9
Béton de chanvre	0,071	300	0,2	2,1
Terre	0,85	2000	0,28	21,8
Béton plein	2	2400	0,28	36,7
Plâtre	0,35	1000	0,22	8,8
	W/m.K	kg/m ³	Wh/kg.K	W.h0,5/m ² .K

- **Inertie** : l'inertie d'un matériau se caractérise par sa diffusivité et son effusivité. Un matériau ayant une forte inertie a forte capacité thermique
- **II : perméabilité en g/(m.h.mm Hg)** : définit la faculté du matériau à laisser passer la vapeur d'eau. Plus ce coefficient est élevé, plus il laissera passer la vapeur d'eau. Ce coefficient intervient directement dans la régulation hygroscopique de l'air ambiant.
- **μ : coefficient de résistance à la vapeur d'eau en mètres** : plus ce coefficient est élevé, moins il laisse passer la vapeur d'eau. Une valeur de 1 correspond au coefficient de l'air
- **Sd : résistance à la vapeur d'eau** : produit de μ par l'épaisseur du matériau
- **BBC** : Bâtiment Basse Consommation. Niveau de performance des bâtiments dont la consommation globale (chauffage, eau chaude, éclairage, auxiliaire, ventilation) doit être inférieure de 40 à 65 kWep/m² SHON suivant la localisation pour l'habitat individuel et à -50% par rapport à la référence RT 2005 pour le tertiaire.
- **EFFINERGIE** : association créée en 2006 regroupant collectivités, professionnels du bâtiment, banques et association. Elle est à l'origine de la définition du label BBC
- **DJU ou Degré jour** : pour une journée de 24 h le degré jour correspond à la différence entre la température de référence (habituellement 18°C) et la moyenne de la température extérieure ((Tmin + Tmax)/2). Le cumul des degrés jour ainsi calculés sur la saison de chauffe (232 jours compris entre le 1^{er} octobre et le 20 mai) donne les degrés jour unifiés correspondant à une situation géographique donnée.
- **DHété ou degré heures été** : représente le cumul horaire de la différence entre la température ambiante et la température de référence été (prise ici égale à 28°C).

- **Puits canadien, provençal ou climatique** : système consistant à faire transiter l'air dans des tubes enterrés à 2 m de profondeur avant de l'insuffler dans le bâtiment. En hiver l'air de renouvellement est ainsi préchauffé et en été l'air est refroidi. Dans les régions du sud ce système est plus particulièrement employé pour cette deuxième fonction. C'est la raison pour laquelle dans le reste du document il sera désigné par « puits climatique »
- **GWP ou PRG** : Global Warming Potential ou Pouvoir de Réchauffement Global. Indicateurs utilisés pour définir le pouvoir de réchauffement climatique d'un gaz par rapport au CO₂.
- **VS** : vide sanitaire
- **TP** : Terre plein

4. Choix des bâtiments étudiés

4.1. Descriptif récapitulatif des projets proposés

Parmi les projets potentiellement admissibles il a été décidé d'écarter ceux ne répondant pas aux critères suivants :

- niveau de performance BBC non atteint ou non calculé
- choix énergétiques ou de construction ne présentant pas un caractère suffisamment reproductible
- bâtiments BBC n'ayant pu être réalisés
- projets trop particuliers et peu représentatifs de l'ensemble des bâtiments

Une sélection de projets BBC retenus dans le cadre de l'appel à projet régional¹ a été proposée par l'ADEME et validé par le comité de pilotage.

La liste suivante décrit pour chaque catégorie de bâtiment les projets retenus² :

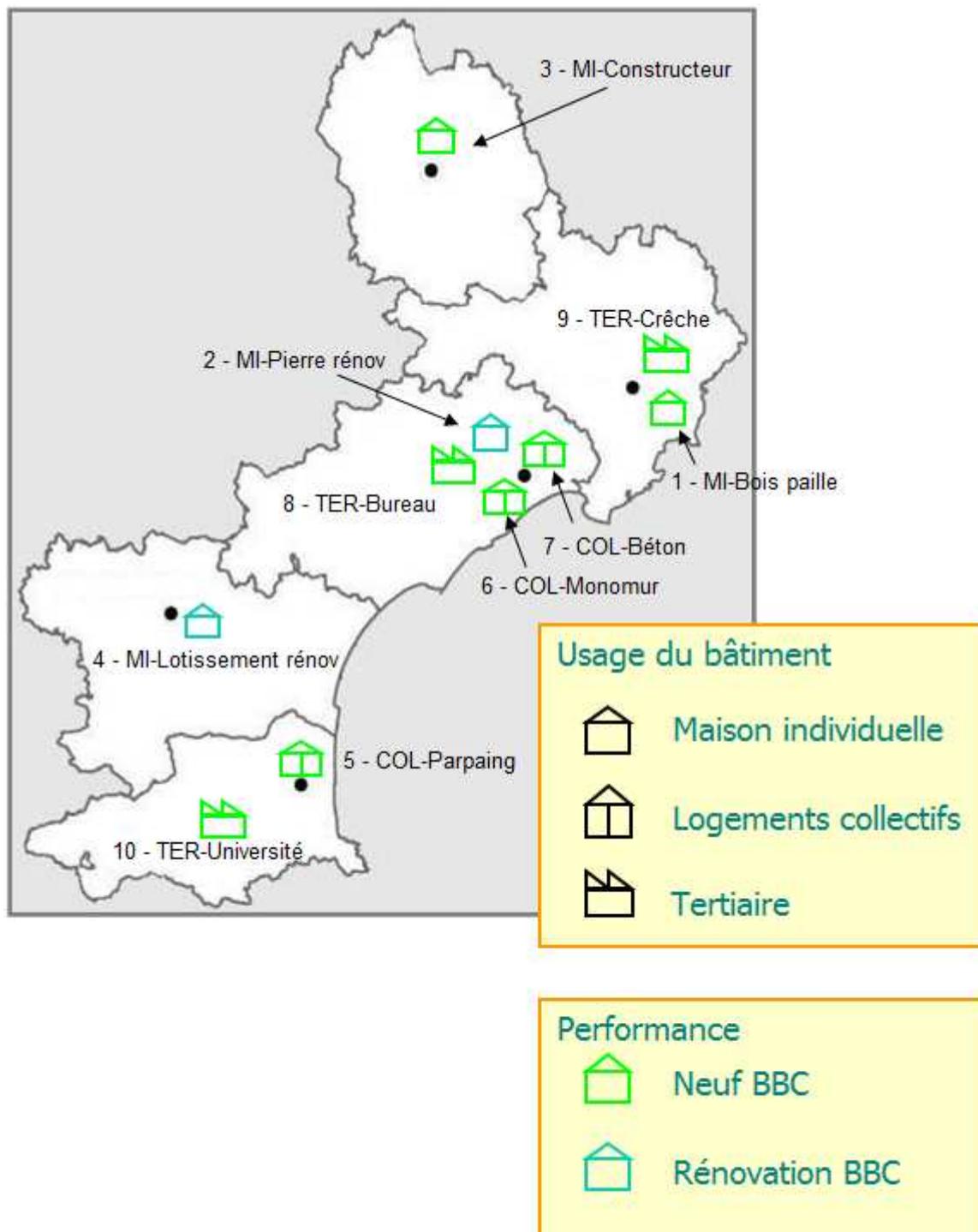
Codification retenue	Nom	Neuf / rénov	Lieu initial de construction	Mode constructif	Station météo retenue
1-MI-bois paille	Maison individuelle Borner	BBC neuf	Vallabrègues	Ossature bois remplissage paille	Nîmes
2-MI-pierre rénov	Maison individuelle Bleu	BBC rénovation	Cournonterral	Pierre isolée par l'intérieur	Montpellier
3-MI-constructeur	Maison individuelle Nauges	BBC neuf	Vergèze	Brique isolée par l'intérieur	Nîmes + Mende
4-MI-lotissement rénov	Maison individuelle Clapiers	BBC rénovation	Montpellier	Parpaing isolé par l'intérieur	Carcassonne
5-COL-parpaings	Logements collectifs OPAC	BBC neuf	Perpignan	Parpaings isolés par l'int et l'ext	Perpignan
6-COL-monomur	Logements collectifs ACM	BBC neuf	Montpellier	Monomur	Montpellier
7-COL-béton	Logements collectifs Candillargues	BBC neuf	Candillargues	Béton isolé par l'ext et ossature bois	Montpellier
8-TER-bureaux	Bureaux OIKOS	BBC neuf	Villeveyrac	Béton cellulaire	Montpellier
9-TER-crèche	Crèche Aramon	BBC neuf	Aramon	Monomur et isolation par l'intérieur	Nîmes
10-TER-université	Université Catalane d'été	BBC neuf	Prades	Béton isolé par l'extérieur	Vernet-les-Bains

	Maison individuelle
	Habitat collectif
	Tertiaire

¹ Bâtiments Basse Consommation d'Énergie « EFFINERGIE » en Languedoc Roussillon

² Voir en annexe 1 les fiches descriptives détaillées par bâtiment

4.2. Localisation des projets



N'ayant aucun projet en Lozère, il a été décidé d'étudier le projet 3 situé en réalité à Nîmes avec le climat de Mende

5. Création des fichiers météorologiques de base 1999-2008

5.1. Méthodologie

1/ Détermination des stations météorologiques disponibles à proximité des projets

2/ Achat des fichiers météorologiques

IZUBA énergies a acheté les données météorologiques suivantes :

- données mensuelles des 6 stations retenues sur les 10 dernières années : 1999 à 2008
- données horaires pour l'année 2003 des stations de Perpignan, Carcassonne et Nîmes

3/ Validation du générateur METEOCALC³

Une comparaison est réalisée pour la station de Carcassonne entre les valeurs mensuelles issues des fiches climatologiques de METEO France et celles issues des fichiers horaires réelles pour l'année 2003. La même comparaison est ensuite réalisée entre les fichiers horaires réels et les fichiers horaires générés.

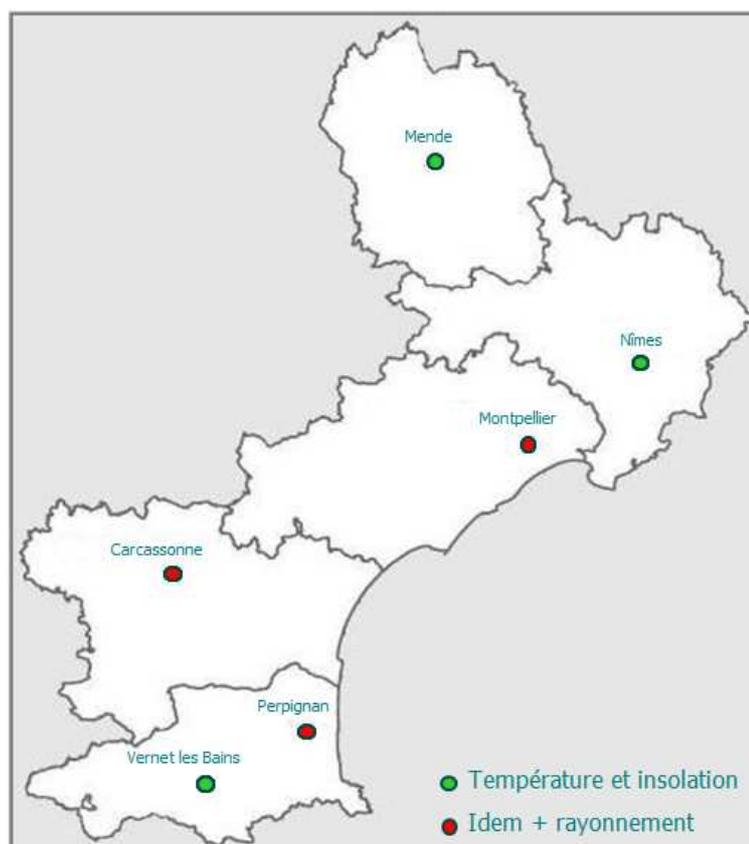
Après recalage du générateur METEOCALC réalisé à l'issue des étapes précédentes, une simulation dynamique effectuée sur les projets situés sur Carcassonne, Nîmes et Perpignan permet d'évaluer le pourcentage d'erreur de la méthode utilisée.

4/ Génération des fichiers horaire de base 1999-2008

Un fichier annuel est constitué à partir des mois les plus représentatifs de la moyenne des 10 dernières années pour les 6 stations retenues.

Un fichier horaire est généré à l'aide du logiciel METEOCALC à partir des fichiers mensuels ainsi constitués pour toutes les stations.

5.2. Localisation des stations



³ Le générateur METEOCALC a été développé par IZUBA. Il permet à partir de données mensuelles de générer des fichiers météorologiques horaires.

5.2.1. Généralités sur les stations

Station	Latitude	Longitude	Altitude	Commune	Lieu dit
Montpellier	43°34'36" N	03°57'42" E	2 m	MAUGUIO (MONTPELLIER)	Fréjorgues
Nîmes	43°51'24" N	04°24'18" E	59 m	NIMES (NIMES-COURBESSAC)	Nîmes Courbessac
Carcassonne	43°12'48" N	02°18'36" E	126 m	CARCASSONNE	Salvaza
Mende	44°30'18" N	03°31'48" E	1019 m	BRENOUX (MENDE-BRENOUX)	Mende- Aérodrome
Perpignan	42°44'12" N	02°52'18" E	42 m	PERPIGNAN	Aérodrome
Vernet les Bains	42°32'54" N	02°23'12" E	630 m	VERNET-LES-BAINS (VERNET LES BAINS)	Piscine

5.3. Récapitulatif des données achetées

5.3.1. Données mensuelles

	Mende	Nîmes	Montpellier	Carcassonne	Perpignan	Vernet les Bains
Moyenne des temp mensuelles	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08
Moyenne des temp mini	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08
Moyenne des temp maxi	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08
Mini absolu	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08
Maxi absolu	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08
Insolation	01/99 à 08/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/07
Rayonnement global			01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	01/99 à 12/08	

5.3.2. Données horaires achetées pour l'année 2003

	Nîmes	Carcassonne	Perpignan
Température	NIMES	X	X
Insolation	01/01 au 19/02 : MEJANES 20/02 AU 31/12 : NIMES	X	X
Rayonnement global	MEJANES	X	X
Rayonnement diffus		X	X

5.4. Validation du générateur METEOCALC

5.4.1. Avant propos

L'analyse faite sur les fichiers METEO a permis de recalculer petit à petit le générateur METEOCALC afin d'obtenir des fichiers générés qui se rapprochent le plus possible de la réalité.

Les résultats dans les paragraphes suivants permettent de faire une analyse sur les écarts observés d'une part sur les données METEO entre les fichiers générés et les fichiers réels et d'autre part sur les résultats obtenus par simulation dynamique sur certains projets.

5.4.2. Comparaison des données météo mensuelles REEL/GENERE 2003 pour la station de Carcassonne

Afin de pouvoir comparer les données mensuelles entre le fichier horaire et le fichier généré de Carcassonne nous avons :

1/ déterminer sur excel les grandeurs mensuelles issues des données horaires réelles : températures mini et maxi absolues, moyenne des températures mini et maxi, température moyenne, rayonnement- global, rayonnement diffus, DJU base 18°

2/ déterminer le rayonnement global et diffus mensuel issu des données horaires générées à partir de METEALC.

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	TOTAL
Mini absolu	-3,9	-3,5	1,8	3,2	6,2	16,1	14,7	16,9	8,8	0,7	1,4	1,1	5,3
TNAB	-4,1	-3,6	0,7	2,9	6	16	14,7	16,9	8,7	0	1,3	0,9	5,0
Ecart	-0,2	-0,1	-1,1	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-0,1	-0,2	-0,3
Moyenne des mini	1,6	2,9	6,9	8,4	11,7	19,0	19,2	20,2	14,8	9,9	7,4	4,7	10,6
TN	1,5	2,9	7,1	8,6	11,7	19	19,2	20,1	14,9	10,2	7,6	4,9	10,6
Ecart	-0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
Maxi absolu	17,3	13,9	21,2	25,8	32,1	39,4	38,0	41,5	31,5	27,5	20,7	15,2	27,0
TXAB	17,5	14,4	21,3	25,9	32,7	39,8	38,2	41,9	31,7	28,3	21,3	15,8	27,4
Ecart	0,2	0,5	0,1	0,1	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2	0,8	0,6	0,6	0,4
Moyenne des maxi	7,9	9,2	15,8	17,9	22,2	29,6	30,8	34,0	24,6	17,2	14,8	10,4	19,5
TX	8,1	9,3	16,1	18,2	22,6	30	31,3	34,4	25,1	17,5	15,2	10,6	19,9
Ecart	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3
Moyenne des moy 24 obs	4,6	5,8	11,0	12,9	16,8	24,0	24,8	26,8	19,4	13,3	11,0	7,6	14,8
(Moy Tx mens + Moy Tn mens)/2	4,8	6,1	11,6	13,4	17,2	24,5	25,3	27,3	20,0	13,9	11,4	7,8	15,3
Moy des mens (Tx+Tn)/2	4,8	6,1	11,6	13,4	17,0	24,4	25,1	27,2	19,8	13,8	11,4	7,7	15,2
TM	4,8	6,1	11,6	13,4	17,2	24,5	25,2	27,3	20	13,8	11,4	7,7	15,3
Ecart	0,2	0,3	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,1	0,5
Degré-jour base 18	416,6	341,0	219,1	164,7	84,5	0,0	0,0	0,0	0,0	161,0	210,9	323,9	1921,5
DJU 18	409,6	333,4	200,0	151,4	79,3	0,0	0,0	0,0	0,0	136,7	197,7	319,8	1827,9
Ecart	-7,0	-7,6	-19,1	-13,2	-5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-24,3	-13,1	-4,0	-93,6
Moy mens ray glob horiz	22,5	31,9	57,5	70,2	87,6	103,6	104,6	92,5	66,4	39,8	25,2	18,9	
Somme mens ray glob horiz	16777	21412	42773	50556	65148	74578	77858	68803	47799	29642	18112	14068	527526,0
LOB	17615	20580	43187	50002	65415	72497	79498	71446	46523	28597	18101	15070	528531,0
Ecart	838,0	-832,0	414,0	-554,0	267,0	-2081,0	1640,0	2643,0	-1276,0	-1045,0	-11,0	1002,0	1005,0
Moy mens ray glob horiz	11,2	18,8	20,9	31,9	34,9	37,0	30,5	27,2	24,9	18,2	12,2	10,1	
Somme mens ray glob horiz	8331	12664	15559	22944	25998	26664	22712	20268	17913	13563	8777	7533	202926,0
% diffus/global	49,7%	59,1%	36,4%	45,4%	39,9%	35,8%	29,2%	29,5%	37,5%	45,8%	48,5%	53,5%	38,5%
DIFFUS	12048	14445	19722	24974	29741	28125	26715	23200	19970	16952	12223	10955	239070,0
% diffus/global	68,4%	70,2%	45,7%	49,9%	45,5%	38,8%	33,6%	32,5%	42,9%	59,3%	67,5%	72,7%	45,2%
Ecart	3717,0	1781,0	4163,0	2030,0	3743,0	1461,0	4003,0	2932,0	2057,0	3389,0	3446,0	3422,0	36144,0
	45%	14%	27%	9%	14%	5%	18%	14%	11%	25%	39%	45%	18%

Valeurs générées par METEALC à partir du fichier horaire réel
 Valeurs issues du fichier mensuel METEO France

1/ Analyse sur les températures mensuelles

On constate que le fichier mensuel METEO France présente une température moyenne supérieure de **0.1 à 0.6°C** par rapport au fichier horaire. Les valeurs minimales sont plus basses de **0 à 0.7°C** alors que les maximales sont plus hautes de **0.1 à 0.8°C**. Cet écart est toutefois nul en été pour les températures minimales et plus faible pour les températures maximales.

La raison avancée pour expliquer cette différence est le pas de mesure qui n'est pas le même entre les deux types de fichiers. Si les données mensuelles de METEO France sont issues de mesures instantanées, les fichiers horaires contiennent quant à eux la valeur mesurée pour chaque heure intégrée sur les 10 dernières minutes. Ainsi par exemple si à 3 h la mesure horaire donne -3,9°C et à 4h -3,5°, il est possible qu'entre les deux une température -4,1°C ait été atteinte. Le fichier mensuel reportera cette dernière valeur comme étant la température minimale de la journée alors que le fichier horaire indiquera la valeur de -3.9°C.

On peut donc en déduire que les valeurs mini et maxi absolues du fichier mensuel de METEO France sont plus proches de la réalité que celles issues du fichier horaire.

Par rapport aux températures moyennes mensuelles, l'écart vient de la façon dont elles sont calculées. Une méthode simplifiée est utilisée par METEO FRANCE. Une première étape permet de calculer la moyenne entre la température minimale et la température maximale de chaque journée (Tmax+Tmin)/2. Il est donc fait l'hypothèse que la température décrit une sinusoïde parfaite sur 24h. Une moyenne de ces valeurs est ensuite effectuée pour chaque mois. Pour les grandeurs mensuelles issues des fichiers horaires, nous avons par contre effectué la moyenne des températures horaires pour chaque mois. Les valeurs issues de cette méthode sont inférieures de 0.1 à 0.6°C par rapport à la méthode de METEO FRANCE.

L'objectif n'étant pas de définir des données mensuelles à partir de données horaires, l'écart observé sur les données mensuelles issues de deux sources différentes ne nous paraît pas très important dans le cadre de l'étude. Cette analyse est par contre intéressante et met en évidence :

1/ que les températures mini et maxi réelles mensuelles ne peuvent être déduites avec exactitude des fichiers horaires transmis par METEO France. Ces valeurs sont par contre plus proches de la réalité dans les fiches mensuelles

2/ que la température moyenne mensuelle donnée par METEO FRANCE est légèrement supérieure à la température moyenne réelle.

On a donc dans les deux cas de figure une erreur de type différent.

2/ Sur les DJU

Les valeurs issues du fichier horaire généré sont inférieures de **5%** par rapport à celles du fichier horaire réel.

Cet écart vient à la fois de l'erreur décrite précédemment et d'autre part de la différence du profil de température réelle avec celui de la température générée. Aussi parfait qu'il soit aucun générateur ne pourra reproduire la réalité....

3/ Sur le rayonnement

Le rayonnement global est sensiblement équivalent dans les deux cas. Ceci s'explique par le fait que cette grandeur est aussi saisie dans le fichier mensuel servant à la génération. Il est donc logique d'obtenir sur l'année les mêmes valeurs.

Le rapport diffus/global est de **39%** avec le fichier horaire.

Le rayonnement diffus généré par METEOCALC à partir de données mensuelles d'ensoleillement et de rayonnement global est supérieur de **18%** par rapport au diffus mesuré. Cet écart est plus important en hiver (**20 à 45%**) qu'en été (**9 à 18%**). La proportion de diffus par rapport au global passe de **39% à 45%**. Cette proportion est donc supérieure à celle observée sur le fichier de Mauguio (**41%**).

Comme pour les DJU il n'est pas évident d'extrapoler cette proportion à tous les fichiers météorologiques comme on peut le voir dans le paragraphe suivant.

5.4.3. Comparaison des données météo annuelles REEL/GENERE 2003 pour les stations de CARCASSONNE et PERPIGNAN

Les graphes suivants présentent les écarts entre les principales données météo annuelles pour des fichiers générés et les fichiers réels.

Pour les fichiers réels nous avons considérés la mesure du rayonnement global et du rayonnement diffus, ces données étant disponibles uniquement sur Carcassonne et Perpignan.

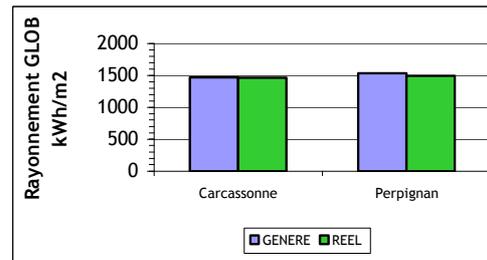
Pour les fichiers générés, seule l'insolation est prise en compte, cette grandeur étant disponible pour tous les fichiers Météo utilisés dans le cadre du projet. Dans ce cas METEOCALC évalue le rayonnement global et le rayonnement diffus. C'est à partir de ces fichiers que seront effectuées l'ensemble des simulations dans le cadre du projet.

Dans les tableaux suivants la désignation des colonnes est la suivante :

- **GENERE** : il s'agit de grandeurs générées par METEOCALC à partir des données mensuelles
- **REEL** : il s'agit des grandeurs issues directement des mesures horaires

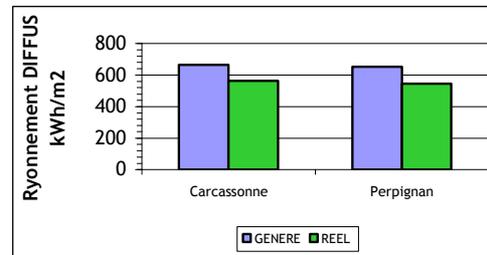
Rayonnement global

	GENERE	REEL	
Carcassonne	1468	1465	0,2%
Perpignan	1536	1494	2,8%
	kWh/m ²	kWh/m ²	
Ecart Carca/Perpi	-4%	-2%	



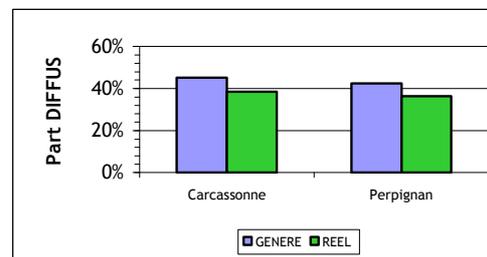
Rayonnement diffus

	GENERE	REEL	
Carcassonne	664	564	17,8%
Perpignan	653	544	20,0%
	kWh/m ²	kWh/m ²	
Ecart Carca/Perpi	2%	4%	



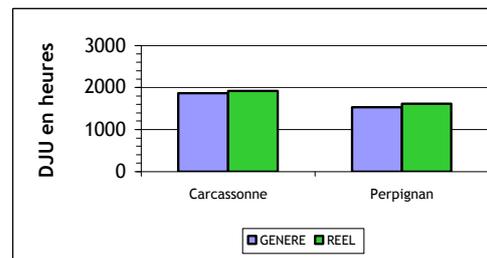
Part diffus

	GENERE	REEL
Carcassonne	45%	38%
Perpignan	42%	36%



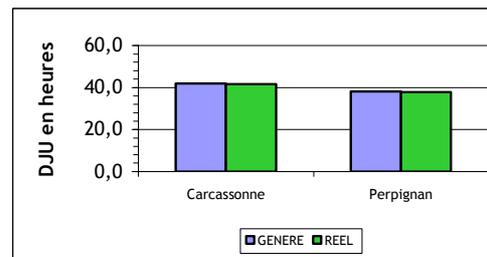
DJU

	GENERE	REEL	
Carcassonne	1866	1917	-2,7%
Perpignan	1529	1616	-5,4%
	Heures	Heures	
Ecart Carca/Perpi	22%	19%	



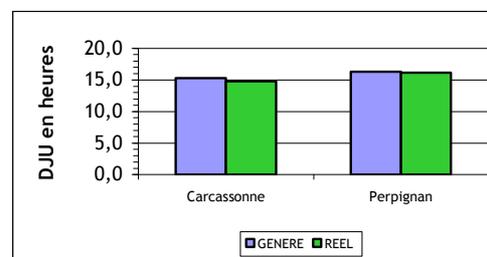
Température MAXIMALE

	GENERE	REEL	
Carcassonne	41,9	41,5	0,40 °C
Perpignan	38,2	37,7	0,50 °C
	°C	°C	
Ecart Carca/Perpi	3,70 °C	3,80 °C	



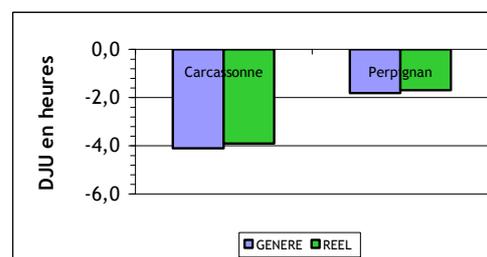
Température MOYENNE

	GENERE	REEL	
Carcassonne	15,3	14,8	0,50 °C
Perpignan	16,3	16,2	0,10 °C
	°C	°C	
Ecart Carca/Perpi	-1,00 °C	-1,40 °C	



Température MINIMALE

	GENERE	REEL	
Carcassonne	-4,1	-3,9	-0,20 °C
Perpignan	-1,8	-1,7	-0,10 °C
	°C	°C	
Ecart Carca/Perpi	-2,30 °C	-2,20 °C	



1/ Sur le rayonnement

Avec un écart compris entre **0.2% et 2.5%** le rayonnement global est sensiblement équivalent entre le fichier généré et le fichier réel. On peut donc dire que la détermination du rayonnement global uniquement à partir de l'insolation est relativement proche de la réalité.

Comme indiqué précédemment, l'écart sur le diffus est par contre plus sensible tout en restant relativement proche d'une station à l'autre. Il est surestimé dans le fichier généré de **17%** pour la station de Carcassonne et de **20%** pour la station de Carcassonne.

La part de diffus dans le rayonnement global passe dans ce cas de **38% à 45%** pour Carcassonne et de **36% à 43%** pour Perpignan. On peut estimer que les écarts observés restent dans des proportions acceptables.

2/ Sur les DJU

Les valeurs issues du fichier horaire généré sont inférieures de **3 à 5%** par rapport à celles du fichier horaire réel.

Cet écart vient d'une part de l'erreur décrite précédemment sur les températures maximales et minimales et d'autre part de la différence du profil de température réelle avec celui de la température générée.

3/ Sur les températures

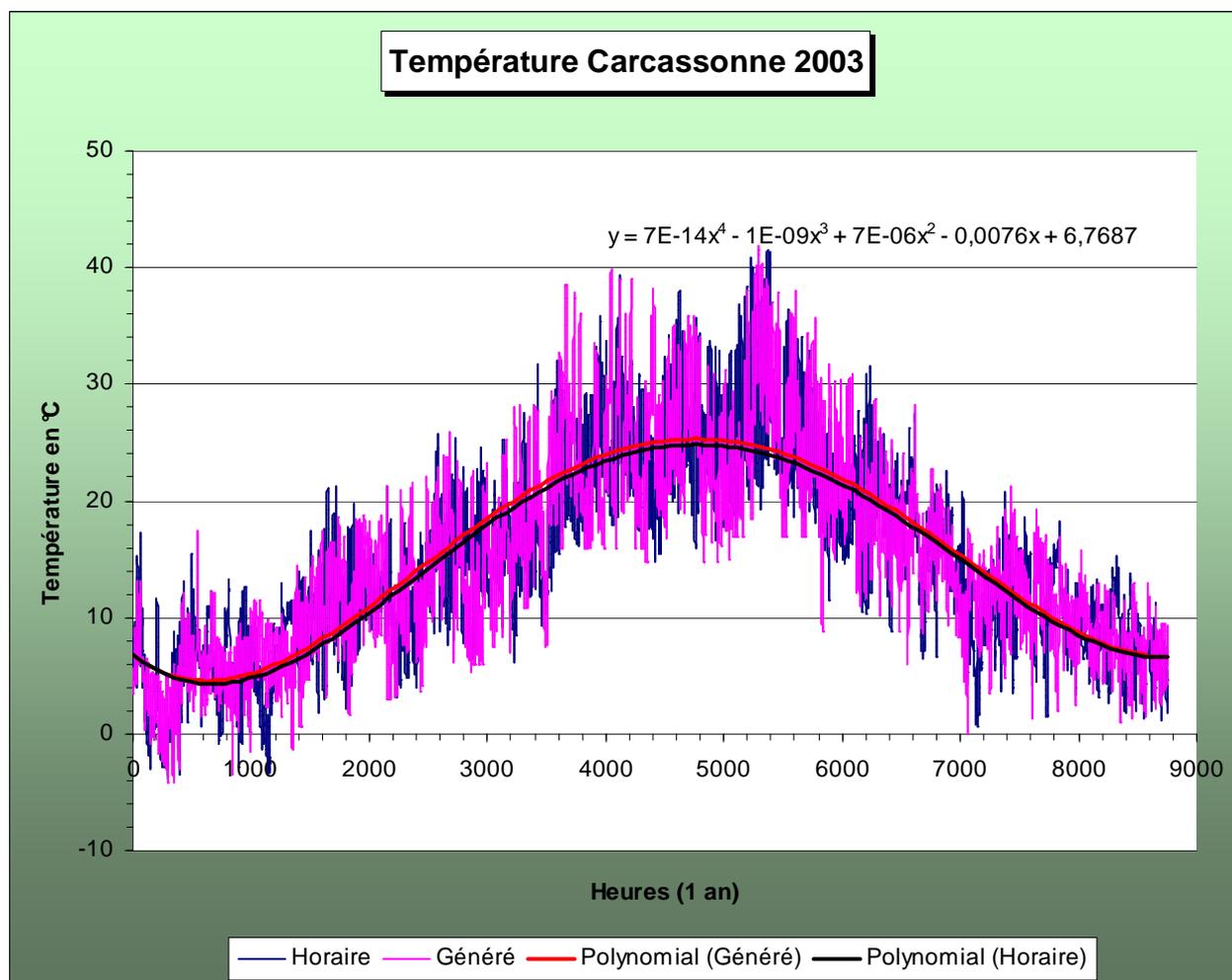
Comme indiqué précédemment les écarts observés sont dus à la différence de mesure effectuée par METEO France pour des fichiers mensuels et des fichiers horaires. Dans ce cas les valeurs des fichiers générés respectent davantage la réalité.

Alors que son climat est plus rigoureux en hiver, Carcassonne présente aussi des températures nettement plus élevées en été.

5.4.4. Comparaison des valeurs horaires

L'ensemble des températures sur l'année issues du fichier horaire réel et du fichier horaire généré ont été représenté sur un graphique afin d'établir une fonction polynomiale pour chaque courbe.

Le graphique suivant représente sur une année les températures des fichiers réels et du fichier généré



Même si les points ne se déroulent pas le même jour, ce graphique montre globalement une assez bonne corrélation entre le fichier réel et le fichier généré. Comme indiqué précédemment on constate une température moyenne légèrement plus élevée pour le fichier généré.

5.4.5. Comparatif sur les résultats

Les résultats suivants permettent d'évaluer les erreurs dues au générateur entre les fichiers générés et les fichiers réels pour l'année 2003. Cette évaluation a été réalisée à partir des seuls fichiers METEO réels comportant la mesure du rayonnement global et diffus : Carcassonne et Perpignan,

Pour chacune de ces stations une simulation dynamique a été réalisée pour les trois projets suivants :

- 1 - MI Paille
- 4 - MI Lotissement
- 5 - COL Parpaing

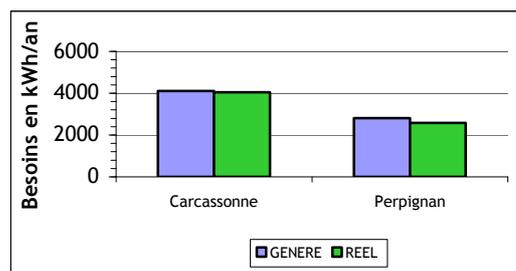
La comparaison a ensuite été effectuée sur les trois paramètres suivants :

- besoins de chauffage globaux
- température maximale atteinte dans la zone la plus défavorable
- durée d'inconfort dans la zone la plus défavorable

1/ Besoins de chauffage

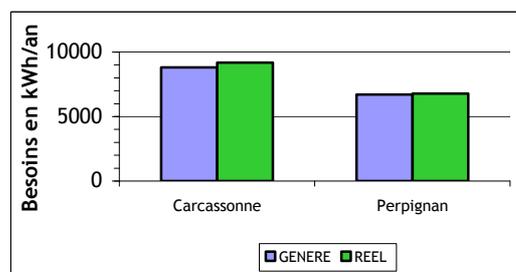
1-MI PAILLE

	GENERE	REEL	
Carcassonne	4103	4040	2%
Perpignan	2815	2583	9%
	kWh/an	kWh/an	
<i>Ecart Carca/Perpi</i>	46%	56%	



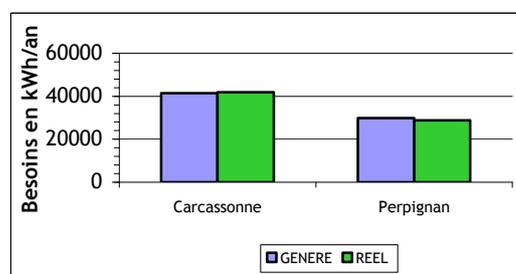
4-MI Lotissement

	GENERE	REEL	
Carcassonne	8822	9191	-4%
Perpignan	6710	6787	-1%
	kWh/an	kWh/an	
<i>Ecart Carca/Perpi</i>	31%	35%	



5-COL Parpaing

	GENERE	REEL	
Carcassonne	41455	41863	-1%
Perpignan	29831	28754	4%
	kWh/an	kWh/an	
<i>Ecart Carca/Perpi</i>	39%	46%	



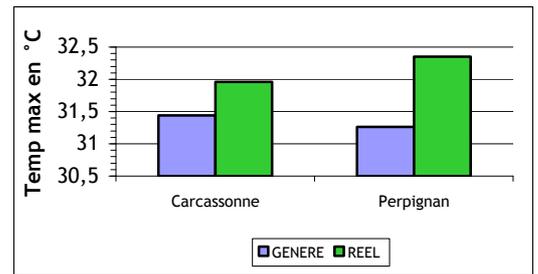
Les besoins de chauffage sont directement liés aux DJU et à l'ensoleillement. Pour un ensoleillement sensiblement équivalent entre Carcassonne et Perpignan, les DJU sont supérieurs d'environ **22%** pour la station de Carcassonne. Il en résulte des besoins de chauffage supérieurs qui vont de **31 à 46%**.

Les écarts entre le fichier généré et le fichier réel restent relativement faible avec une fourchette comprise entre **-4% et 9%**. Face à cette dispersion des écarts il paraît difficile d'établir une règle permettant de dire si le fichier généré va augmenter ou diminuer les besoins. Si on se réfère uniquement aux DJU qui sont inférieurs de 3 à 5% pour les fichiers générés, on devrait aussi avoir dans ce cas des besoins de chauffage plus faibles avec des fichiers générés. Mais d'autres paramètres comme la part du diffus, la typologie des bâtiments, l'orientation des vitrages interagissent entre eux.

2/ Température maximale dans la zone séjour

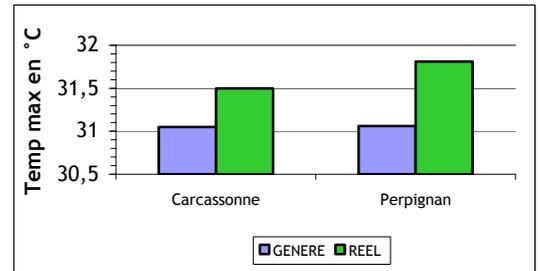
1-MI PAILLE

	GENERE	REEL	
Carcassonne	31,44	31,96	-0,52 °C
Perpignan	31,26	32,35	-1,09 °C
	°C	°C	



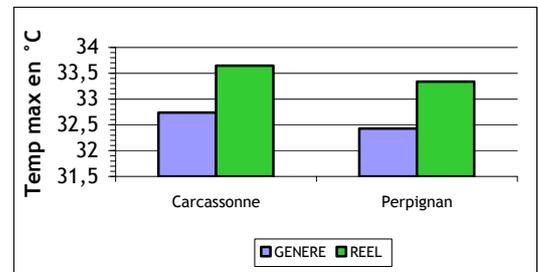
4-MI Lotissement

	GENERE	REEL	
Carcassonne	31,05	31,5	-0,45 °C
Perpignan	31,06	31,81	-0,75 °C
	°C	°C	



5-COL Parpaing

	GENERE	REEL	
Carcassonne	32,74	33,65	-0,91 °C
Perpignan	32,43	33,34	-0,91 °C
	°C	°C	

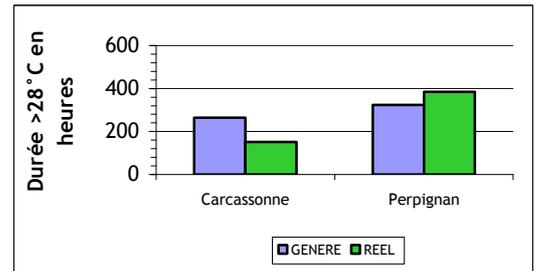


Dans tous les cas la température générée est inférieure de **0.4°C à 1°C** par rapport à la température réelle. Cette tendance va donc à l'inverse de l'observation faite sur les fichiers météo qui, sur ce paramètre et sur le rayonnement, présentent des valeurs légèrement plus élevées dans le cas des fichiers générés. Comme on le verra par la suite, l'autre paramètre pouvant influencer sur les résultats est le profil horaire de la température avec des différences notamment entre le jour et la nuit.

3/ Durée d'inconfort de la zone séjour

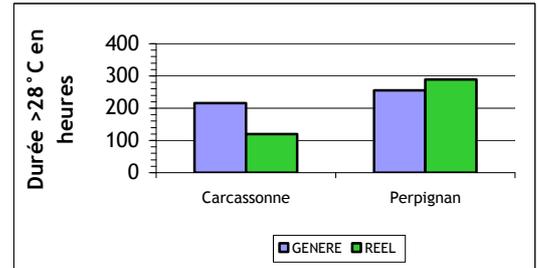
1-MI PAILLE

	GENERE	REEL	
Carcassonne	265	152	74%
Perpignan	324	385	-16%
	Heures	Heures	
<i>Ecart Carca/Perpi</i>	-18%	-61%	



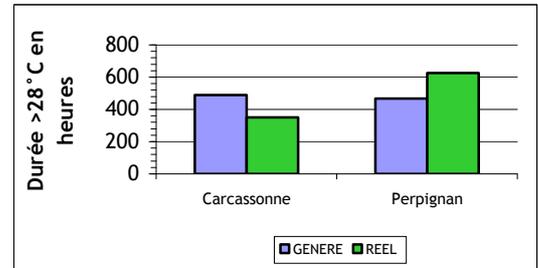
4-MI Lotissement

	GENERE	REEL	
Carcassonne	216	120	80%
Perpignan	255	289	-12%
	Heures	Heures	
<i>Ecart Carca/Perpi</i>	-15%	-58%	



5-COL Parpaing

	GENERE	REEL	
Carcassonne	489	351	39%
Perpignan	467	625	-25%
	Heures	Heures	
<i>Ecart Carca/Perpi</i>	5%	-44%	

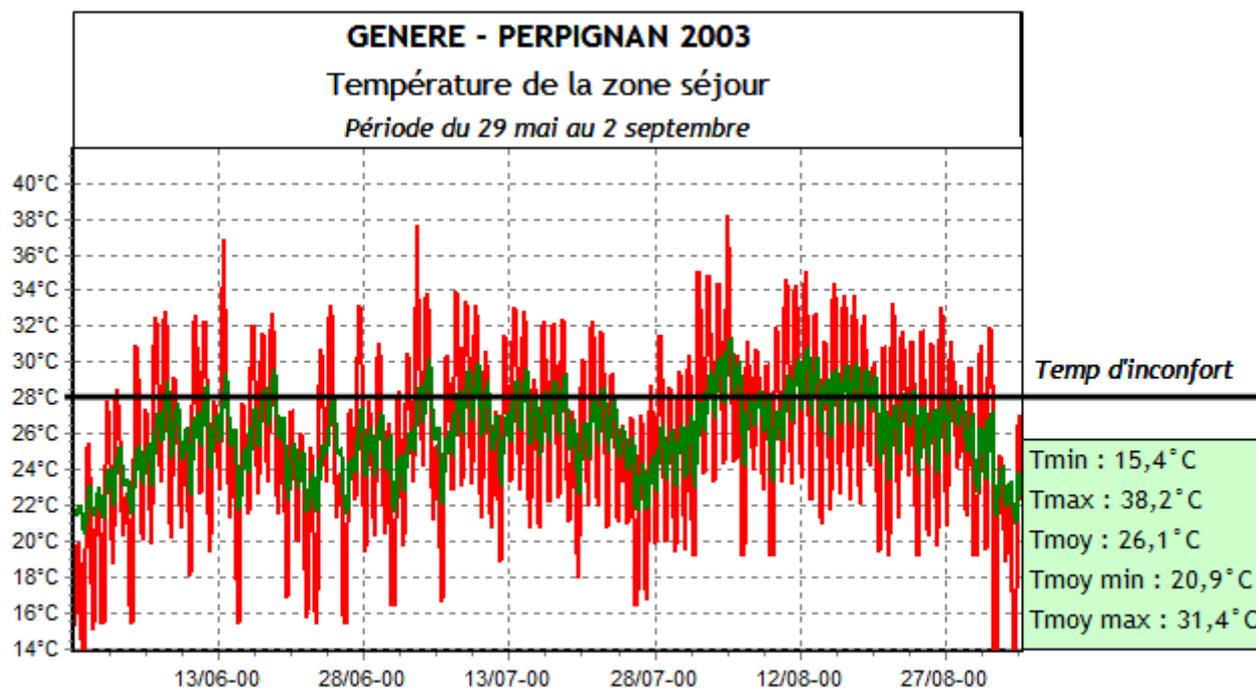
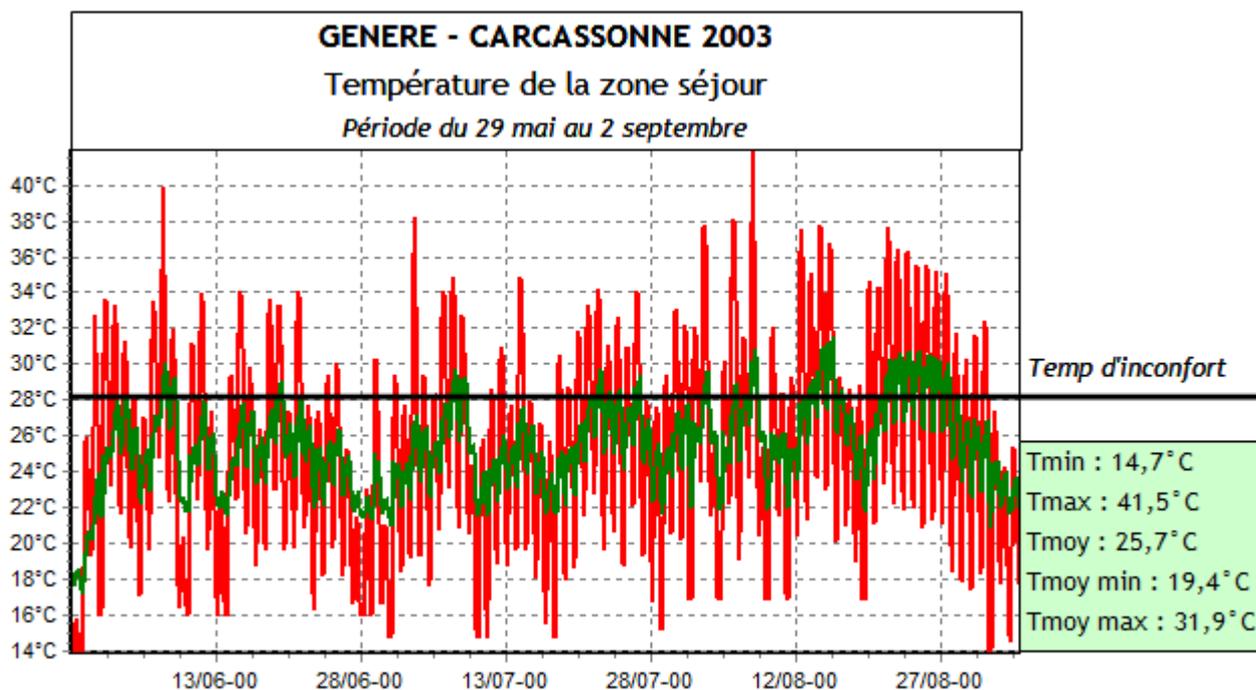


Les écarts observés sur ce paramètre sont très sensibles. Ils varient de **-25% à 80%**.

Les différences de résultats obtenus avec les fichiers générés et les fichiers réels sont inversées entre Carcassonne et Perpignan. Les fichiers générés donnent de moins bons résultats pour Carcassonne alors que c'est l'inverse pour le fichier de Perpignan. Comme cette tendance est commune à tous les projets, on peut en déduire que la cause ne vient pas de leur typologie. La raison est donc à chercher en direction des fichiers météorologiques. Une représentation graphique des températures horaires dans le paragraphe suivant permet d'apporter quelques précisions.

5.4.6. Comparaison des températures horaires en été pour le projet 1-MI PAILLE

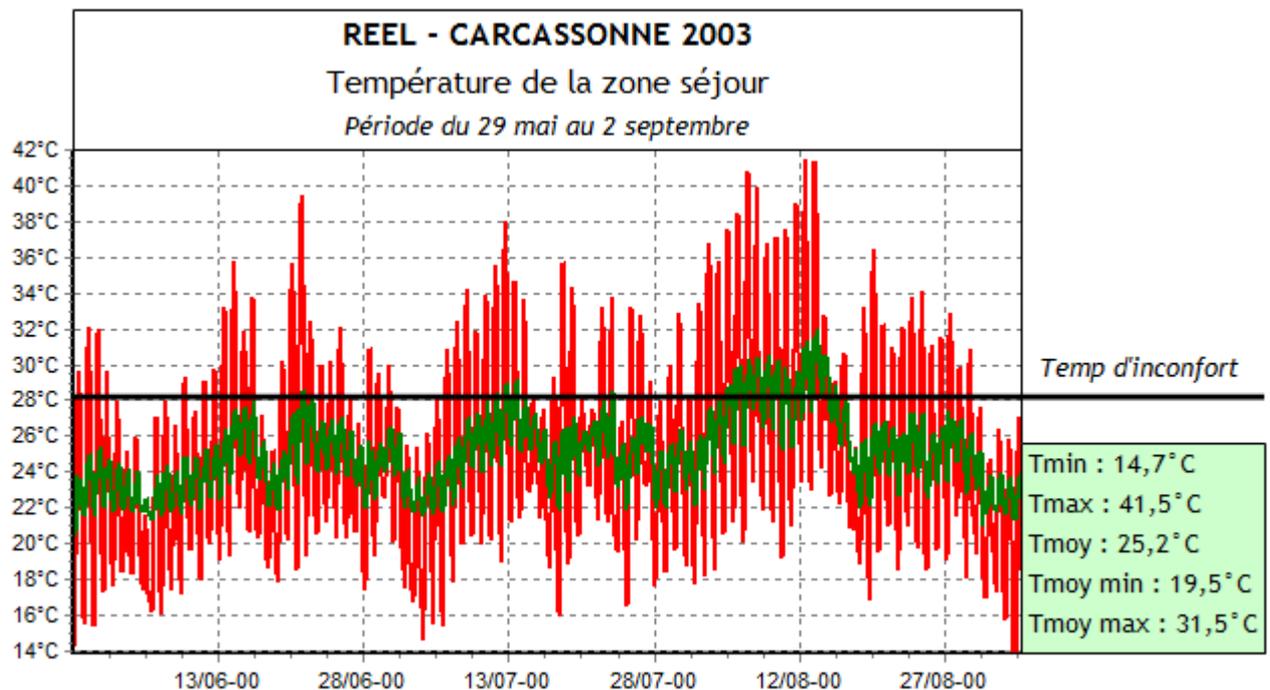
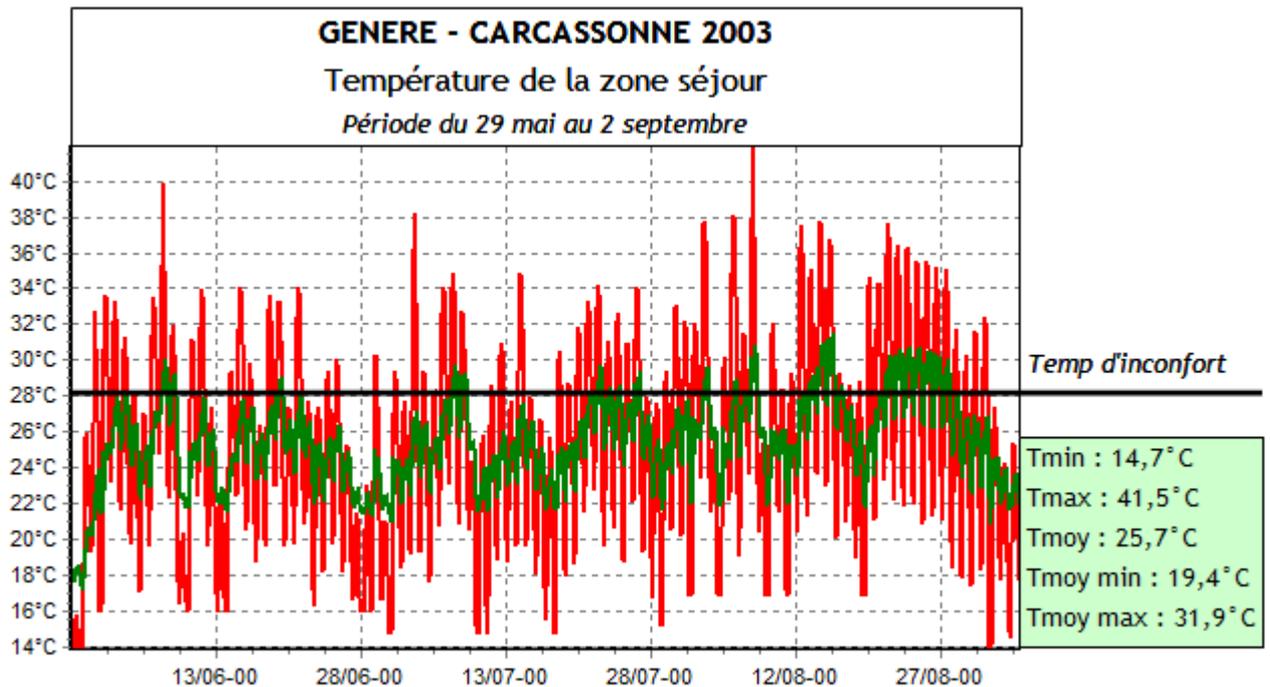
1/ Entre Carcassonne et Perpignan avec les fichiers GENERES



— Température extérieure
— Température séjour

On constate à première vue que le fichier de Carcassonne présente des températures minimales plus fréquentes. La présence d'une ventilation nocturne la nuit permet dans ce cas une décharge thermique plus importante. Il en résulte que la température intérieure dépasse moins souvent la température d'inconfort en journée alors que la température maximale observée à Carcassonne est plus élevée qu'à Perpignan mais avec une température moyenne plus faible.

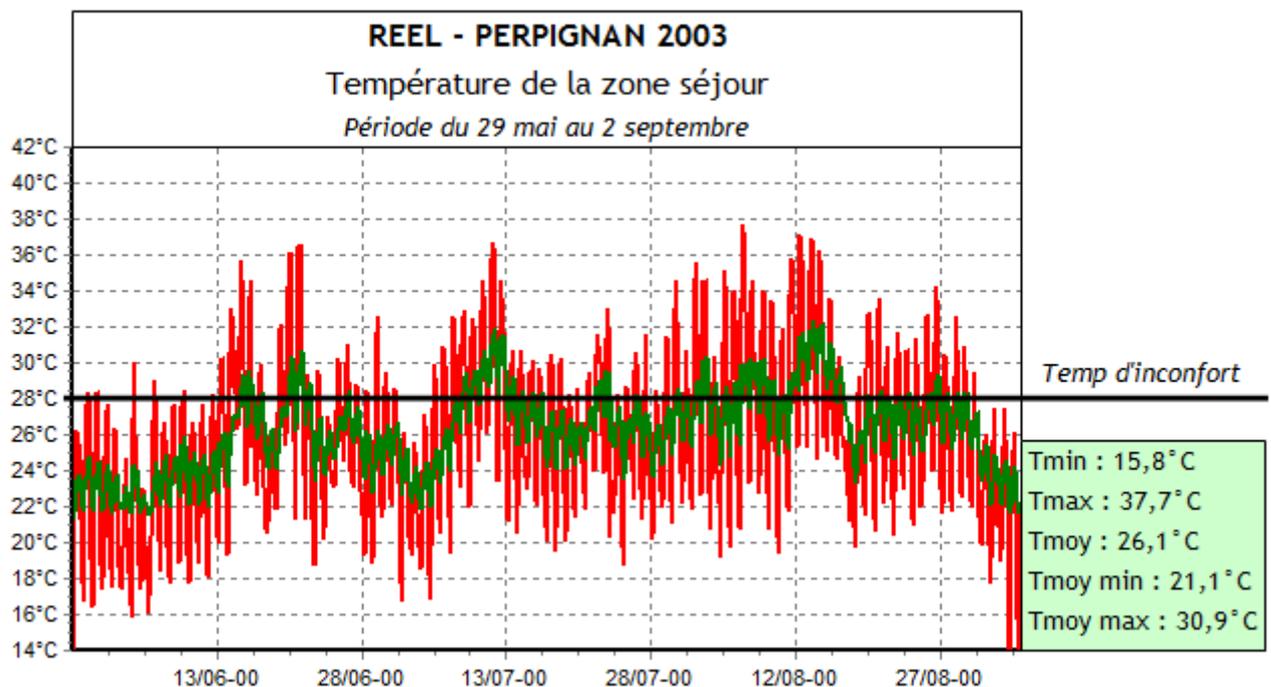
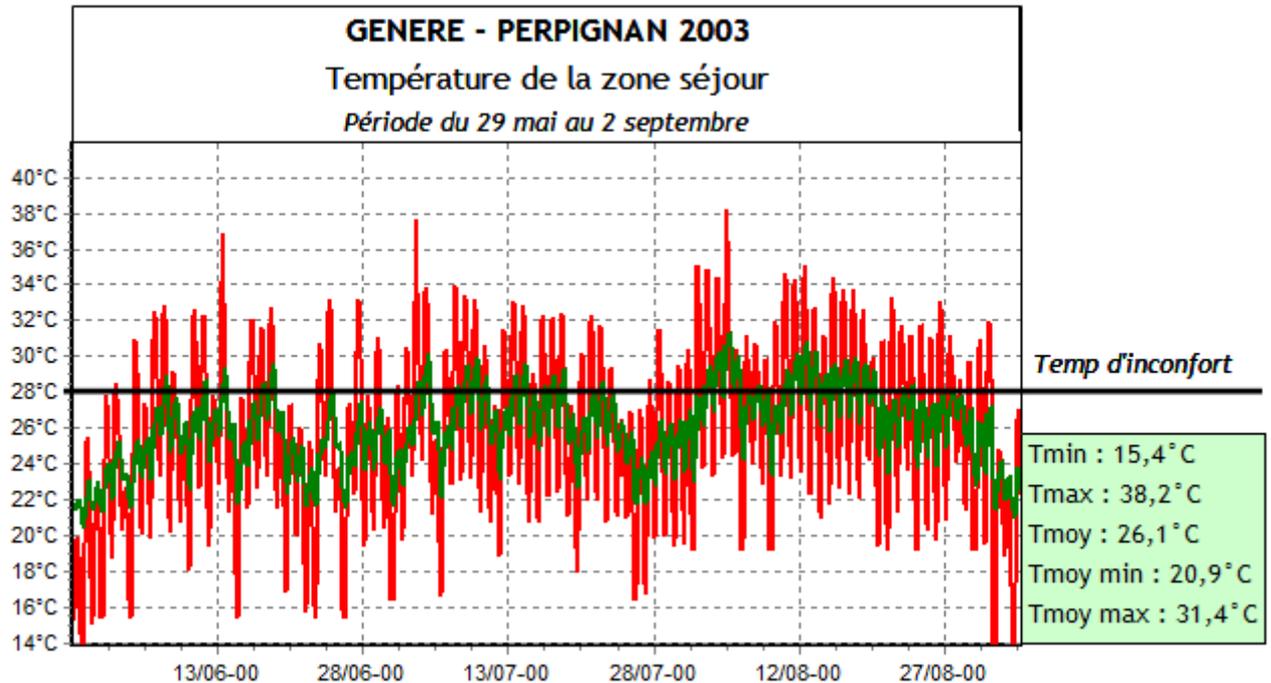
2/ Entre le fichier GENERE et le fichier REEL pour la station de Carcassonne



— Température extérieure
— Température séjour

Le fichier météo réel présente un profil plus régulier avec des séquences de température élevées plus longues. Cette observation peut être faite aussi sur les températures minimales. Comme indiqué dans le paragraphe précédent, cela permet au bâtiment de se refroidir davantage la nuit. Compte tenu de l'inertie du bâtiment et de sa forte isolation, la température en journée a moins tendance à dépasser la température d'inconfort comme peut le montrer la courbe verte.

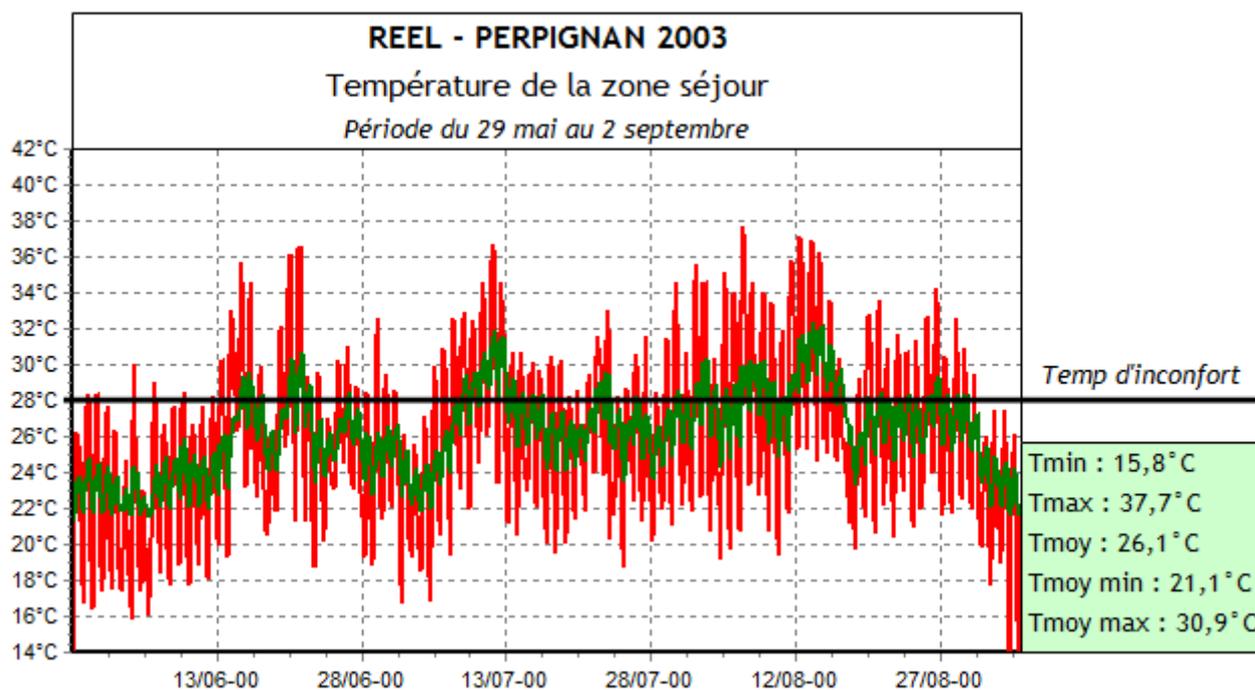
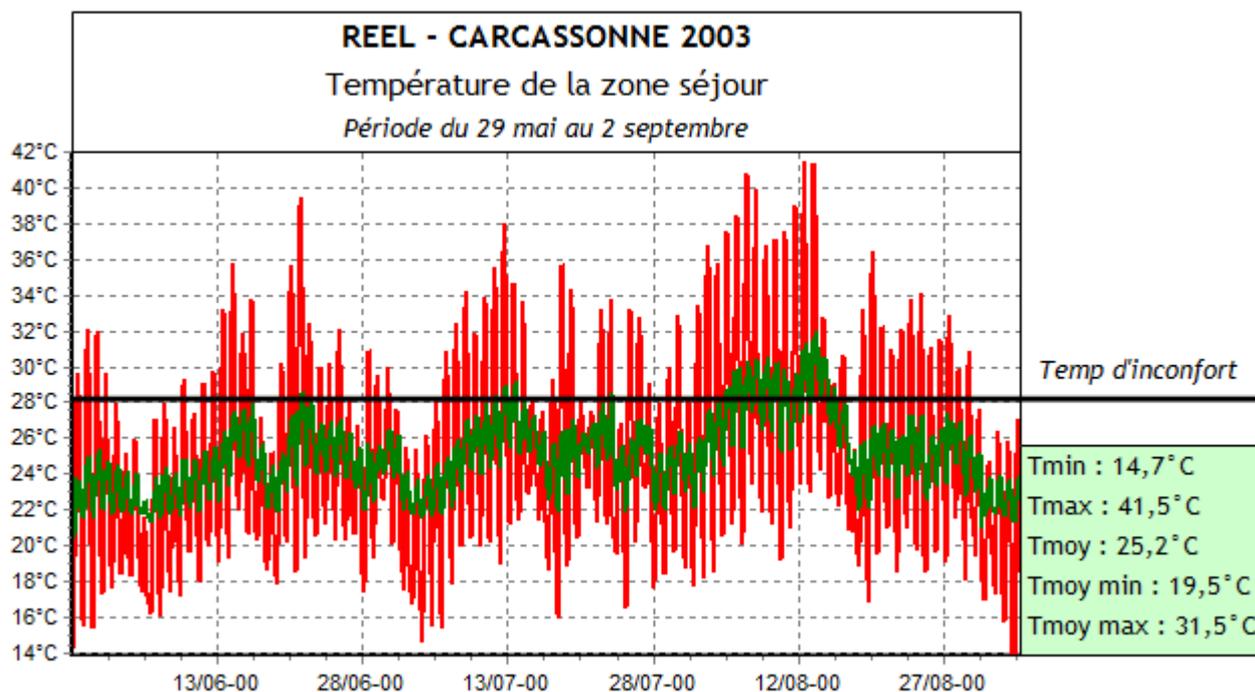
3// Entre le fichier GENERE et le fichier REEL pour la station de Perpignan



— Température extérieure
— Température séjour

Par rapport au fichier météo réel de Carcassonne, le fichier réel de Perpignan présente des écarts jour/nuit moins prononcés avec un profil de température beaucoup moins régulier. Ceci est vrai aussi pour le fichier généré qui présente par contre des valeurs minimales beaucoup plus fréquentes. L'avantage est donc dans ce cas pour le projet simulé avec le fichier généré.

4/ Entre Carcassonne et Perpignan avec les fichiers REELS



Comme indiqué précédemment, l'amplitude jour/nuit plus prononcée pour le climat de Carcassonne permet un meilleur rafraîchissement naturel du bâtiment. On voit bien à travers ces graphiques l'influence de la proximité de la mer qui amortit les températures à Perpignan. Si les températures maximales sont moins élevées et sur des périodes plus courtes, les températures minimales sont par contre plus hautes. On pourrait probablement extrapoler ces observations aux stations météorologiques proches de la mer : (Perpignan, Montpellier) et aux autres se trouvant plus à l'intérieur des terres.

5.4.7. Conclusion

L'analyse précédente montre combien il paraît difficile de mettre en évidence une erreur absolue pouvant être extrapolée à l'ensemble des projets.

En résumé on constate entre les fichiers générés et les fichiers réels les écarts suivants :

- **CHAUFFAGE** : écart compris entre **-4% et +9%**
- **DUREE D'INCONFORT** : écart compris entre **39% et 80%** pour la station de Carcassonne et entre **-12% et -25%** pour la station de Perpignan. On peut supposer que les écarts négatifs concerneront davantage les stations proches de la mer : Perpignan et Montpellier. Les écarts positifs pourront être associés aux autres stations situées à au moins 50 km des côtes : Nîmes, Vernet les Bains, Mende, Carcassonne.
- **TEMPERATURE MAXIMALE** : écart compris entre **-0.5°C et -1°C**

On peut simplement dire à travers ces résultats que l'impact du fichier généré est bien moindre en hiver qu'en été. C'est tout simplement du à un effet d'échelle. En hiver on a des degrés heures par rapport à 19°C de 46000 heures alors que les degrés heures en été au-delà de 28°C sont seulement de 2440 heures, soit **18 fois moins**. Le moindre écart de température n'a donc pas le même effet en hiver qu'en été. Les différences observés sur les résultats en été sont dus au fait que ces écarts portent sur des valeurs faibles au départ. L'interaction des fichiers météo avec d'autres paramètres comme la typologie des bâtiments et l'orientation aboutissent du coup à une forte dispersion des écarts qu'il est difficile de mettre en équation.

En conclusion les résultats d'été devront être analysés en valeur relative. Dans la mesure où la génération des fichiers météo est la même pour l'ensemble des simulations, on peut considérer que les écarts de résultats entre les différentes options étudiées seront bons.

5.5. Génération des fichiers horaires

5.5.1. Méthodologie

L'analyse précédente montre qu'il est difficile d'avoir un outil qui puisse générer avec exactitude un fichier météorologique à partir de données mensuelles et du seul paramètre d'insolation.

L'important est de garder le même générateur pour générer les fichiers 2030 et 2050. En retrouvant la même incertitude à chaque génération l'écart relatif des résultats obtenus avec les différents climats ne devrait pas être loin de la réalité.

La méthode retenue pour la génération des fichiers météo de base consiste à constituer une année de référence par station à partir des mois se rapprochant le mieux de la moyenne 1999/2008.

Le choix des mois les plus représentatifs est basé sur une comparaison des moyennes mensuelles de chaque année à la moyenne mensuelle sur la décennie.

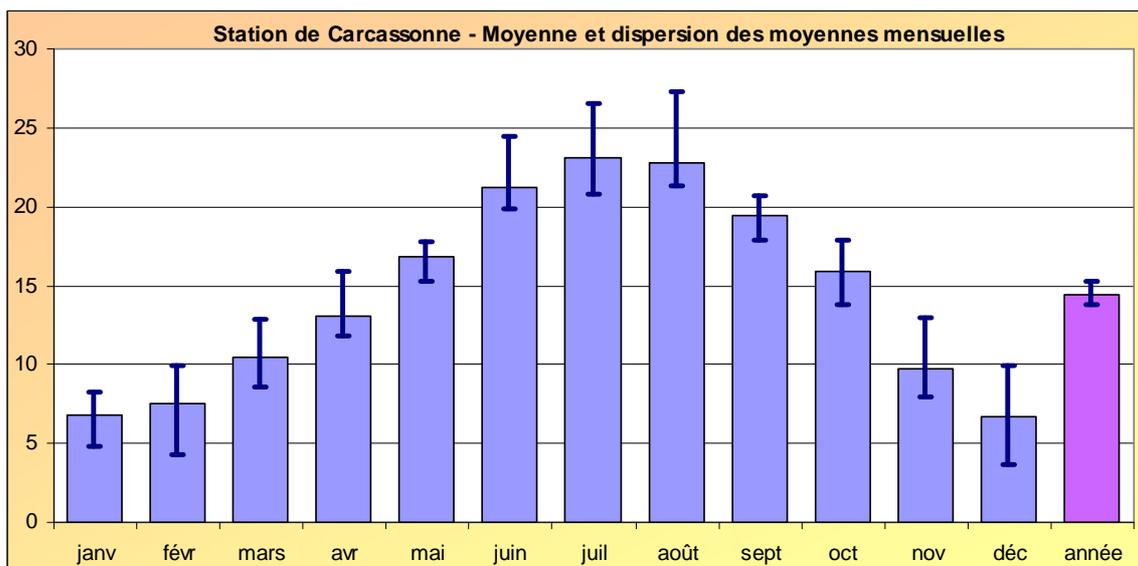
On retient pour chaque mois l'année dont la différence absolue entre ces deux valeurs est la plus faible.

Les mois ainsi sélectionnés servent ainsi de base à la génération des fichiers horaires.

De manière à avoir pour tous les projets les mêmes hypothèses de départ, les fichiers horaires seront établis avec les fichiers mensuels comportant les valeurs d'insolation, les valeurs de rayonnement n'étant pas disponible pour la majorité des stations.

5.5.2. Analyse des données pour la station de Carcassonne

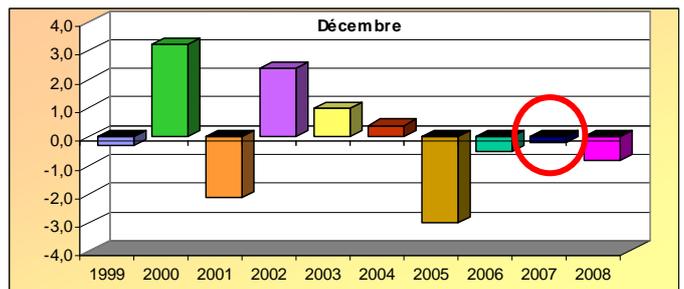
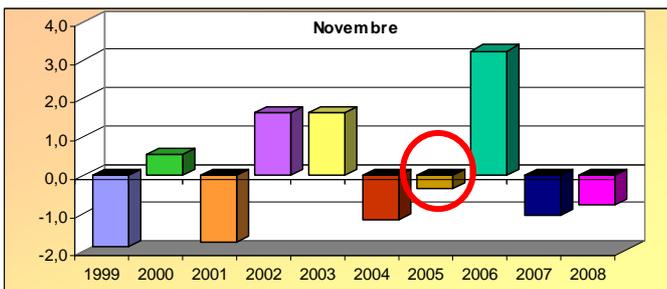
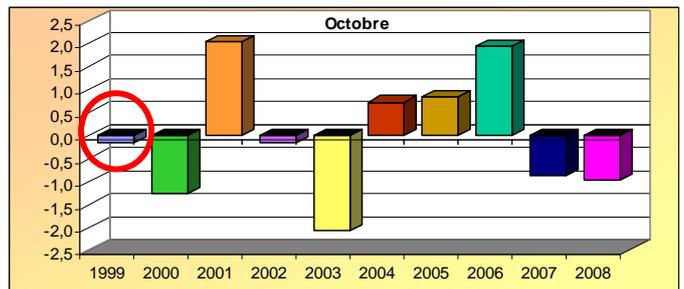
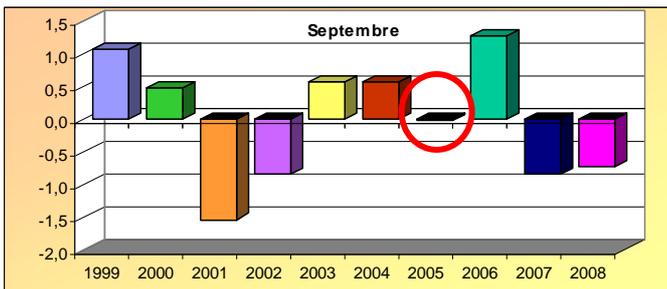
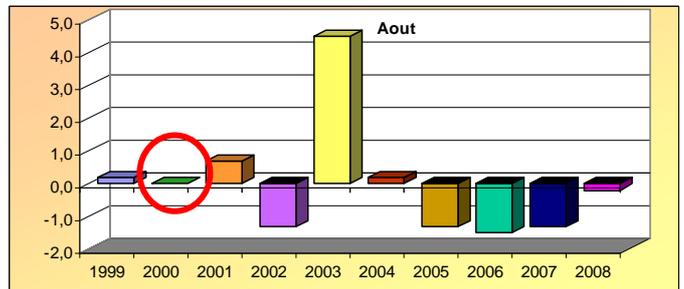
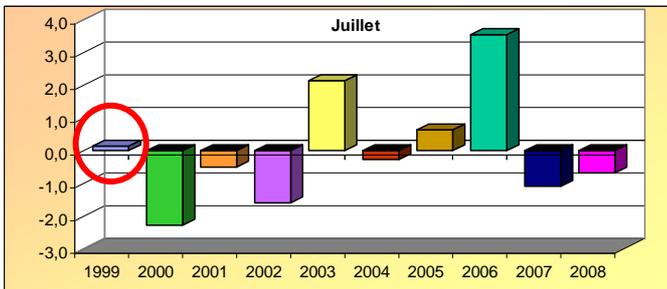
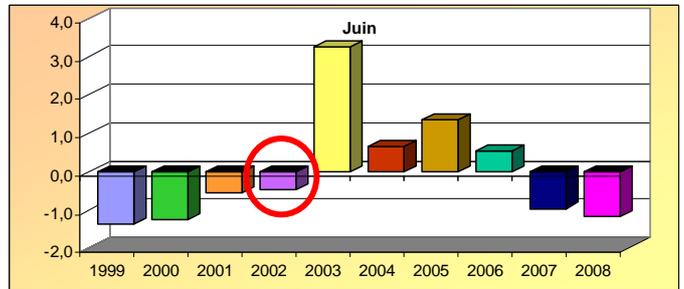
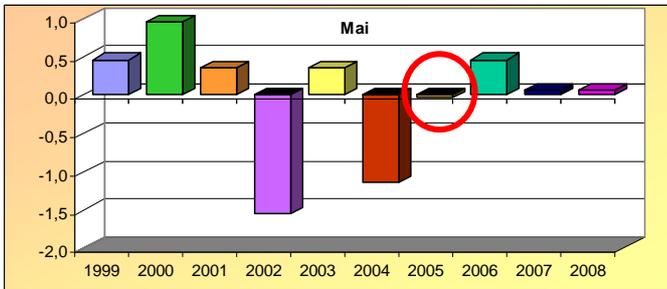
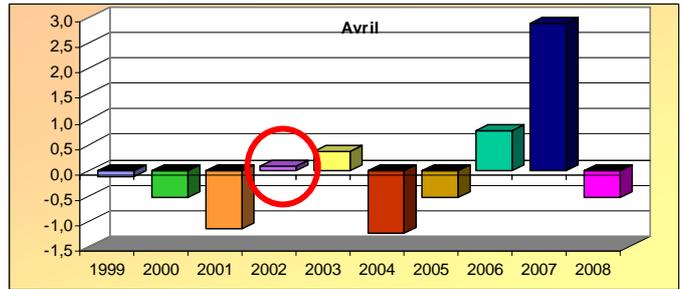
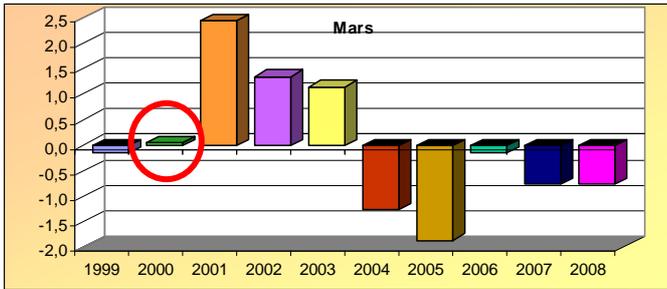
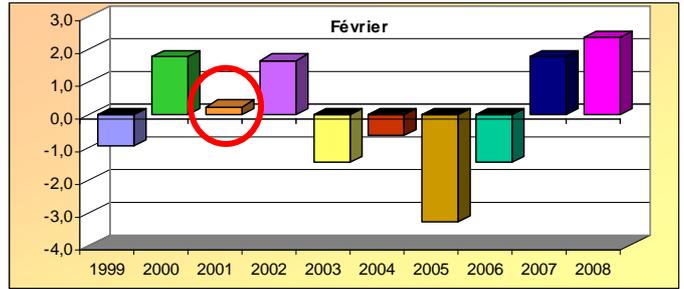
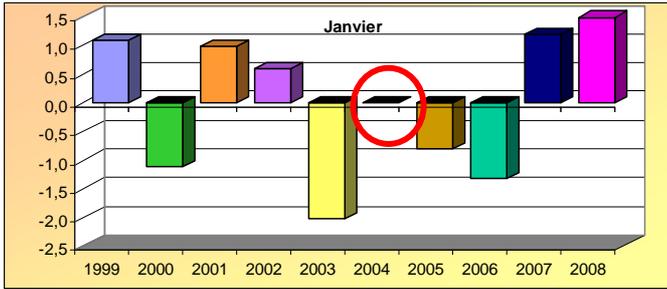
On détaille ci-dessous cette analyse pour la station de Carcassonne, les résultats détaillés pour les autres stations sont présentés en annexe.



On obtient sur les dix années étudiées une dispersion le plus souvent proche de +/- 2 à 3°C par rapport à la moyenne décennale et pouvant aller jusqu'à 4,5°C .

Les histogrammes ci-dessous montrent en détail pour chaque mois les valeurs de température moyenne et l'année retenue.

Station de Carcassonne - Choix des mois représentatifs de la décennie



5.5.3. Récapitulatif des résultats

Pour chaque station et chaque mois, le tableau ci-dessous donne l'année retenue et l'écart absolu entre la moyenne mensuelle de ce mois et la moyenne décennale.

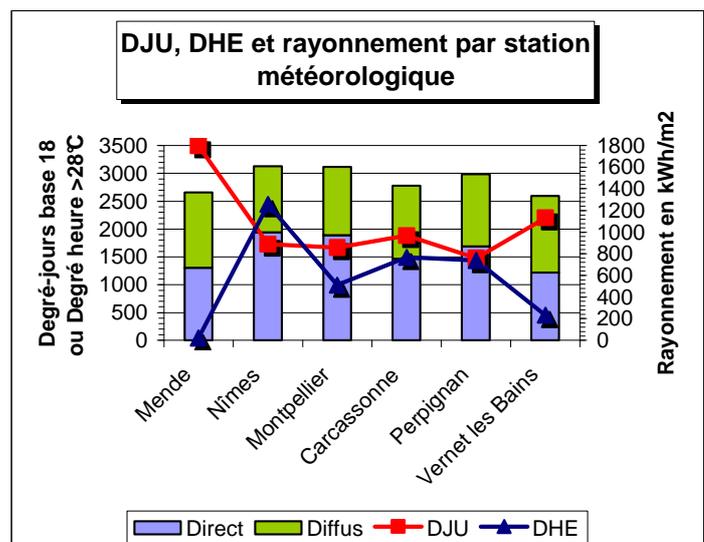
Les écarts absolus sur la moyenne mensuelle sont tous inférieurs à 0,5 °C pour cette station, ils sont pour la plupart du temps proches de 0,15 °C.

Mois	Carcassonne		Nîmes		Montpellier		Mende		Perpignan		Vernet les Bains	
	année	écart absolu	année	écart absolu	année	écart absolu	année	écart absolu	année	écart absolu	année	écart absolu
Janv	2004	0,02	2002	0,13	2004	0,16	1999	0,18	2002	0,04	1999	0,01
Févr	2001	0,25	2004	0,63	1999	0,33	2004	0,53	1999	0,01	2004	0,49
Mars	2000	0,04	2007	0,29	2003	0,04	1999	0,03	2003	0,03	1999	0,05
Avr	2002	0,07	1999	0,11	1999	0,06	2003	0,26	2008	0,12	2002	0,15
Mai	2005	0,04	2005	0,15	2005	0,11	2007	0,18	1999	0,00	2000	0,27
Juin	2002	0,46	2004	0,18	2006	0,05	2004	0,02	2001	0,10	2001	0,04
Juil	1999	0,12	2005	0,04	1999	0,03	2004	0,16	1999	0,01	2005	0,02
Août	2000	0,00	2008	0,27	1999	0,14	1999	0,17	2000	0,10	1999	0,05
Sept	2005	0,03	2007	0,11	2007	0,02	2003	0,06	2003	0,05	2005	0,01
Oct	1999	0,17	1999	0,32	1999	0,05	1999	0,24	2007	0,27	1999	0,18
Nov	2005	0,37	2000	0,17	2000	0,17	2005	0,38	2007	0,01	2000	0,09
Déc	2007	0,21	2007	0,13	2007	0,16	2007	0,29	1999	0,24	2007	0,01

5.6. Comparatif entre station

5.6.1. Degrés jour unifié (DJU), degrés heure été (DHE) et rayonnement solaire

	DJU	DHE	Rayonnement		
			Direct	Diffus	Global
Mende	3496	41,4	671	695	1367
Nîmes	1726	2441	998	611	1609
Montpellier	1665	994,1	970	633	1603
Carcassonne	1884	1492,4	751	678	1429
Perpignan	1476	1436,6	869	665	1534
Vernet les Bains	2202	452,7	627	709	1336
			kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
Min	1476	41,4	627	611	1336
Max	3496	2441	998	709	1609
Ecart	137%	5796%	59%	16%	20%

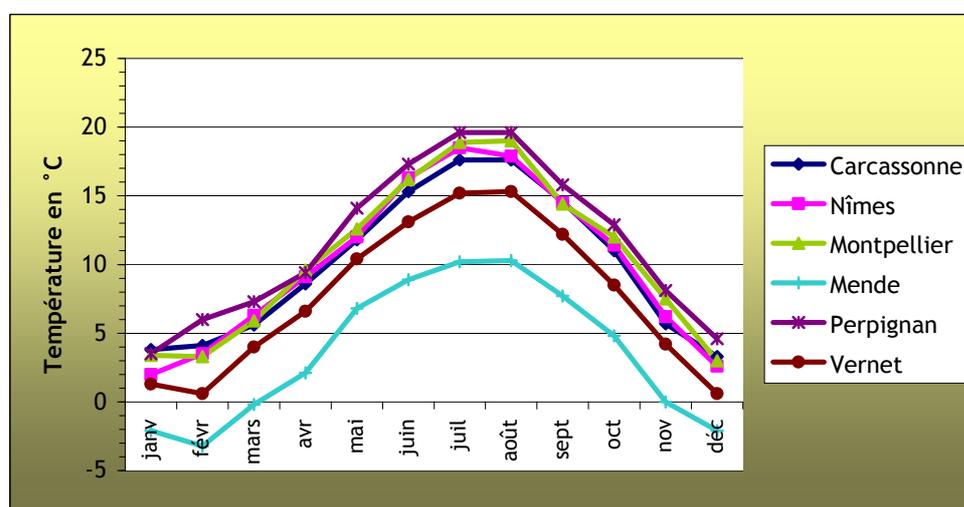


Avec des DJU de 1476 la station de Perpignan est la moins rigoureuse en hiver. On peut observer une grande disparité de ce critère qui présente un écart de 137% entre Mende et Perpignan.

Sur le critère des DHE, la station de Nîmes dépasse largement toutes les autres stations. Pour un ensoleillement quasiment équivalent ses DHE sont 2.5 plus élevés que ceux de Montpellier qui bénéficie de l'influence de la mer située à proximité.

5.6.2. Moyennes des températures minimales

	Carcassonne	Nîmes	Montpellier	Mende	Perpignan	Vernet
janv	3,8	2	3,4	-2,1	3,5	1,3
févr	4,1	3,5	3,3	-3,2	6	0,6
mars	5,6	6,3	5,9	-0,2	7,3	4
avr	8,6	9,1	9,6	2,1	9,4	6,6
mai	11,8	12	12,6	6,8	14,1	10,4
juin	15,3	16,3	16,2	8,9	17,3	13,1
juil	17,6	18,5	18,9	10,2	19,6	15,2
août	17,6	17,9	19	10,3	19,6	15,3
sept	14,6	14,5	14,4	7,7	15,8	12,2
oct	11	11,4	12	4,8	12,9	8,5
nov	5,7	6,2	7,5	0	8,1	4,2
déc	3,3	2,6	3	-2,1	4,6	0,6
Moy année	9,9	10,0	10,5	3,6	11,5	7,7

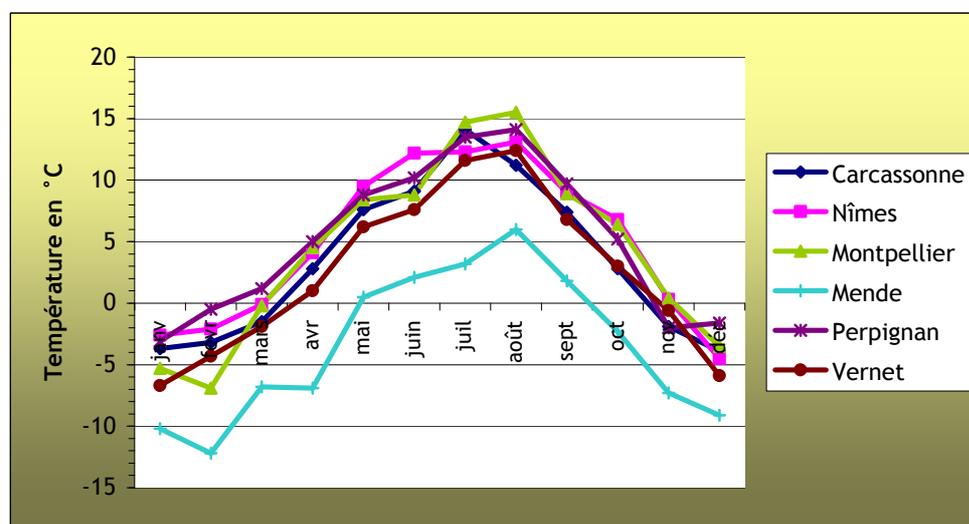


Perpignan et Montpellier qui se trouvent en bordure de mer présentent en été les moyennes des températures minimales les plus hautes.

Carcassonne situé plus au nord est plus bas en température, de même que Vernet et Mende qui se trouvent à une altitude plus élevée.

5.6.3. Températures minimales

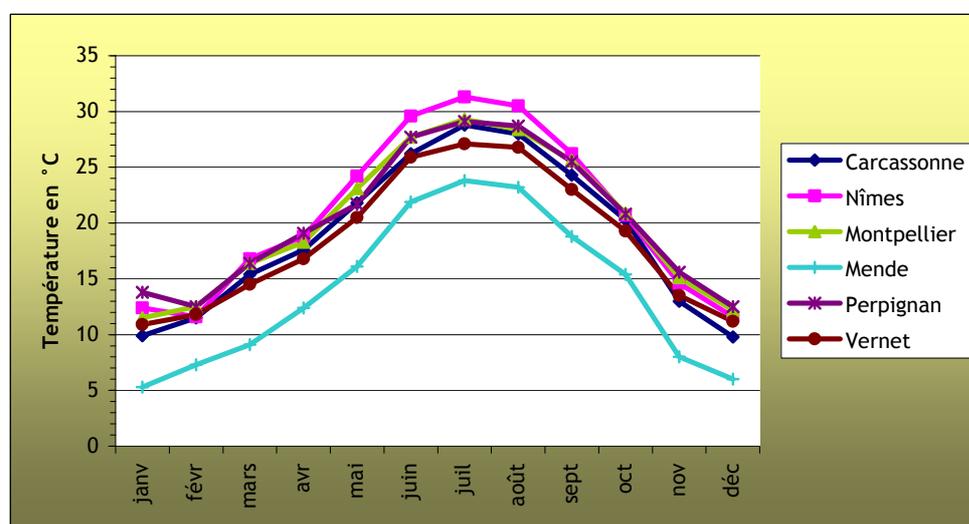
	Carcassonne	Nîmes	Montpellier	Mende	Perpignan	Vernet
janv	-3,7	-2,6	-5,3	-10,2	-3,1	-6,7
févr	-3,2	-2,1	-6,9	-12,2	-0,5	-4,3
mars	-1,5	-0,1	-0,2	-6,8	1,2	-1,9
avr	2,8	4,1	4,5	-6,9	5	1
mai	7,6	9,5	8,4	0,5	8,8	6,2
juin	9,1	12,2	8,8	2,1	10,2	7,6
juil	14,1	12,3	14,7	3,2	13,5	11,6
août	11,2	13,1	15,5	6	14,1	12,4
sept	7,4	9	8,9	1,8	9,7	6,8
oct	2,8	6,8	6,4	-2,3	5,2	3
nov	-1,9	0,3	0,4	-7,3	-2	-0,6
déc	-3,9	-4,5	-3,5	-9,1	-1,6	-5,9
Moy année	-3,9	-4,5	-6,9	-12,2	-3,1	-6,7



A l'inverse du critère précédent la température minimale est ici légèrement plus élevée à Montpellier qu'à Perpignan. Cette dernière subit probablement l'influence des Pyrénées situé à proximité.

5.6.4. Moyenne des températures maximales

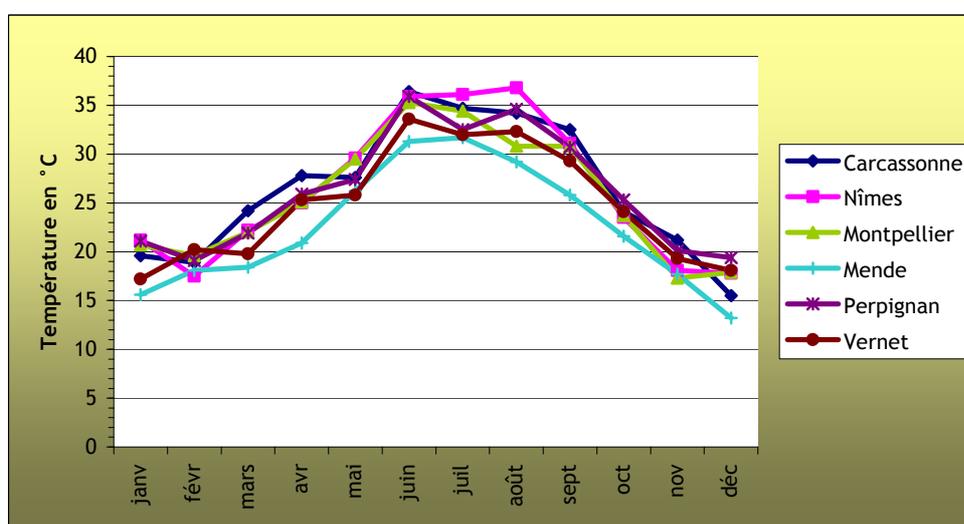
	Carcassonne	Nîmes	Montpellier	Mende	Perpignan	Vernet
janv	9,9	12,4	11,5	5,3	13,8	10,9
févr	11,5	11,6	12,5	7,3	12,5	11,8
mars	15,4	16,8	16,4	9,1	16,4	14,5
avr	17,6	18,8	18,3	12,4	19,1	16,8
mai	21,8	24,2	23,1	16,1	21,7	20,5
juin	26,2	29,6	27,7	21,9	27,7	25,9
juil	28,8	31,3	29,3	23,8	29,1	27,1
août	28	30,5	28,4	23,2	28,7	26,8
sept	24,3	26,2	25,6	18,8	25,5	23
oct	20,3	20,7	20,9	15,4	20,8	19,3
nov	13	14,6	15,1	8	15,6	13,5
déc	9,8	11,6	12,2	6	12,5	11,2
Moy année	18,9	20,7	20,1	13,9	20,3	18,4



Nîmes se situe en été près de 2°C au dessus de Perpignan et de Montpellier qui ont un profil quasi identique.

Températures maximales

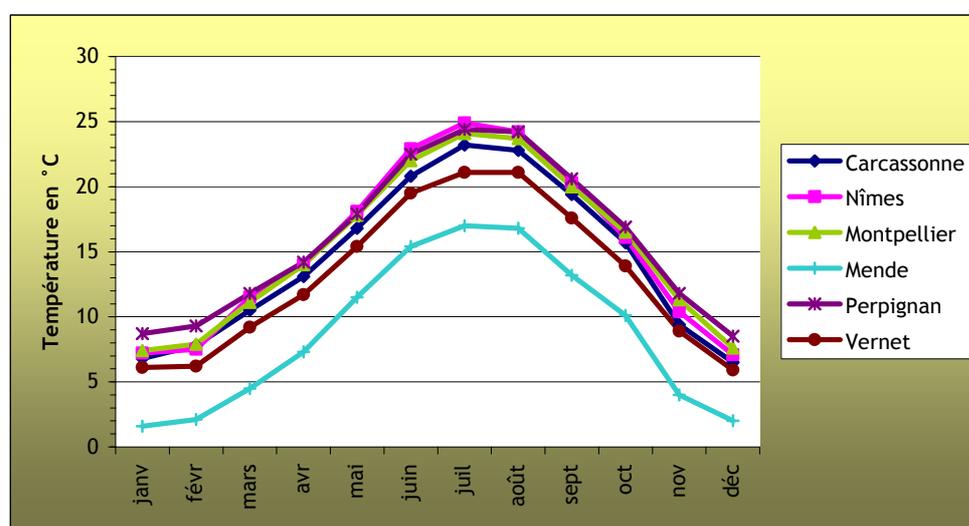
	Carcassonne	Nîmes	Montpellier	Mende	Perpignan	Vernet
janv	19,6	21,2	20,7	15,6	21,1	17,2
févr	18,9	17,5	19,6	18,1	19,1	20,2
mars	24,2	22,2	22	18,4	21,9	19,8
avr	27,8	25	25,1	20,9	25,9	25,3
mai	27,6	29,6	29,5	26,2	27,4	25,8
juin	36,4	35,9	35,3	31,3	35,9	33,6
juil	34,7	36,1	34,4	31,7	32,5	32
août	34,2	36,8	30,8	29,2	34,6	32,3
sept	32,5	31,1	30,8	25,8	30,7	29,3
oct	24,1	23,5	23,7	21,6	25,3	24,1
nov	21,2	18,1	17,3	17,7	20,1	19,3
déc	15,5	17,8	17,9	13,2	19,4	18,1
Moy année	36,4	36,8	35,3	31,7	35,9	33,6



Les écarts observés sont ici importants en particulier pour le mois d'août entre Nîmes et Montpellier. Il ne faut pas oublier que les années de référence prises en compte pour chaque station ne sont pas forcément les mêmes. Par exemple pour Nîmes les données du mois d'août sont issues de l'année 2008 alors que celles de Montpellier sont de 1999. Si l'année 2008 avait été choisie pour Montpellier, la température maximale aurait été de 34,7°C au lieu de 30,8°C, soit une valeur plus proche de celle de Nîmes (36,8°C). Mais dans ce cas on n'aurait pas eu le mois le plus représentatif de la décennie. Ce défaut est en partie gommé par les valeurs moyennes qui interviennent dans la génération des fichiers météo horaires.

5.6.5. Températures moyennes

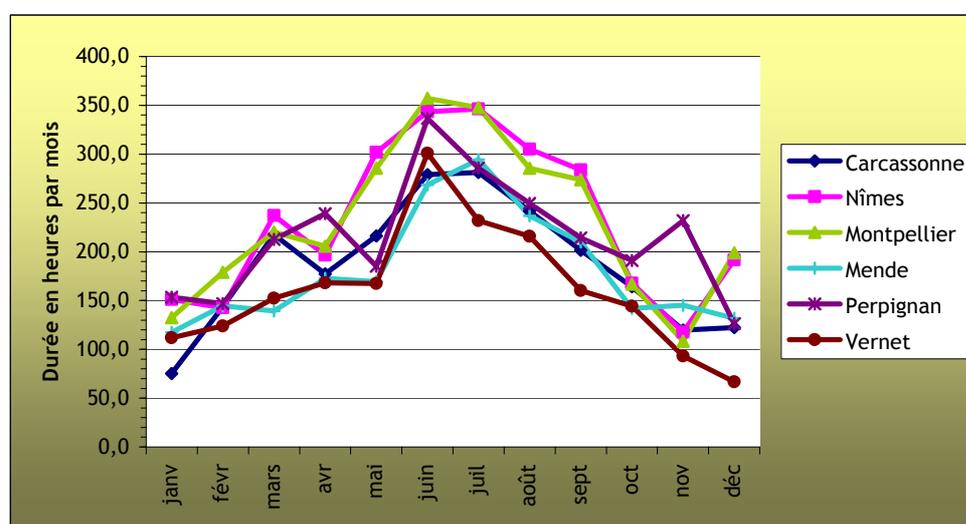
	Carcassonne	Nîmes	Montpellier	Mende	Perpignan	Vernet
janv	6,8	7,2	7,4	1,6	8,7	6,1
févr	7,8	7,5	7,9	2,1	9,3	6,2
mars	10,5	11,5	11,1	4,5	11,8	9,2
avr	13,1	14	14	7,3	14,2	11,7
mai	16,8	18,1	17,8	11,5	17,9	15,4
juin	20,8	22,9	22	15,4	22,5	19,5
juil	23,2	24,9	24,1	17	24,4	21,1
août	22,8	24,2	23,7	16,8	24,2	21,1
sept	19,4	20,3	20	13,2	20,6	17,6
oct	15,7	16,1	16,5	10,1	16,9	13,9
nov	9,4	10,4	11,3	4	11,8	8,9
déc	6,5	7,1	7,6	2	8,5	5,9
Moy année	14,4	15,4	15,3	8,8	15,9	13,1



Le climat de Nîmes est en moyenne le plus chaud suivi de près par Perpignan et Montpellier.

5.6.6. *Insolation*

	Carcassonne	Nîmes	Montpellier	Mende	Perpignan	Vernet
janv	75,4	151,0	132,4	117,4	153,3	112,0
févr	143,7	142,6	178,9	144,7	147,0	123,9
mars	217,5	237,2	220,1	139,3	212,7	152,3
avr	177,3	196,5	205,8	172,6	239,2	168,0
mai	216,1	301,9	285,5	169,6	185,0	167,6
juin	278,9	343,5	357,2	268,4	336,6	300,8
juil	281,3	346,3	347,6	294,4	286,0	232,0
août	241,8	305,1	285,5	236,8	249,6	215,9
sept	201,6	283,8	273,7	210,0	214,3	160,3
oct	164,1	167,9	166,9	142,0	191,1	144,2
nov	119,9	117,8	108,3	145,1	232,0	93,2
déc	122,4	191,5	198,8	131,8	126,3	66,6
Total année	2240,0	2785,1	2760,6	2172,1	2573,0	1936,6



Les insulations de Nîmes et de Montpellier sont très proches.

6. Création des fichiers météorologiques 2030-2050

6.1. Méthodologie

En l'absence de modélisation horaire du climat en 2030 et 2050, la proposition est de générer les fichiers suivant le protocole suivant :

- Partir des fichiers générés de la période 1999-2008
- Garder une insolation et un rayonnement constants
- Augmenter la température moyenne saisonnière suivant l'étude ECOFYS basé sur le modèle ARPEJE⁴
- Prendre des amplitudes jour/nuit (écart entre la moyenne des Tmax et moyenne des Tmin) équivalent à l'année 2003
- définir T max et Tmin absolue à partir de l'écart entre les moyennes Tmax et Tmin et les valeurs absolues Tmax et Tmin de l'année 2003

Pour la génération des fichiers 2030 et 2050 caniculaires la proposition est d'appliquer au fichier 2003 les augmentations de l'étude ECOFYS sur les grandeurs Tmoy, Tmoy-min, Tmoy-max, Tmin et Tmax

6.2. Paramètres retenus de l'étude ECOFYS

Les paramètres retenus dans le cadre de l'étude ECOFYS pour ce qui concerne l'élévation de la température sont les suivants :

- température de l'air à 2 m au dessus du sol en degré Celsius (°C) – moyenne annuelle et saisonnière, dont l'évolution est exprimée en écart au scénario de référence.
- nombre de jours avec températures maximales $\geq 35^{\circ}\text{C}$.
- périodes chaudes (anomalies) : anomalie de $+5^{\circ}\text{C}$ pendant au moins 6 jours consécutifs pendant l'été. Sont comptabilisés ici sur la période estivale (juin à août) le nombre de jours où la température maximale de référence présente une anomalie pendant au moins 6 jours : si cette période dure 5 jours (ou moins), l'anomalie est nulle, si elle dure 6 jours ou plus, on compte le nombre de jours correspondants (6 jours ou plus). Si au cours d'un été, on a eu plusieurs de ces périodes entrecoupées par des périodes moins chaudes, on les cumule en fin d'été. Le paramètre cartographié est la moyenne de tous les étés de la période trentenaire étudiée, d'où un nombre de jours qui peut finalement être inférieur à 6.

L'autre paramètre qui concerne les précipitations n'est pas utilisé dans le cadre du projet.

⁴ Etude Ecofys/MEDCIE Grand Sud Est 2008 - 28 mai 2008. Cette étude a servi au quatrième rapport du GIEC (AR4) concernant l'évolution du climat à l'horizon 2030-2050. Elle utilise le modèle du Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) de Météo-France appelé « Arpège-Climat version 4 ». En concertation avec l'ADEME, nous avons retenu parmi les différents scénarios étudiés dans le cadre de cette étude le scénario A2. Ce scénario suppose une continuité des tendances actuelles avec une prédominance des énergies fossiles et une augmentation des disparités régionales.

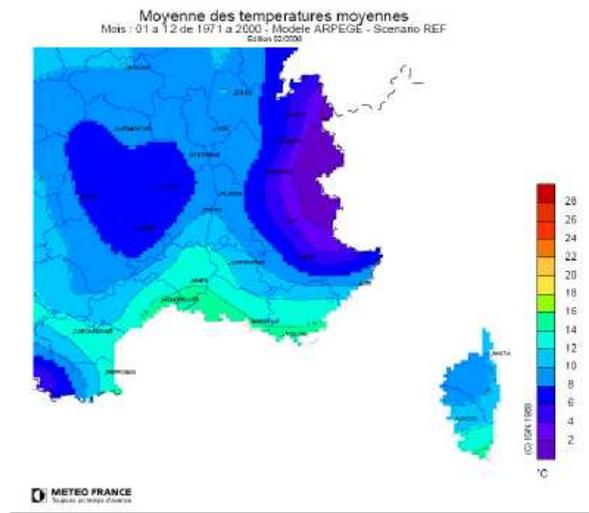
Période 2016/2045 - 2030

6.3. Température - Année 2030

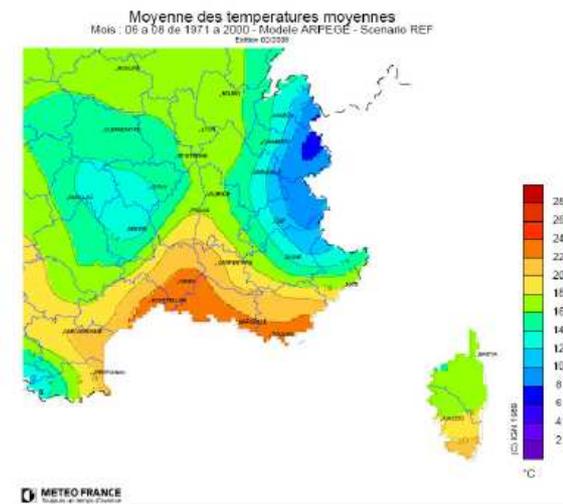
6.3.1. Référence

Le scénario de référence est basé sur des moyennes de la période 1971-2000 .

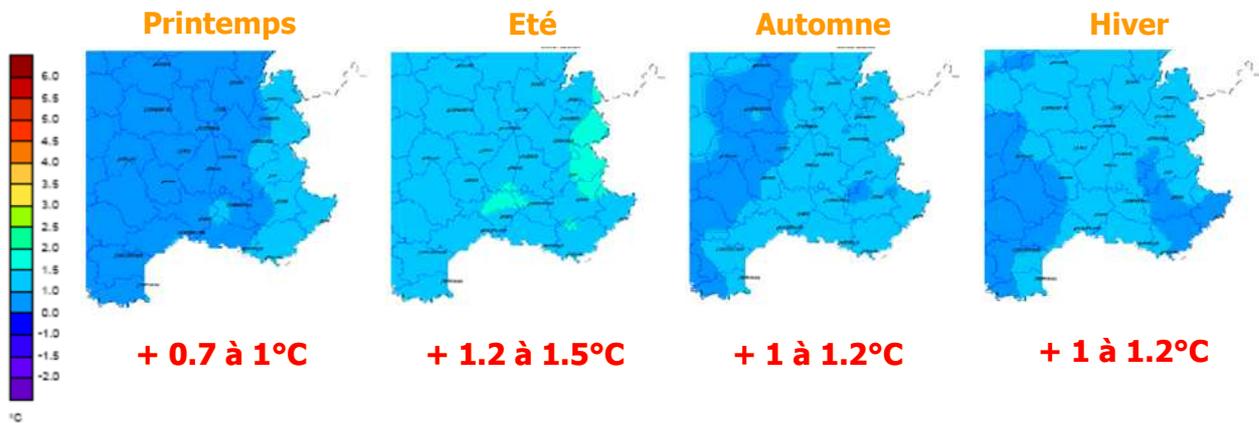
Moyenne annuelle



Moyennes saisonnières : zoom été (autres cartes dans dossier électronique annexe)



6.3.2. Prévisions



Afin de se situer dans le cas le plus défavorable la valeur la plus haute de la fourchette d'élévation prévue sera retenue.

6.3.3. Remarques

L'augmentation de la température moyenne est légèrement plus forte en été qu'en hiver.

Elle semble légèrement plus marquée à l'est qu'à l'ouest. Le Gard est plus touché en été par l'élévation de la température.

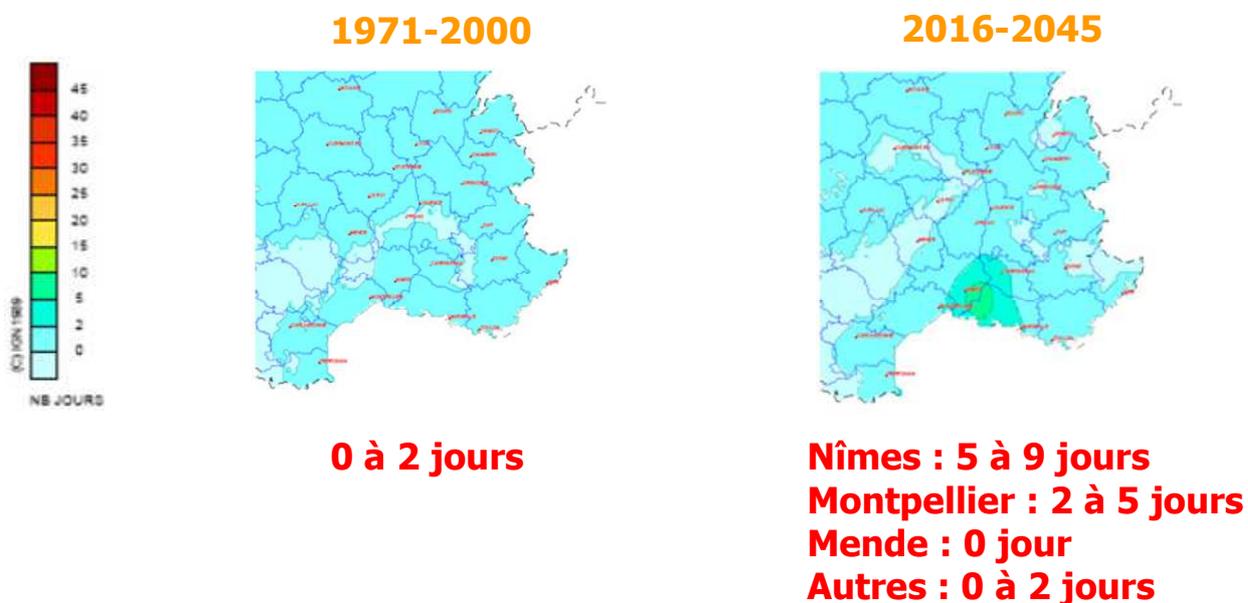
La modélisation « ARPEJE » permet de connaître un seul des cinq paramètres nécessaires à la génération du fichier météo à partir de METEOCALC. Nous n'avons pas en effet la connaissance des grandeurs

suivantes : moyenne des températures minimales, moyenne des températures maximale, température minimale absolue et température maximale absolue.

Il est donc nécessaire d'évaluer ces paramètres par un autre moyen que nous précisons plus loin.

6.4. Nombre de jours où la température est > 35°C - 2030

6.4.1. Prévisions



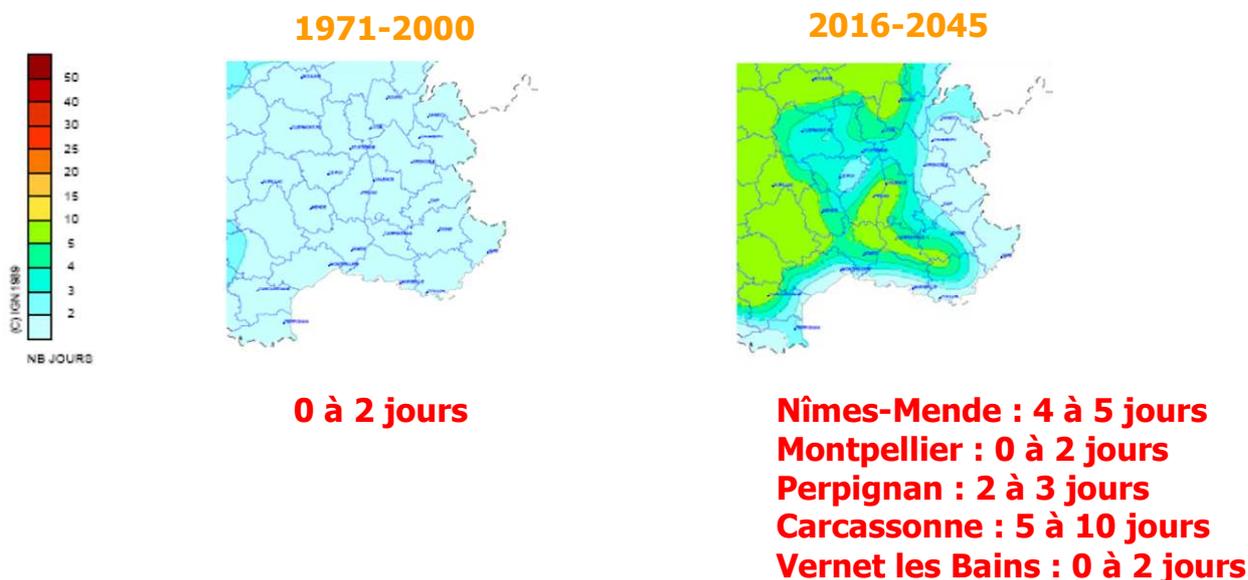
6.4.2. Remarques

Comme pour le paramètre précédent, on constate que le Gard est plus touché en particulier au sud est.

Cette donnée ne peut être utilisée dans le générateur METEOCALC. Il est par contre possible de vérifier a posteriori une fois le fichier généré si ces conditions sont respectées.

6.5. Nombre de jours où la température dépasse de 5°C la normale pendant au moins 6 jours - 2030

6.5.1. Prévisions



6.5.2. Remarques

On constate que sur ce paramètre la zone littorale s'en sort davantage. Elle bénéficie davantage de l'effet « tampon thermique » de la mer située à proximité.

Ce paramètre est important car il concerne l'augmentation des séquences continues de températures élevées. Ce phénomène s'est en particulier produit en 2003 où on a eu pendant une dizaine de jours une température supérieure à 35°C. Malheureusement, comme pour le paramètre précédent, cette donnée ne peut être utilisée dans le générateur METEOCALC. Elle sera par contre vérifiée sur les fichiers générés.

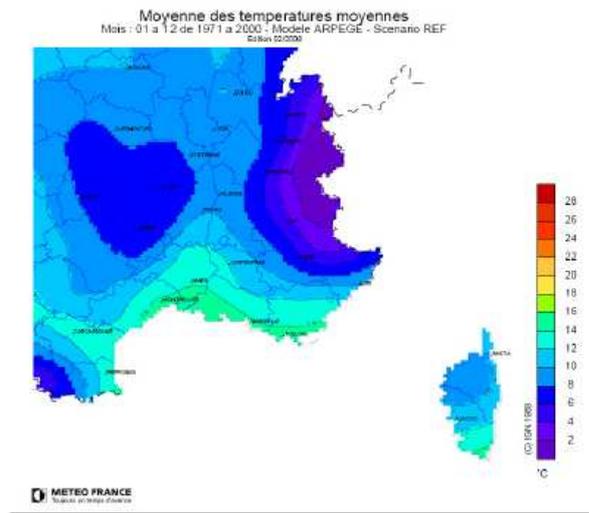
Période 2036/2065 - 2050

6.6. Température - Année 2050

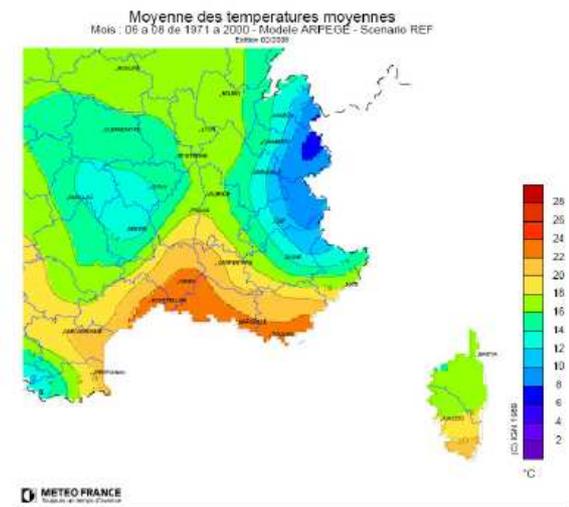
6.6.1. Référence

Le scénario de référence est basé sur des moyennes de la période 1971-2000 .

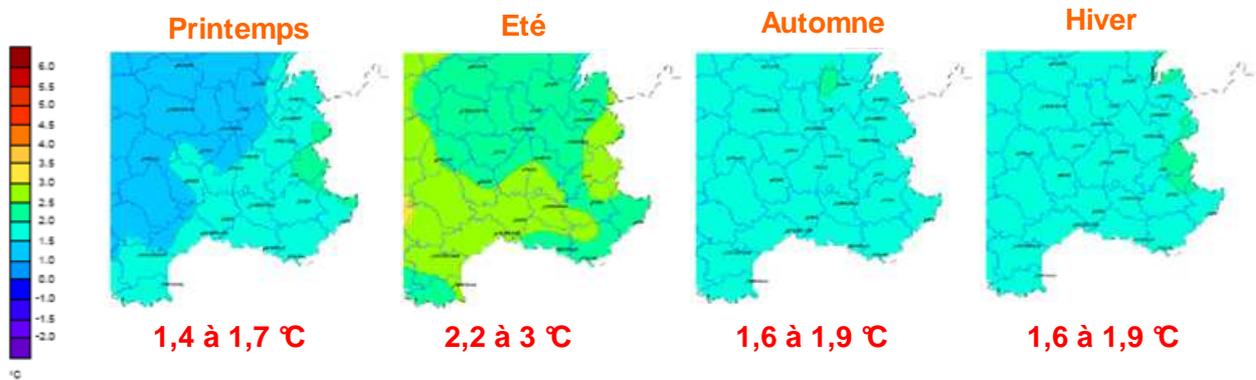
Moyenne annuelle



Moyennes saisonnières : zoom été (autres cartes dans dossier électronique annexe)



6.6.2. Prévisions



Afin de se situer dans le cas le plus défavorable la valeur la plus haute de la fourchette d'élévation prévue sera retenue.

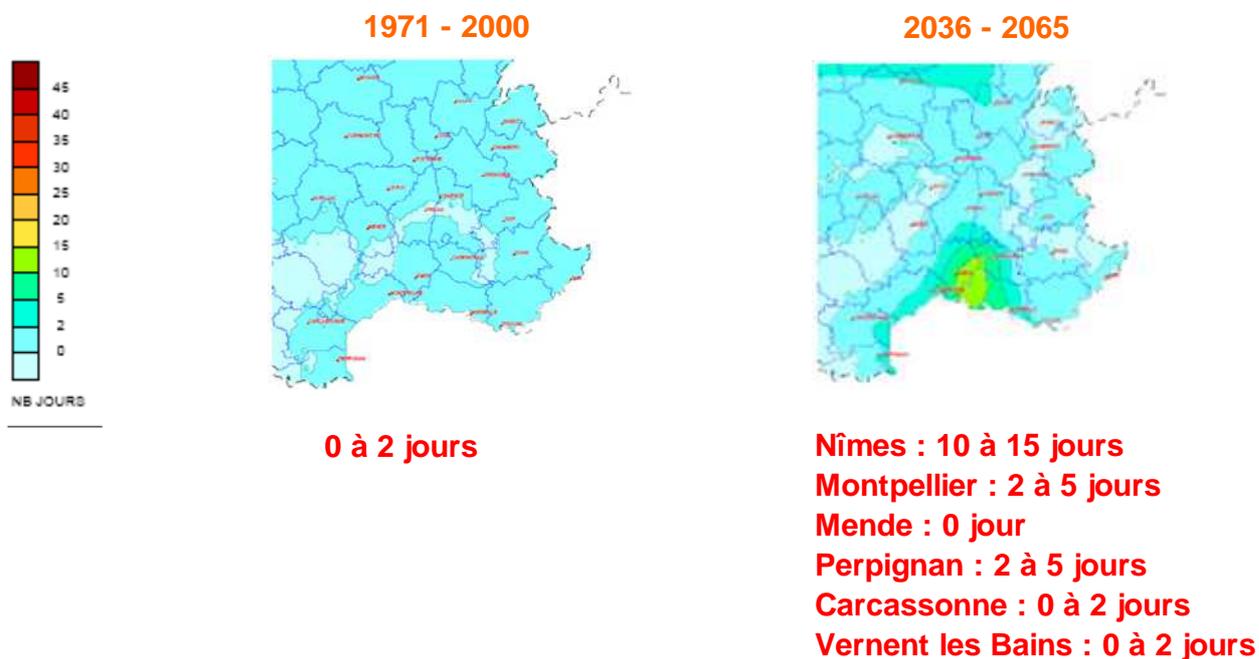
6.6.3. Remarques

L'augmentation de la température moyenne est légèrement plus forte en été qu'en hiver.

En été l'ensemble de la région est touché par une augmentation de température quasiment 2 fois plus élevée qu'en 2030 : augmentation de 1 à 1.5°C contre 0.6 à 0.7°C pour les autres saisons

6.7. Nombre de jours où la température est > 35°C - 2050

6.7.1. Prévisions

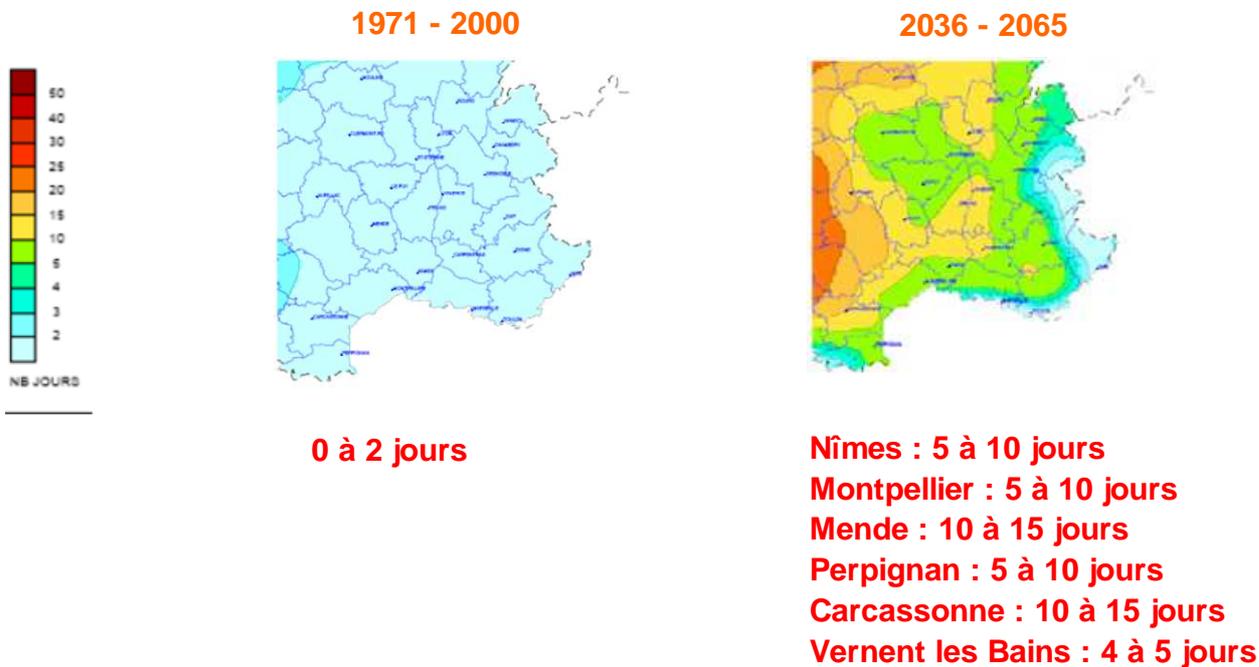


6.7.2. Remarques

Les tendances observées en 2030 sont accentuées en 2050. La zone située dans le couloir rhodanien où se situe Nîmes est la plus exposée aux fortes chaleurs avec une augmentation de 5 jours >35°C par rapport à 2030. La zone au bord du littoral, sous influence marine, subit aussi une augmentation mais à un niveau moindre : + 2 à 3 jours par rapport à 2030. Les zones plus en altitude situées dans les Pyrénées ou en Lozère sont épargnées.

6.8. Nombre de jours où la température dépasse de 5°C la normale pendant au moins 6 jours - 2050

6.8.1. Prévisions



6.8.2. Remarques

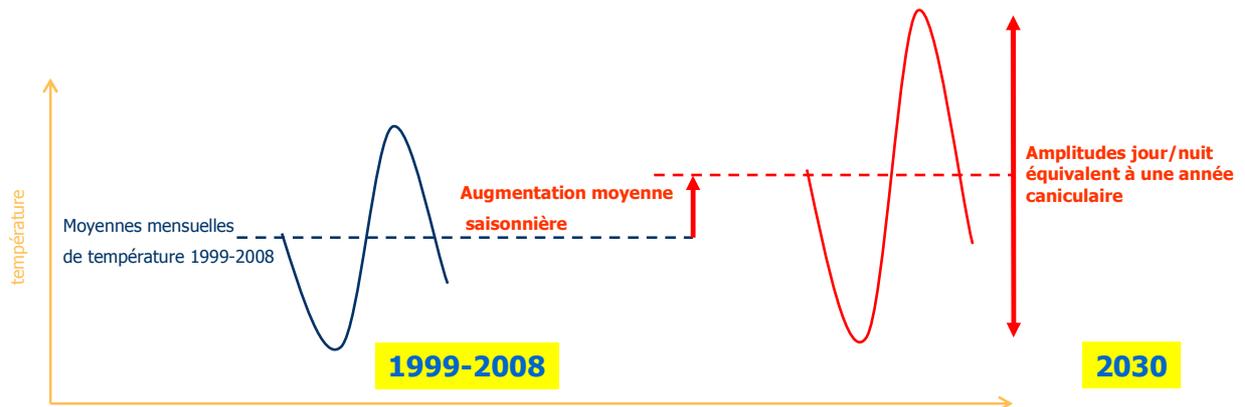
Même observation qu'en 2030 : la zone littorale s'en sort davantage que les zones à l'intérieur des terres. Elle bénéficie davantage de l'effet « tampon thermique » de la mer située à proximité.

Les zones situées vers Carcassonne et Mende auront des périodes continues de température supérieures à la normale (6 jours) plus fortes que les autres zones.

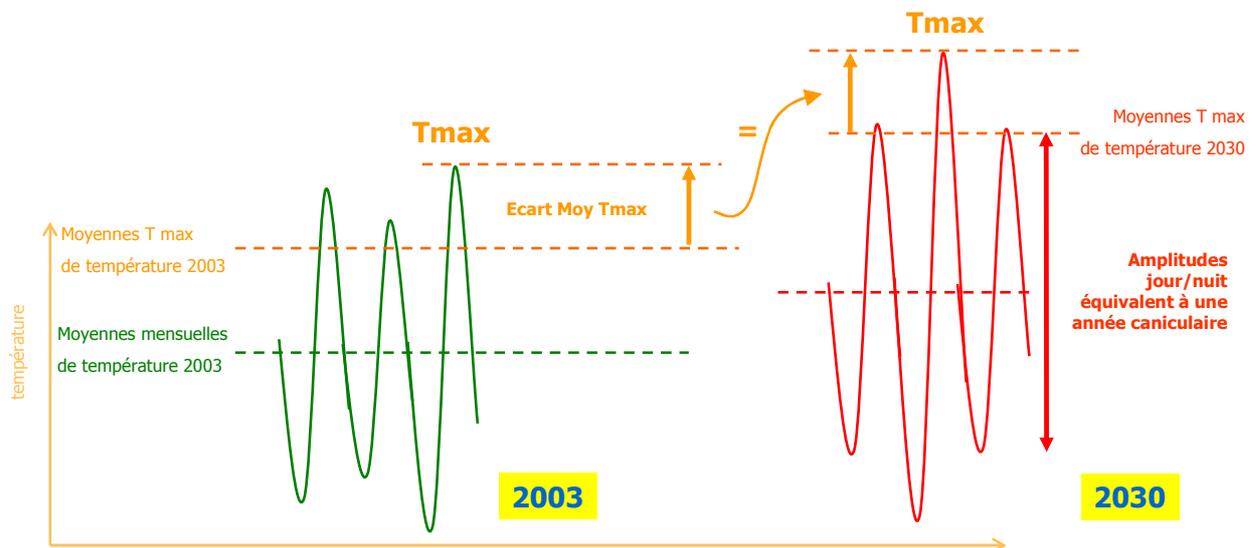
Création des fichiers 2030 et 2050

6.8.3. Méthodologie

- 1/ Partir des fichiers générés de la période 1999-2008
- 2/ Garder une insolation et un rayonnement constants
- 3/ augmenter la température moyenne saisonnière suivant l'étude ECOFYS
- 4/ prendre des amplitudes jour/nuit (écart entre la température moyenne des Tmax et moyenne des Tmin) équivalent à l'année 2003



- 5/ Tmax et Tmin absolue → à partir de l'écart entre les moyennes Tmax et Tmin et les valeurs absolues Tmax et Tmin de l'année 2003



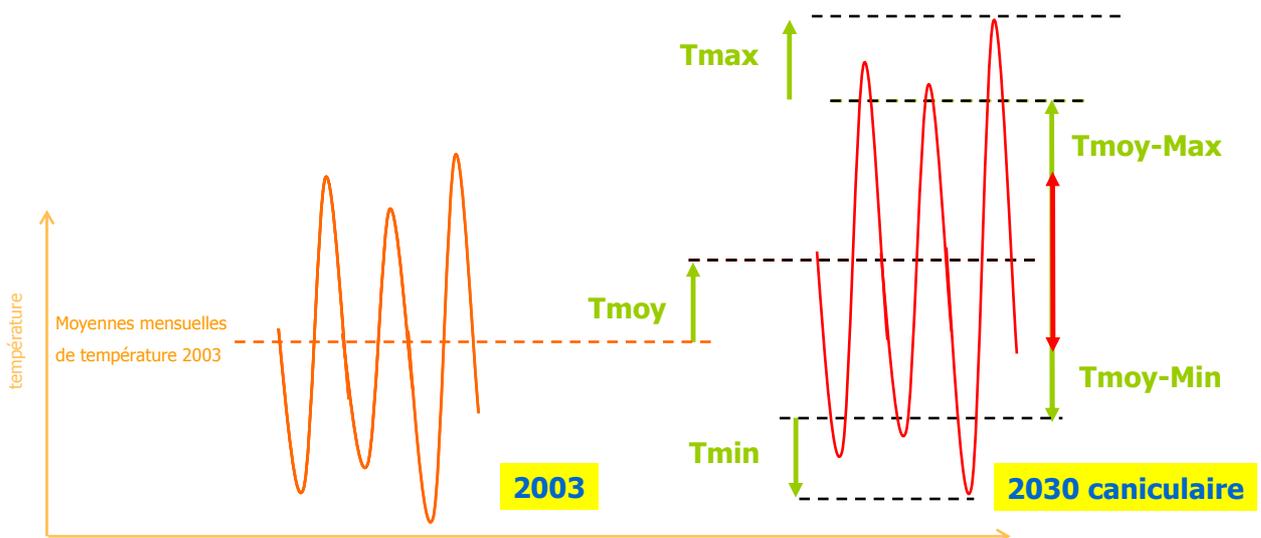
6.8.4. Exemple pour la station de Montpellier et le mois de janvier

		Température janvier en °C		Formule
2030	1	Moyenne	1,1	
2050	2	Moyenne	1,9	
1999-2008	3	Moyenne	7,4	
2003	4	Maxi absolu	20,1	
	5	Moyenne des maxi	10,3	
	6	Moyenne	6	
	7	Moyenne des mini	1,8	
	8	Mini absolu	-5,5	
2030	9	Moyenne	8,5	3 + 1
	11	Moyenne des maxi	12,8	9 + (5 - 6)
	10	Maxi absolu	22,6	11 + (4 - 5)
	12	Moyenne des mini	4,3	9 + (7 - 6)
	13	Mini absolu	-3	12 + (8 - 7)
2050	14	Moyenne	9,3	3 + 2
	15	Moyenne des maxi	13,6	14 + (5 - 6)
	16	Maxi absolu	23,4	15 + (4 - 5)
	17	Moyenne des mini	5,1	14 + (7 - 6)
	18	Mini absolu	-2,2	17 + (8 - 7)

6.9. Création des fichiers 2030 et 2050 caniculaires

6.9.1. Méthodologie

La méthode consiste à appliquer au fichier 2003 les augmentations de l'étude ECOFYS sur les grandeurs Tmoy, Tmoy-min, Tmoy-max, Tmin et Tmax



6.9.2. Exemple pour la station de Montpellier et le mois de janvier

		Température janvier en °C		Formule
2030	1	Moyenne	1,1	
2050	2	Moyenne	1,9	
1999-2008	3	Moyenne	7,4	
2003	4	Maxi absolu	20,1	
	5	Moyenne des maxi	10,3	
	6	Moyenne	6	
	7	Moyenne des mini	1,8	
	8	Mini absolu	-5,5	
2030 CHAUD	19	Moyenne	7,1	6 + 1
	20	Moyenne des maxi	11,4	5 + 1
	21	Maxi absolu	21,2	4 + 1
	22	Moyenne des mini	2,9	7 + 1
	23	Mini absolu	-4,4	8 + 1
2050 CHAUD	24	Moyenne	7,9	6 + 2
	25	Moyenne des maxi	12,2	5 + 2
	26	Maxi absolu	22	4 + 2
	27	Moyenne des mini	3,7	7 + 2
	28	Mini absolu	-3,6	8 + 2

La proposition qui est faite ne repose sur aucune analyse scientifique.

7. Fiches de résultats des simulations avant améliorations

7.1. Méthodologie

Ce chapitre présente les fiches de résultats des simulations pour chaque projet. Elles présentent les principaux résultats pour chaque projet.

Ces fiches contiennent, pour chaque fichier météo (1998-2008 et 2003), différents indices caractérisant

- le bilan énergétique
- le confort d'été,
- le bilan environnemental
- le bilan financier.

Lorsque nous disposons des fichiers météo horaires complets sur 2003, ceux-ci ont également été intégrés aux fiches « bilans ».

Les indices de confort d'été sur les « zones considérées » ont été établis sur les zones les plus défavorables de chaque projet. Les indices « moyens pour toutes les zones » sont établis au prorata des surfaces.

L'indice d'inconfort exprimé en % correspond au rapport entre les Degrés-heures >28°C dans le bâtiment et les degrés heures >28°C extérieur.

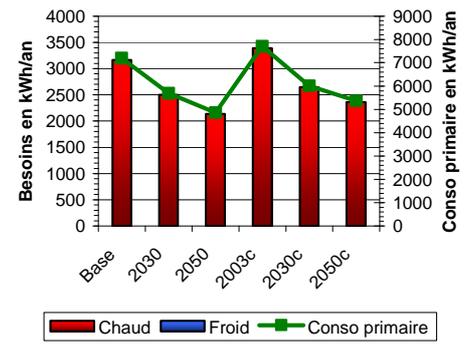
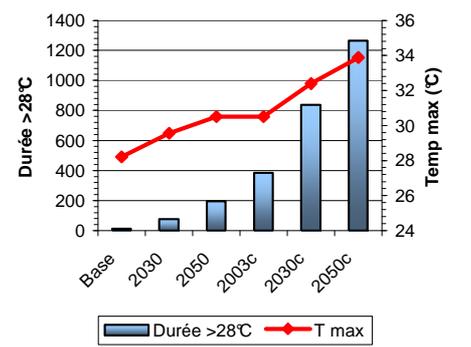
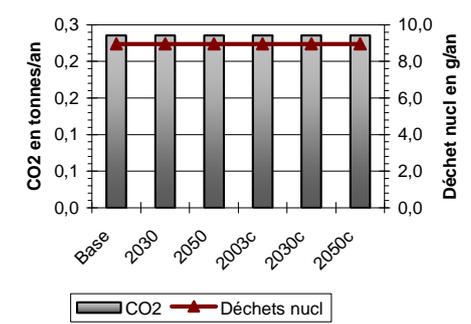
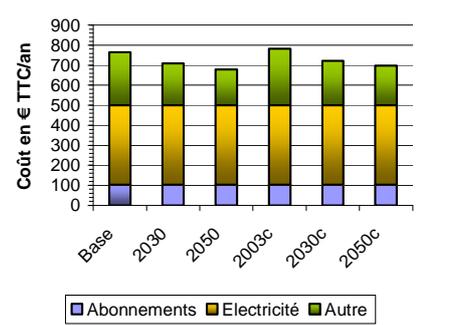
Les bilans environnementaux et financiers comprennent l'ensemble des besoins énergétiques des bâtiments :

- les besoins conventionnels (RT2005) : chauffage, climatisation, ECS, auxiliaires et éclairage
- les besoins d'électricité spécifiques : postes vidéo/audio, froid, lavage,... suivant les hypothèses d'apports internes définis précédemment.

Les bilans financiers sont établis avec les tarifs énergétiques actuels et des rendements de productions issus de la méthode 3 cl.

7.2. Fiches de résultats

(Voir page suivante)

Synthèse des résultats						1 - MI Bois paille																																																																								
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC																																																																														
Caractéristiques principales du projet																																																																														
Données générales			Bâti																																																																											
Localisation : VALLABREGUES			Type paroi : Ossature bois paille																																																																											
Station météo : Nîmes			Inertie : Moyenne																																																																											
U bât : 0,243 W/m².K			Isolation : Forte																																																																											
Cep : 40 kWh/m².an			Orientation : Sud																																																																											
SHAB : 157 m²			Equipement																																																																											
SHON : 160 m²			Chauffage : Poêle bois																																																																											
			ECS : Solaire + Electricité																																																																											
			Ventilation : Double flux																																																																											
Bilan énergie																																																																														
c : année caniculaire																																																																														
Chauffage																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th></th> <th>Base</th> <th>2030</th> <th>2050</th> <th>2003c</th> <th>2030c</th> <th>2050c</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Besoins</td> <td>3164</td> <td>2502</td> <td>2135</td> <td>3386</td> <td>2645</td> <td>2360</td> <td>kWh/an</td> </tr> <tr> <td>Ratio</td> <td>20</td> <td>15,9</td> <td>13,6</td> <td>21,6</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>kWh/an.m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,012</td> <td>0,011</td> <td>0,010</td> <td>0,012</td> <td>0,011</td> <td>0,011</td> <td>kWh/DJU.m²</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">-21%</td> <td style="color: red;">-33%</td> <td style="color: red;">7%</td> <td style="color: red;">-16%</td> <td style="color: red;">-25%</td> <td>Ecart besoin</td> </tr> </tbody> </table>								Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		Besoins	3164	2502	2135	3386	2645	2360	kWh/an	Ratio	20	15,9	13,6	21,6	17	15	kWh/an.m²		0,012	0,011	0,010	0,012	0,011	0,011	kWh/DJU.m²			-21%	-33%	7%	-16%	-25%	Ecart besoin																																
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																																																																								
Besoins	3164	2502	2135	3386	2645	2360	kWh/an																																																																							
Ratio	20	15,9	13,6	21,6	17	15	kWh/an.m²																																																																							
	0,012	0,011	0,010	0,012	0,011	0,011	kWh/DJU.m²																																																																							
		-21%	-33%	7%	-16%	-25%	Ecart besoin																																																																							
																																																																														
Primaire chauff + Clim																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th></th> <th>Base</th> <th>2030</th> <th>2050</th> <th>2003c</th> <th>2030c</th> <th>2050c</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consommation</td> <td>7196</td> <td>5691</td> <td>4856</td> <td>7701</td> <td>6016</td> <td>5368</td> <td>kWh/an</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">-21%</td> <td style="color: red;">-33%</td> <td style="color: red;">7%</td> <td style="color: red;">-16%</td> <td style="color: red;">-25%</td> <td>Ecart besoin</td> </tr> </tbody> </table>								Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		Consommation	7196	5691	4856	7701	6016	5368	kWh/an			-21%	-33%	7%	-16%	-25%	Ecart besoin																																																
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																																																																								
Consommation	7196	5691	4856	7701	6016	5368	kWh/an																																																																							
		-21%	-33%	7%	-16%	-25%	Ecart besoin																																																																							
Bilan confort																																																																														
Zone considérée : Séjour																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th></th> <th>Base</th> <th>2030</th> <th>2050</th> <th>2003c</th> <th>2030c</th> <th>2050c</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tmax</td> <td>29,26</td> <td>30,59</td> <td>31,48</td> <td>31,53</td> <td>33,52</td> <td>34,98</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Durée >28°C</td> <td>20</td> <td>119</td> <td>245</td> <td>420</td> <td>743</td> <td>980</td> <td>Heures</td> </tr> <tr> <td>DH été (base 28)</td> <td>15</td> <td>114</td> <td>368</td> <td>702</td> <td>1832</td> <td>3279</td> <td>DH</td> </tr> <tr> <td>Indice d'inconfort</td> <td>1,2%</td> <td>4,7%</td> <td>10,7%</td> <td>18,6%</td> <td>33,5%</td> <td>47,0%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">99 h</td> <td style="color: red;">225 h</td> <td style="color: red;">400 h</td> <td style="color: red;">723 h</td> <td style="color: red;">960 h</td> <td>Ecart durée</td> </tr> </tbody> </table>								Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		Tmax	29,26	30,59	31,48	31,53	33,52	34,98	°C	Durée >28°C	20	119	245	420	743	980	Heures	DH été (base 28)	15	114	368	702	1832	3279	DH	Indice d'inconfort	1,2%	4,7%	10,7%	18,6%	33,5%	47,0%	%			99 h	225 h	400 h	723 h	960 h	Ecart durée																								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																																																																								
Tmax	29,26	30,59	31,48	31,53	33,52	34,98	°C																																																																							
Durée >28°C	20	119	245	420	743	980	Heures																																																																							
DH été (base 28)	15	114	368	702	1832	3279	DH																																																																							
Indice d'inconfort	1,2%	4,7%	10,7%	18,6%	33,5%	47,0%	%																																																																							
		99 h	225 h	400 h	723 h	960 h	Ecart durée																																																																							
																																																																														
Moyen pour toutes les zones																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th></th> <th>Base</th> <th>2030</th> <th>2050</th> <th>2003c</th> <th>2030c</th> <th>2050c</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tmax</td> <td>28,21</td> <td>29,55</td> <td>30,5</td> <td>30,51</td> <td>32,4</td> <td>33,88</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Durée >28°C</td> <td>12</td> <td>76</td> <td>195,81</td> <td>385</td> <td>837,65</td> <td>1264,6</td> <td>Heures</td> </tr> <tr> <td>DH été (base 28)</td> <td>6</td> <td>52</td> <td>196,89</td> <td>381</td> <td>1188,1</td> <td>2425,6</td> <td>DH</td> </tr> <tr> <td>Indice d'inconfort</td> <td>0,5%</td> <td>2,1%</td> <td>5,7%</td> <td>10,1%</td> <td>21,7%</td> <td>34,8%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">64 h</td> <td style="color: red;">184 h</td> <td style="color: red;">373 h</td> <td style="color: red;">826 h</td> <td style="color: red;">1253 h</td> <td>Ecart durée</td> </tr> </tbody> </table>								Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		Tmax	28,21	29,55	30,5	30,51	32,4	33,88	°C	Durée >28°C	12	76	195,81	385	837,65	1264,6	Heures	DH été (base 28)	6	52	196,89	381	1188,1	2425,6	DH	Indice d'inconfort	0,5%	2,1%	5,7%	10,1%	21,7%	34,8%	%			64 h	184 h	373 h	826 h	1253 h	Ecart durée																								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																																																																								
Tmax	28,21	29,55	30,5	30,51	32,4	33,88	°C																																																																							
Durée >28°C	12	76	195,81	385	837,65	1264,6	Heures																																																																							
DH été (base 28)	6	52	196,89	381	1188,1	2425,6	DH																																																																							
Indice d'inconfort	0,5%	2,1%	5,7%	10,1%	21,7%	34,8%	%																																																																							
		64 h	184 h	373 h	826 h	1253 h	Ecart durée																																																																							
Indicateurs environnementaux																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th></th> <th>Base</th> <th>2030</th> <th>2050</th> <th>2003c</th> <th>2030c</th> <th>2050c</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energie primaire</td> <td>21</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>22</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>MWh/an</td> </tr> <tr> <td>Ratio</td> <td>135</td> <td>126</td> <td>120</td> <td>138</td> <td>128</td> <td>124</td> <td>kWh/m2/an</td> </tr> <tr> <td>CO2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>Tonnes/an</td> </tr> <tr> <td>Ratio</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>kg/m2/an</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">0%</td> <td>Ecart CO2</td> </tr> <tr> <td>Déchets nucl</td> <td>8,9</td> <td>8,9</td> <td>8,9</td> <td>8,9</td> <td>8,9</td> <td>8,9</td> <td>g/an</td> </tr> <tr> <td>Ratio</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> <td>0,06</td> <td>g/m2/an</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">0%</td> <td>Ecart déchets</td> </tr> </tbody> </table>								Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		Energie primaire	21	20	19	22	20	19	MWh/an	Ratio	135	126	120	138	128	124	kWh/m2/an	CO2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Tonnes/an	Ratio	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	kg/m2/an			0%	0%	0%	0%	0%	Ecart CO2	Déchets nucl	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	g/an	Ratio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	g/m2/an			0%	0%	0%	0%	0%	Ecart déchets
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																																																																								
Energie primaire	21	20	19	22	20	19	MWh/an																																																																							
Ratio	135	126	120	138	128	124	kWh/m2/an																																																																							
CO2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Tonnes/an																																																																							
Ratio	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	kg/m2/an																																																																							
		0%	0%	0%	0%	0%	Ecart CO2																																																																							
Déchets nucl	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	g/an																																																																							
Ratio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	g/m2/an																																																																							
		0%	0%	0%	0%	0%	Ecart déchets																																																																							
																																																																														
Bilan économique																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th></th> <th>Base</th> <th>2030</th> <th>2050</th> <th>2003c</th> <th>2030c</th> <th>2050c</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abonnements</td> <td>102</td> <td>102</td> <td>102</td> <td>102</td> <td>102</td> <td>102</td> <td>€ TTC/an</td> </tr> <tr> <td>Electricité</td> <td>398</td> <td>398</td> <td>398</td> <td>398</td> <td>398</td> <td>398</td> <td>€ TTC/an</td> </tr> <tr> <td>Autre</td> <td>264</td> <td>209</td> <td>178</td> <td>283</td> <td>221</td> <td>197</td> <td>€ TTC/an</td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>765</td> <td>709</td> <td>679</td> <td>783</td> <td>721</td> <td>698</td> <td>€ TTC/an</td> </tr> <tr> <td>Ratio</td> <td>5,3</td> <td>4,9</td> <td>4,7</td> <td>5,4</td> <td>5</td> <td>4,8</td> <td>€ TTC/an/m2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="color: red;">-7%</td> <td style="color: red;">-11%</td> <td style="color: red;">2%</td> <td style="color: red;">-6%</td> <td style="color: red;">-9%</td> <td>Ecart coût</td> </tr> </tbody> </table>								Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		Abonnements	102	102	102	102	102	102	€ TTC/an	Electricité	398	398	398	398	398	398	€ TTC/an	Autre	264	209	178	283	221	197	€ TTC/an	Total	765	709	679	783	721	698	€ TTC/an	Ratio	5,3	4,9	4,7	5,4	5	4,8	€ TTC/an/m2			-7%	-11%	2%	-6%	-9%	Ecart coût																
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																																																																								
Abonnements	102	102	102	102	102	102	€ TTC/an																																																																							
Electricité	398	398	398	398	398	398	€ TTC/an																																																																							
Autre	264	209	178	283	221	197	€ TTC/an																																																																							
Total	765	709	679	783	721	698	€ TTC/an																																																																							
Ratio	5,3	4,9	4,7	5,4	5	4,8	€ TTC/an/m2																																																																							
		-7%	-11%	2%	-6%	-9%	Ecart coût																																																																							
																																																																														

COMMENTAIRES

Sur le bâti

Cette habitation présente de très bonnes caractéristiques thermiques : bonne orientation, compacte, forte isolation due à la paille. Son principal défaut pourrait être son manque d'inertie : la zone inondable a obligé le maître d'ouvrage à mettre sa maison sur pilotis. Elle ne bénéficie donc pas de l'inertie apportée par la dalle. On verra néanmoins que le comportement d'été n'est malgré tout pas trop défavorable.

Sur l'énergie

Même si elle est moins importante en hiver qu'en été l'augmentation de la température extérieure engendre en toute logique une diminution des besoins de chauffage en hiver. Cette diminution est de **21%** en 2030 et de **33%** en 2050.

L'hiver plus rigoureux en 2003 s'est traduit par une augmentation de **7%** des besoins de chauffage par rapport à la normale. On retrouve la même tendance pour les fichiers caniculaires 2030 et 2050.

Sur le confort

Le bon niveau de confort de cette maison avec le fichier météo de base témoigne de sa faculté à affronter les surchauffes d'été malgré sa faible inertie. En moyenne sur l'ensemble de la maison, la température ne sera dépassée que de **12 heures** en été pour une température intérieure en dessous de **30°C**. Comme on le verra par la suite, l'isolation peut dans le cas des habitations être favorable au confort d'été.

Une augmentation de **100 heures** environ en 2030 et de **225 heures** en 2050 est à prévoir. Si on considère que la notion de confort reste la même avec l'augmentation prévisible des températures extérieures, 2030 ne sera pas trop handicapant pour les occupants. La limite de 100 heures de dépassement à 28°C restera acceptable. Par contre pour **225 heures** de dépassement, l'inconfort sera ressenti plus fortement en 2050.

Les augmentations pour des années caniculaires augmentent de façon exponentielle pour 2003, 2030 et 2050. L'inconfort est dans ce cas évident avec un dépassement **de plus de 1000 heures** et des températures intérieures qui atteindraient **35°C** en 2050.

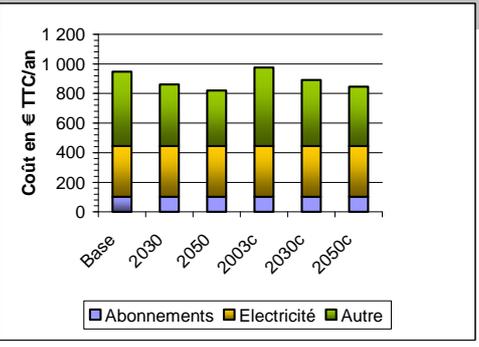
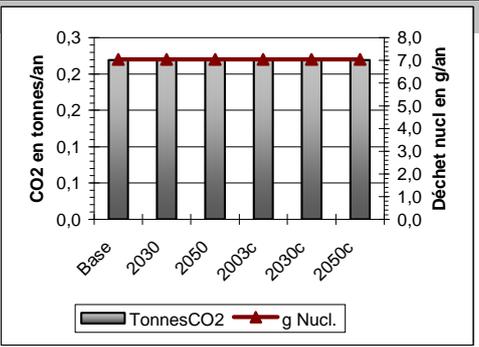
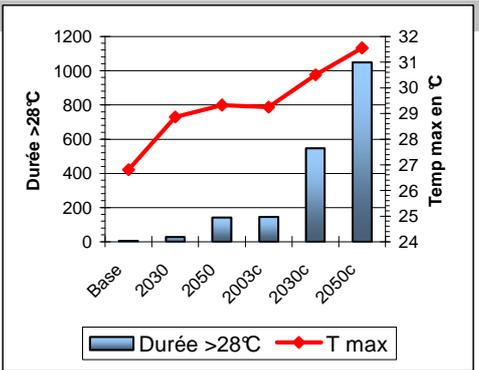
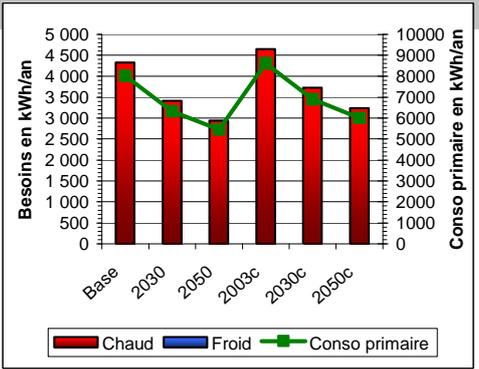
Sur l'environnement

En l'absence de système de rafraîchissement ou de systèmes constructifs moins favorables en énergie grise pour ramener l'ambiance à un niveau de température identique à celui d'aujourd'hui, les impacts environnementaux restent bien évidemment constants jusqu'en 2050. Ce critère sera surtout à considérer dans la phase d'optimisation avec la mise en place de systèmes dynamiques consommant de l'énergie.

Sur le bilan économique

Les charges énergétiques de cette maison sont très faibles. Elles sont limitées à **765 €/an** en base, soit environ **5 €/an/m²**. Globalement une diminution de **9%** est envisageable en 2050 mais en conservant un niveau de confort difficilement supportable. Comme pour l'environnement, le critère économique sera plus intéressant à prendre en compte dans la phase optimisation. Une analyse en coût global sera plus pertinente pour prendre en compte les surcoût sur le bâti et les équipements.

Synthèse des résultats						2 - MI Rénov Pierre	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC							
Caractéristiques principales du projet							
Données générales			Bâti				
Localisation : COURNONSEC			Type paroi : Isol ext + iso int				
Station météo : Montpellier			Inertie : Forte				
U bât : 0,47 W/m²K			Isolation : Moyenne				
Cep : 31,35 kWh/m².an			Orientation : Sud		(Faible vitrage au sud)		
SHAB : 196 m²			Equipements				
SHON : 212 m²			Chauffage : Poêle + convecteurs				
			ECS : Bois + solaire				
			Ventilation : Double flux				
Bilan énergie							
c : année caniculaire							
Chauffage							
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Besoins Chauffage	4 329	3 412	2 942	4 651	3 724	3 238	kWh/an
Ratio	22,1	17,4	15,0	23,7	19,0	16,5	kWh/an.m²
	0,013	0,012	0,012	0,014	0,013	0,012	kWh/DJU.m²
		-21%	-32%	7%	-14%	-25%	Ecart besoin
Primaire chauf + Clim							
Consommation	8023	6323	5452	8620	6902	6001	kWh/an
		-21%	-32%	7%	-14%	-25%	Ecart besoin
Bilan confort							
Zone considérée : Séjour							
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Tmax	26,81	28,86	29,33	29,25	30,51	31,55	°C
Durée >28°C	0	7	94	134	545	864	Heures
DH été (base 28)	0	2	53	74	551	1577	DH
Indice d'inconfort	0,0%	0,2%	2,9%	4,5%	19,0%	39,5%	%
		7 h	94 h	134 h	545 h	864 h	Ecart durée
Moyen pour toutes les zones							
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Tmax	26,75	27,98	29,26	28,85	30,29	31,58	°C
Durée >28°C	4	27,52	141,45	145	546,26	1049	Heures
DH été (base 28)	1	14,91	107,09	99	511,05	1399,7	DH
Indice d'inconfort	0,2%	1,5%	5,8%	6,0%	17,6%	35,1%	%
		24 h	137 h	141 h	542 h	1 045 h	Ecart durée
Indicateurs environnementaux							
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
MWh EP	21	20	19	22	20	19	MWh/an
Ratio	108	100	95	111	102	98	kWh/m²/an
TonnesCO2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Tonnes/an
Ratio	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	kg/m²/an
		0%	0%	0%	0%	0%	Ecart CO2
g Nucl.	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	g/an
Ratio	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	g/m²/an
		0%	0%	0%	0%	0%	Ecart déchets
Bilan économique							
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Abonnements	102	102	102	102	102	102	€ TTC/an
Electricité	341	341	341	341	341	341	€ TTC/an
Autre	503	419	376	533	448	403	€ TTC/an
Total	946	862	819	976	891	846	€ TTC/an
Ratio	5,3	4,8	4,5	5,4	4,9	4,7	€ TTC/an/m²
		-9%	-14%	3%	-6%	-11%	Ecart coût



COMMENTAIRES

Sur le bâti

Cette rénovation au cœur d'un village présente une forme allongée dans le sens Nord/Sud. Elle a donc un faible potentiel de récupération solaire malgré des vitrages prédominant au sud. Elle est par contre compacte et bénéficie d'une forte inertie due aux murs en pierre isolés par l'extérieur sur les façades sud et à une bonne partie de murs mitoyens à l'est et à l'ouest.

Sur l'énergie

Pour une conception intrinsèquement moins performante que le projet 1, cette maison présente des besoins de chauffage guère plus élevés : **22 kWh/m²/an** contre 20. Ses défauts sont en effet compensés par des surfaces déperditives moins importantes : sol sur terre plein, paroi mitoyennes.

Comme pour le projet 1 l'augmentation de la température extérieure engendre une diminution des besoins de chauffage en hiver. Cette diminution est de **21%** en 2030 et de **32%** en 2050.

L'hiver plus rigoureux en 2003 s'est traduit par une augmentation de **7%** des besoins de chauffage par rapport à la normale.

Sur le confort

De par leur forte inertie liée aux murs en pierre et la protection solaire naturelle du aux bâtiments environnants dont elles bénéficient, les maisons anciennes de village sont en général plus aptes à supporter le soleil d'été. Cela se vérifie sur cette maison qui n'enregistre aucune surchauffe avec le climat actuel.

En 2030, l'inconfort est peu significatif. Il devient perceptible en 2050 **sans toutefois dépasser la barre des 100 heures** pour des températures supérieures à 28°C.

A l'inverse de la maison précédente, cette maison supporte très bien une année caniculaire comme 2003 avec un niveau de confort sensiblement équivalent à 2050. Ceci est du à un climat moins chaud en été et à la configuration de la maison. Le niveau devient par contre difficilement acceptable pour des années caniculaires en 2030 et 2050. La température maximale reste néanmoins **3.5°C inférieure** au projet précédent en 2050 avec **200 heures en moins** d'inconfort.

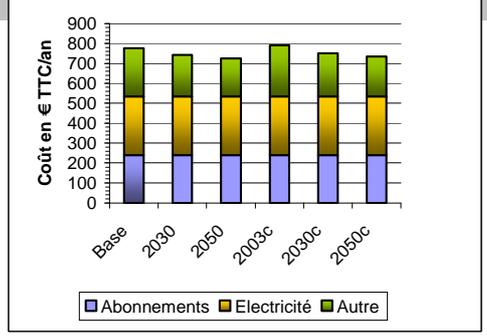
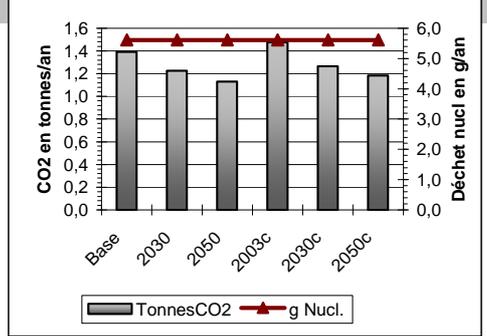
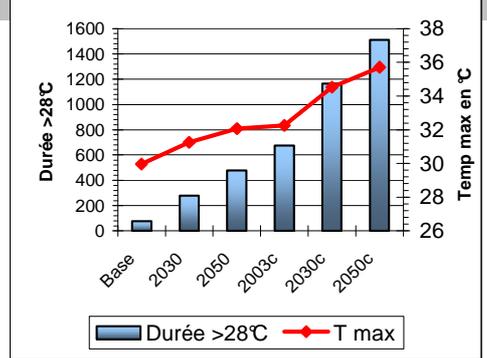
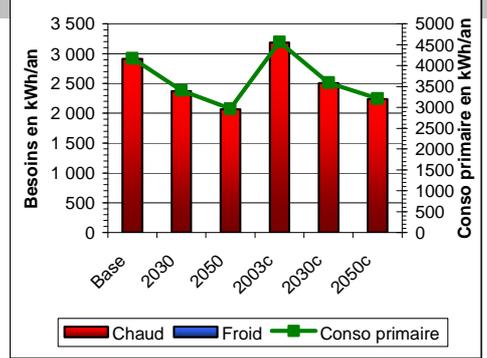
Sur l'environnement

Même remarque que précédemment

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement équivalent au projet précédent avec un ratio de **5 €/an/m²**. L'utilisation du bois pour le chauffage et l'eau chaude avec couplage au solaire permet d'atteindre de bonne performances.

Synthèse des résultats						3 - MI Constructeur (1)
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC						
Caractéristiques principales du projet						
Données générales			Bâti			
Localisation : VERGEZE			Type paroi : Isolation intérieure			
Station météo : Nîmes			Inertie : Faible			
U bât : 0,293 W/m².K			Isolation : Moyenne			
Cep : 30,8 kWh/m².an			Orientation : Sud			
SHAB : 88 m²			Equipement			
SHON : 97 m²			Chauffage : Gaz condensation			
			ECS : Solaire + Gaz naturel			
			Ventilation : Hygro B			
Bilan énergie						
c : année caniculaire						
Chauffage						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
Besoins Chauffage	2 913	2 376	2 069	3 185	2 504	2 240 kWh/an
Ratio	33,1	27,0	23,5	36,2	28,5	25,5 kWh/an.m²
	0,019	0,018	0,017	0,020	0,019	0,018 kWh/DJU.m²
		-18%	-29%	9%	-14%	-23%
c : année caniculaire						
Primaire chauf + Clim						
Consommation	4176	3406	2966	4565	3589	3211 kWh/an
		-18%	-29%	9%	-14%	-23%
Bilan confort						
Zone considérée : Séjour						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
Tmax	30,52	31,87	32,63	32,77	35,19	36,36 °C
Durée >28°C	101	327	471	609	918	1101 Heures
DH été (base 28)	84	392	824	1209	2785	4368 DH
Indice d'inconfort	6,8%	16,1%	24,0%	31,9%	50,9%	62,6%
		226 h	370 h	508 h	817 h	1 000 h
Moyen pour toutes les zones						
Tmax	29,97	31,25	32,07	32,25	34,53	35,71 °C
Durée >28°C	76	280	479	675	1165	1510 Heures
DH été (base 28)	51	262	623	929	2347	3844 DH
Indice d'inconfort	4,1%	10,7%	18,2%	24,5%	42,9%	55,1%
		204 h	403 h	599 h	1 089 h	1 434 h
Indicateurs environnementaux						
MWh EP						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
	15	14	13	15	14	14 MWh/an
Ratio	165	156	151	169	158	154 kWh/m2/an
TonnesCO2						
	1,4	1,2	1,1	1,5	1,3	1,2 Tonnes/an
Ratio	15,8	13,9	12,9	16,8	14,4	13,5 kg/m2/an
		-12%	-19%	6%	-9%	-15%
g Nucl.						
	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6 g/an
Ratio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06 g/m2/an
		0%	0%	0%	0%	0%
Bilan économique						
Abonnements						
	240	240	240	240	240	240 € TTC/an
Electricité						
	294	294	294	294	294	294 € TTC/an
Autre						
	241	209	190	258	217	201 € TTC/an
Total	775	743	724	792	750	734 € TTC/an
Ratio	9,4	9,0	8,8	9,6	9,1	8,9 € TTC/an/m2
		-4%	-7%	2%	-3%	-5%



COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Cette maison de lotissement présente une forme compacte avec une orientation sud. L'importante baie vitrée au sud est bien protégée en été par l'auvent. Sa profondeur est toutefois trop importante pour profiter pleinement des apports solaires d'hiver.

Sur l'énergie

Le niveau de performance est assez modeste pour une maison BBC. Le ratio de besoins de chauffage s'élève en effet à **33 kWh/m²/an en base**. Ce résultat est à mettre sur le compte d'une isolation moyenne et d'une récupération solaire non optimisée.

Les remarques concernant les autres climats sont identiques à celles décrites dans les projets précédents

Sur le confort

En base ce projet est plus défavorable que le projet 1 simulé avec le même climat. Sa température maximale atteint **30°C** pour une durée d'inconfort de **101 heures**. Malgré une bonne protection solaire de la baie vitrée, sa faible inertie ne lui permet pas d'atténuer efficacement les pointes de chaleur.

Dès 2030 l'inconfort devient significatif en atteignant **280 heures** pour une température maximale de **31°C**. En 2050 on dépasse **400 heures** d'inconfort tout en restant à un niveau inférieur à l'année 2003 où on atteint plus de 600 heures.

Les autres climats génèrent une croissance exponentielle pour atteindre 1500 heures d'inconfort en 2050 pour une journée caniculaire, soit 240 à 500 heures de plus que les projets précédents.

On peut par ailleurs remarquer que l'indice d'inconfort qui tournait autour de 34% pour les 2 autres projets en 2050 caniculaire est ici de 55%. Cet indicateur témoigne de la capacité du bâtiment à affronter la chaleur en été.

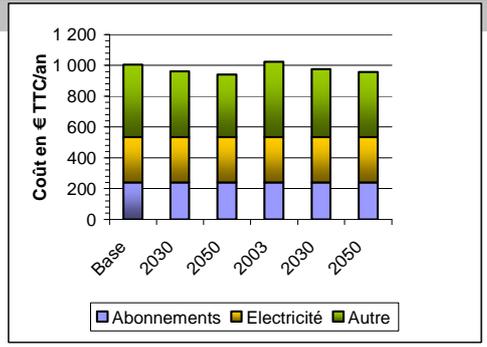
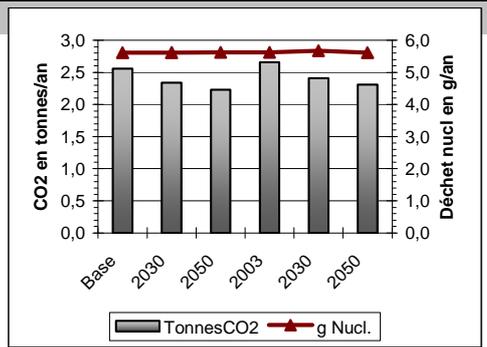
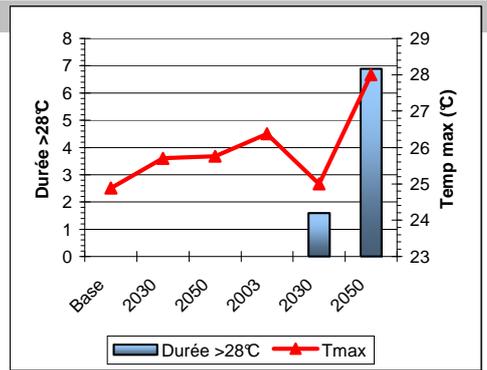
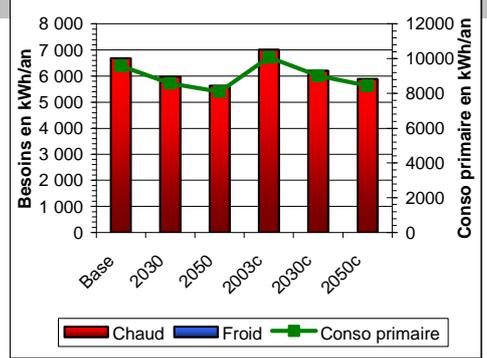
Sur l'environnement

L'utilisation du chauffage au gaz comme chauffage génère au m² **10 à 15 fois plus de CO₂** que les projets précédents chauffés au bois. On peut dans ce cas constater que l'évolution de ce paramètre par rapport au climat est du même type que celle concernant les besoins de chauffage.

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est quasiment **2 fois plus élevé** que les projets précédents. Ce paramètre est néanmoins à relativiser compte tenu de la petite taille du projet

Synthèse des résultats						3 - MI Constructeur (2)
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC						
Caractéristiques principales du projet						
Données générales			Bâti			
Localisation : VERGEZE			Type paroi : Isolation intérieure			
Station météo : Mendes			Inertie : Faible			
U bât : 0,293 W/m².K			Isolation : Moyenne			
Cep : 30,8 kWh/m².an			Orientation : Sud		Maison construite à Vergèze	
SHAB : 88 m²			Equipement			
SHON : 97 m²			Chauffage : Gaz condensation			
			ECS : Solaire + Gaz naturel			
			Ventilation : Hygro B			
Bilan énergie						
c : année caniculaire						
Chauffage						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
Besoins Chauffage	6 689	5 980	5 629	7 012	6 210	5 890 kWh/an
Ratio	76,0	68,0	64,0	79,7	70,6	66,9 kWh/an.m²
	0,022	0,022	0,022	0,023	0,022	0,023 kWh/DJU.m²
		-11%	-16%	5%	-7%	-12%
						Ecart besoin
Primaire chauff + Clim						
Consommation	9589	8578	8092	10078	9006	8443 kWh/an
		-11%	-16%	5%	-6%	-12%
						Ecart besoin
Bilan confort						
Zone considérée : Séjour						
	Base	2030	2050	2003	2030	2050
Tmax	25,52	26,33	26,38	26,92	28,27	28,53 °C
Durée >28°C	0	0	0	0	3	12 Heures
DH été (base 28)	0	0	0	0	1	4 DH
Indice d'inconfort	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%
		0 h	0 h	0 h	3 h	12 h
						Ecart durée
Moyen pour toutes les zones						
Tmax	24,88	25,7	25,76	26,38	25	28 °C
Durée >28°C	0	0	0	0	1,59	6,89 Heures
DH été (base 28)	0	0	0	0	0,33	2,34 DH
Indice d'inconfort	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%
		0 h	0 h	0 h	2 h	7 h
						Ecart durée
Indicateurs environnementaux						
MWh EP	Base	2030	2050	2003	2030	2050
	20	19	18	20	19	19 MWh/an
Ratio	226	215	209	232	220	213 kWh/m2/an
TonnesCO2	2,6	2,3	2,2	2,7	2,4	2,3 Tonnes/an
Ratio	29,1	26,6	25,3	30,2	27,4	26,3 kg/m2/an
		-9%	-13%	4%	-6%	-10%
						Ecart CO2
g Nucl.	5,6	5,6	5,6	5,6	5,7	5,6 g/an
Ratio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06 g/m2/an
		0%	0%	0%	1%	0%
						Ecart déchets
Bilan économique						
Abonnements	Base	2030	2050	2003	2030	2050
	240	240	240	240	240	240 € TTC/an
Electricité	294	294	294	294	294	294 € TTC/an
Autre	471	428	406	490	442	422 € TTC/an
Total	1 005	961	940	1024	975	956 € TTC/an
Ratio	12,3	11,7	11,5	12,5	11,9	11,7 € TTC/an/m2
		-4%	-7%	2%	-3%	-5%
						Ecart coût



COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Cette maison de lotissement présente une forme compacte avec une orientation sud. L'importante baie vitrée au sud est bien protégée en été par l'auvent. Sa profondeur est toutefois trop importante pour profiter pleinement des apports solaires d'hiver.

Cette maison construite dans le sud a été artificiellement mis ici avec le climat de MENDE. (Absence de projets BBC). Les mêmes caractéristiques ont été conservées.

Sur l'énergie

Le niveau d'isolation n'étant pas adapté au climat, on obtient un niveau de consommation incohérent avec le label BBC. La consommation s'élève en effet ici à **76 kWh/m2/an** avec le climat de base.

Même remarques que précédemment concernant les évolutions avec les climats 2030 et 2050

Sur le confort

On peut constater que ce type de maison ne commence à présenter un inconfort qu'à partir de 2030 pour une année caniculaire. Mais le niveau reste peu significatif avec seulement **7 heures** de dépassement en 2050 pour une température intérieure ne dépassant pas **28°C**.

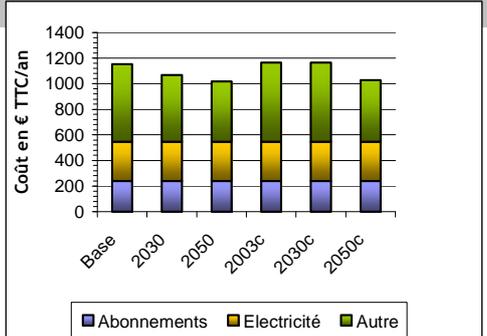
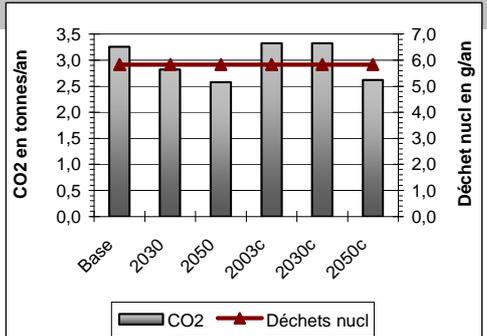
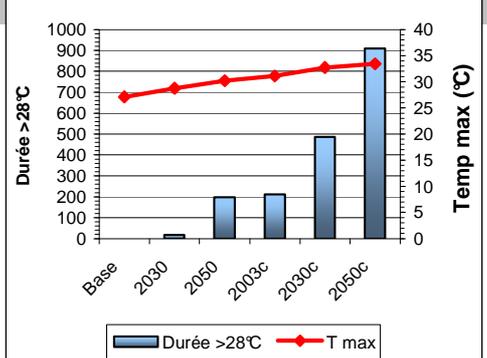
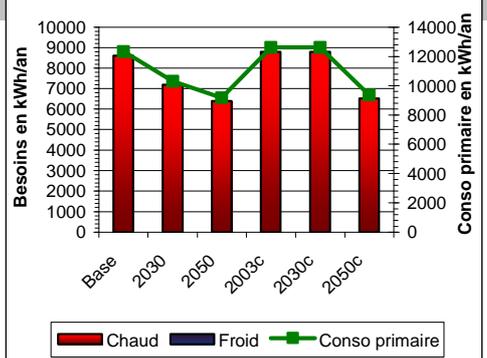
Sur l'environnement

L'impact sur les émissions de CO2 et des déchets radioactifs est quasiment multiplié par 2 par rapport au climat de Nîmes.

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement est augmenté d'environ 20% par rapport au climat de Nîmes.

Synthèse des résultats							4 - MI Lotissmnt rénov	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC								
Caractéristiques principales du projet								
Données générales			Bâti					
Localisation : CLAPIERS Station météo : Carcassonne <i>(Maison située en réalité à Montpellier)</i> U bât : 0,612 W/m².K Cep : 47,91 kWh/m².an			Type paroi : Isolation intérieure Inertie : Faible Isolation : Faible Orientation : Quelconque					
SHAB : 158 m2 SHON : 199 m2			Equipement					
			Chauffage : Gaz condensation ECS : Solaire + gaz Ventilation : Hygro B					
Bilan énergie								
c : année caniculaire								
Chauffage								
		Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Besoins		8603	7197	6400	8801	8801	6526	kWh/an
Ratio		54	46	41	56	56	41	kWh/an.m²
		0,029	0,028	0,027	0,029	0,034	0,028	kWh/DJU.m²
			-16%	-26%	2%	2%	-24%	Ecart besoin
Primaire chauff + Clim								
Consommation		12332	10316	9174	12615	12615	9354	kWh/an
			-16%	-26%	2%	2%	-24%	Ecart besoin
Bilan confort								
Zone considérée : Séjour								
		Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Tmax		27,67	29,27	30,65	31,75	33,2	34,07	°C
Durée >28°C		0	30	166	176	365	656	Heures
DH été (base 28)		0	15	240	306	778	1751	DH
Indice d'inconfort		0,0%	1,0%	11,0%	12,0%	18,9%	33,2%	%
			30 h	166 h	176 h	365 h	656 h	Ecart durée
Moyen pour toutes les zones								
Tmax		27,09	28,75	30,2	31,14	32,74	33,42	°C
Durée >28°C		0	18	199	212	487	909	Heures
DH été (base 28)		0	16	171	232	650	1493	DH
Indice d'inconfort		0,0%	1,1%	7,8%	9,1%	15,8%	28,3%	%
			18 h	199 h	212 h	487 h	909 h	Ecart durée
Indicateurs environnementaux								
Energie primaire		Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	MWh/an
Ratio		24	21	20	24	24	21	kWh/m2/an
		149	136	129	151	151	130	
CO2		3,3	2,8	2,6	3,3	3,3	2,6	Tonnes/an
Ratio		20,6	17,9	16,3	21,0	21,0	16,6	kg/m2/an
			-13%	-21%	2%	2%	-20%	Ecart CO2
Déchets nucl		5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	g/an
Ratio		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	g/m2/an
			0%	0%	0%	0%	0%	Ecart déchets
Bilan économique								
Abonnements		Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	€ TTC/an
Electricité		240	240	240	240	240	240	€ TTC/an
Autre		306	306	306	306	306	306	€ TTC/an
Autre		607	522	474	619	619	481	€ TTC/an
Total		1153	1068	1019	1165	1165	1027	€ TTC/an
Ratio		7,9	7,3	6,9	8,0	8,0	7,0	€ TTC/an/m2
			-8%	-12%	1%	1%	-11%	Ecart coût



COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Il s'agit de la rénovation d'une maison des années 60. L'isolation effectuée par l'intérieur est relativement modeste (le plus faible des 10 projets). La conception même de la maison rend difficile une bonne optimisation en particulier en hiver.

Les protections végétales dues aux sapins n'ont pas été prises en compte dans les simulations

Sur l'énergie

Compte tenu des caractéristiques de la maison évoquées ci-dessus, les besoins de chauffage sont assez élevés. Ils s'élèvent en effet à **54 kWh/m²/an** en base.

Même remarques que précédemment concernant les évolutions avec les climats 2030 et 2050

Sur le confort

A l'inverse du chauffage ce projet présente de meilleurs résultats en été. L'inconfort est en effet nul aujourd'hui et peu significatif jusqu'en 2030.

Il devient significatif en 2050 avec un dépassement de **166 heures** pour une température intérieure de **31°C**.

Cette maison supporte relativement bien une année caniculaire comme 2003 avec un niveau de confort sensiblement équivalent à 2050. Comme pour les autres projets, l'inconfort devient par contre plus problématique pour les années caniculaires en 2030 et 2050.

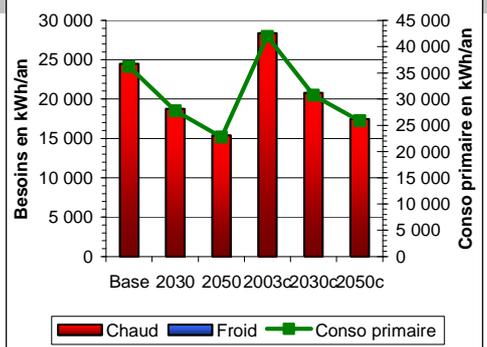
Sur l'environnement

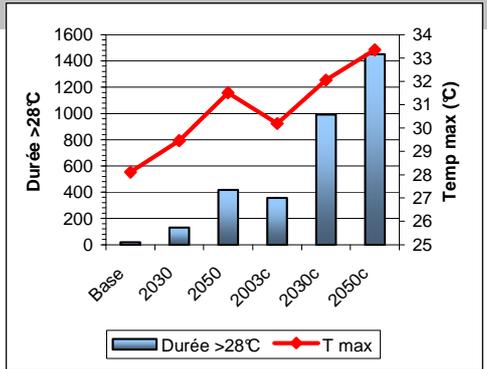
Même remarque que précédemment

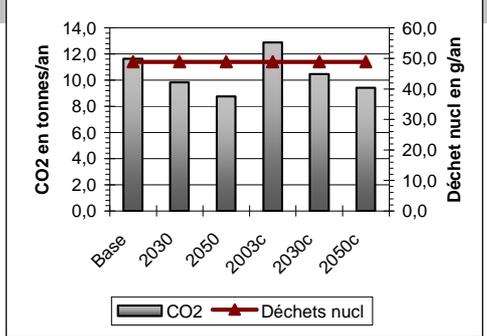
Sur le bilan économique

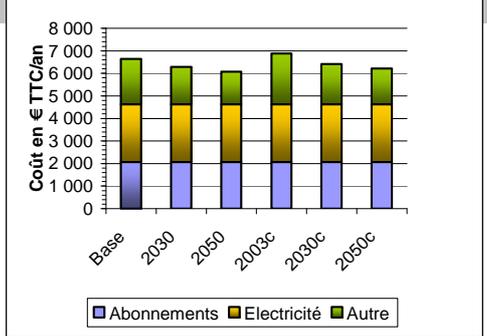
Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est de **8 €/an/m²**.

Synthèse des résultats						5 - COLL Parpaing	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC							
Caractéristiques principales du projet							
Données générales			Bâti				
Localisation	PERPIGNAN		Type paroi :	Iso int + ext			
Station météo	Perpignan		Inertie :	Moyenne			
U bât	0,29 W/m².K		Isolation :	Moyenne			
Cep	38 kWh/m².an		Orientation :	Sud			
SHAB			Equipement				
SHON	805 m2		Chauffage :	Gaz à condensation			
Nombre de lgts :	966 m2		ECS :	Solaire + gaz			
	14		Ventilation :	Hygro B			
Bilan énergie							
<i>c : année caniculaire</i>							
Chauffage							
Besoins	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
	24 483	18 787	15 399	28 366	20 788	17 473	
Ratio	30	23	19	35	26	22	
	0,021	0,019	0,017	0,023	0,020	0,019	
		-23%	-37%	16%	-15%	-29%	
						Ecart besoin	
Primaire chauff + Clim							
Consommation	36 199	27 778	22 768	41 941	30 736	25 835	
		-23%	-37%	16%	-15%	-29%	
						Ecart besoin	
Bilan confort							
Zone considérée : Séjour							
Tmax	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
	29,29	30,63	32,79	31,42	33,41	34,61	
Durée >28°C	52	280	604	533	935	1147	
DH été (base 28)	19	238	820	671	2141	3735	
Indice d'inconfort	4%	17%	37%	32%	61%	78%	
		228 h	552 h	481 h	883 h	1 095 h	
						Ecart durée	
Moyen pour toutes les zones							
Tmax	28,11	29,46	31,51	30,19	32,05	33,35	
Durée >28°C	18	130	418	357	991	1451	
DH été (base 28)	6	88	401	291	1269	2668	
Indice d'inconfort	1%	6%	18%	14%	36%	56%	
		112 h	400 h	339 h	973 h	1 433 h	
						Ecart durée	
Indicateurs environnementaux							
Energie primaire	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
	125	116	111	130	119	114	
Ratio	155	144	138	162	148	142	
CO2	11,7	9,8	8,8	12,9	10,5	9,4	
Ratio	14,5	12,2	10,9	16,0	13,0	11,7	
		-16%	-25%	11%	-10%	-19%	
						Ecart CO2	
Déchets nucl	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	
Ratio	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
		0%	0%	0%	0%	0%	
						Ecart déchets	
Bilan économique							
Abonnements	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
	2 067	2 067	2 067	2 067	2 067	2 067	
Electricité	2 555	2 555	2 555	2 555	2 555	2 555	
Autre	2 026	1 669	1 457	2 269	1 795	1 587	
Total	6 647	6 291	6 079	6 890	6 416	6 208	
Ratio	8,8	8,3	8,0	9,2	8,5	8,2	
		-6%	-9%	4%	-4%	-7%	
						Ecart coût	









COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Ce projet bénéficie d'une bonne conception avec une façade sud largement vitrée et l'absence de vitrages à l'ouest et à l'est. Il est constituée d'une isolation extérieure et intérieure avec une prédominance de cette dernière.

Sur l'énergie

Malgré sa conception avantageuse, les besoins de chauffage avec un ratio de **30 kWh/m²/an** sont relativement élevés. Le bâtiment présente l'inconvénient d'être sur un vide sanitaire qui a pour effet d'augmenter les déperditions.

Par rapport aux remarques précédentes qui sont aussi applicables ici, on peut constater un impact plus fort du changement du climat sur les besoins. En 2050 la diminution des besoins est de **37%** alors qu'elle était située entre 26 et 33% pour les projets précédents se trouvant en bordure du littoral.

Sur le confort

En base l'inconfort est faible. Il devient significatif en 2030 mais sans atteindre un niveau très élevé : **130 heures** pour une température de **29.5°C** .

Il devient plus conséquent dès 2050. avec plus de 400 heures. On constate comme pour les projets 2 et 4 que le comportement en 2050 est proche de celui observé en 2003.

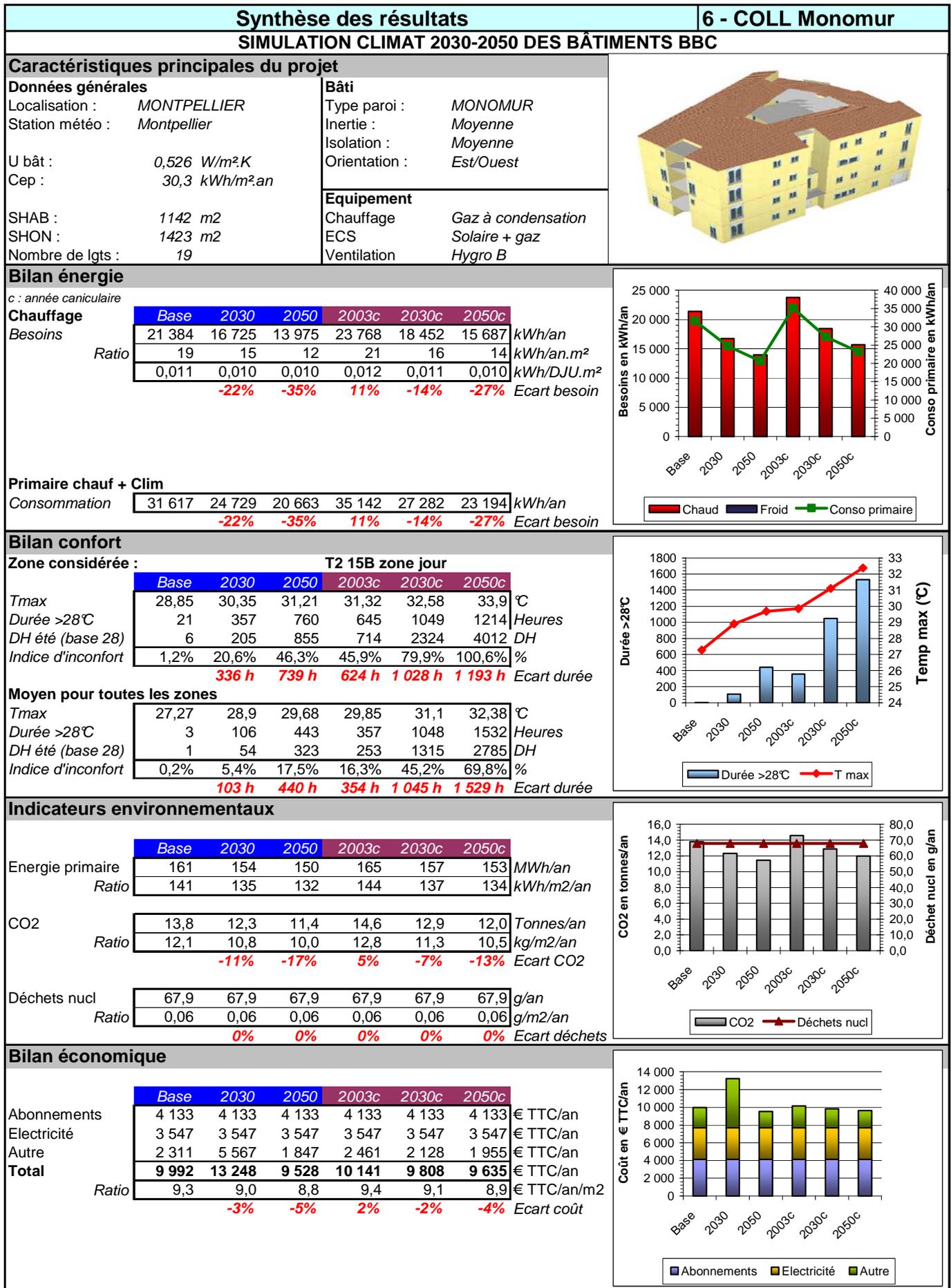
Le niveau atteint pour une année caniculaire en 2050 est de **1400 heures**, soit le même niveau que le projet 3 avec le climat de Nîmes.

Sur l'environnement

Même remarque que précédemment

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement équivalent au projet précédent avec un ratio de **9 €/an/m²**.



COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Ce projet bénéficie d'une orientation moins favorable que le projet précédent. Il présente par contre une plus forte compacité et un niveau d'isolation des parois plus important.

Sur l'énergie

Par rapport à des maisons en bande, un immeuble collectif a l'avantage de présenter moins de surfaces extérieures. Cela se vérifie ici avec des besoins de chauffage de **19 kWh/m²/an** moins élevés que le projet précédent alors que le bâtiment profite moins des apports solaires en hiver.

Sur le confort

En base l'inconfort est faible. Il devient significatif en 2030 mais sans atteindre un niveau très élevé : **106 heures** pour une température de **28.9°C** .

Il devient plus conséquent dès 2050. avec plus de 400 heures. On constate comme pour les projets 2, 4 et 5 que le comportement en 2050 est proche de celui observé en 2003.

Le niveau atteint pour une année caniculaire en 2050 est de **1500 heures**, soit un niveau légèrement plus élevé que le projet précédent.

Le profil d'inconfort est proche de celui du projet précédent.

Sur l'environnement

Même remarque que précédemment

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement équivalent au projet précédent avec un ratio de **9 €/an/m²**.

Synthèse des résultats						7 - COLL Béton
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC						
Caractéristiques principales du projet						
Données générales			Bâti			
Localisation : CANDILLARGUES Station météo : Montpellier			Type paroi : Isolation extérieure + ossature bois Inertie : Forte Isolation : Moyenne Orientation : Sud			
U bât : 0,425 W/m².K Cep : 37,56 kWh/m².an			Equipement Chauffage : PAC air extrait + Elec ECS : Solaire + gaz Ventilation : Double flux température			
SHAB : 1515 m² SHON : 1804 m² Nombre de lgts : 24						
Bilan énergie						
Chauffage						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
Besoins	15 030	10 671	8 684	17 124	12 403	10 290
Ratio	10	7	6	11	8	7
	0,006	0,005	0,004	0,007	0,006	0,005
		-29%	-42%	14%	-17%	-32%
						Ecart besoin
Primaire chauff + Clim						
Consommation	34 077	24 192	19 688	38 823	28 121	23 328
		-29%	-42%	14%	-17%	-32%
						Ecart besoin
Bilan confort						
Zone considérée : T4 R séjour						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
Tmax	28,78	30,4	31,07	31,58	32,62	33,95
Durée >28°C	16	435	806	795	1079	1243
DH été (base 28)	4	244	947	1008	2499	4274
Indice d'inconfort	0,8%	24,5%	51,3%	61,4%	86,0%	107,1%
		6%	8%	10%	13%	18%
						Ecart T max
Moyen pour toutes les zones						
Tmax	27	28,43	29,01	29,46	30,6	31,89
Durée >28°C	1	62	315	329	975	1520
DH été (base 28)	0	27	185	229	999	2361
Indice d'inconfort	0,0%	0,0%	10,0%	13,9%	34,4%	59,2%
		5%	7%	9%	13%	18%
						Ecart T max
Indicateurs environnementaux						
Energie primaire						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
	207	198	193	212	208	205
Ratio	137	130	127	140	137	135
CO2						
	10,0	9,5	9,3	10,3	9,8	9,6
Ratio	6,6	6,3	6,1	6,8	6,5	6,3
		-5%	-7%	2%	-2%	-5%
						Ecart CO2
Déchets nucl						
	112,3	106,9	104,4	114,9	113,0	111,5
Ratio	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
		-5%	-7%	2%	1%	-1%
						Ecart déchets
Bilan économique						
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c
Abonnements	3 271	3 271	3 271	3 271	3 271	3 271
Electricité	5 937	5 635	5 498	6 082	5 755	5 609
Autre	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705	1 705
Total	10 913	10 612	10 474	11 058	10 732	10 585
Ratio	7,7	7,5	7,4	7,8	7,6	7,5
		-3%	-4%	1%	-2%	-3%
						Ecart coût

COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Ce projet bénéficie à la fois d'une bonne orientation, d'une bonne compacité avec un sol sur terre plein à l'inverse des 3 projets précédents et d'une isolation correcte sans être exceptionnelle.

Sur l'énergie

Compte tenu des caractéristiques décrites précédemment, ce projet obtient de meilleures performances que le projet précédent. Ses besoins de chauffage s'élèvent à seulement **10 kWh/m²/an** en version de base, soit 9 kWh de moins que le projet 6.

Sur le confort

En base l'inconfort est faible. Il reste satisfaisant en 2030 avec seulement **62 heures d'inconfort** pour une température de **28.4°C**.

Il devient plus conséquent dès 2050. avec plus de **315 heures**. On constate comme pour les projets 2, 4, 5 et 6 que le comportement en 2050 est proche de celui observé en 2003.

Le niveau atteint pour une année caniculaire en 2050 est de **1500 heures**, soit un niveau proche du projet précédent.

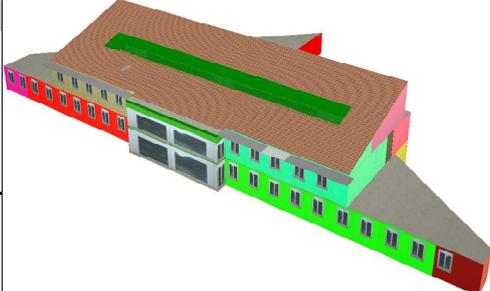
Le profil d'inconfort reste relativement proche de celui du projet 6 avec un léger avantage en 2050.

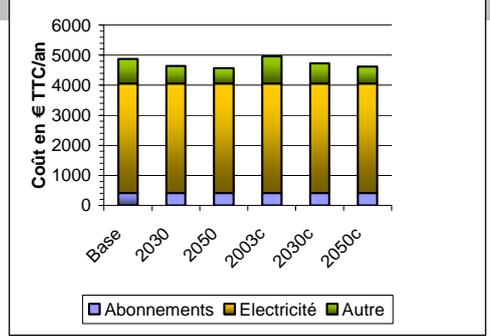
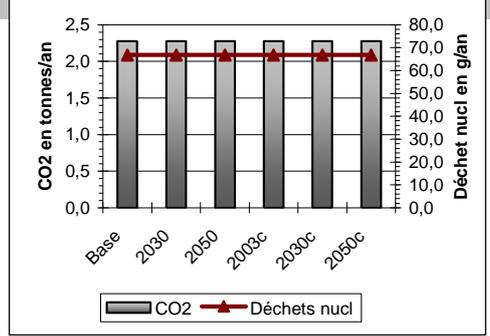
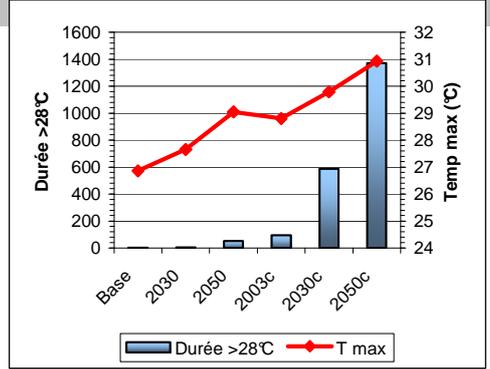
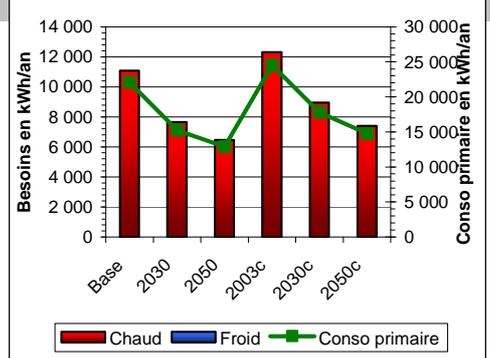
Sur l'environnement

Même remarque que précédemment

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement plus faible que les projets précédents avec un ratio de **moins de 8 €/an/m²** en base.

Synthèse des résultats							8 - TER Bureaux	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC								
Caractéristiques principales du projet								
Données générales				Bâti				
Localisation : VILLEVEYRAC Station météo : Montpellier U bât : 0,258 W/m².K Cep : 29,02 kWh/m².an				Type paroi : THERMOPIERRE 50 Inertie : Forte Isolation : Forte Orientation : Sud				
SHAB : 1960 m2 SHON : 2183 m2				Equipement				
				Chauffage : Bois plaquettes ECS : Solaire + électricité Ventilation : Double flux				
Bilan énergie								
c : année caniculaire								
Chauffage								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		
Besoins	11 098	7 656	6 471	12 313	8 946	7 410	kWh/an	
Ratio	6	4	3	6,3	4,6	3,8	kWh/an.m²	
	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	kWh/DJU.m²	
		-31%	-42%	11%	-19%	-33%	Ecart besoin	
Primaire chauff + Clim								
Consommation	22 087	15 237	12 878	24 505	17 804	14 747	kWh/an	
		-31%	-42%	11%	-19%	-33%	Ecart besoin	
Bilan confort								
Zone considérée : Etage bureau sud aile Est								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		
Tmax	28,81	29,19	30,96	30,59	31,29	32,05	°C	
Durée >28°C	15	36	226	239	541	667	Heures	
DH été (base 28)	5	15	135	215	973	2447	DH	
Indice d'inconfort	1,0%	1,5%	7,3%	13,1%	33,5%	61,3%	%	
			21 h	211 h	224 h	526 h	652 h	Ecart durée
Moyen pour toutes les zones								
Tmax	26,86	27,65	29,04	28,8	29,79	30,93	°C	
Durée >28°C	1	4,44	50,56	94	586,85	1369,6	Heures	
DH été (base 28)	0,3	1,38	21,54	40	365,61	1482,2	DH	
Indice d'inconfort	0,1%	0,1%	1,2%	2,4%	12,6%	37,1%	%	
			3 h	50 h	93 h	586 h	1 369 h	Ecart durée
Indicateurs environnementaux								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		
Energie primaire	129	122	120	131	125	121	MWh/an	
Ratio	66	62	61	67	64	62	kWh/m2/an	
CO2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	Tonnes/an	
Ratio	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	kg/m2/an	
		0%	0%	0%	0%	0%	Ecart CO2	
Déchets nucl	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	g/an	
Ratio	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	g/m2/an	
		0%	0%	0%	0%	0%	Ecart déchets	
Bilan économique								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c		
Abonnements	413	413	413	413	413	413	€ TTC/an	
Electricité	3639	3639	3639	3639	3639	3639	€ TTC/an	
Autre	830	593	512	914	682	576	€ TTC/an	
Total	4881	4645	4563	4965	4733	4628	€ TTC/an	
Ratio	2,7	2,6	2,5	2,8	2,6	2,6	€ TTC/an.m2	
		-5%	-7%	2%	-3%	-5%	Ecart coût	



COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Comme pour le projet précédent ce projet bénéficie à la fois d'une bonne orientation et d'une bonne compacité avec un sol sur terre plein. Il a en plus une très bonne isolation.

Sur l'énergie

Compte tenu des caractéristiques décrites précédemment, ce projet obtient de très bons résultats avec des besoins de chauffage qui s'élèvent à seulement **10 kWh/m²/an** en version de base. En 2050, le bâtiment devrait consommer **40%** de moins qu'aujourd'hui.

Sur le confort

En base et en 2030 l'inconfort est quasi inexistant. Il reste satisfaisant en 2050 et même en 2003 avec une durée d'inconfort **qui ne dépasse pas 100 heures** pour une température intérieure qui reste en moyenne inférieure à **30°C**.

On peut observer de l'inconfort uniquement pour des années caniculaires en 2030 et 2050. Dans ce cas les durées peuvent atteindre **600 à 1400 heures**.

Sur l'environnement

L'utilisation du bois d'élitage en plaquettes comme source principale permet à ce projet d'avoir un très bas niveau d'émission de CO₂. Il s'élève seulement à **1.2 kg/m²/an**, soit 5 fois moins que le projet précédent.

Sur le bilan économique

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement est très faible : **moins de 3 €/an/m²** en base.

Synthèse des résultats **9 - TER Crèche**

SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC

Caractéristiques principales du projet

Données générales

Localisation : ARAMON
 Station météo : Nîmes
 U bât : 0,415 W/m².K
 Cep : 110,7 kWh/m².an
 SHAB : 383,4 m²
 SHON : 429,7 m²
 S clim : 285 m³

Bâti

Type paroi : ITR + ITI
 Inertie : Moyenne
 Isolation : Moyenne
 Orientation : Sud

Equipement

Chauffage : PAC Air/Eau + élec
 Climatisation : PAC Air/Eau
 ECS : Solaire + élec
 Ventilation : Double flux



Bilan énergie

c : année caniculaire

Chauffage

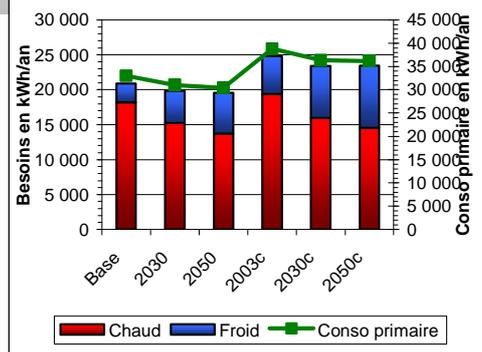
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Besoins	18 192	15 261	13 736	19 370	15 948	14 527	kWh/an
Ratio	47	40	36	50,5	41,6	37,9	kWh/an.m²
	0,027	0,027	0,027	0,029	0,027	0,027	kWh/DJU.m²
		-16%	-24%	6%	-12%	-20%	Ecart besoin

Climatisation

	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Besoins	2 728	4 582	5 826	5 444	7 484	8 927	kWh/an
Ratio	7	12	15	14	19,5	23,3	kWh/an.m²
		68%	114%	100%	174%	227%	Ecart besoin

Primaire chauff + Clim

	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Consommation	32 977	31 008	30 390	38 814	36 334	36 171	kWh/an
		-6%	-8%	18%	10%	10%	Ecart besoin



Bilan confort

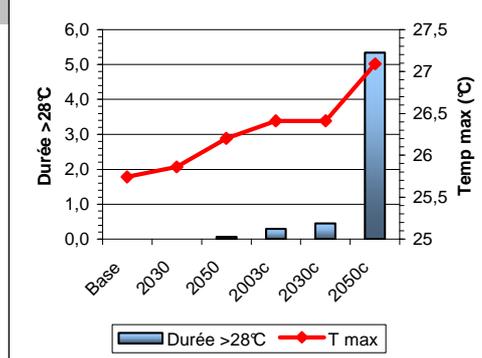
Zone considérée :

Activité 1

	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Tmax	27,09	27,28	28,06	28,44	28,59	29,57	°C
Durée >28°C	0	0	1	4	7	36	Heures
DH été (base 28)	0	0	0	1	2	20	DH
Indice d'inconfort	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	%
		0 h	1 h	4 h	7 h	36 h	Ecart durée

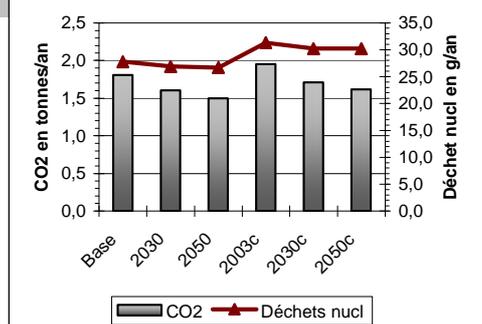
Moyen pour toutes les zones

	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Tmax	25,74	25,86	26,2	26,41	26,41	27,09	°C
Durée >28°C	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	5,3	Heures
DH été (base 28)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	2,4	DH
Indice d'inconfort	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	%
		0 h	0 h	0 h	0 h	5 h	Ecart durée



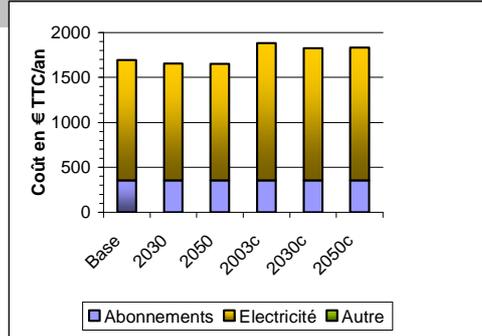
Indicateurs environnementaux

	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Energie primaire	47	45	45	53	51	51	MWh/an
Ratio	124	119	117	139	132	132	kWh/m²/an
CO2	1,8	1,6	1,5	2,0	1,7	1,6	Tonnes/an
Ratio	4,7	4,2	3,9	5,1	4,5	4,2	kg/m²/an
		-11%	-17%	8%	-6%	-11%	Ecart CO2
Déchets nucl	27,8	26,9	26,7	31,3	30,2	30,2	g/an
Ratio	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	g/m²/an
		-3%	-4%	13%	9%	9%	Ecart déchets



Bilan économique

	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c	
Abonnements	352	352	352	352	352	352	€ TTC/an
Electricité	1342	1304	1297	1529	1474	1477	€ TTC/an
Autre	0	0	0	0	0	0	€ TTC/an
Total	1695	1657	1649	1881	1826	1829	€ TTC/an
Ratio	4,8	4,7	4,6	5,3	5,1	5,2	€ TTC/an/m²
		-2%	-3%	11%	8%	8%	Ecart coût



COMMENTAIRES**Sur le bâti**

La forme allongée du bâtiment dans le sens Nord/Sud n'est pas favorable à une optimisation des apports solaires malgré une surface sud largement vitrée. Le bâtiment a par contre une bonne compacité et une isolation correcte sans être exceptionnelle.

Sur l'énergie

Compte tenu des caractéristiques décrites précédemment, ce projet obtient des résultats moyens avec des besoins de chauffage qui s'élèvent à **47 kWh/m²/an** en version de base.

Le gain en 2050 est bien moindre que le projet précédent : **24% contre 40%**. D'autant plus que ce gain est ici en partie annulé par les besoins de climatisation qui doublent entre 2050 et aujourd'hui. Il en résulte une économie globale en énergie primaire bien moindre que celle obtenue pour les projets sans climatisation.

Sur le confort

La présence d'une climatisation permet à ce bâtiment d'obtenir évidemment le niveau de confort fixé par la consigne. On peut juste observer que la climatisation peine à maintenir la température demandée pour des périodes caniculaires.

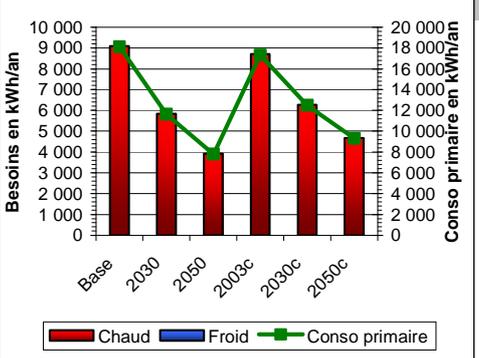
Sur l'environnement

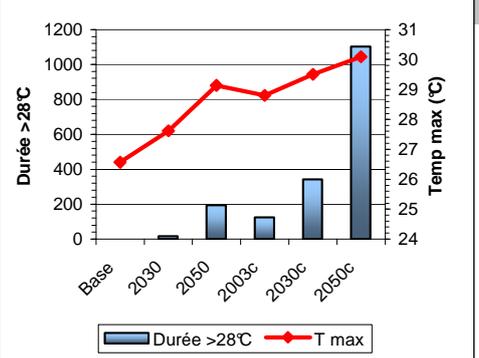
Même s'il reste plus élevé que les projets utilisant le bois, le taux de CO₂ émis par m² est relativement bas du fait de l'utilisation de l'électricité par groupe à compression pour le chauffage.

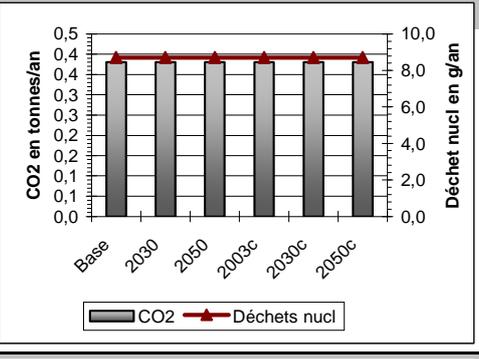
Sur le bilan économique

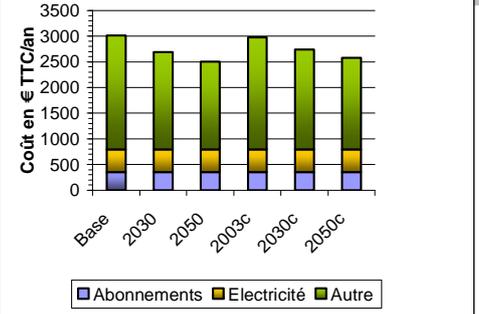
Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement est de **moins de 5 €/an/m²** en base.

Synthèse des résultats						10 - TER Université																		
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC																								
Caractéristiques principales du projet																								
Données générales				Bâti																				
Localisation : PRADES				Type paroi : Iso ext																				
Station météo : Vernet les Bains				Inertie : Forte																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Aile Est</td> <td style="text-align: center;">Aile Ouest</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>U bât :</td> <td style="text-align: center;">0,593</td> <td style="text-align: center;">0,608</td> <td style="text-align: center;">W/m².K</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cep :</td> <td style="text-align: center;">126,7</td> <td style="text-align: center;">115,7</td> <td style="text-align: center;">kWh/m².an</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Aile Est		Aile Ouest				U bât :	0,593	0,608	W/m².K			Cep :	126,7	115,7	kWh/m².an			Isolation : Forte	
	Aile Est	Aile Ouest																						
U bât :	0,593	0,608	W/m².K																					
Cep :	126,7	115,7	kWh/m².an																					
SHAB : 475,12 m2				Orientation : Sud																				
SHON : 647,71 m2				Equipement																				
				Chauffage : Bois																				
				ECS : Solaire + Bois																				
				Ventilation : Double flux																				
Bilan énergie																								
c : année caniculaire																								
Chauffage																								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																		
Besoins	9 093	5 836	3 916	8 706	6 270	4 678																		
Ratio	19	12	8	18,3	13,2	9,8																		
	0,009	0,006	0,005	0,008	0,007	0,005																		
		-36%	-57%	-4%	-31%	-49%																		
						Ecart besoin																		
Primaire chauff + Clim																								
Consommation	18 097	11 615	7 794	17 326	12 478	9 310																		
		-36%	-57%	-4%	-31%	-49%																		
						Ecart besoin																		
Bilan confort																								
Zone considérée : Logement 10																								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																		
Tmax	27,77	29,07	30,41	30,45	31,02	31,86																		
Durée >28°C	0	112	457	361	755	950																		
DH été (base 28)	0	88	802	711	1588	3355																		
Indice d'inconfort	0,0%	19,4%	91,2%	88,3%	97,7%	144,1%																		
		112 h	457 h	361 h	755 h	950 h																		
						Ecart durée																		
Moyen pour toutes les zones																								
Tmax	26,57	27,62	29,13	28,8	29,5	30,09																		
Durée >28°C	0	16,72	194,36	125	342,83	1102,4																		
DH été (base 28)	0	5,4	101,33	68	212,92	894,04																		
Indice d'inconfort	0,0%	1,2%	11,5%	8,4%	13,1%	38,4%																		
		17 h	194 h	125 h	343 h	1 102 h																		
						Ecart durée																		
Indicateurs environnementaux																								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																		
Energie primaire	59	52	48	58	53	50																		
Ratio	123	110	102	122	111	105																		
						Ecart CO2																		
CO2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4																		
Ratio	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8																		
		0%	0%	0%	0%	0%																		
Déchets nucl	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7																		
Ratio	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02																		
		0%	0%	0%	0%	0%																		
						Ecart déchets																		
Bilan économique																								
	Base	2030	2050	2003c	2030c	2050c																		
Abonnements	352	352	352	352	352	352																		
Electricité	437	437	437	437	437	437																		
Autre	2225	1904	1714	2187	1947	1789																		
Total	3015	2693	2504	2977	2736	2579																		
Ratio	6,9	6,2	5,7	6,8	6,3	5,9																		
		-11%	-17%	-1%	-9%	-15%																		
						Ecart coût																		









COMMENTAIRES**Sur le bâti**

Ce projet bénéficie à la fois d'une bonne orientation, d'une bonne compacité avec un sol sur terre plein et d'une bonne isolation.

Le projet concerne des chambres universitaires

Sur l'énergie

Compte tenu des caractéristiques décrites précédemment, ce projet obtient de bons résultats avec des besoins de chauffage qui s'élèvent à **19 kWh/m2/an** en version de base.

Le gain en 2050 est important : **57%**

Sur le confort

En base et en 2030 l'inconfort est quasi inexistant.

Il devient significatif en 2050 avec une durée d'inconfort de **194 heures**.

L'année 2003 reste acceptable avec un niveau de 123 heures.

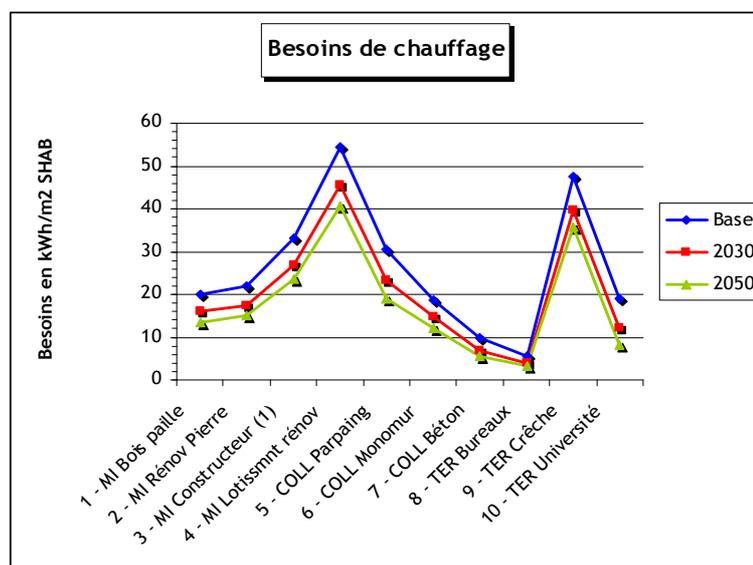
Les périodes caniculaires de 2030 et 2050 sont plus problématiques avec un niveau **de plus de 1000 heures** en 2050.

Sur l'environnement**Sur le bilan économique**

Le coût de fonctionnement de ce projet ramené à la surface chauffée est sensiblement est de **moins de 5 €/an/m2** en base.

7.3. Analyse comparative

7.3.1. Besoins de chauffage



Ces graphiques montrent une grande disparité des besoins de chauffage. Il est délicat de vouloir comparer les projets entre eux compte tenu des nombreux paramètres qui les différencient : site météo, typologie et isolation du bâtiment, équipements de ventilation, usage. On peut néanmoins faire les observations suivantes :

1/ le projet qui consomme le plus (N°4) est aussi celui qui est le moins bien isolé : $U_{bât} = 0.61 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Le projet 9 dont le $U_{bât}$ est plus élevé que celui du projet 8 (respectivement 0.42 et 0.26) a aussi des besoins nettement plus élevés pour un climat sensiblement équivalent en hiver. L'explication de cet écart est aussi à rechercher dans certains choix de matériaux et d'équipements. Le faible facteur solaire des vitrages du projet 9 ne favorise pas les apports solaires (S_w de 0.26 contre 0.42 pour le projet 8). Par ailleurs ce projet ne dispose pas d'une ventilation double flux comme c'est le cas pour les projets 8 et 10.

2/ Pour les maisons individuelles qui se trouvent dans un climat proche, les écarts viennent essentiellement du niveau d'isolation et de la plus ou moins bonne récupération des apports solaires en hiver. Alors que le ratio surface vitrée sur surface habitable est compris entre **16 et 18%** pour les projets 1, 2 et 4, ce ratio n'est que de **12%** pour le projet 3. Le projet 4 est défavorisé par un niveau d'isolation moyen et par des vitrages d'orientation quelconque.

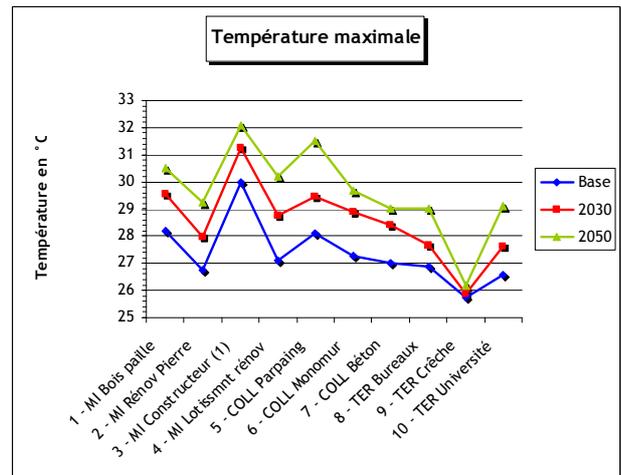
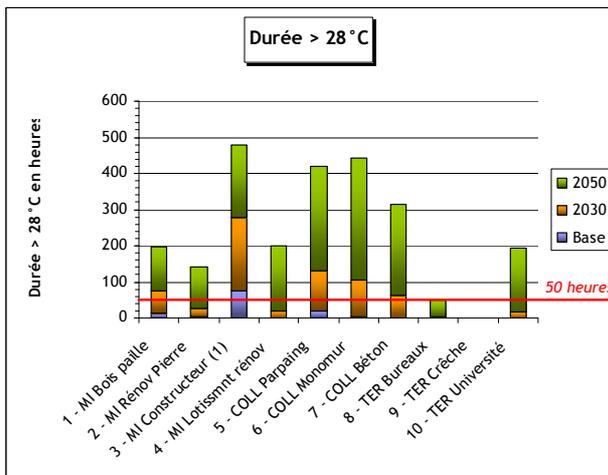
3/ Concernant les projets collectifs les mêmes remarques peuvent être faites. Le projet 5 a la moins forte isolation et le plus faible taux de vitrage : **10%** contre **13 et 17%** pour les projets 6 et 7.

Globalement les besoins de chauffage baissent :

- en maison individuelle : de **16 à 21%** en 2030 et de **26 à 33%** en 2050
- en collectif : de **22 à 29%** en 2030 et de **35 à 42%** en 2050
- en tertiaire : de **16 à 36%** en 2030 et de **24 à 57%** en 2050

Le gain obtenu est d'autant plus élevé que les besoins initiaux sont faibles.

7.3.2. Confort d'été



Il est difficile de tirer une conclusion sur ces résultats qui sont à corrélés à la fois avec le climat et à la fois avec la typologie et la nature des bâtiments. On peut néanmoins observer que les 3 bâtiments les plus chauds se trouvent logiquement dans les zones climatiques les plus chaudes : respectivement Nîmes, Perpignan et Montpellier pour les projets 3, 5, et 6. Les autres bâtiments arrivent à passer le cap de 2030 sans subir un inconfort trop important.

Le projet 3 cumule les handicaps : station la plus chaude, faible inertie, plancher sur vide sanitaire, niveau d'isolation modeste. Le projet 1 qui se trouve aussi à Nîmes et qui a sensiblement le même type d'architecture est nettement plus favorable alors qu'il comporte davantage de vitrages. Il est avantagé par une isolation globalement plus forte mais surtout par une surface habitable et donc des surfaces de parois nettement plus élevées. Pour des apports internes sensiblement équivalents sa faculté d'absorption de l'énergie dans les parois génère un confort plus satisfaisant. Dans le collectif, le projet 5 présente certains critères identiques au projet 3 : isolation moyenne, plancher sur vide sanitaire. La présence de quelques murs à isolation extérieure et de la dalle intermédiaire lui confère davantage d'inertie qui se traduit par un inconfort moins élevé que le projet 3. Le climat plus favorable de Montpellier permet au projet 6 d'être légèrement plus performant.

En 2050, le projet 9, pourvu d'une climatisation, subit une légère hausse de la température tout en restant inférieure à 28°C. Sans climatisation, seul le projet 8 reste confortable avec 50 heures d'inconfort par an. En plus des protections solaires et des ventilations nocturnes adoptées sur tous les projets, ce bâtiment bénéficie en effet de toutes les caractéristiques nécessaires au confort d'été : absence de vitrage est/ouest, forte isolation, forte inertie. Le projet 2 a moins de 150 heures. Tous les autres projets sont au dessus avec le maximum atteint par le projet 3 (479 heures). Ce dernier projet cumule en effet à la fois le climat le plus chaud de la région et une conception non optimisée pour le confort d'été comme on pourra le voir dans l'analyse de sensibilité faite dans le paragraphe suivant.

2030	>50 h	>100 h	>150 h	>200 h
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2050	> 50 h	>100	>150 h	>200 h
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Par rapport à la température maximale, à l'exception de la crèche dont l'augmentation de la température n'est que de **0.1°C à 0.5°C** la hausse des températures maximales pour les autres projets va de **0.8 à 1.7°C** en 2030 et de **2 à 3.4°C** en 2050. Cela suit donc assez fidèlement la hausse prévisible de la température extérieure durant ces périodes. La plus faible hausse sans climatisation est enregistrée pour le projet 8 en 2030 et pour le projet 7 en 2050. L'augmentation maximale est obtenue pour le projet 4 en 2030 et pour le projet 5 en 2050.

8. Analyse de sensibilité

8.1. Méthodologie

Avant de procéder à la recherche des solutions pour améliorer le confort d'été pour chaque projet, une analyse de sensibilité sur différents paramètres a été effectuée.

L'objectif de ce travail préalable est d'établir une échelle du gain possible par amélioration potentiellement envisageable sur le bâti. Elle portera uniquement sur le confort d'été. Outre l'intérêt de cette analyse, cela permettra d'orienter dans un second temps les solutions à étudier sur chaque projet en couplant différentes améliorations.

Compte tenu du nombre important de simulations que cela représente, cette analyse a été effectuée uniquement pour trois projets, une par catégorie de bâtiment :

- 3 MI Constructeur
- 5 COL Parpaing
- 8 TER bureau

Le fichier météo pris en compte est celui de 2030.

Les différents paramètres étudiés sont les suivants :

- **CLIMAT** : suivant le type de climat
- **ISOLATION** : isolation minimale correspondant à la moyenne actuelle et isolation maximale avec amélioration des U des parois extérieures
- **INERTIE PAROIS EXTERIEURES** : suivant le type d'enveloppe
- **INERTIE** : cas de l'ossature bois
- **INERTIE PAROIS INTERIEURES** : suivant la nature des cloisons
- **SOL** : sol sur terre plein ou sur vide sanitaire
- **TOITURE** : suivant le type d'isolant, de support et du niveau de ventilation en sous toiture
- **APPORTS INTERNES** : mis en place d'appareils performants
- **INFILTRATIONS D'AIR** : division par 2 des infiltrations d'air
- **VENTILATION NOCTURNE** : avec et sans ventilation nocturne
- **BRASSEUR d'AIR** : par ventilateur plafonnier

Pour chaque type de bâtiment étudié il est reporté à titre indicatif les résultats correspondant à la période actuelle (1999-2008) et ceux de 2030 suivant la configuration initiale du projet.

Par convention pour chacun des paramètres analysés nous avons fixé des compositions de paroi identiques sur l'ensemble des 3 projets étudiés. Ces compositions ne correspondent donc pas forcément au projet initial. Le coefficient U de chaque paroi correspond à la moyenne des niveaux d'isolation observés sur l'ensemble des projets :

- U_{mur} : 0.30 W/(m².K)
- U_{sol sur Vide Sanitaire (VS)} : 0.30 W/(m².K)
- U_{sol sur Terre Plein (TP)} : 0.40 W/(m².K)
- U_{toit} : 0.20 W/(m².K)

L'obtention du niveau de performance BBC dépendant à la fois du bâti et des équipements, il est possible que certains projets dépassent le niveau autorisé. Il faudrait dans ce cas compenser la diminution des performances de l'enveloppe par des équipements plus performants. Les conclusions pouvant être tirés de l'analyse de sensibilité restent valables, l'important étant d'évaluer ici le gain en valeur relative de chaque option associée au bâti.

Cette méthode présente l'avantage :

1/ de bien mesurer l'incidence du paramètre étudié indépendamment des autres. A enveloppe identique on peut ainsi apprécier la pertinence de ce paramètre par catégorie de bâtiment.

2/ de situer les performances du projet initial par rapport à une configuration minimale liée aux critères de confort d'été. On peut ainsi établir rapidement si le projet de départ présente déjà de bonnes performances ou si au contraire il peut être encore amélioré.

3/ de ne pas considérer les projets étudiés comme des cas particuliers. En leur donnant tous une enveloppe identique, seuls leur conception d'origine et le lieu géographique les caractérisent. Il est ainsi moins hasardeux d'extrapoler les résultats à des bâtiments de même catégorie.

Par exemple dans l'étude du paramètre « ISOLATION », nous avons pour tous considéré un sol sur vide sanitaire alors que le projet 8 est initialement sur terre plein. Il est donc possible que pour ce projet les résultats par rapport au projet initial soient moins favorables quelque soit le niveau d'isolation. Les résultats pourront être inverses pour les autres projets initialement sur vide sanitaire. Le paramètre concernant le type de dalle de rez de chaussée sera étudié indépendamment en prenant cette fois-ci un niveau d'isolation identique pour tous les projets. L'objectif est ici de voir ce qu'apporte chacun des paramètres pris séparément.

CLIMAT

8.1.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence du climat.

Chacun des 3 projets a été simulé à partir des 5 stations météorologiques retenues pour le climat de 2030. Seule la station de Mende qui ne génère aucun problème d'inconfort ne fait pas partie de cette analyse.

Pour tous les projets les simulations ont été réalisées avec les caractéristiques de parois suivantes :

- mur à isolation intérieure composée d'un parpaing de 20 cm et d'un isolant intérieur de moyenne densité de type ouate de cellulose avec enduit de protection
- une isolation minimale correspondant à la moyenne des coefficients U observés sur chaque paroi des 10 projets étudiés. Ces coefficients U permettent aux bâtiments d'atteindre le niveau BBC.
 - . Umur : 0.30 W/(m2.K)
 - . Usol sur vide sanitaire (VS) : 0.30 W/(m2.K)
 - . Utoit : 0.20 W/(m2.K)
- un isolant de toiture léger de type laine de verre en rouleau
- un sol sur vide sanitaire
- des cloisons légères composées de 2 plaques de placoplâtre BA13

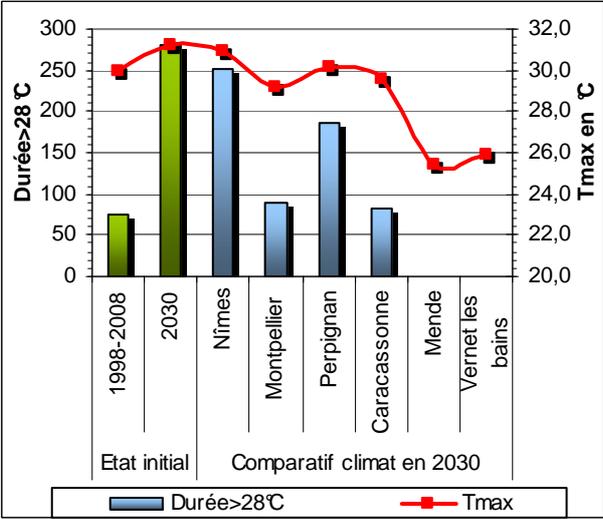
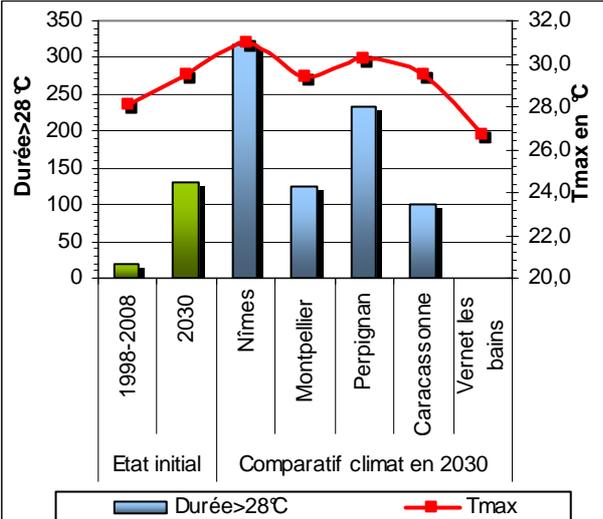
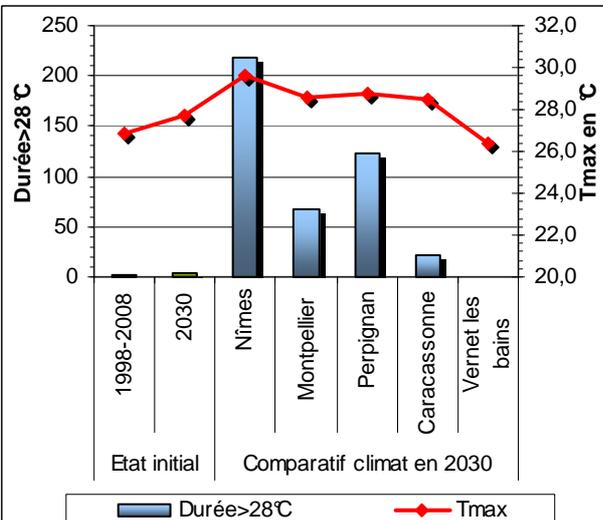
Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après⁵ :

Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso min intérieure moyenne densité	Légère avec isolant léger	Sur vide sanitaire	Légère
	Pour toutes les variantes	Parpaing de 20 cm + ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4 + mortier + carrelage	Cloison 2 x BA13 sans isolant

8.1.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

⁵ Voir détail des parois en annexe « OPTIMISATION : descriptif des parois »

CLIMAT (2030)	COMMENTAIRES																											
<p>3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)</p>  <p>The graph shows the duration of time where temperature is above 28°C (Durée>28°C) and the maximum temperature (Tmax) for different locations and years. The x-axis categories are: 1998-2008 (Etat initial), 2030, Nîmes, Montpellier, Perpignan, Caracassonne, Mende, and Vernet les bains (Comparatif climat en 2030). The left y-axis represents Durée>28°C (0 to 300) and the right y-axis represents Tmax en °C (20,0 to 32,0). Blue bars represent Durée>28°C and a red line with squares represents Tmax.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Location / Year</th> <th>Durée>28°C</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1998-2008</td> <td>~70</td> <td>~29,5</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>~270</td> <td>~31,0</td> </tr> <tr> <td>Nîmes</td> <td>~250</td> <td>~30,5</td> </tr> <tr> <td>Montpellier</td> <td>~90</td> <td>~29,0</td> </tr> <tr> <td>Perpignan</td> <td>~180</td> <td>~30,0</td> </tr> <tr> <td>Caracassonne</td> <td>~80</td> <td>~29,5</td> </tr> <tr> <td>Mende</td> <td>0</td> <td>~25,5</td> </tr> <tr> <td>Vernet les bains</td> <td>0</td> <td>~26,0</td> </tr> </tbody> </table>	Location / Year	Durée>28°C	Tmax (°C)	1998-2008	~70	~29,5	2030	~270	~31,0	Nîmes	~250	~30,5	Montpellier	~90	~29,0	Perpignan	~180	~30,0	Caracassonne	~80	~29,5	Mende	0	~25,5	Vernet les bains	0	~26,0	<p>Le climat de Nîmes, le plus chaud de la région Languedoc Roussillon, génère l'inconfort le plus important. Il ne bénéficie pas de l'influence maritime des stations situées en bordure du littoral. Pour chaque projet, il génère près de 3 fois plus de durée d'inconfort par rapport à Montpellier avec une température maximale atteinte supérieure de 1°C.</p> <p>Il est intéressant de constater que le confort en 2030 à Montpellier n'est pas très éloigné de celui d'aujourd'hui à Nîmes. Cette observation peut être faite en particulier sur le projet 3 dont l'état initial en 2030 n'est pas loin du projet fictif situé à Nîmes (voir « Méthodologie » par 8.1). L'analyse des graphes montre néanmoins une tendance de même type pour les autres projets.</p> <p>En climat normal on a vu que le climat de Perpignan était légèrement plus défavorable que le climat de Carcassonne (5.4.5). On voit ici qu'en 2030 cet écart est beaucoup plus prononcé alors que globalement les degrés heures au dessus de 28°C sont sensiblement équivalents pour les deux sites ("Par 5.6). La différence vient des températures minimales plus basses à Carcassonne qu'à Perpignan (Par 5.4.6). Il en résulte une capacité de rafraîchissement nocturne plus limitée à Perpignan.</p> <p>On peut aussi observer un écart important entre Montpellier et Perpignan. A l'inverse de l'analyse faite précédemment, cette différence est ici due aux degrés-heures >28°C supérieurs à Perpignan : 1437 contre 994 à Montpellier (5.6).</p> <p>Au-delà du type de bâtiment, des aspects architecturaux et du choix des matériaux, on peut d'ores et déjà dire que le projet 8 est le plus favorisé des 3 projets étudiés par rapport au climat.</p>
Location / Year	Durée>28°C	Tmax (°C)																										
1998-2008	~70	~29,5																										
2030	~270	~31,0																										
Nîmes	~250	~30,5																										
Montpellier	~90	~29,0																										
Perpignan	~180	~30,0																										
Caracassonne	~80	~29,5																										
Mende	0	~25,5																										
Vernet les bains	0	~26,0																										
<p>5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)</p>  <p>The graph shows the duration of time where temperature is above 28°C (Durée>28°C) and the maximum temperature (Tmax) for different locations and years. The x-axis categories are: 1998-2008 (Etat initial), 2030, Nîmes, Montpellier, Perpignan, Caracassonne, and Vernet les bains (Comparatif climat en 2030). The left y-axis represents Durée>28°C (0 to 350) and the right y-axis represents Tmax en °C (20,0 to 32,0). Blue bars represent Durée>28°C and a red line with squares represents Tmax.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Location / Year</th> <th>Durée>28°C</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1998-2008</td> <td>~15</td> <td>~28,5</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>~130</td> <td>~30,0</td> </tr> <tr> <td>Nîmes</td> <td>~310</td> <td>~31,5</td> </tr> <tr> <td>Montpellier</td> <td>~120</td> <td>~29,5</td> </tr> <tr> <td>Perpignan</td> <td>~230</td> <td>~30,0</td> </tr> <tr> <td>Caracassonne</td> <td>~100</td> <td>~29,5</td> </tr> <tr> <td>Vernet les bains</td> <td>0</td> <td>~26,5</td> </tr> </tbody> </table>	Location / Year	Durée>28°C	Tmax (°C)	1998-2008	~15	~28,5	2030	~130	~30,0	Nîmes	~310	~31,5	Montpellier	~120	~29,5	Perpignan	~230	~30,0	Caracassonne	~100	~29,5	Vernet les bains	0	~26,5	<p>On peut aussi observer un écart important entre Montpellier et Perpignan. A l'inverse de l'analyse faite précédemment, cette différence est ici due aux degrés-heures >28°C supérieurs à Perpignan : 1437 contre 994 à Montpellier (5.6).</p> <p>Au-delà du type de bâtiment, des aspects architecturaux et du choix des matériaux, on peut d'ores et déjà dire que le projet 8 est le plus favorisé des 3 projets étudiés par rapport au climat.</p>			
Location / Year	Durée>28°C	Tmax (°C)																										
1998-2008	~15	~28,5																										
2030	~130	~30,0																										
Nîmes	~310	~31,5																										
Montpellier	~120	~29,5																										
Perpignan	~230	~30,0																										
Caracassonne	~100	~29,5																										
Vernet les bains	0	~26,5																										
<p>8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)</p>  <p>The graph shows the duration of time where temperature is above 28°C (Durée>28°C) and the maximum temperature (Tmax) for different locations and years. The x-axis categories are: 1998-2008 (Etat initial), 2030, Nîmes, Montpellier, Perpignan, Caracassonne, and Vernet les bains (Comparatif climat en 2030). The left y-axis represents Durée>28°C (0 to 250) and the right y-axis represents Tmax en °C (20,0 to 32,0). Blue bars represent Durée>28°C and a red line with diamonds represents Tmax.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Location / Year</th> <th>Durée>28°C</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1998-2008</td> <td>~5</td> <td>~27,5</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>~5</td> <td>~28,0</td> </tr> <tr> <td>Nîmes</td> <td>~210</td> <td>~30,0</td> </tr> <tr> <td>Montpellier</td> <td>~65</td> <td>~29,0</td> </tr> <tr> <td>Perpignan</td> <td>~120</td> <td>~29,5</td> </tr> <tr> <td>Caracassonne</td> <td>~20</td> <td>~29,0</td> </tr> <tr> <td>Vernet les bains</td> <td>0</td> <td>~26,5</td> </tr> </tbody> </table>	Location / Year	Durée>28°C	Tmax (°C)	1998-2008	~5	~27,5	2030	~5	~28,0	Nîmes	~210	~30,0	Montpellier	~65	~29,0	Perpignan	~120	~29,5	Caracassonne	~20	~29,0	Vernet les bains	0	~26,5				
Location / Year	Durée>28°C	Tmax (°C)																										
1998-2008	~5	~27,5																										
2030	~5	~28,0																										
Nîmes	~210	~30,0																										
Montpellier	~65	~29,0																										
Perpignan	~120	~29,5																										
Caracassonne	~20	~29,0																										
Vernet les bains	0	~26,5																										

8.2. ISOLATION

8.2.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence de l'isolation des parois.

Les 4 grandes familles d'enveloppe étudiées sont désignées par la codification suivante :

- . ITI : Isolation Thermique Intérieure
- . ITE : Isolation Thermique Extérieure
- . ITR : Isolation Thermique Répartie
- . MOB : Mur à Ossature Bois

Pour chacune de ces familles d'enveloppe nous avons étudié deux cas :

Iso min :

- Umur : 0.30 W/(m2.K)
- Usol sur Vide Sanitaire (VS) : 0.30 W/(m2.K)
- Usol sur Terre Plein (TP) : 0.40 W/(m2.K)
- Utoit : 0.20 W/(m2.K)

Iso max :

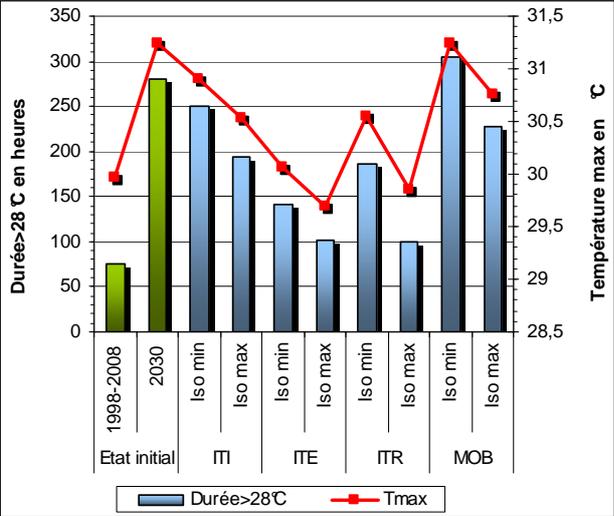
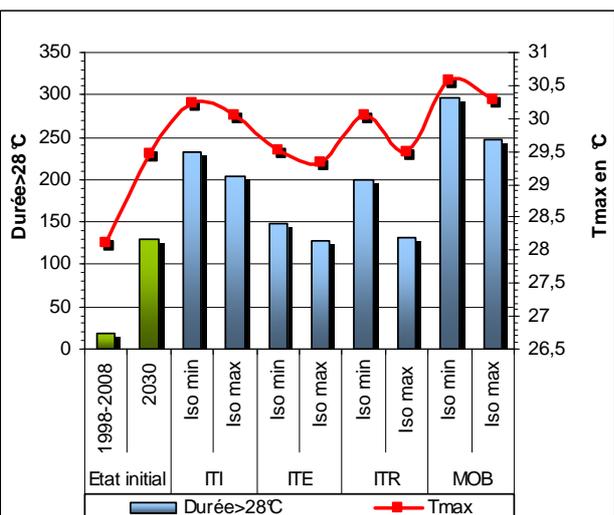
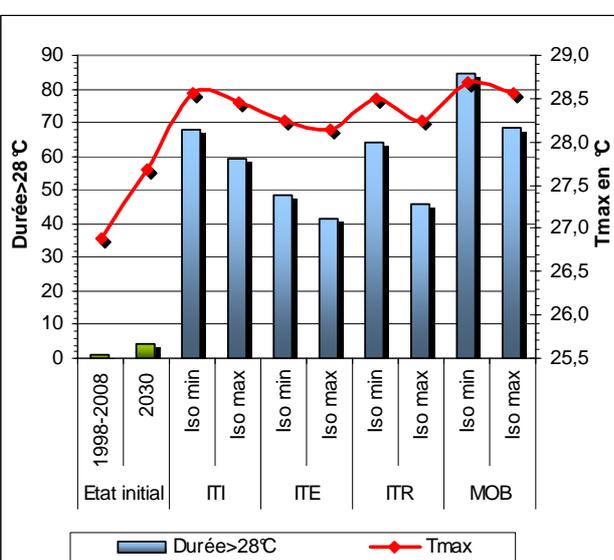
- Umur : 0.20 W/(m2.K)
- Usol sur VS : 0.20 W/(m2.K)
- Usol sur TP : 0.30 W/(m2.K)
- Utoit : 0.14 W/(m2.K)

Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après⁶ :

Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso moyenne densité	Légère avec isolant faible densité	Sur vide sanitaire	Légère
ITI	Iso min	Parpaing de 20 cm + ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Iso max	Parpaing de 20 cm + ouate cellulose 17 cm + BA13	Laine de verre 24 cm + BA13	Polystyrène 18 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
ITE	Iso min	Polystyrène 11 cm + Parpaing de 20 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Iso max	Polystyrène 17 cm Parpaing de 20 + BA13	Laine de verre 24 cm + BA13	Polystyrène 18 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
ITR	Iso min	Béton cellulaire de 30 cm	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Iso max	Béton cellulaire de 50 cm	Laine de verre 24 cm + BA13	Polystyrène 18 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
MOB	Iso min	Ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Iso max	Ouate cellulose 17 cm + BA13	Laine de verre 24 cm + BA13	Polystyrène 18 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant

8.2.2. Synthèse des résultats (Page suivante)

⁶ Voir détail des parois en annexe « OPTIMISATION : descriptif des parois »

ISOLATION	COMMENTAIRES																																	
<p>3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for MI Constructeur (Nîmes 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Durée>28°C (h)</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Etat initial 1998-2008</td><td>~75</td><td>~29.8</td></tr> <tr><td>Etat initial 2030</td><td>~275</td><td>~31.2</td></tr> <tr><td>Ito min</td><td>~245</td><td>~30.8</td></tr> <tr><td>Ito max</td><td>~190</td><td>~30.4</td></tr> <tr><td>Ite min</td><td>~140</td><td>~29.9</td></tr> <tr><td>Ite max</td><td>~100</td><td>~29.6</td></tr> <tr><td>ItR min</td><td>~185</td><td>~30.3</td></tr> <tr><td>ItR max</td><td>~100</td><td>~29.6</td></tr> <tr><td>Ito min MOB</td><td>~305</td><td>~31.2</td></tr> <tr><td>Ito max MOB</td><td>~225</td><td>~30.6</td></tr> </tbody> </table>	Scenario	Durée>28°C (h)	Tmax (°C)	Etat initial 1998-2008	~75	~29.8	Etat initial 2030	~275	~31.2	Ito min	~245	~30.8	Ito max	~190	~30.4	Ite min	~140	~29.9	Ite max	~100	~29.6	ItR min	~185	~30.3	ItR max	~100	~29.6	Ito min MOB	~305	~31.2	Ito max MOB	~225	~30.6	<p>En proportion, l'ITR permet le plus fort gain avec une diminution de 47% de l'inconfort pour le projet 3 et de 0.7°C sur la température maximale. Dans le cas de l'ITR l'augmentation de l'isolation augmente aussi l'inertie qui participe au gain observé.</p> <p>Avec une baisse d'inconfort respectivement de 34% et 28%, cet avantage est moindre pour les projets 5 et 8. Cet écart est essentiellement dû à l'importance du bâtiment : plus le projet est petit comme par exemple l'habitat individuel, plus forte est l'incidence de l'enveloppe. En effet le rapport de la surface de parois extérieures par rapport à la surface chauffée est de 84% pour le projet 3, de 48% pour le projet 5 et de 66% pour le projet 8. Il en est de même pour le rapport de la surface de plancher à la surface chauffée : 103% pour le projet 3 contre 43% et 61% pour les projets 5 et 8.</p>
Scenario	Durée>28°C (h)	Tmax (°C)																																
Etat initial 1998-2008	~75	~29.8																																
Etat initial 2030	~275	~31.2																																
Ito min	~245	~30.8																																
Ito max	~190	~30.4																																
Ite min	~140	~29.9																																
Ite max	~100	~29.6																																
ItR min	~185	~30.3																																
ItR max	~100	~29.6																																
Ito min MOB	~305	~31.2																																
Ito max MOB	~225	~30.6																																
<p>5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for COL Parpaing (Perpignan 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Durée>28°C (h)</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Etat initial 1998-2008</td><td>~15</td><td>~28.2</td></tr> <tr><td>Etat initial 2030</td><td>~125</td><td>~29.8</td></tr> <tr><td>Ito min</td><td>~230</td><td>~30.8</td></tr> <tr><td>Ito max</td><td>~200</td><td>~30.4</td></tr> <tr><td>Ite min</td><td>~145</td><td>~29.9</td></tr> <tr><td>Ite max</td><td>~125</td><td>~29.6</td></tr> <tr><td>ItR min</td><td>~195</td><td>~30.3</td></tr> <tr><td>ItR max</td><td>~130</td><td>~29.6</td></tr> <tr><td>Ito min MOB</td><td>~290</td><td>~31.2</td></tr> <tr><td>Ito max MOB</td><td>~245</td><td>~30.6</td></tr> </tbody> </table>	Scenario	Durée>28°C (h)	Tmax (°C)	Etat initial 1998-2008	~15	~28.2	Etat initial 2030	~125	~29.8	Ito min	~230	~30.8	Ito max	~200	~30.4	Ite min	~145	~29.9	Ite max	~125	~29.6	ItR min	~195	~30.3	ItR max	~130	~29.6	Ito min MOB	~290	~31.2	Ito max MOB	~245	~30.6	<p>Pour les autres parois, l'amélioration est sensiblement équivalente. Elle va de 22 à 28% pour le projet 3, de 12 à 17% pour le projet 5 et de 12 à 19% pour le projet 8.</p> <p>Par rapport au projet tel qu'il est en réalité on peut constater qu'il existe pour le projet 3 une bonne marge de progression. Il n'en est pas de même pour le projet 5 et encore moins pour le projet 8 qui intègrent d'origine des critères favorables au confort d'été.</p>
Scenario	Durée>28°C (h)	Tmax (°C)																																
Etat initial 1998-2008	~15	~28.2																																
Etat initial 2030	~125	~29.8																																
Ito min	~230	~30.8																																
Ito max	~200	~30.4																																
Ite min	~145	~29.9																																
Ite max	~125	~29.6																																
ItR min	~195	~30.3																																
ItR max	~130	~29.6																																
Ito min MOB	~290	~31.2																																
Ito max MOB	~245	~30.6																																
<p>8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for TER Bureaux (Montpellier 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Durée>28°C (h)</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Etat initial 1998-2008</td><td>~1</td><td>~26.8</td></tr> <tr><td>Etat initial 2030</td><td>~3</td><td>~27.8</td></tr> <tr><td>Ito min</td><td>~65</td><td>~28.8</td></tr> <tr><td>Ito max</td><td>~58</td><td>~28.4</td></tr> <tr><td>Ite min</td><td>~48</td><td>~28.0</td></tr> <tr><td>Ite max</td><td>~40</td><td>~27.7</td></tr> <tr><td>ItR min</td><td>~62</td><td>~28.3</td></tr> <tr><td>ItR max</td><td>~45</td><td>~27.9</td></tr> <tr><td>Ito min MOB</td><td>~82</td><td>~28.8</td></tr> <tr><td>Ito max MOB</td><td>~68</td><td>~28.4</td></tr> </tbody> </table>	Scenario	Durée>28°C (h)	Tmax (°C)	Etat initial 1998-2008	~1	~26.8	Etat initial 2030	~3	~27.8	Ito min	~65	~28.8	Ito max	~58	~28.4	Ite min	~48	~28.0	Ite max	~40	~27.7	ItR min	~62	~28.3	ItR max	~45	~27.9	Ito min MOB	~82	~28.8	Ito max MOB	~68	~28.4	<p>En conclusion une bonne isolation, inhérente aux bâtiments BBC, n'est pas forcément incompatible avec le confort d'été et le sera d'autant moins avec le réchauffement climatique. Il faut par contre la coupler obligatoirement avec des bonnes protections solaires et une décharge thermique par ventilation nocturne ou autre.</p>
Scenario	Durée>28°C (h)	Tmax (°C)																																
Etat initial 1998-2008	~1	~26.8																																
Etat initial 2030	~3	~27.8																																
Ito min	~65	~28.8																																
Ito max	~58	~28.4																																
Ite min	~48	~28.0																																
Ite max	~40	~27.7																																
ItR min	~62	~28.3																																
ItR max	~45	~27.9																																
Ito min MOB	~82	~28.8																																
Ito max MOB	~68	~28.4																																

8.3. INERTIE – Parois extérieures

8.3.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence du type d'enveloppe sur les résultats.

L'épaisseur d'isolant des murs a été adaptée pour avoir une résistance thermique de paroi égale à 3 m².K/W dans chaque cas (moyenne des 10 projets BBC étudiés).

Les ponts thermiques ont été considérés identiques dans chaque cas de manière à avoir la même isolation partout. Dans la réalité cela veut dire prévoir des rupteurs thermiques quand il y a lieu et augmenter ou diminuer la résistance thermique de certaines parois.

Pour chacune des familles d'enveloppe nous avons fait varier la densité du matériau situé côté intérieur.

Pour tous les projets, le niveau d'isolation global est minimal (Voir coef U de « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité, des cloisons légères, un sol sur vide sanitaire et une toiture légère.

Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après⁷ :

Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso minimale	Légère avec isolant faible densité	Sur vide sanitaire	Légère
ITI	Faible densité	Parpaing de 20 + polystyrène 9 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Moyenne densité	Parpaing de 20 + Ouate de cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Forte densité	Parpaing de 20 + Fibre de bois 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
ITE	Moyenne densité	Polystyrène 11 cm + Parpaing de 20 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Forte densité	Polystyrène 11 cm + Béton de 20 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
ITR	Moyenne densité	Béton cellulaire de 30	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Forte densité	Brique alvéolaire de 37,5	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
MOB	Faible densité	Laine de verre 10 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Moyenne densité	Ouate de cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Forte densité	Fibre de bois 12 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Très forte densité	Béton de chanvre 20 cm + enduit	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Paille	Paille de 36 cm + enduit	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant

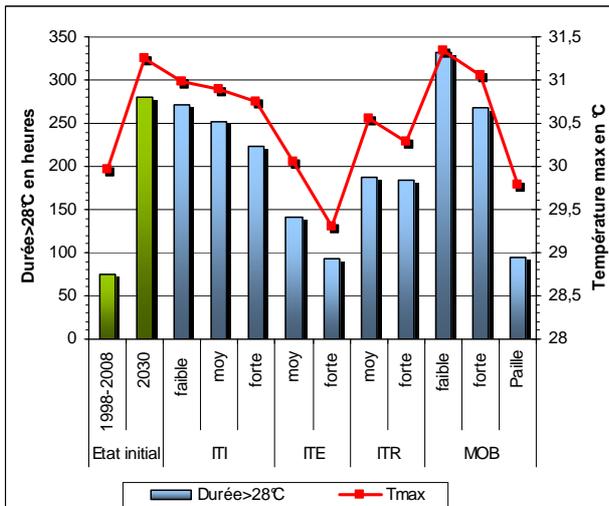
8.3.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

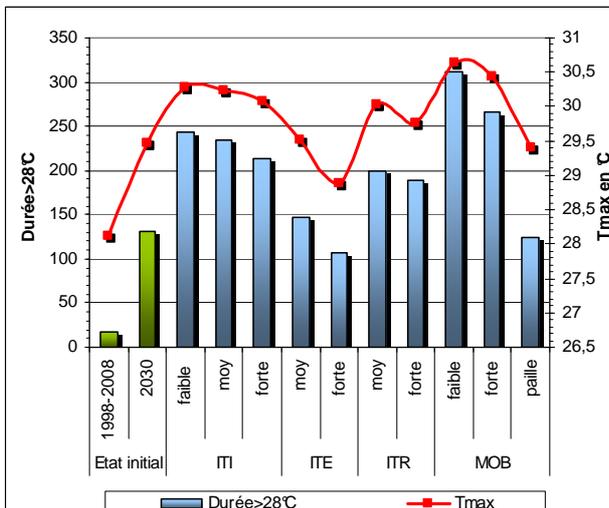
⁷ La composition des parois de toutes les parois est décrites précisément en annexe

INERTIE – Murs extérieurs

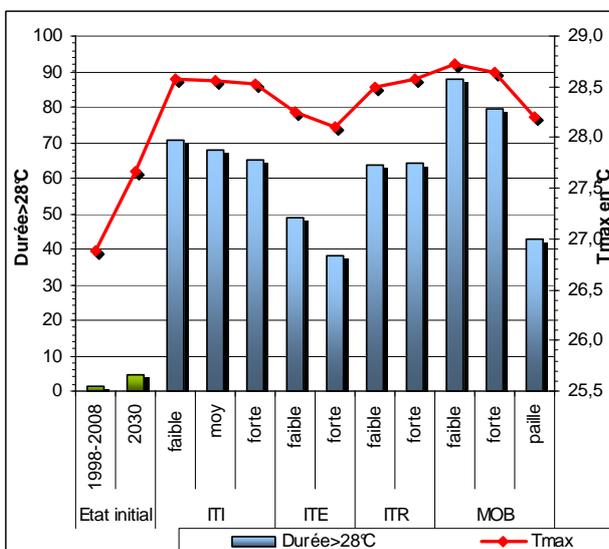
3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)



5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)



8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)



COMMENTAIRES

A niveau d'isolation équivalent, l'ossature bois avec remplissage classique d'un isolant fibreux présente les moins bons résultats concernant le confort d'été. On peut néanmoins observer pour cette catégorie l'influence de la nature de l'isolant qui permet un gain de près de **20%** pour l'habitat individuel, de **15%** pour le collectif et de **10%** pour le tertiaire en passant d'une laine de verre à une fibre de bois. Un gain très significatif est obtenu par l'isolation en botte de paille qui en plus d'ajouter de l'inertie améliore le niveau d'isolation. Le niveau de confort est dans ce cas du même niveau que celui obtenu avec l'isolation extérieure. On verra dans le paragraphe suivant qu'il existe d'autres variantes pour l'ossature bois.

Elle est suivie de près par l'isolation intérieure qui avec un isolant léger se situe à un niveau quasi identique au MOB forte densité. Le gain dû à la nature de l'isolant atteint dans ce cas **18%** pour le projet 3, **12%** pour le projet 5 et **8%** pour le tertiaire.

L'isolation répartie vient ensuite. La différence entre moyenne et forte densité est dans ce cas peu significative. Par rapport à l'isolation intérieure, le gain en confort est de **25%** pour une température maximale diminuée de **0,5°C**.

Les meilleurs résultats sont obtenus par l'isolation extérieure. Le mur classique en parpaing permet de diminuer l'inconfort de **58%** pour le projet 3, de **50%** pour le projet 5 et **42%** pour le projet 8. L'augmentation de l'inertie par le remplacement du parpaing par du béton plein offre un gain supplémentaire de **50 heures** pour l'habitat individuel, de **30 heures** pour le collectif et de **10 heures** pour le tertiaire.

Les écarts observés sur le bâtiment sont à associer comme pour le critère isolation au ratio surface de paroi/surface habitable.

L'inertie des parois extérieures est prépondérante dans le confort d'été en particulier pour l'habitat individuel. L'isolation extérieure est à privilégier. Elle permet de diviser par 2 ou 3 l'inconfort. Pour l'habitat individuel elle suffit quasiment à assurer le confort. Il en est de même pour l'ossature bois avec isolation par botte de paille. En plus de son intérêt écologique, cette solution s'avère très pertinente en été comme en hiver. Pour les autres parois et les autres types bâtiments il est toutefois nécessaire de jouer sur d'autres critères pour atteindre le confort.

8.4. INERTIE - Cas de l'ossature bois

8.4.1. Description

Les diagrammes précédents montrent que les écarts observés sur l'ossature bois sont très fort. Elle part du niveau le moins performant au niveau le plus performant. Le remplissage et la façon de poser l'isolant entre l'ossature est donc primordial.

Afin de ne pas alourdir les diagrammes, seulement trois types de remplissage ont été présentés dans l'analyse précédente. Il existe en fait un grand nombre de variantes qui, si elles sont encore marginales aujourd'hui, peuvent demain prendre de plus en plus d'importance compte tenu de leur intérêt pour le confort d'été.

Nous proposons de comparer les principales familles de variantes décrites ci-après :

Iso min faible, moyenne et forte densité - $U = 0.3 \text{ W/m}^2.K$

- Placo : 1,30 cm
- Contreventement en fibre de bois haute densité DWD : 1,60 cm
- Ossature bois 45 x 120 - Entraxe de 60
- Laine de verre (12 kg/m³) de 10 cm ou ouate de cellulose (60 kg/m³) de 12,0 cm ou fibre de bois (150 kg/m³) de 12 cm
- Panneau en fibre de bois très haute densité THD : 4,00 cm
- Enduit monocouche de type : 1,00 cm

Iso min très forte densité - $U = 0.3 \text{ W/m}^2.K$

- Enduit à la chaux : 2 cm
- Ossature bois 45 x 120
- Blocs de béton de chanvre : 20 cm
- Enduit à la chaux : 2 cm

Iso max faible, moyenne et forte densité - $U = 0.2 \text{ W/m}^2.K$

- Placo : 1,30 cm
- Contreventement en fibre de bois haute densité DWD : 1,60 cm
- Ossature bois 45 x 120 - Entraxe de 60
- Laine de verre (12 kg/m³) de 16 cm ou ouate de cellulose (60 kg/m³) de 20,0 cm ou fibre de bois (150 kg/m³) de 18 cm
- Panneau en fibre de bois très haute densité THD : 4,00 cm
- Enduit monocouche : 1,00 cm

Iso max très forte densité - $U = 0.2 \text{ W/m}^2.K$

- Enduit à la chaux : 2 cm
- Ossature bois 45 x 120
- Blocs de béton de chanvre : 30 cm
- Enduit à la chaux : 2 cm

Iso max paille⁸ - $U = 0.16 \text{ W/m}^2.K$

- Fermacell : 1.25 cm
- Frein vapeur
- Ossature bois poutre en I 45 x 360
- Botte de paille sur la tranche : 36 cm
- Panneau en fibre de bois haute densité DWD : 4,00 cm
- Panneau fibralith : 3.5 cm
- Enduit à la chaux : 2 cm

Pour tous les projets le sol est sur vide sanitaire, les cloisons sont légères et la toiture est légère.

8.4.2. Synthèse des résultats

⁸ Composition fournie par M. DELLANTONIO du BET altéa bois.

INERTIE – Ossature bois	COMMENTAIRES																																				
<p>3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)</p> <table border="1"> <caption>Data for MI Constructeur (Nîmes 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Configuration</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1998-2008</td><td>~75</td><td>~30.0</td></tr> <tr><td>2030</td><td>~275</td><td>~31.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN faible</td><td>~330</td><td>~31.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN moy</td><td>~310</td><td>~31.2</td></tr> <tr><td>ISO MIN forte</td><td>~270</td><td>~30.8</td></tr> <tr><td>ISO MIN très forte</td><td>~220</td><td>~30.5</td></tr> <tr><td>ISO MAX faible</td><td>~260</td><td>~30.8</td></tr> <tr><td>ISO MAX Moy</td><td>~230</td><td>~30.5</td></tr> <tr><td>ISO MAX forte</td><td>~180</td><td>~30.2</td></tr> <tr><td>ISO MAX très forte</td><td>~140</td><td>~29.8</td></tr> <tr><td>paille</td><td>~80</td><td>~29.5</td></tr> </tbody> </table>	Configuration	Durée >28°C (h)	T max (°C)	1998-2008	~75	~30.0	2030	~275	~31.5	ISO MIN faible	~330	~31.5	ISO MIN moy	~310	~31.2	ISO MIN forte	~270	~30.8	ISO MIN très forte	~220	~30.5	ISO MAX faible	~260	~30.8	ISO MAX Moy	~230	~30.5	ISO MAX forte	~180	~30.2	ISO MAX très forte	~140	~29.8	paille	~80	~29.5	<p>On constate que la nature du remplissage isolant dans les parois à ossature bois a une forte incidence sur le confort d'été. Pour le niveau d'isolation minimal on observe un gain jusqu'à 34% pour la maison individuelle, 27% pour les logements collectifs et 20% pour les bureaux soit respectivement 110, 83 et 8 heures de confort en plus.</p> <p>Un gain supplémentaire de 70 à 90 heures pour l'individuel, de 50 à 100 heures pour le collectif et de 26 à 37 heures est obtenu en augmentant le niveau d'isolation des parois sans changer la nature de l'isolant.</p> <p>Le gain maximal est atteint avec la botte de paille dont le coefficient U est diminué de 20% par rapport à un isolant de 22 cm en fibre de bois. Sa conductivité plus élevée que les isolants traditionnels (0.0655 W/m2.K⁹) est en effet compensée par une plus forte épaisseur : 36 cm en pose sur champ. Dans ce cas le gain total est de 75% pour l'individuel, 60% pour le collectif et 51% pour le tertiaire par rapport à une isolation classique par laine de verre.</p> <p>Au final le confort obtenu pour tous les projets avec un remplissage paille est équivalent à celui obtenu avec une isolation maximale par l'extérieur (par 8.2.)</p>
Configuration	Durée >28°C (h)	T max (°C)																																			
1998-2008	~75	~30.0																																			
2030	~275	~31.5																																			
ISO MIN faible	~330	~31.5																																			
ISO MIN moy	~310	~31.2																																			
ISO MIN forte	~270	~30.8																																			
ISO MIN très forte	~220	~30.5																																			
ISO MAX faible	~260	~30.8																																			
ISO MAX Moy	~230	~30.5																																			
ISO MAX forte	~180	~30.2																																			
ISO MAX très forte	~140	~29.8																																			
paille	~80	~29.5																																			
<p>5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)</p> <table border="1"> <caption>Data for COL Parpaing (Perpignan 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Configuration</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1998-2008</td><td>~15</td><td>~28.5</td></tr> <tr><td>2030</td><td>~130</td><td>~30.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN faible</td><td>~310</td><td>~31.0</td></tr> <tr><td>ISO MIN moy</td><td>~290</td><td>~30.8</td></tr> <tr><td>ISO MIN forte</td><td>~260</td><td>~30.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN très forte</td><td>~230</td><td>~30.2</td></tr> <tr><td>ISO MAX faible</td><td>~210</td><td>~30.0</td></tr> <tr><td>ISO MAX Moy</td><td>~210</td><td>~30.0</td></tr> <tr><td>ISO MAX forte</td><td>~210</td><td>~30.0</td></tr> <tr><td>ISO MAX très forte</td><td>~170</td><td>~29.5</td></tr> <tr><td>paille</td><td>~120</td><td>~29.0</td></tr> </tbody> </table>	Configuration	Durée >28°C (h)	T max (°C)	1998-2008	~15	~28.5	2030	~130	~30.5	ISO MIN faible	~310	~31.0	ISO MIN moy	~290	~30.8	ISO MIN forte	~260	~30.5	ISO MIN très forte	~230	~30.2	ISO MAX faible	~210	~30.0	ISO MAX Moy	~210	~30.0	ISO MAX forte	~210	~30.0	ISO MAX très forte	~170	~29.5	paille	~120	~29.0	
Configuration	Durée >28°C (h)	T max (°C)																																			
1998-2008	~15	~28.5																																			
2030	~130	~30.5																																			
ISO MIN faible	~310	~31.0																																			
ISO MIN moy	~290	~30.8																																			
ISO MIN forte	~260	~30.5																																			
ISO MIN très forte	~230	~30.2																																			
ISO MAX faible	~210	~30.0																																			
ISO MAX Moy	~210	~30.0																																			
ISO MAX forte	~210	~30.0																																			
ISO MAX très forte	~170	~29.5																																			
paille	~120	~29.0																																			
<p>8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)</p> <table border="1"> <caption>Data for TER Bureaux (Montpellier 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Configuration</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1998-2008</td><td>~1</td><td>~27.0</td></tr> <tr><td>2030</td><td>~5</td><td>~28.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN faible</td><td>~85</td><td>~29.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN moy</td><td>~80</td><td>~29.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN forte</td><td>~75</td><td>~29.5</td></tr> <tr><td>ISO MIN très forte</td><td>~70</td><td>~29.5</td></tr> <tr><td>ISO MAX faible</td><td>~50</td><td>~29.0</td></tr> <tr><td>ISO MAX moy</td><td>~50</td><td>~29.0</td></tr> <tr><td>ISO MAX forte</td><td>~50</td><td>~29.0</td></tr> <tr><td>ISO MAX très forte</td><td>~45</td><td>~28.5</td></tr> <tr><td>paille</td><td>~40</td><td>~28.5</td></tr> </tbody> </table>	Configuration	Durée >28°C (h)	T max (°C)	1998-2008	~1	~27.0	2030	~5	~28.5	ISO MIN faible	~85	~29.5	ISO MIN moy	~80	~29.5	ISO MIN forte	~75	~29.5	ISO MIN très forte	~70	~29.5	ISO MAX faible	~50	~29.0	ISO MAX moy	~50	~29.0	ISO MAX forte	~50	~29.0	ISO MAX très forte	~45	~28.5	paille	~40	~28.5	
Configuration	Durée >28°C (h)	T max (°C)																																			
1998-2008	~1	~27.0																																			
2030	~5	~28.5																																			
ISO MIN faible	~85	~29.5																																			
ISO MIN moy	~80	~29.5																																			
ISO MIN forte	~75	~29.5																																			
ISO MIN très forte	~70	~29.5																																			
ISO MAX faible	~50	~29.0																																			
ISO MAX moy	~50	~29.0																																			
ISO MAX forte	~50	~29.0																																			
ISO MAX très forte	~45	~28.5																																			
paille	~40	~28.5																																			

8.5. INERTIE - Cloisons intérieures

8.5.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence du type de parois intérieure.

Pour chacune des quatre grandes familles d'enveloppe nous avons étudié deux cas :

Cloison légère : de type alvéolaire Placoplatre

- BA 13
- Lamé d'air de 24 mm
- BA13

Cloison lourde : de type carreau de plâtre de 7 cm d'épaisseur.

D'autre type de cloisons lourdes peuvent être mise en œuvre : parpaing, brique pleine, terre cuite ou crue (BTC), adobe,....Pour un poids donné et donc une épaisseur correspondante fonction de la densité du matériau, les résultats seront sensiblement équivalents.

Pour tous les projets le niveau d'isolation global est minimal (Voir « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité, un sol sur vide sanitaire et une toiture légère.

Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après¹⁰ :

Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso minimale moyenne densité	Légère avec isolant faible densité	Sur vide sanitaire	/
ITI	Cloison légère	Parpaing de 20 cm + ouate 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Cloison lourde	Parpaing de 20 cm + ouate 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Carreau de plâtre de 7 cm
ITE	Cloison légère	Polystyrène 11 cm + Parpaing de 20 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Cloison lourde	Polystyrène 11 cm + Parpaing de 20 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Carreau de plâtre de 7 cm
ITR	Cloison légère	Béton cellulaire de 30 cm	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Cloison lourde	Béton cellulaire de 30 cm	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Carreau de plâtre de 7 cm
MOB	Cloison légère	Ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Cloison 2 x BA13 sans isolant
	Cloison lourde	Ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Carreau de plâtre de 7 cm

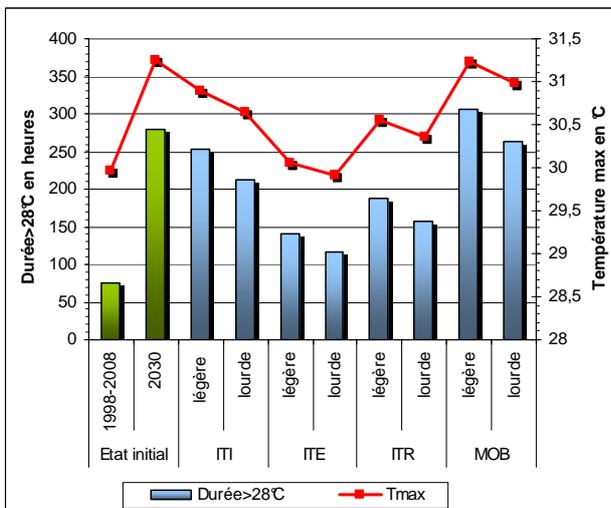
8.5.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

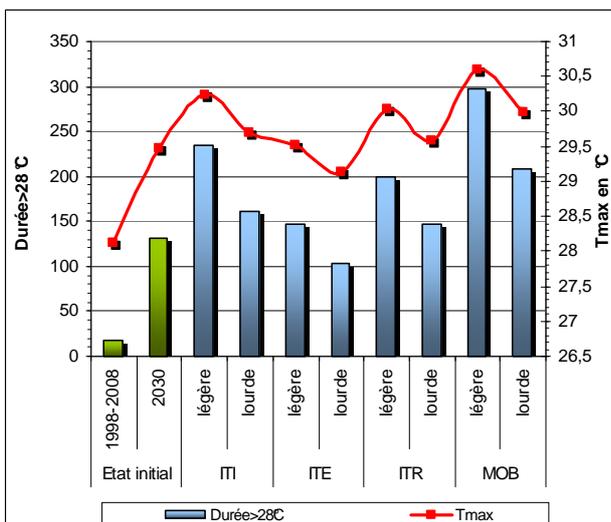
¹⁰ Voir détail des parois en annexe « OPTIMISATION : descriptif des parois »

INERTIE – Cloisons internes

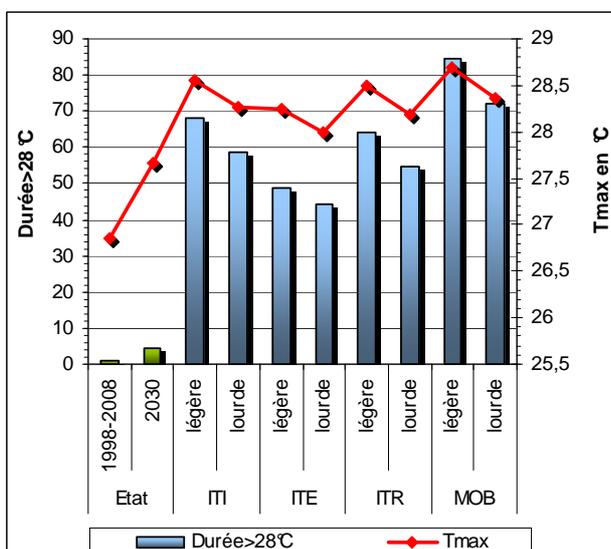
3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)



5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)



8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)



COMMENTAIRES

Le gain obtenu par des cloisons lourdes par rapport à des cloisons légères est situé entre **14 et 17%** pour l'habitat individuel, **26 et 31%** pour le collectif et **47 et 53%** pour le tertiaire. Une des raisons des écarts obtenus entre bâtiments est l'importance des surfaces intérieures par rapport à la surface habitable. Il existe en effet une corrélation entre le ratio surface des parois intérieures/Surface habitable et le gain obtenu. Ce ratio est respectivement de **72%, 86% et 95%** pour les projets 3, 5 et 8. Pour des grands bâtiments de type tertiaire il est préférable d'agir en priorité sur les cloisons internes plutôt que sur les parois externes.

Le remplacement des cloisons plâtre par du béton permettrait un gain supplémentaire de **50 heures** sur le collectif, soit jusqu'à **45%** d'amélioration par rapport à une cloison légère. La faisabilité technique de ce type de paroi n'est toutefois pas évidente. Il est probable qu'un renforcement des structures soit nécessaire compte tenu des surcharges occasionnées.

Dans tous les cas la diminution de la température maximale est située autour de **0,5°C**.

Parmi les solutions pour augmenter la capacité thermique des parois internes on peut évoquer les Matériaux à Changement de Phase (MCP). Durant la phase de changement d'état située entre 19 et 26°C, ils absorbent l'énergie sans changement de température. L'intérêt de ce type de produit est le gain en poids et une mise en œuvre aisée adaptée aux produits existants. Un panneau de 5,3 mm composé de cire de paraffine peut absorber autant d'énergie que 2,5 cm de béton* (soit 5 fois plus). Ainsi une cloison composée de chaque côté par un panneau MCP et une plaque de plâtre est équivalent à :

- **18 cm** de plâtre
- **15 cm** de parpaing + enduit plâtre de 1 cm sur chaque côté
- **8 cm** de brique pleine en terre cuite ou crue

Le poids ne génère aucun renforcement de structure. Une cloison MCP fait **31 kg/m²** contre **180 kg/m²** pour le plâtre, **215 kg** pour le parpaing et **190 kg** environ pour la brique en terre cuite ou crue.

La mise en œuvre de parois lourdes peut être une bonne solution en particulier pour les murs extérieurs à faible inertie. Elle sera de plus appliquée prioritairement aux bâtiments collectifs ou tertiaires qui présentent un ratio de surface de parois internes par rapport à la surface habitable plus important que l'habitat individuel. Néanmoins cette solution peut heurter les habitudes de construction. Elle ne permet pas non plus, en particulier pour les bureaux, la souplesse d'aménagement conférée aux parois légères. Les MCP seraient dans ce cas une bonne alternative aux parois lourdes.

8.6. TOITURE

8.6.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence de la configuration de la toiture. Elle porte sur la nature de l'isolant (faible, moyenne ou forte densité), sur la nature du support de l'isolant (léger ou lourd) et sur le niveau de ventilation du comble. L'analyse est faite uniquement sur le projet 3 dont la surface de toit concerne toute la surface habitable. Pour des bâtiments à plusieurs niveaux, l'incidence globale sur l'ensemble du bâtiment sera moindre puisque c'est seulement le dernier niveau qui sera concerné.

Les variantes étudiées sont les suivantes :

Isolant sur toiture légère

Simulations effectuées pour les différentes enveloppes avec un plafond sous comble constitué d'un placoplâtre et d'un isolant par dessus.

Pour une toiture sous rampante ou en terrasse les conclusions restent les mêmes. Pour une même résistance thermique ($R=5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) les densités suivantes sont étudiées :

- Faible : isolant de type laine de verre – 13 kg/m³
- Moyenne : isolant par soufflage de ouate de cellulose – 60 kg/m³
- Forte : isolant par panneaux de fibre de bois – 150 kg/m³

Isolant sur toiture lourde

Simulations effectuées pour l'isolation intérieure avec un plafond constitué d'une dalle béton et d'un isolant au dessus. Ce type de plafond s'apparente à une toiture terrasse. A titre de comparaison les résultats de la toiture légère avec isolant léger est reporté.

Pour une même résistance thermique les plafonds suivants sont étudiés :

- Toit léger – Faible : toiture légère avec isolant léger en laine de verre
- Toit lourd – Faible : toiture lourde par dalle béton de 15 cm avec isolant extérieur en laine de verre
- Toit lourd – Moyen : toiture lourde par dalle béton de 15 cm avec isolant extérieur en ouate de cellulose
- Toit lourd – Fort : toiture lourde par dalle béton de 15 cm avec isolant extérieur en fibre de bois

Ventilation toiture

En base la toiture de ce projet donne sur un grenier ventilé. Le logiciel considère dans ce cas que le comble est à la température extérieure et que le plafond du comble n'absorbe pas le rayonnement solaire. Pour toutes les toitures sous comble, les résultats sont donc déjà optimisés.

Dans l'analyse suivante, le comble a été modélisé avec une couverture en tuile canal. Nous avons ensuite fait varier le taux de ventilation du comble.

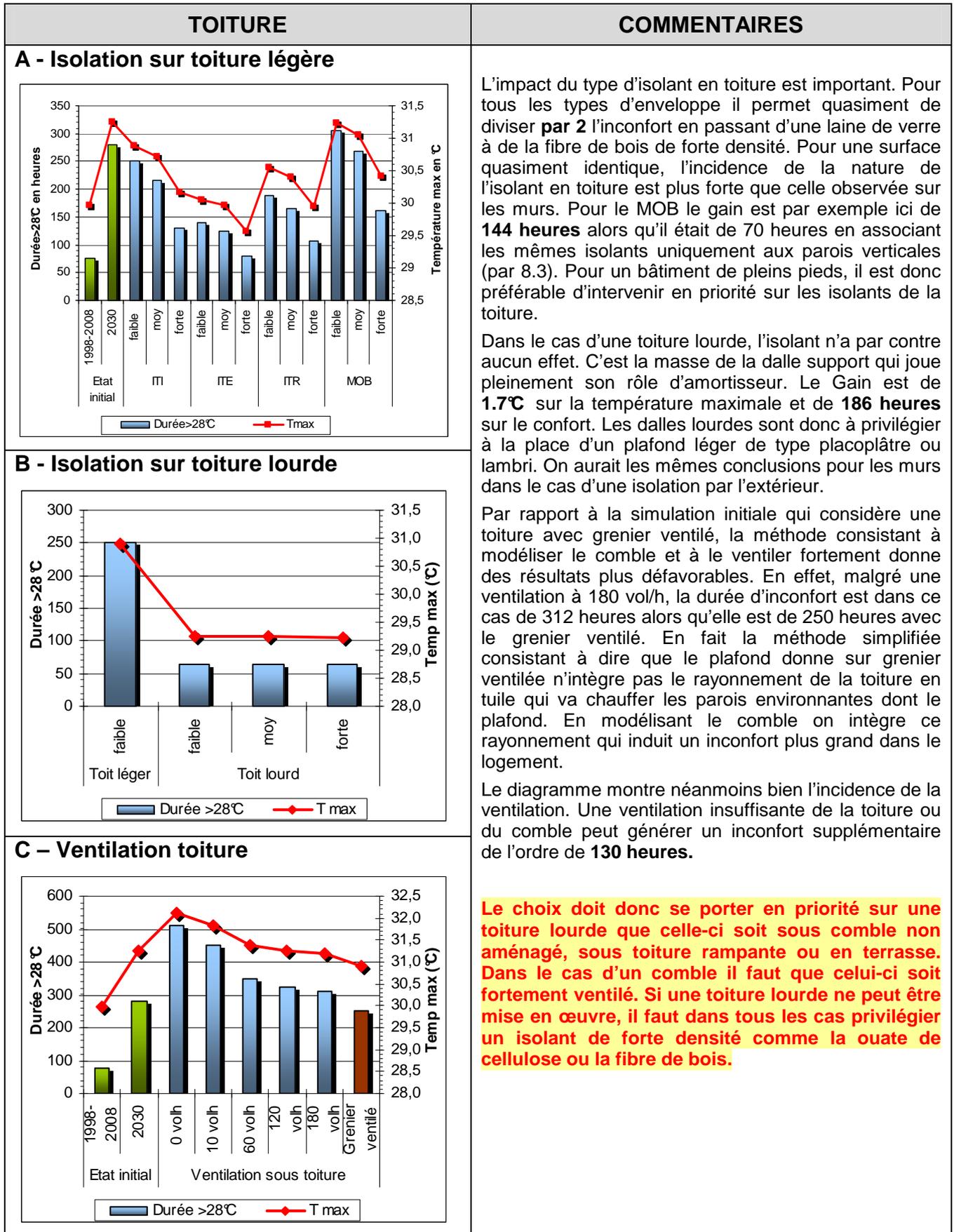
- 0 vol/h – Pas de renouvellement d'air du comble
- 10 vol/h – Renouvellement d'air du comble à 10 vol/h
- 60 vol/h – Renouvellement d'air du comble à 60 vol/h
- 120 vol/h – Renouvellement d'air du comble à 120 vol/h
- 180 vol/h – Renouvellement d'air du comble à 1
- Grenier ventilé – Le grenier n'est pas dans ce cas modélisé. Comme indiqué précédemment, on décrit dans la simulation le plafond isolé et on le met en contact avec un grenier ventilé. C'est la méthode qui est systématiquement utilisé dans les simulations dynamiques.

Pour tous les projets le niveau d'isolation global est minimal (Voir « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité, des cloisons légères et un sol sur vide sanitaire¹¹.

8.6.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

¹¹ La composition des parois de toutes les parois est décrite précisément en annexe



8.7. SOL

8.7.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence de la nature du sol du rez de chaussée. Celui-ci peut-être sur terre plein ou sur vide sanitaire et avoir un niveau d'isolation plus ou moins élevé.

Pour chacune des quatre grandes familles d'enveloppe nous avons étudié les trois cas suivants :

Sol sur VS : U = 0.3 W/m².K

- polystyrène expansé : 12 cm
- Hourdi béton creux : 16 cm
- Dalle de compression : 4 cm
- Mortier : 4 cm
- Carrelage : 1 cm

Sol sur TP : U = 0.3 W/m².K

- polystyrène extrudé : 9 cm
- Dalle béton : 12 cm
- Mortier : 4 cm
- Carrelage : 1 cm

Sol sur TP : U = 0.4 W/m².K

- polystyrène extrudé : 6 cm
- Dalle béton : 12 cm
- Mortier : 4 cm
- Carrelage : 1 cm

Pour tous les projets le niveau d'isolation global est minimal (Voir « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité dans les murs, des cloisons légères et une toiture légère¹².

8.7.2. Synthèse des résultats

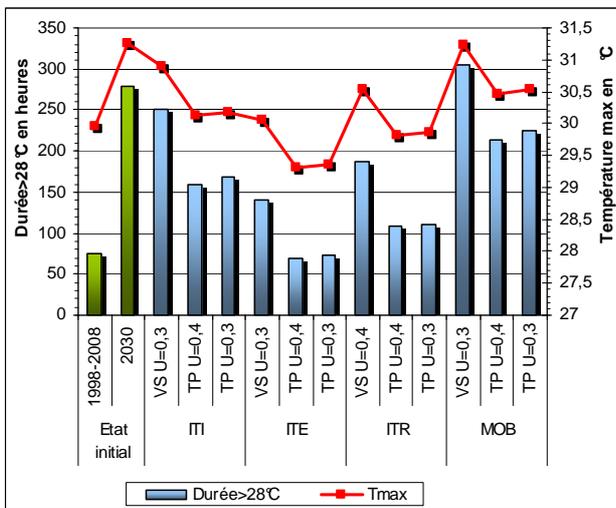
(Page suivante)

¹² La composition des parois de toutes les parois est décrite précisément en annexe

SOL

COMMENTAIRES

3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)



La nature du contact du sol a une forte incidence sur le confort d'été mais aussi sur le bilan d'hiver.

En maison individuelle, le gain en confort est de **27 à 47%** entre le vide sanitaire et le terre plein pour un type de mur donné. En valeur absolue, le gain est plus fort pour les parois à faible inertie. Ce gain se retrouve aussi de manière significative en hiver où les besoins de chauffage sont diminués d'environ **30%**.

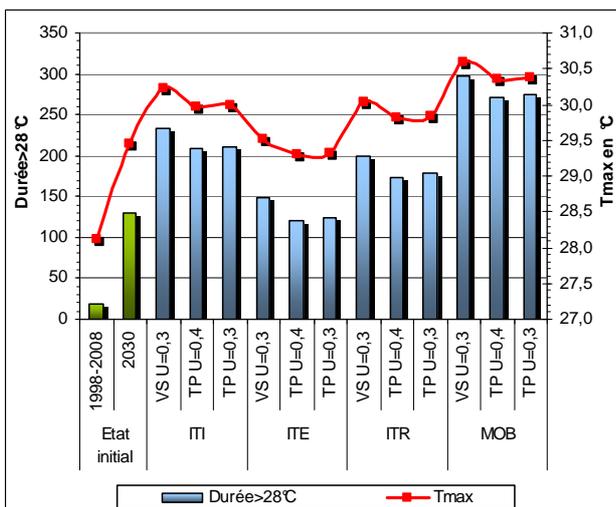
En augmentant le niveau d'isolation, la dalle se décharge moins dans le sol plus froid. Il en résulte une légère augmentation de l'inconfort pour des besoins de chauffage qui restent sensiblement équivalents. Pour des dalles sur terre plein il n'est donc pas très utile d'avoir un coefficient U inférieur à 0.4 W/m².K

Dans le collectif, la dalle ne concernant que le rez de chaussée, le gain est en moyenne bien moindre sur l'ensemble du bâtiment. Il se situe entre **7 et 16%**. En hiver le gain entre le vide sanitaire et le terre plein est situé entre **11 et 12%**. Comme pour la maison individuelle, il n'y a pas d'intérêt à augmenter l'isolation d'une dalle sur terre plein.

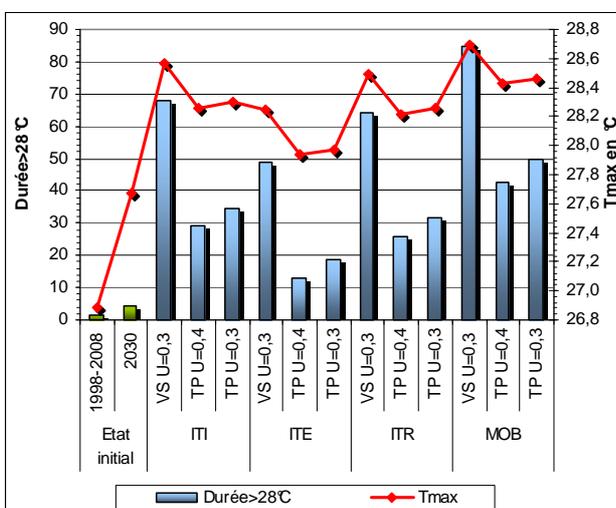
Pour les bureaux le gain est très significatif. Il se situe entre **41 et 62%** pour le confort et entre **38 et 40%** pour le chauffage en changeant uniquement le type de contact. La période d'utilisation des bureaux étant en journée, l'impact de l'inertie est plus fort que pour du logement collectif. Dans le premier cas le décalage des surchauffes se fait davantage dans une période de non occupation.

Comme pour les autres bâtiments, l'augmentation du niveau d'isolation de la dalle sur terre plein est inutile.

5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)



8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)



Il y a lieu de privilégier dans les constructions les dalles sur terre plein qui sont favorables toute l'année : diminution des besoins de chauffage et augmentation du confort d'été. Dans la plupart des cas la dalle sur terre plein est moins onéreuse que la dalle sur vide sanitaire : surface de parois de mur diminuée et moins d'isolant. Elle nécessite par contre un sol sec. En cas de sol non homogène la dalle doit être supportée par les murs de fondation. Les règles de construction par rapport à l'accessibilité aux handicapés favorisent désormais davantage ce type de dalle. En effet, la dalle ne doit pas être trop élevée par rapport au sol. La réalisation d'un vide sanitaire nécessite dans ce cas un décaissement qui induit un surcoût.

8.8. APPORTS INTERNES

8.8.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence des apports internes liés aux équipements.

Nous avons considéré pour chaque type de bâtiment les deux cas suivants :

Base

Les apports internes sont tels qu'ils ont été définis au départ. Ils correspondent à des équipements performants.

Sans AI

Les apports internes hors occupation ont été supprimés. Cette option est peu réaliste mais elle permet d'évaluer l'influence des apports internes dans le confort d'été.

Pour tous les projets le niveau d'isolation global est minimal (Voir « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité, des cloisons légères, un sol sur vide sanitaire et une toiture légère¹³.

Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après¹⁴ :

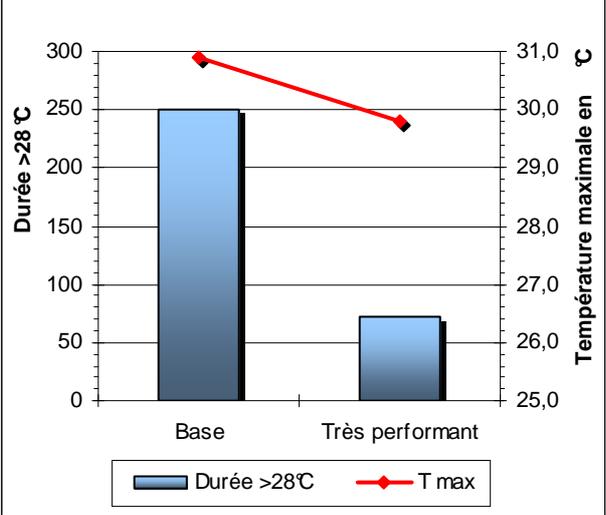
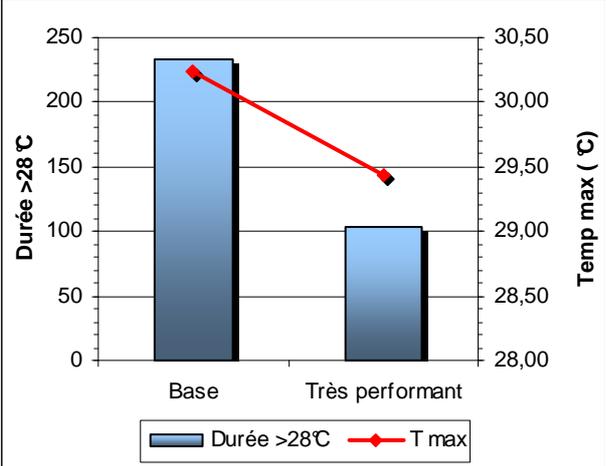
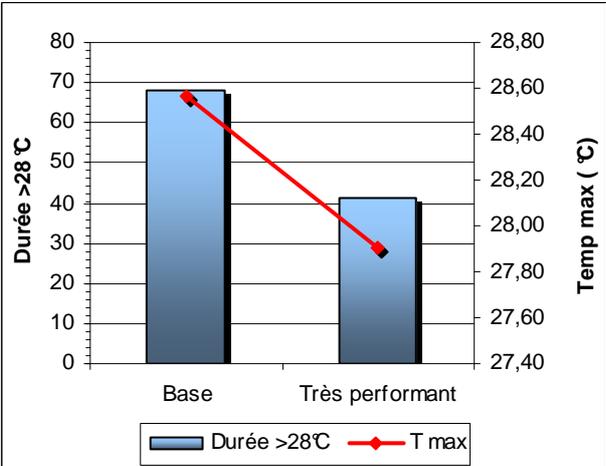
Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso min intérieure moyenne densité	Légère avec isolant léger	Sur vide sanitaire	Légère
	Pour toutes les variantes	Parpaing de 20 cm + ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Cloison 2 x BA13 sans isolant

8.8.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

¹³ La composition des parois de toutes les parois est décrite précisément en annexe

¹⁴ Voir détail des parois en annexe « OPTIMISATION : descriptif des parois »

APPORTS INTERNES	COMMENTAIRES									
<p>3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for Project 3: MI Constructeur (Nîmes 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base</td> <td>250</td> <td>31,0</td> </tr> <tr> <td>Très performant</td> <td>70</td> <td>29,5</td> </tr> </tbody> </table>	Scenario	Durée >28°C (h)	T max (°C)	Base	250	31,0	Très performant	70	29,5	<p>On peut constater sur ces projets la très forte incidence des apports internes. Ils génèrent près de 180 heures d'inconfort pour le projet 3, 130 heures pour le 5 et 26 heures pour le 8.</p> <p>Dans tout projet il est essentiel de maîtriser les apports internes liés aux équipements et ce d'autant plus que les bâtiments sont fortement isolés. Certains équipements font partis du marché de travaux, d'autres sont directement apportés par les occupant des locaux. Dans ce dernier cas le concepteur et les bureaux d'études doivent jouer un rôle de conseil dans le choix d'équipements performants. La liste ci-après donne quelques solutions permettant de répondre à cet objectif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - avoir un bon éclairage naturel de manière à limiter l'éclairage artificiel
Scenario	Durée >28°C (h)	T max (°C)								
Base	250	31,0								
Très performant	70	29,5								
<p>5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for Project 5: COL Parpaing (Perpignan 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>Temp max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base</td> <td>230</td> <td>30,2</td> </tr> <tr> <td>Très performant</td> <td>100</td> <td>29,5</td> </tr> </tbody> </table>	Scenario	Durée >28°C (h)	Temp max (°C)	Base	230	30,2	Très performant	100	29,5	<ul style="list-style-type: none"> - avoir un éclairage artificiel performant par tubes T5, LED ou lampes fluorescente - gérer l'extinction/allumage par détection de présence et sonde d'éclairage - privilégier les ordinateurs portables - éteindre par horloge via un réseau électrique dédié tous les appareils en veille -
Scenario	Durée >28°C (h)	Temp max (°C)								
Base	230	30,2								
Très performant	100	29,5								
<p>8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for Project 8: TER Bureaux (Montpellier 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Scenario</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>Temp max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base</td> <td>68</td> <td>28,6</td> </tr> <tr> <td>Très performant</td> <td>42</td> <td>27,9</td> </tr> </tbody> </table>	Scenario	Durée >28°C (h)	Temp max (°C)	Base	68	28,6	Très performant	42	27,9	
Scenario	Durée >28°C (h)	Temp max (°C)								
Base	68	28,6								
Très performant	42	27,9								

8.9. INFILTRATIONS D’AIR

8.9.1. Description

Cette analyse concerne l’incidence du niveau de perméabilité à l’air des parois.

Nous avons considéré les I4 suivants :

Perméabilité réglementaire

(prise en compte dans les simulations initiales)

- Habitat : 0.6 m³/h/m²
- Collectif : 1 m³/h/m²
- Tertiaire : 1.7 m³/h/m²

Perméabilité améliorée

- Habitat : 0.3 m³/h/m²
- Collectif : 0.5 m³/h/m²
- Tertiaire : 0.8 m³/h/m²

Pour tous les projets le niveau d’isolation global est minimal (Voir « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité, des cloisons légères, un sol sur vide sanitaire et une toiture légère¹⁵.

Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après¹⁶ :

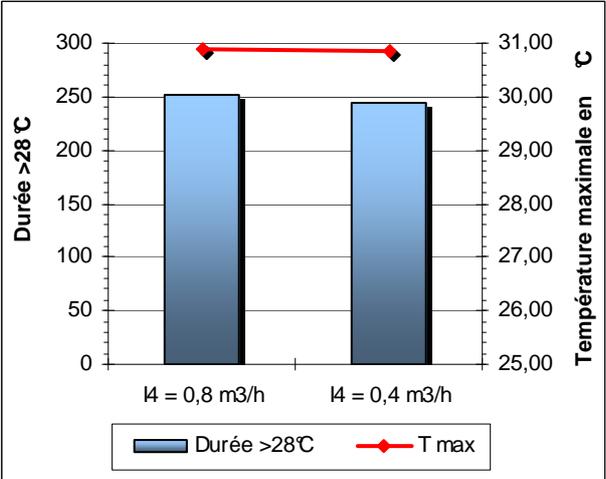
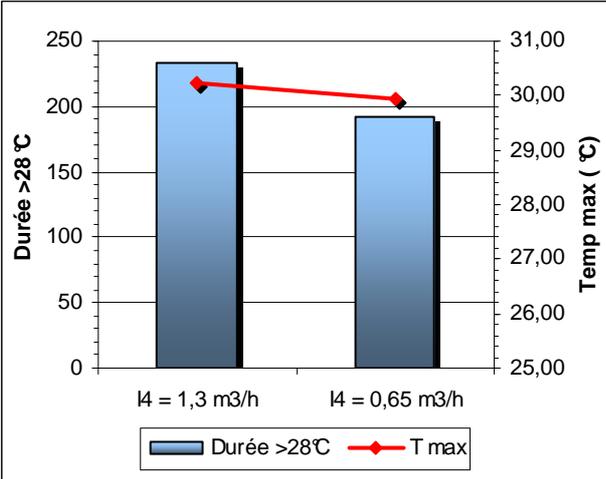
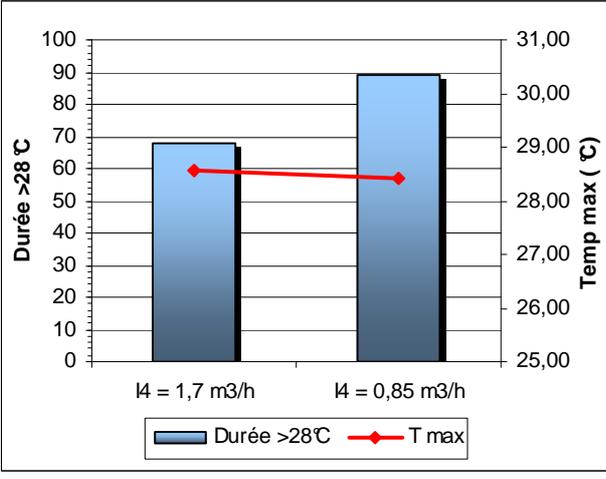
Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso min intérieure moyenne densité	Légère avec isolant léger	Sur vide sanitaire	Légère
	Pour toutes les variantes	Parpaing de 20 cm + ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 + 4	Cloison 2 x BA13 sans isolant

8.9.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

¹⁵ La composition des parois de toutes les parois est décrites précisément en annexe

¹⁶ Voir détail des parois en annexe « OPTIMISATION : descriptif des parois »

INFILTRATIONS D'AIR	COMMENTAIRES									
<p>3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for MI Constructeur (Nîmes 2030)</caption> <thead> <tr> <th>I4 (m3/h)</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,8</td> <td>~250</td> <td>~30,0</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>~245</td> <td>~30,5</td> </tr> </tbody> </table>	I4 (m3/h)	Durée >28°C (h)	T max (°C)	0,8	~250	~30,0	0,4	~245	~30,5	<p>La perméabilité à l'air des bâtiments est recherchée avant tout pour l'amélioration des performances d'hiver. Elle fait surtout appel à une mise en œuvre soignée visant à combattre tous les points singuliers où l'air peut s'infiltrer.</p> <p>Dans le cas des logements une bonne perméabilité à l'air améliore légèrement les performances d'été. Dans la mesure où une surventilation nocturne existe, la part de l'air associé aux infiltrations est faible et n'a donc que très peu d'incidence sur le rafraîchissement nocturne.</p> <p>Pour les bureaux le comportement est inversé. Il semblerait dans ce cas que la diminution des infiltrations durant la nuit a une incidence négative par rapport à cette même diminution en journée. Ceci peut s'expliquer par une proportion des infiltrations par rapport au débit de free cooling plus forte que dans les projets précédents. Le débit de surventilation est en effet ici de 2 vol/h alors qu'il est de 5 vol/h pour les logements. Inversement les infiltrations sont diminuées pour les bureaux de 0.85 m3/h/m2 alors que cette diminution est de 0.4 et 0.65 m3/h/m2 pour la maison individuelle et le collectif.</p>
I4 (m3/h)	Durée >28°C (h)	T max (°C)								
0,8	~250	~30,0								
0,4	~245	~30,5								
<p>5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for COL Parpaing (Perpignan 2030)</caption> <thead> <tr> <th>I4 (m3/h)</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,3</td> <td>~230</td> <td>~30,0</td> </tr> <tr> <td>0,65</td> <td>~190</td> <td>~29,5</td> </tr> </tbody> </table>	I4 (m3/h)	Durée >28°C (h)	T max (°C)	1,3	~230	~30,0	0,65	~190	~29,5	
I4 (m3/h)	Durée >28°C (h)	T max (°C)								
1,3	~230	~30,0								
0,65	~190	~29,5								
<p>8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)</p>  <table border="1"> <caption>Data for TER Bureaux (Montpellier 2030)</caption> <thead> <tr> <th>I4 (m3/h)</th> <th>Durée >28°C (h)</th> <th>T max (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,7</td> <td>~68</td> <td>~28,5</td> </tr> <tr> <td>0,85</td> <td>~88</td> <td>~28,5</td> </tr> </tbody> </table>	I4 (m3/h)	Durée >28°C (h)	T max (°C)	1,7	~68	~28,5	0,85	~88	~28,5	
I4 (m3/h)	Durée >28°C (h)	T max (°C)								
1,7	~68	~28,5								
0,85	~88	~28,5								

8.10. VENTILATION NOCTURNE

8.10.1. Description

Cette analyse concerne l'incidence de la ventilation nocturne.

Dans toutes les simulations précédentes, une ventilation nocturne a été automatiquement intégrée Elle est de 5 vol/h pour les logements et de 2 vol/h pour les bureaux.

On considère que cette surventilation est gérée manuellement par les occupants dans les logements par l'ouverture des fenêtres.

Dans les bureaux elle est effectuée par la ventilation mécanique dimensionnée pour permettre un fort renouvellement de nuit.

Pour chacune des quatre grandes familles nous avons étudié deux cas :

Sans VN : absence de ventilation nocturne. Le renouvellement d'air est juste réglementaire

Avec VN : présence d'une ventilation nocturne telle que définie précédemment

Pour tous les projets le niveau d'isolation global est minimal (Voir « Iso min » par 8.2.1) avec un isolant de moyenne densité, des cloisons légères, un sol sur vide sanitaire et une toiture légère¹⁷.

Les différentes parois étudiées sont décrites succinctement ci-après¹⁸ :

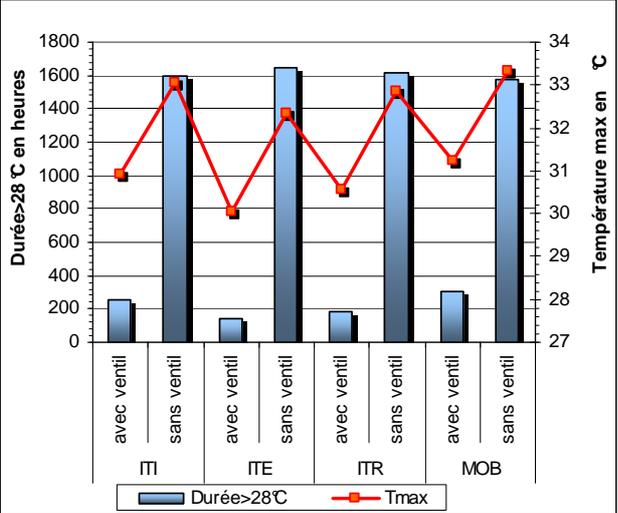
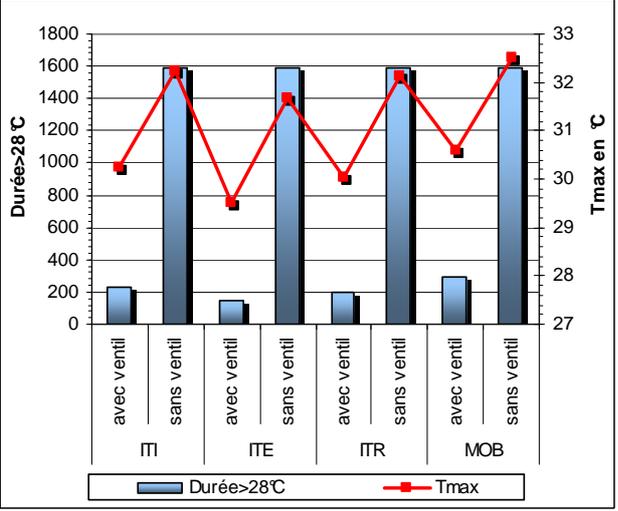
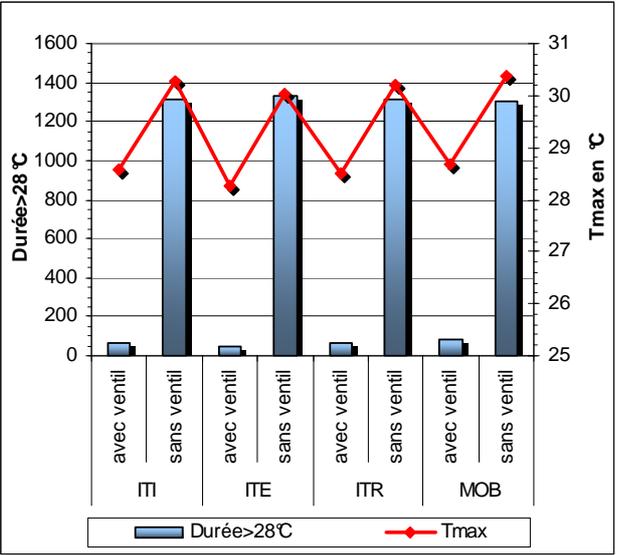
Type	Variante	Mur extérieur	Toiture	Sol	Cloisons
		Iso min intérieure moyenne densité	Légère avec isolant léger	Sur vide sanitaire	Légère
	Pour toutes les variantes	Parpaing de 20 cm + ouate cellulose 11 cm + BA13	Laine de verre 17 cm + BA13	Polystyrène 12 cm + Hourdi 16 +4	Cloison 2 x BA13 sans isolant

8.10.2. Synthèse des résultats

(Page suivante)

¹⁷ La composition des parois de toutes les parois est décrites précisément en annexe

¹⁸ Voir détail des parois en annexe « OPTIMISATION : descriptif des parois »

VENTILATION NOCTURNE	COMMENTAIRES																																
<h3 data-bbox="145 288 655 322">3 – MI Constructeur (Nîmes 2030)</h3>  <table border="1" data-bbox="156 338 774 851"> <caption>Data for MI Constructeur (Nîmes 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Configuration</th> <th>Durées>28°C (h)</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ITI</td> <td>avec ventil</td> <td>~250</td> <td>~31.0</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1550</td> <td>~33.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ITE</td> <td>avec ventil</td> <td>~150</td> <td>~30.0</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1600</td> <td>~32.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ITR</td> <td>avec ventil</td> <td>~180</td> <td>~30.5</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1550</td> <td>~33.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">MOB</td> <td>avec ventil</td> <td>~300</td> <td>~31.5</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1550</td> <td>~33.5</td> </tr> </tbody> </table>	Orientation	Configuration	Durées>28°C (h)	Tmax (°C)	ITI	avec ventil	~250	~31.0	sans ventil	~1550	~33.0	ITE	avec ventil	~150	~30.0	sans ventil	~1600	~32.5	ITR	avec ventil	~180	~30.5	sans ventil	~1550	~33.0	MOB	avec ventil	~300	~31.5	sans ventil	~1550	~33.5	<p data-bbox="810 327 1477 412">Les diagrammes ci-contre montrent tout l'intérêt de la ventilation nocturne. Elle permet de décharger le bâtiment de la chaleur accumulée durant la journée.</p> <p data-bbox="810 427 1477 745">Pour les logements, cette ventilation peut se faire simplement par les occupants dans la mesure où le bâtiment ne se trouve pas dans un environnement bruyant. Il faut aussi que la conception des bâtiments soit adaptée. Il est préférable qu'ils soient traversants afin de faciliter le balayage de l'air par l'ouverture de fenêtres opposés. Pour les appartements ayant qu'une orientation, il suffit d'avoir une surface d'ouvrant plus importante. Elle doit représenter au moins 4% de la surface au sol des locaux alors qu'on peut la limiter à 2% pour des bâtiments traversants.</p> <p data-bbox="810 761 1477 875">Pour les logements du rez de chaussée une grille anti intrusion ou des volets à lamelles anti effraction sont à prévoir.</p>  <p data-bbox="810 891 1477 1005">Cette solution peut aussi être adoptée dans les bureaux. Elle suppose par contre une bonne éducation des occupants.</p> <p data-bbox="810 1021 1477 1135">Pour s'affranchir du comportement des occupants, qu'il sera toujours difficile d'harmoniser à l'échelle d'un bâtiment, l'autre solution est d'automatiser ouvrants et protections. Ils peuvent être contrôlés par la GTC si elle existe. Pour des bâtiments existants il existe des gestionnaire autonomes qui en fonction de l'éclairage naturel, des températures intérieures/extérieures et du vent ouvrent ou ferment le volet ou la fenêtre pour assurer le meilleur confort.</p>
Orientation	Configuration	Durées>28°C (h)	Tmax (°C)																														
ITI	avec ventil	~250	~31.0																														
	sans ventil	~1550	~33.0																														
ITE	avec ventil	~150	~30.0																														
	sans ventil	~1600	~32.5																														
ITR	avec ventil	~180	~30.5																														
	sans ventil	~1550	~33.0																														
MOB	avec ventil	~300	~31.5																														
	sans ventil	~1550	~33.5																														
<h3 data-bbox="145 871 687 904">5 – COL Parpaing (Perpignan 2030)</h3>  <table border="1" data-bbox="156 931 774 1442"> <caption>Data for COL Parpaing (Perpignan 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Configuration</th> <th>Durées>28°C (h)</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ITI</td> <td>avec ventil</td> <td>~250</td> <td>~31.0</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1550</td> <td>~33.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ITE</td> <td>avec ventil</td> <td>~150</td> <td>~30.0</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1600</td> <td>~32.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ITR</td> <td>avec ventil</td> <td>~180</td> <td>~30.5</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1550</td> <td>~33.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">MOB</td> <td>avec ventil</td> <td>~300</td> <td>~31.5</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1550</td> <td>~33.5</td> </tr> </tbody> </table>	Orientation	Configuration	Durées>28°C (h)	Tmax (°C)	ITI	avec ventil	~250	~31.0	sans ventil	~1550	~33.0	ITE	avec ventil	~150	~30.0	sans ventil	~1600	~32.5	ITR	avec ventil	~180	~30.5	sans ventil	~1550	~33.0	MOB	avec ventil	~300	~31.5	sans ventil	~1550	~33.5	 <p data-bbox="810 1375 1034 1408">SOS - Archimedes</p> <p data-bbox="810 1424 1477 2069">En cas d'impossibilité d'ouverture des fenêtres une ventilation mécanique devient nécessaire. Celle-ci peut être assurée par la ventilation double flux qui devrait se développer davantage dans les années à venir. Comme on le voit ici sur les bureaux, un renouvellement de 2 vol/h suffit à rendre le bâtiment confortable dans la mesure où tous les autres critères bioclimatiques sont respectés. Il suffit donc de sur-dimensionner légèrement le système pour permettre un renouvellement au minimum de 2 à 3 vol/h. Pour limiter les consommations électriques les pertes de charge du réseau ne doivent pas dépasser 800 Pa. Dans ce cas ce système restera dans la majorité des cas plus efficace qu'un rafraîchissement par groupe thermodynamique. Un ventilateur de 1000 m³/h ayant un rendement de 65% a une puissance absorbée de 340 W (1000 m³/h/3600 x 800 Pa / 0.65) pour une puissance fournie de 1700 W avec un delta T extérieure/intérieur de 5°C (0.34 W/m³.K x 100 m³/h x (28°K – 23°K)). Une pompe à chaleur devra avoir un COP d'au moins 5 pour être dans ce cas plus intéressante (1700 W/340 W).</p>
Orientation	Configuration	Durées>28°C (h)	Tmax (°C)																														
ITI	avec ventil	~250	~31.0																														
	sans ventil	~1550	~33.0																														
ITE	avec ventil	~150	~30.0																														
	sans ventil	~1600	~32.5																														
ITR	avec ventil	~180	~30.5																														
	sans ventil	~1550	~33.0																														
MOB	avec ventil	~300	~31.5																														
	sans ventil	~1550	~33.5																														
<h3 data-bbox="145 1453 687 1487">8 – TER Bureaux (Montpellier 2030)</h3>  <table border="1" data-bbox="156 1514 774 2069"> <caption>Data for TER Bureaux (Montpellier 2030)</caption> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Configuration</th> <th>Durées>28°C (h)</th> <th>Tmax (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ITI</td> <td>avec ventil</td> <td>~50</td> <td>~29.0</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1300</td> <td>~30.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ITE</td> <td>avec ventil</td> <td>~50</td> <td>~28.5</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1350</td> <td>~30.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ITR</td> <td>avec ventil</td> <td>~50</td> <td>~29.0</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1300</td> <td>~30.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">MOB</td> <td>avec ventil</td> <td>~50</td> <td>~29.5</td> </tr> <tr> <td>sans ventil</td> <td>~1300</td> <td>~31.0</td> </tr> </tbody> </table>	Orientation	Configuration	Durées>28°C (h)	Tmax (°C)	ITI	avec ventil	~50	~29.0	sans ventil	~1300	~30.5	ITE	avec ventil	~50	~28.5	sans ventil	~1350	~30.0	ITR	avec ventil	~50	~29.0	sans ventil	~1300	~30.5	MOB	avec ventil	~50	~29.5	sans ventil	~1300	~31.0	
Orientation	Configuration	Durées>28°C (h)	Tmax (°C)																														
ITI	avec ventil	~50	~29.0																														
	sans ventil	~1300	~30.5																														
ITE	avec ventil	~50	~28.5																														
	sans ventil	~1350	~30.0																														
ITR	avec ventil	~50	~29.0																														
	sans ventil	~1300	~30.5																														
MOB	avec ventil	~50	~29.5																														
	sans ventil	~1300	~31.0																														

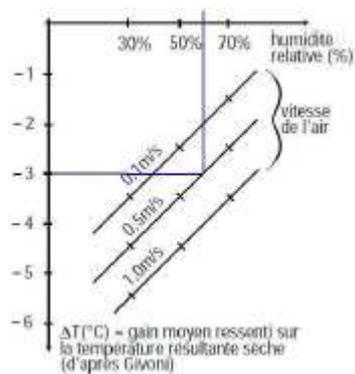
8.11. VENTILATION PAR BRASSAGE

8.11.1. Description

Il existe une autre solution permettant d'abaisser la température ressentie de l'air : il s'agit du brasseur d'air plafonnier ou sur pieds. Celui-ci est d'autant plus efficace que l'humidité relative de l'air est faible. Cela favorise l'évapotranspiration de la peau et donc son rafraîchissement.

8.11.2. Synthèse des résultats

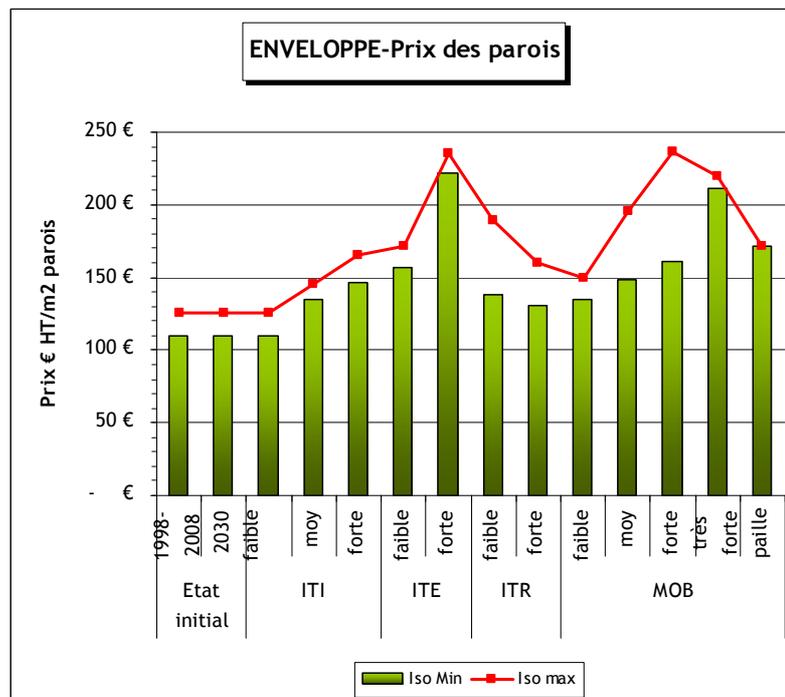
Il n'est pas possible de simuler directement ce système par simulation dynamique. On peut néanmoins considérer que pour une humidité de 60% et une vitesse d'air de 0.5 m/s, la baisse de température ressentie est de **3°C**.



8.12. Prix des options sur le bâti

8.12.1. Enveloppe

Une analyse économique en coût global et en coût par inconfort évité sera effectuée dans le paragraphe sur les scénarios d'amélioration (par 9). Les tableaux suivants donnent juste un aperçu des coûts des principales mesures pouvant être mises en œuvre sur le bâti en particulier sur l'enveloppe et sur les cloisons internes.¹⁹



En toute logique les solutions les plus efficaces sont aussi les plus onéreuses. C'est le cas de L'isolation extérieure avec mur en béton banché et de l'ossature bois en béton de chanvre. Avec une isolation minimale ($U=0.3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) le prix par m² de SHAB passe de **108 à 208 € HT** pour la maison individuelle, de **87 à 167 € HT** pour le collectif et de **73 à 140 € HT** pour le tertiaire.

L'augmentation de l'isolation engendre un surcoût de **6 à 15 %** pour l'isolation intérieure, l'isolation extérieure, l'ossature bois faible densité et l'ossature bois très forte densité. Pour l'isolation répartie et l'ossature bois moyenne et forte densité le surcoût est situé entre **22 et 47%**. Ce surcoût plus important pour ces modes constructifs est probablement du à une diffusion encore marginale en France.

Ce constat explique en grande partie la prédominance de l'isolation intérieure qui représente près de **80%** des constructions contre **7%** pour l'isolation extérieure, **7%** pour les maisons à ossature bois et **6%** pour l'isolation répartie. Il faut toutefois rajouter à l'isolation intérieure le coût du rupteur thermique pour les projets avec dalle intermédiaire. Dans la mesure où la façade reste l'élément porteur, ce composant deviendra indispensable dans les bâtiments BBC de demain. Pour la maison individuelle, l'absence de dalle d'étage ne génère pas de surcoût. Il faut par contre rajouter au coût de l'isolant intérieur **12 € HT** pour le collectif et **7 € HT** pour les bureaux par m² de surface habitable. L'autre solution est d'avoir des façades non porteuses, les murs de refends intérieurs assurant la structure du bâtiment. Dans ce cas l'isolant intérieur est continu d'un étage à l'autre, le seul pont thermique étant l'ancrage de la façade sur chaque dalle.

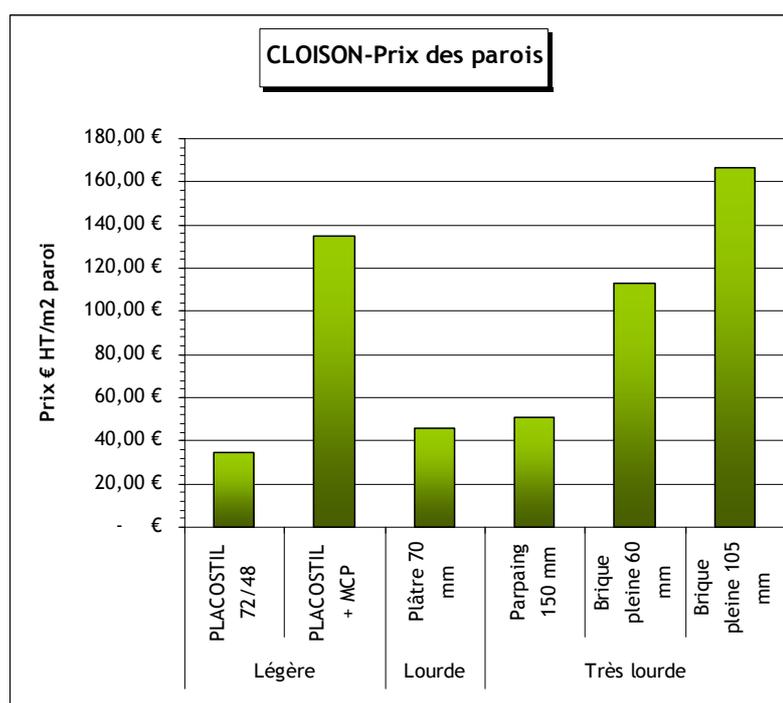
A l'image de son efficacité par rapport au confort le coût de l'isolation répartie se situe entre l'isolation intérieure et l'isolation extérieure. Ce surcoût est plus élevé pour les blocs de 49 à 50 cm qui permettent d'obtenir un coefficient U de l'ordre de $0.2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. La raison en est probablement une diffusion encore marginale de ces produits en France.

¹⁹ Voir en annexe descriptif et coût des parois

Avec un mode d'isolation classique par remplissage en fibre minérale ou végétale, la construction bois reste au même niveau de prix que le mur à isolation intérieure moyenne et forte densité et le mur en parpaing isolé par l'extérieur. Ce surcoût est plus prononcé avec une isolation renforcée en fibre de bois et en ouate de cellulose.

Le remplissage par paille se trouve par contre à un niveau de prix plus bas, proche de celui de l'ITI forte densité, de l'ITE faible densité et de l'ITR faible densité pour un niveau d'isolation amélioré de **20%**. (U de 0.16 W/m².K). Réservée pendant longtemps aux auto-constructeurs, très sensibles aux questions environnementales, ce type d'enveloppe se développe de plus en plus. Fort de l'expérience autrichienne et des expérimentations en France de ces dernières années, certaines sociétés proposent désormais des caissons préfabriqués en atelier offrant toutes les garanties de stabilité dans le temps. Un ATEX a été obtenu sur un bâtiment et une demande d'avis technique est en cours pour permettre une plus large diffusion de cette technique dans les établissements publics.

8.12.2. Cloisons



Malgré un prix élevé par rapport à des cloisons alvéolaires composées de 2 plaques de plâtre, la mise en œuvre de matériaux à changement de phase a un coût sensiblement identique aux parois lourdes équivalentes. Une cloison de type PLACOSTIL à **35 € HT/m² passe à 135 € HT** en rajoutant une plaque MCP de chaque côté. A comparer avec un prix de **135 € HT** pour le plâtre de 18 cm, l'épaisseur de ces produits étant de toute façon limitée actuellement à 10 cm.

Pour le parpaing de 15 cm enduit sur ces 2 faces le prix passe à **84 € HT**. La brique pleine de 10 cm (n'existe pas en 8 cm) est à **135 € HT**.

Par m² de surface habitable le coût entre la cloison PLACOSTIL et le MCP passe de :

- **25 à 98 € HT** soit une part de 3 à 11.6% dans le prix de la construction pour la maison individuelle
- **33 à 126 € HT** soit une part de 3,4 à 13,1% dans le prix de la construction pour le collectif
- **33 à 128 € HT** soit une part de 2.3 à 8.9 % dans le prix de la construction pour les bureaux.

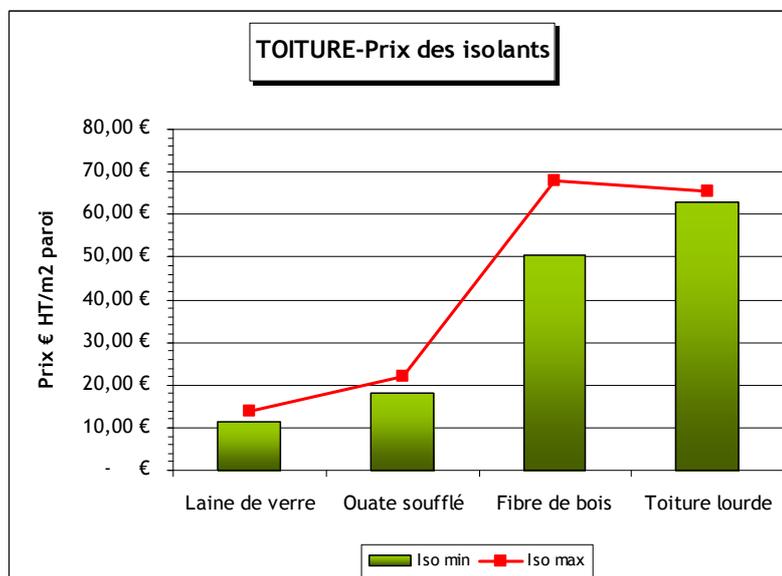
En défaveur des parois à forte épaisseur il y a aussi la diminution de la surface habitable. Par rapport au MCP associé à une cloison PLACOSTIL le mur parpaing de 15 cm enduit sur ces deux faces induirait une diminution de surface de :

- **2 m² soit 2%** de la surface habitable pour la maison individuelle
- **32 m² soit 2.6%** de la surface habitable pour le collectif
- **52 m² soit 2.7%** de la surface habitable pour les bureaux

Par rapport au coût du m² habitable cette diminution de surface engendre une perte de :

- 1485 € pour la maison individuelle – 840 € HT/m²SHAB
- 31227 € pour le collectif – 968 €/m² SHAB
- 75258 € pour les bureaux - 1448 €/m² SHAB

8.12.3. Toiture



Alors que dans le cas des enveloppes le surcoût de la ouate par rapport à de la laine de verre est de l'ordre de **20 à 50 €/m²** suivant le type d'enveloppe, ce surcoût est situé entre **6 et 9 €/m²** dans le cas d'une isolation sous comble perdu. Comme indiqué précédemment il est préférable d'agir en priorité sur la nature de l'isolant en toiture avant d'intervenir sur celle de l'enveloppe pour l'habitat individuel.

La fibre de bois forte densité (150 kg/m³) a par contre un coût près de **5 fois** plus élevé que la laine de verre. Compte tenu de son intérêt sur le confort d'été et sur son bilan environnemental, la solution est de ne l'utiliser que partiellement : des panneaux en fibre de bois constituent l'isolation côté intérieur et la ouate de cellulose le côté extérieur.

Pour une isolation maximale le coût de la toiture lourde avec isolation légère est moins élevé que la fibre de bois pour une meilleure efficacité (par 8.6). Cette solution sera donc à privilégier en priorité.

9. Scénarios d'amélioration

9.1. Avant propos

Dans la phase optimisation, Nous proposons d'étudier trois scénarios :

- **BATI** : couplage de solutions sur le bâti uniquement permettant d'atteindre le niveau de confort d'aujourd'hui.
- **BATI + SYSTEME** : solution mixte bâti + système. Le rafraîchissement est dans ce cas complété par un système dynamique avec fixation d'une consigne.
- **SYSTEME** : sans toucher au bâti actuel on intègre un système de rafraîchissement dynamique avec fixation d'une consigne

Pour limiter la multiplication des simulations un seul projet par catégorie de bâtiment est étudié, soit un total de 3.

Afin que ce paramètre n'interagisse pas avec le type de construction et pour pouvoir faire une comparaison entre eux, les 3 projets sont étudiés avec un seul climat. L'analyse est faite pour le climat de Nîmes 2030 et 2050.

Les hypothèses économiques retenues sont les suivantes :

- hausse du coût de l'énergie : 5.5% par an pour le gaz (MEEDDAT 2006 à 2008), 4.7% l'électricité (La maison écologique N°54), 3.6% pour le bois (La maison écologique N°54)
- taux d'inflation : 2%
- taux d'actualisation : 4,5%

Le chauffage est en base au gaz naturel.

Les projets de base dans les simulations « SCENARIOS » sont avec les mêmes hypothèses de départ : isolation intérieure, isolation minimale, cloison légère, sol sur terre plein, dalle intermédiaire en béton, infiltrations réglementaires, équipements électriques moyens, ventilation nocturne, protection solaire.

Le couplage des solutions est déterminé pour avoir une durée d'inconfort au moins équivalente à celle d'aujourd'hui.

Les scénarios intégrant un rafraîchissement par brasseur d'air ne pouvant pas être simulés à partir du logiciel utilisé, nous avons considéré un abaissement de température intérieure de 1°C pour le climat 2030 et de 2°C pour le climat 2050. Ce gain est relativement pessimiste par rapport aux études existant sur le sujet (voir par 8.11.2)

Pour chaque projet et pour les climats 2030 et 2050 les variantes suivantes ont été étudiées:

Référence -> Météo 1999-2008

- 0 ITI faible densité avec isolant léger en toiture, cloison légère et isolation minimale

Initial – Météo 2030 ou 2050

- 1 - ITI faible densité avec isolant léger en toiture, cloison légère et isolation minimale

BATI – Météo 2030 ou 2050

- 2 ITI – Chauffage gaz par radiateurs
- 3 ITE – Chauffage gaz par radiateurs
- 4 ITR – Chauffage gaz par radiateurs
- 5 MOB – Chauffage gaz par radiateurs

BATI + SYSTEME – Météo 2030 ou 2050

- 6 ITI – Chauffage rafraîchissement par PAC réversible air/eau
- 7 ITE – Chauffage rafraîchissement par PAC réversible air/eau

- 8 ITR – Chauffage rafraîchissement par PAC réversible air/eau
- 9 MOB – Chauffage rafraîchissement par PAC réversible air/eau
- 10 ITI – Chauffage gaz par radiateurs + brassage d'air par ventilateurs plafonniers
- 11 ITI – Chauffage gaz par radiateurs + rafraîchissement par puits climatique

SYSTEME – Météo 2030 ou 2050

- 12 ITI – Chauffage gaz par radiateur + climatisation solaire par groupe à absorption
- 13 ITI – Chauffage rafraîchissement par PAC réversible air/eau
- 14 ITI – Chauffage rafraîchissement par PAC réversible sol/eau

Pour chaque variante les paramètres suivants ont été calculés :

Bilan énergie

- Besoins froid
- Besoins chaud
- Consommation d'énergie primaire tous usages

Bilan confort

- Température moyenne maximale
- Durée moyenne > 28°C
- Degré heures 28°: ce paramètre correspond à la somme des écarts de température entre la température intérieure et 28°C

Indicateurs environnementaux

- CO2 émis
- Déchets radioactif générés

Bilan économique

- Coût de fonctionnement
- Investissement
- Coût global
- Investissement/Degré-heures 28° évités

9.2. Résultats

(Voir page suivante)

Optimisation projet - 2030										3 - MI Constructeur (1)		
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC												
Description des scénarios										 <p>Données générales Localisation : VERGEZE Station météo : Nîmes 2030 U bât : 0,293 W/m².K Cep : 30,8 kWh/m².an SHAB : 88 m² SHON : 97 m²</p>		
	Paroi ext	Densité	Isolation	Densité toit	Pl bas	Cloison	Chauf/Froid	Emetteur				
0	Référence	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ Radiateur				
1	Initial 2030	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ Radiateur				
2	BATI	ITI	Moyenne	Min	Moyenne	Min sur TP	Lourde	GAZ Radiateur				
3		ITE	Moyenne	Min	Faible	Min sur TP	Lourde	GAZ Radiateur				
4		ITR	Moyenne	Min	Faible	Min sur TP	Lourde	GAZ Radatieur				
5		MOB	Paille	Max	Faible	Min sur TP	Légère	GAZ Radiateur				
6	BATI + SYSTÈME	ITI	Faible	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau Plancher				
7		ITE	Moyenne	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau Plancher				
8		ITR	Forte	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau Plancher				
9		MOB	Faible	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau Plancher				
10	SYSTÈME	ITI	Faible	Min	Faible	Min sur TP	Légère	GAZ+Ventil Radiateur				
11		ITI	Faible	Min	Moyenne	Min sur TP	Lourde	GAZ+Puits Radiateur				
12		ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ+Clim sol Plancher				
13		ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac air/eau Plancher				
14	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac eau/eau Plancher					
Bilan énergie												
	Besoin chaud kWh/an	Besoin froid kWh/an	Ener primaire kWh/an	Ecart Energie primaire / référence								
0	Référence	3 170		15 331								
1	Initial 2030	2 594		14 535	-5%							
2	BATI	1 879		13 511	-12%							
3		1 878		13 509	-12%							
4		1 880		13 512	-12%							
5		1 403		12 828	-16%							
6	BATI + SYSTÈME	1 817	430	19 223	25%							
7		1 832	297	18 966	24%							
8		1 803	334	18 985	24%							
9		1 830	510	19 424	27%							
10	SYSTÈME	1 817	0	13 827	-10%							
11		1 069	0	13 381	-13%							
12		2 594	572	13 978	-9%							
13		2 595	572	21 157	38%							
14	2 595	572	18 686	22%								
Bilan confort												
	Temp max °C	Durée >28°C Heures	DH >28°C	Ecart durée > 28°C / référence								
0	Référence	29,8	80	48								
1	Initial 2030	31,2	303	274	466%							
2	BATI	29,3	52	29	-40%							
3		27,8	29	14	-70%							
4		29,2	46	25	-48%							
5		29,0	41	22	-54%							
6	BATI + SYSTÈME	26,5	0	0	-100%							
7		26,7	0	0	-100%							
8		26,7	0	0	-100%							
9		26,6	0	0	-100%							
10	SYSTÈME	29,4	51	31	-35%							
11		29,0	60	25	-48%							
12		26,0	0	0	-100%							
13		26,0	0	0	-100%							
14	26,0	0	0	-100%								
Indicateurs environnementaux												
	CO2 t/an	Déchets nucl g/an	Ecart CO2 / référence									
0	Référence	1,57	6									
1	Initial 2030	1,40	6	-11%								
2	BATI	1,18	6	-25%								
3		1,18	6	-25%								
4		1,18	6	-25%								
5		1,03	6	-35%								
6	BATI + SYSTÈME	0,45	12	-71%								
7		0,45	12	-71%								
8		0,45	12	-71%								
9		0,46	12	-71%								
10	SYSTÈME	1,15	6	-27%								
11		0,94	6	-40%								
12		0,89	7	-43%								
13		0,54	13	-66%								
14	0,43	12	-73%									
Bilan économique												
	Coût fonct k€ TTC/20ans	Investis k€ TTC	Coût global k€ TTC	Invest/ confort k€ TTC/heures	Ecart Coût glob / référence							
0	Référence	16,8	29,29	46,1								
1	Initial 2030	16,0	29,29	45,3	-2%							
2	BATI	15,0	33,32	48,3	5%							
3		15,0	34,33	49,3	7%							
4		15,0	32,66	47,6	3%							
5		14,3	35,12	49,4	7%							
6	BATI + SYSTÈME	16,0	31,56	47,6	8,3							
7		15,8	35,73	51,6	23,5							
8		15,9	33,40	49,3	15,0							
9		16,2	33,81	50,0	16,5							
10	SYSTÈME	15,1	29,66	44,8	1,5							
11		14,5	38,06	52,6	35,3							
12		14,8	67,60	82,4	139,9							
13		17,4	31,56	48,9	8,3							
14	15,6	43,18	58,8	50,7								

Commentaires - 2030	3 – MI Constructeur (1)
<p>Sur l'énergie</p> <p>Les besoins de chauffage sont diminués d'environ 18% en 2030 par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Les améliorations sur le bâti uniquement pour limiter l'inconfort génèreraient 28% d'économie sur les besoins de chauffage dans le cas où le niveau d'isolation reste identique. Ce gain est essentiellement du au passage de la dalle du vide sanitaire au terre plein. L'économie atteint 45% pour le MOB qui bénéficie en plus d'une isolation améliorée à partir d'un remplissage de l'ossature en botte de paille.</p> <p>Les scénarios « BATI » permettent une économie de 12 à 16% sur l'énergie primaire alors que les scénarios mixtes « BATI + SYSTEME » faisant intervenir une climatisation de type AIR/EAU génèrent une augmentation de 24 à 27% par rapport à la référence (scénarios 6, 7, 8, 9).</p> <p>Sans intervenir sur le bâti cette augmentation va de 22 à 38% (Scénarios 14 et 13), l'écart obtenu provenant d'une meilleure performance de la PAC sol/eau (COP moyen de 3) par rapport à la PAC air/eau (COP moyen de 2). Parmi les systèmes, les meilleurs résultats sont obtenus avec le rafraîchissement par brassage d'air, la climatisation solaire et le puits climatique qui permettent de maintenir un niveau de consommation inférieur à aujourd'hui de 10 à 13%.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>Dans les scénarios « BATI », les améliorations proposées permettent toutes d'atteindre aisément un niveau d'inconfort inférieur à 50 heures. Une marge de progression est encore envisageable sur chacune des options en particulier pour l'ITE et l'ITR dont seulement 2 paramètres ont été améliorés sur les 5 possibles. Pour l'ITI 2 parois supplémentaires sont modifiées avec la possibilité de les améliorer encore. Pour le MOB le renforcement de l'isolation sur toutes les parois avec de la paille dans les murs et le passage de la dalle sur terre plein suffit à rendre la maison confortable.</p> <p>En plus de réduire la durée d'inconfort, l'ITE permet d'écarter davantage la température maximale : gain de 1 à 1,5°C par rapport aux autres enveloppes. Dans tous les cas, les améliorations proposées permettent de diminuer la température maximale de 0.5 à 2°C par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Comme pour le critère énergie, la mise en œuvre d'une dalle sur terre plein à la place du vide sanitaire est déterminante (voir par 8.7). Cette option est donc à privilégier en priorité si les conditions du terrain le permettent.</p> <p>Les solutions avec systèmes permettent d'atteindre le niveau de confort attendu. L'option avec ventilateur plafonnier est suffisant pour atteindre l'objectif fixé en passant uniquement la dalle sur terre plein, les autres parois restant inchangées par rapport à la référence. Le puits climatique nécessite par contre l'amélioration supplémentaire de 2 parois pour atteindre le confort souhaité. Ce résultat confirme qu'un puits climatique ne doit s'imaginer dans un projet qu'à partir du moment où d'autres critères bioclimatiques associés au bâti sont appliqués. Il assure dans ce cas le complément nécessaire pour affronter les périodes caniculaires.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Par rapport aux seuls indicateurs du CO2 et des déchets radioactifs on observe 3 tendances en fonction des solutions apportées :</p> <p>1/ l'émission de CO2 baisse légèrement et les déchets restent stables : il s'agit des solutions où seul le bâti est amélioré. On accepte dans ce cas un certain niveau d'inconfort. Pour être complète l'analyse devrait porter sur le cycle de vie des matériaux qui favoriserait davantage les solutions MOB et les isolants d'origine végétale ou animale appelés aussi isolants «Bio-sourcés ». A titre de comparaison, pour une résistance thermique de 5 m²/K/W, la fabrication de la ouate de cellulose demande 20 kWhp/m² alors que le polystyrène en nécessite 80, et le polystyrène extrudé 180, soit 4 à 9 fois plus. Alors que la ouate stocke 10 kg/m² de CO₂, le polystyrène va en rejeter 10 kg/m². Ainsi, uniquement sur ce matériau on obtient un gain de 1.7 tonnes de CO₂ et de 5 000 kWhp par rapport au polystyrène²⁰. En considérant l'ensemble des matériaux, une maison à ossature bois stocke 12 à 32 tonnes de CO₂. Sur 50 ans d'utilisation cela représente un gain de 0.2 à 0.6 tonnes/an sur les émissions indiquées dans le tableau. On atteint dans ce cas un niveau proche de celui obtenu avec la pompe à chaleur auquel il faut rajouter le gain en déchets radioactifs.</p> <p>2/ l'émission de CO2 baisse fortement et les déchets augmentent fortement : on utilise dans ce cas une climatisation à compression qui assure par réversibilité le chauffage en hiver : le CO₂ est divisé par 2,5 alors que la production de déchets nucléaires est multipliée par 2. Ce résultat est du à l'utilisation de l'électricité dont</p>	

²⁰ « La maison écologique » – N°56 de mai 2010

la production en France est en grande partie d'origine nucléaire (près de 80%). Il faut néanmoins rajouter à ce bilan le fluide frigorigène utilisé dans la PAC et qui est un important gaz à effet de serre. S'il s'agit du R407C son GWP²¹ est de 1600. Pour 3% de fuite par an une PAC contenant 2 kg de fluide émet l'équivalent de 100 kg de CO₂ par an, soit 20% de plus à rajouter aux émissions liées à la consommation.

L'utilisation d'un groupe à absorption au gaz permettrait de limiter cette production de déchets mais le CO₂ reviendrait à un niveau aussi élevé que précédemment. Dans la mesure où la production électrique d'origine renouvelable devrait augmenter dans les années à venir, l'incidence de la climatisation sur l'environnement devrait diminuer d'autant. Par ailleurs, les PAC utiliseront dans l'avenir des gaz ayant un faible GWP comme le l'isobutane R600a (GWP de 20), l'ammoniac R717 (GWP de 0) ou le CO₂ R744 (GWP de 1),....

3/ l'émission de CO₂ baisse moyennement et les déchets augmentent légèrement : le système de rafraîchissement utilise une source renouvelable, le soleil pour la climatisation solaire et le sol pour le puits climatique. On obtient une économie en hiver et un rafraîchissement en été sans la garantie du maintien d'une consigne.

Sur le bilan économique

Investissement

A l'exception de la climatisation solaire, les options étudiées ont un investissement situé entre **30 k€ et 43 k€** soit un surcoût compris entre **4 et 158 € TTC/m² SHAB**. Cela représente une augmentation de **0.5 à 19%** du coût de la construction. Aux deux extrêmes on trouve la solution « BATI + SYSTEME » par ventilateur plafonnier et la solution par PAC sol/eau.

Les solutions « BATI » se situent entre **32 et 35 k€**, soit un surcoût compris entre **38 et 66 € TTC/m² SHAB**. Cela représente une augmentation de **5 à 8%** du coût de la construction. La solution ITR est la moins élevée suivie de près par l'ITI qui nécessite l'amélioration de 4 parois au lieu de 2 pour l'ITR. Pour une configuration de parois identiques, à l'exception de la paroi extérieure, l'ITE vient ensuite. La solution MOB paille a le coût le plus élevé. Cette dernière solution nécessite en effet une main d'œuvre importante qui la défavorise par rapport à des produits plus conventionnels dont une partie des coûts environnementaux est supportée par la collectivité. La tendance à l'industrialisation par la réalisation de parois préfabriquées en usine devrait engendrer dans les années à venir une baisse des coûts de ce mode de construction.

Les solutions « BATI + SYSTEME » ont un coût compris entre **32 et 38 k€** soit un surcoût de **26 à 100 € TTC/m² SHAB**. Cela représente une augmentation de **3 à 12%** du coût de la construction. Le choix des ventilateurs plafonniers est le moins onéreux. La mise en place d'un puits climatique est l'investissement le plus lourd. Il doit s'associer en plus à l'amélioration de 2 parois supplémentaires par rapport à l'option précédente pour atteindre le niveau de confort requis.

Avec un investissement de **32 k€** la solution « SYSTEME » avec PAC Air/Eau est la moins onéreuse. Elle génère un surcoût de **26 € TTC/m² SHAB** soit **3 %** du coût de la construction. La solution avec PAC Sol/eau représente par contre l'investissement le plus élevé avec un surcoût de **157 € TTC/m² SHAB** soit **19%** du coût de la construction. Ce surcoût élevé est à rapprocher de la taille modeste de la maison (SHAB de 88 m²). Ce surcoût au m² serait beaucoup moins significatif pour des projets de plus de 120 m².

Coût global

Le coût global sur 20 ans, à l'exception de la climatisation solaire, va de **44,8 k€ TTC à 58.8 k€ TTC** Par rapport à la référence cela représente un écart de **3 à 7%** pour les solutions « BATI », de **- 3 à 14%** pour les solutions « BATI + SYSTEME » et de **6 à 79%** pour les solutions « SYSTEME ». Si on écarte les solutions avec puits climatique et PAC sol/eau, l'écart maximal entre les différents scénarios n'est que de **5000 €**, soit environ **10%** du coût de la référence. On peut observer une faible variabilité des écarts pour les solutions « BATI » : 47.6 k€ TTC/an pour l'ITR et 49.4 k€ TTC/an pour le MOB. Les solutions avec systèmes génèrent par contre une forte dispersion en fonction des choix effectués. Une certaine prudence doit donc être de mise pour les solutions privilégiant davantage les systèmes au détriment du bâti.

Le cout global de la solution avec ventilateurs plafonniers couplés à des modifications modérées du bâti s'avère moins élevé qu'aujourd'hui. Cet investissement, dont l'efficacité est à moduler en fonction de l'humidité, est donc à privilégier sur tous les projets.

L'isolation répartie vient ensuite parmi les solutions les plus économiques. Mais elle est suivie de près par les autres solutions « BÂTI » ayant un autre type d'enveloppe. Il faut préciser que pour une maison comportant un étage il aurait fallu rajouter les rupteurs thermiques en bout de dalle dans le cas d'une isolation intérieure. A 60 €/ml, le coût supplémentaire aurait représenté 2.2 k€. Cela mettrait dans ce cas l'isolation intérieure en dernière position dans le scénario « BATI ».

²¹ Global Warming Potential

Le rafraîchissement thermodynamique par PAC air/eau sans intervention sur le bâti présente un coût dans la moyenne des solutions « BATI » tout en étant légèrement plus élevée que ITI et ITR en solution « BATI » seule. Cette solution, qui présente l'avantage de garantir une température de consigne donnée, impacte par contre plus sur l'environnement. S'il était adopté, le projet de taxe basée uniquement sur le CO2 favoriserait toutefois les solutions par pompe à chaleur. A titre de comparaison une taxe de 100 €/tonne de CO2 génèrerait un surcoût de l'ordre de **47 k€** sur 20 ans pour les solutions « BATI » avec chauffage au gaz et de **18 k€** pour la solution « BATI + SYSTEME » par PAC Air/Eau, soit un avantage certain pour les solutions privilégiant les systèmes à compression. Par contre une taxe de **1 ct/kWh** sur l'énergie primaire favoriserait davantage les solutions « BATI ». Le surcoût sur 20 ans serait de **3 k€** pour les solutions « BATI » et de **4 k€** pour les solutions « BATI + SYSTEME ».

Investissement/gain en confort

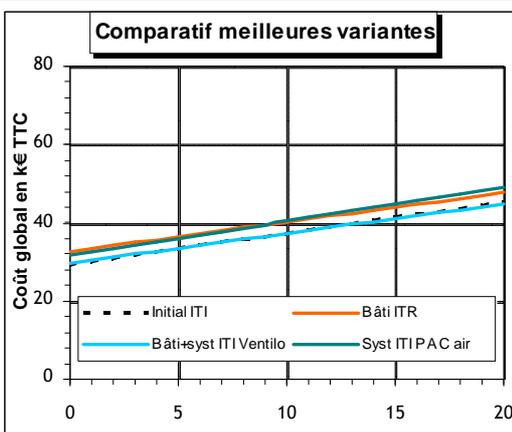
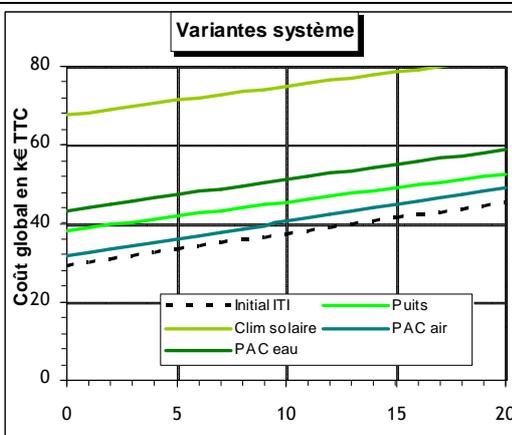
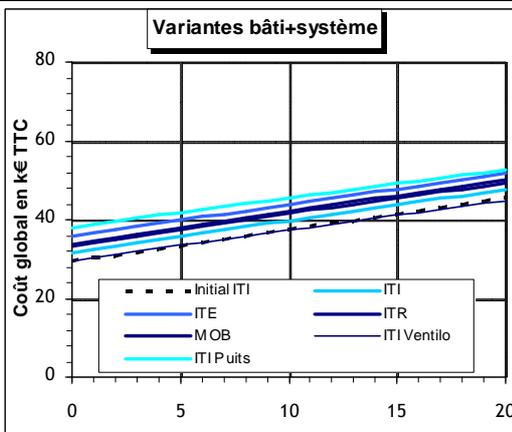
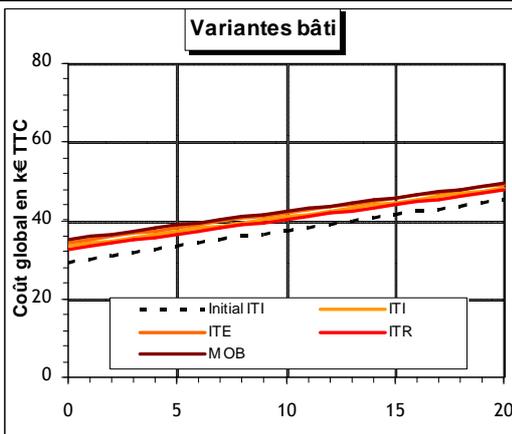
Le rapport investissement/gain en confort est un paramètre intéressant qui définit l'efficacité des solutions uniquement sur le plan économique. Dans les solutions « BATI », le surcoût va de **13 €/DHété** pour l'ITR à **23 €/DHété** pour le MOB. Les enveloppes ITI et ITE présentent respectivement un surcoût de **16 et 19 €/DHété**.

Dans les solutions « BATI + SYSTEME » les ventilateurs plafonniers présentent le meilleur rapport avec un surcoût de seulement **1.5 €/DHété**. Dans celles faisant intervenir une PAC Air/Eau, l'ITI est la solution présentant la meilleure rentabilité avec un rapport de **8 €/DHété**. L'option avec puits climatique est par contre près de **2.6 fois** plus élevée que la solution BATI la moins onéreuse (4). La justification de cette solution est donc à rechercher essentiellement par rapport à son intérêt environnemental. Elle génère en effet moins de CO2 mais un peu plus de déchets que les solutions « BATI ».

Cas de la climatisation solaire

La climatisation solaire est actuellement au stade démonstratif. Ceci explique en grande partie son coût élevé. Son développement à grande échelle devrait engendrer une baisse des prix. Elle devrait trouver plus particulièrement une place dans les maisons équipées d'un SSC. Le surcoût peut être dans ce cas divisé par 2. La climatisation est alors une bonne façon de valoriser le surplus solaire en été. Mais son marché essentiel est probablement davantage dans le collectif ou le tertiaire, en particulier dans les bureaux existants mal conçus pour affronter les fortes chaleurs d'été. Le faible taux de renouvellement de ces bâtiments qu'il sera probablement nécessaire de climatiser à l'avenir devrait accélérer sa diffusion. En attendant la mise en place d'une taxe prenant en compte les impacts environnementaux des énergies fossiles ou fissiles, le développement de la climatisation solaire restera fortement dépendante des soutiens publics comme l'est en règle générale toutes solutions présentant un intérêt environnemental.

Evolution coût global sur 20 ans - 2030



3 – MI Constructeur

Les courbes relatives aux solutions « BATI » sont très proches les unes des autres. On peut donc en déduire que pour 2030, on n'a pas véritablement une solution qui se démarque plus que l'autre.

Dans les solutions «BATI + SYSTEME », La solution avec ventilateur creuse l'écart d'année en année avec un coût au bout de 20 ans qui devient inférieur à la solution de référence. Même si l'écart se réduit légèrement la solution avec puits climatique reste encore la plus onéreuse au bout de 20 ans de fonctionnement.

Parmi les solutions SYSTEMES, le chauffage/rafraîchissement par pompe à chaleur réversible est le plus intéressant.

Au bout de 20 ans les variantes les plus favorables de chaque scénario sont relativement proches. Comme indiqué précédemment, la solution avec ventilateurs plafonniers est la plus intéressante. Légèrement plus chère la première année, la solution « BATI » avec ITR rattrape la solution « SYSTEME » avec PAC air/eau au bout de la 10^{ième} année de fonctionnement.

Outre leur intérêt environnemental dans la mesure où le CO2 n'est pas le seul indicateur pris en compte, certaines solutions BATI présentent en plus un bilan économique plus favorable que les solutions SYSTEMES. Le couplage « BATI » et « SYSTEMES » à partir d'équipements peu onéreux et efficace comme les ventilateurs plafonniers permettra de garantir le confort à l'horizon 2030.

En conclusion, pour tous les types d'enveloppe de bâtiment, il est possible d'avoir des solutions sur le bâti qui permettent d'atteindre un niveau de confort acceptable pour une année normale en 2030.

Le choix des systèmes doit se porter en priorité sur les ventilateurs plafonniers. Dans ce cas la solution ITI (10) avec seulement la mise en œuvre d'une dalle sur terre plein suffit à atteindre l'objectif de confort souhaité. Cette option s'avère la plus intéressante du point de vue économique.

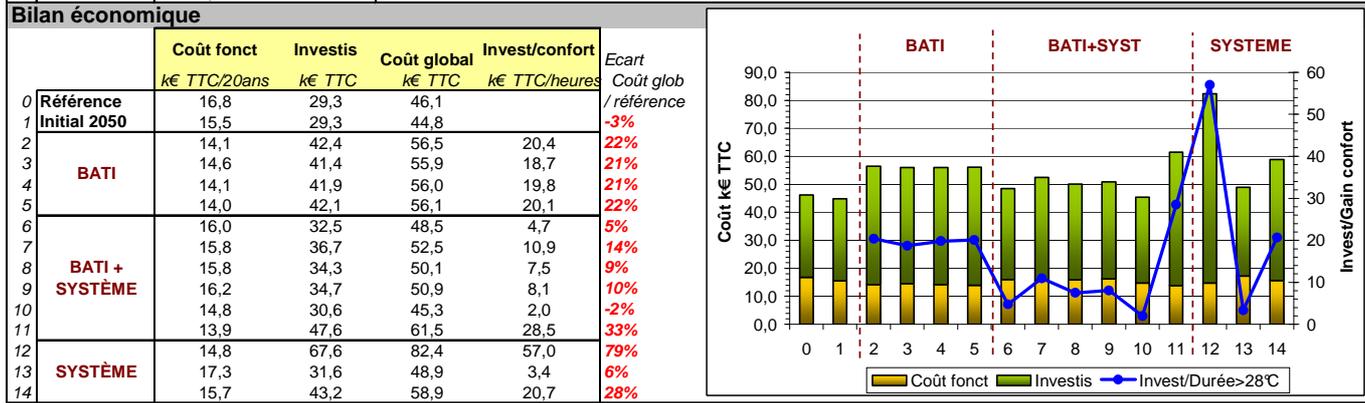
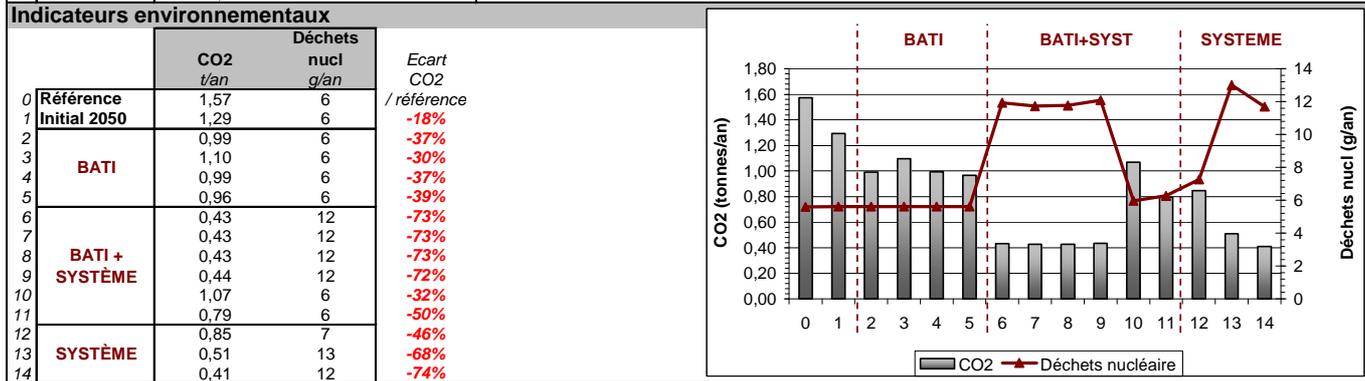
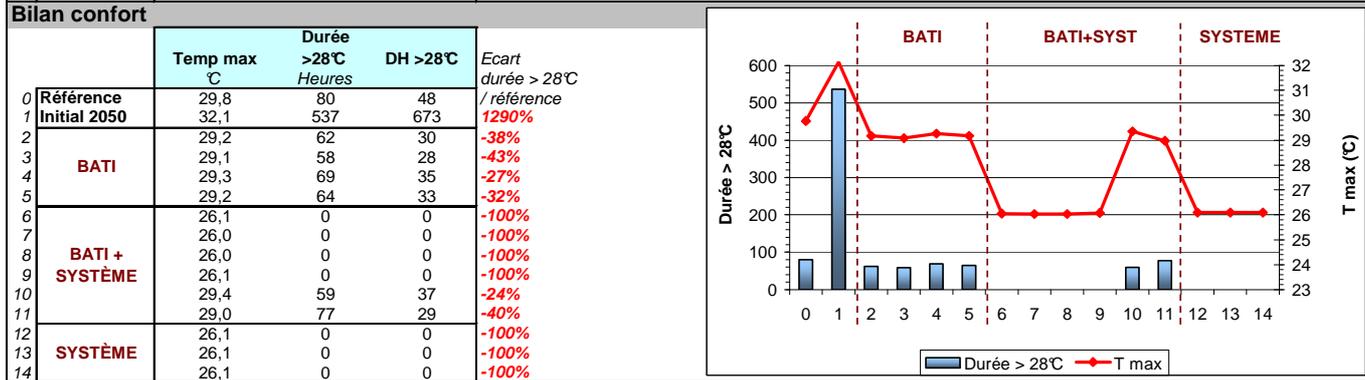
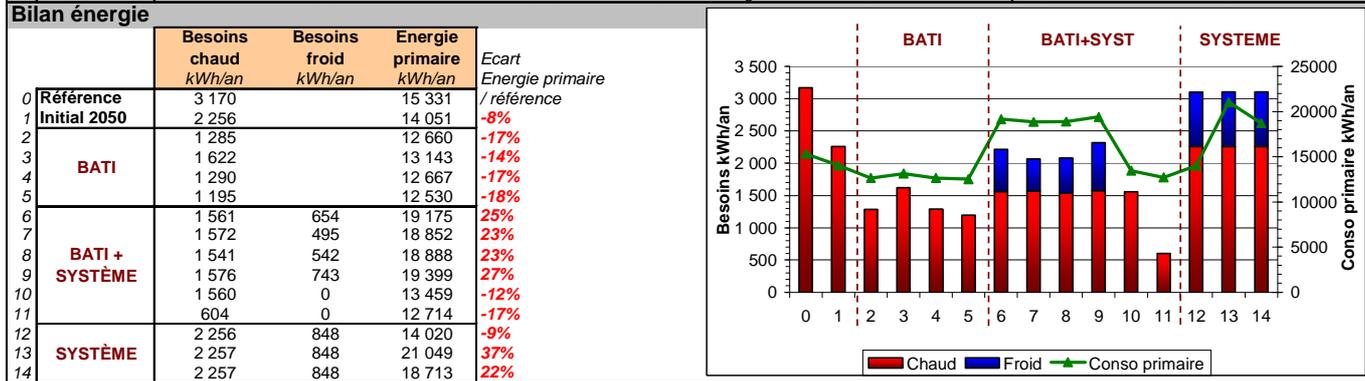
La solution « SYSTEME » par PAC air/eau (13) a l'avantage de garantir une température de consigne donnée. Elle devient par contre légèrement plus onéreuse au bout de 10 ans de fonctionnement que les meilleures variantes des autres scénarios. Compte tenu de la répartition de la production électrique actuelle, basée à 90% sur les énergies fossiles et fissiles, cette option impacte par ailleurs davantage sur l'environnement.

Une analyse de cycle de vie des matériaux utilisés dans le bâtiment permettrait de valoriser davantage les bâtiments utilisant des matériaux « bio-sourcés ». L'écart sur le CO2 observé entre la solution « BATI » MOB (5) et la solution « SYSTEME » PAC Air/Eau serait dans ce cas réduit, voire annulé.

Optimisation projet - 2050 3 - MI Constructeur (1)

SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC

Description des scénarios									 <p>Données générales Localisation : VERGEZE Station météo : Nîmes 2050 U bât : 0,293 W/m².K Cep : 30,8 kWh/m².an SHAB : 88 m² SHON : 97 m²</p>	
	Paroi ext	Densité	Isolation	Densité toit	Pl bas	Cloison	Chauf/Froid	Emetteur		
0	Référence	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ		Radiateur
1	Initial 2050	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ		Radiateur
2	BATI	ITI	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ		Radiateur
3		ITE	Moyenne	Min	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ		Radiateur
4		ITR	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ		Radiateur
5		MOB	Paille	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	GAZ		Radiateur
6	BATI + SYSTÈME	ITI	Faible	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Plancher
7		ITE	Moyenne	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Plancher
8		ITR	Forte	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Plancher
9		MOB	Faible	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Plancher
10	SYSTÈME	ITI	Faible	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	GAZ+Ventil		Radiateur
11		ITI	Moyenne	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ+Puits		Radiateur
12		ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ+Clim sol		Plancher
13		ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac air/eau	Plancher	
14	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac eau/eau	Plancher		



Commentaires - 2050	3 - MI Constructeur (1)
<p>Sur l'énergie</p> <p>Les besoins de chauffage sont diminués d'environ 29% en 2050 par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Les améliorations sur le bâti uniquement pour limiter l'inconfort génèreraient 49 à 62% d'économie sur les besoins de chauffage. Ce gain est essentiellement du au passage de la dalle du vide sanitaire au terre plein et à l'augmentation de l'isolation pour les variantes ITI, ITR et MOB.</p> <p>Les scénarios « BATI » permettent une économie de 14 à 18% sur l'énergie primaire alors que les scénarios mixtes « BATI + SYSTEME » faisant intervenir une climatisation de type AIR/EAU génèrent une augmentation de 23 à 27% de l'énergie primaire par rapport à la référence (scénarios 6, 7, 8, 9). Cette augmentation est quasi identique à celle de 2030, la diminution des besoins de chauffage en hiver compensant l'augmentation des besoins en été.</p> <p>Sans intervenir sur le bâti cette augmentation va de 22 à 37% (Scénarios 14 et 13) comme pour l'année 2030. Parmi les systèmes, les meilleurs résultats sont obtenus avec le rafraîchissement par brassage d'air, la climatisation solaire et le puits climatique qui permettent de maintenir un niveau de consommation inférieur à aujourd'hui de 11 à 17%.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>Dans les scénarios « BATI », les améliorations proposées permettent toutes d'atteindre un niveau d'inconfort inférieur à 100 heures. Pour l'ITI et l'ITR tous les paramètres sont optimisés. Pour l'ITE il est encore possible de renforcer le niveau d'isolation et pour le MOB on peut mettre des cloisons lourdes.</p> <p>En plus de réduire la durée d'inconfort, toutes les solutions « BATI » permettent un gain de 3°C sur la température maximale pour la ramener à un niveau légèrement inférieur à aujourd'hui.</p> <p>Les solutions avec systèmes permettent d'atteindre le niveau de confort attendu. L'option avec ventilateur plafonnier est suffisant pour atteindre l'objectif fixé en passant uniquement la dalle sur terre plein, les autres parois restant inchangée par rapport à la référence. Le puits climatique nécessite par contre l'amélioration de quasiment toutes les parois. Dans l'hypothèse que la température du sol augmente proportionnellement à la température de l'air, il paraît difficile d'envisager un rafraîchissement direct par le sol à l'horizon 2050.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Les mêmes remarques faites en 2030 sont applicables en 2050.</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p><u>Investissement</u></p> <p>A l'exception de la climatisation solaire les options étudiées ont un investissement situé entre 31 k€ et 47 k€ soit un surcoût compris entre 14 et 208 € TTC/m2 SHAB. Cela représente une augmentation de 1.7 à 25% du coût de la construction. Aux deux extrêmes on trouve la solution « BATI + SYSTEME » par ventilateur plafonnier et la solution par puits climatique.</p> <p>Les solutions « BATI » se situent entre 41 et 42 k€, pour un surcoût compris entre 137 à 148 € TTC/m2 SHAB, soit une augmentation de 16 à 18%. Le surcoût par rapport à 2030 est de 80 à 103 euros, soit une augmentation de 20 à 28%. Toutes les solutions ont quasiment le même coût à 1% près.</p> <p>Les solutions « BATI + SYSTEME » ont un coût compris entre 31 et 48 k€ pour un surcoût situé entre 14 et 208 € TTC/m2 SHAB, soit 1.7 à 25% du coût de la construction. Par rapport à 2030 le surcoût est de 10 à 108 euros. Cela représente une augmentation de 3 à 25%. Le choix des ventilateurs plafonniers reste la solution la moins onéreuse avant, dans l'ordre, l'ITI, l'ITR, le MOB et l'ITE. La mise en place d'un puits climatique est l'investissement le plus lourd. Il doit s'associer à l'amélioration de quasi toutes les parois pour atteindre le niveau de confort requis.</p> <p>Le coût des solutions systèmes ne varie pas par rapport à 2030.</p> <p><u>Coût global</u></p> <p>Le coût global sur 20 ans, à l'exception de la climatisation solaire, va de 45.3 k€ TTC à 61.5 k€ TTC Par rapport à 2030 on observe essentiellement une augmentation des solutions « BATI » de 13 à 18%. Comme en 2030 on constate une faible variabilité des écarts pour les solutions « BATI ».</p> <p>Le cout global de la solution avec ventilateurs plafonniers couplés à des solutions modérées s'avère moins</p>	

élevé qu'aujourd'hui.

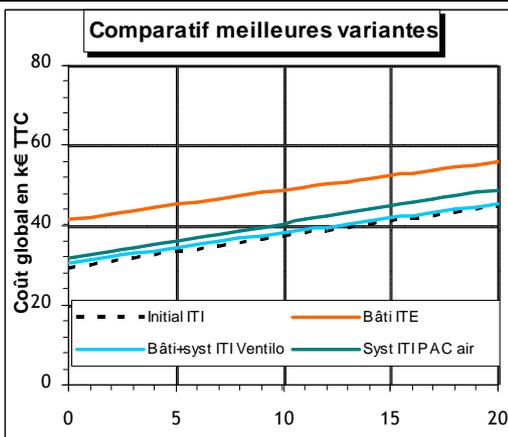
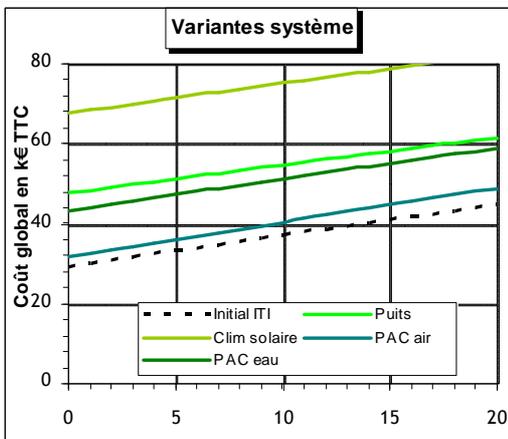
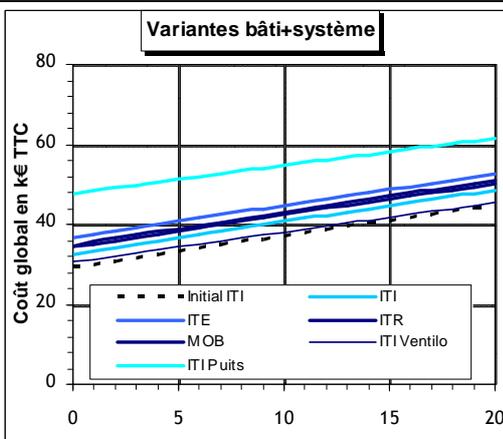
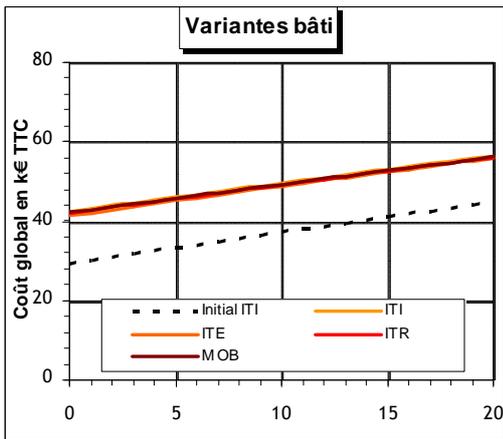
Contrairement à 2030, les autres solutions « BATI + SYSTEME », à l'exception du puits climatique, viennent ensuite parmi les solutions les plus efficaces. En effet, la faible augmentation de puissance frigorifique nécessaire, qui est de l'ordre de 10%, ne génère pas de surcoût sur la PAC Air/eau entre 2030 et 2050 avec un coût de fonctionnement qui augmente peu. Comme indiqué précédemment, les coûts des solutions « BATI » augmentent de manière plus significative.

Investissement/gain en confort

Alors que ce paramètre était relativement stable en 2030 à l'exception des options 11, 12 et 14, on constate en 2050 une nette différence entre les solutions « BATI et les solutions « BATI + SYSTEME ». Les systèmes sont en effet davantage sollicités en 2050. Pour un coût identique ils sont amenés à fonctionner davantage. Il en ressort que sur ce paramètre ils deviennent plus efficaces qu'en 2030. En dehors de cette particularité la tendance reste la même : les ventilateurs plafonniers sont les plus efficaces, suivis de la PAC sur l'air. La PAC sur capteur géothermique passe par contre devant le puits climatique.

Evolution coût global sur 20 ans - 2050

3 – MI Constructeur



Les courbes relatives aux solutions « BATI » sont très proches les unes des autres. Elles sont par contre nettement plus élevées que la référence par rapport à 2030.

Dans les solutions «BATI + SYSTEME », La solution avec ventilateur creuse l'écart d'année en année avec un coût au bout de 20 ans qui devient même inférieur à la solution de référence. Par contre le puits climatique demeure nettement plus élevé que les solutions plus conventionnelles.

Parmi les solutions SYSTEMES, le chauffage/rafraîchissement par pompe à chaleur réversible est le plus intéressant.

Globalement, en dehors des critères environnementaux les solutions « BATI » sont moins intéressantes en 2050 qu'en 2030. Le brassage d'air couplé à quelques améliorations sur le bâti reste la solution à privilégier. Dans la mesure où en 2050 la part de production électrique à partir d'énergies renouvelables devient prépondérante, la climatisation par groupe à compression est, au coût d'investissement actuel, la solution la plus pertinente pour affronter les fortes chaleurs d'été.

Optimisation projet - 2030

5 - COLL-Parpaing

SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC

Description des scénarios

	Paroi ext	Densité	Isolation	Densité toit	Pl. bas	Cloison	Chauf/Froid	Emetteur
0 Réf	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ	Radiateur
1 Initial 2030	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ	Radiateur
2	ITI	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ	Radiateur
3 BATI	ITE	Moyenne	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	GAZ	Radiateur
4	ITR	Moyenne	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	GAZ	Radiateur
5	MOB	Paille	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	GAZ	Radiateur
6	ITI	Moyenne	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher
7	ITE	Moyenne	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher
8 BATI + SYSTÈME	ITR	Forte	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher
9	MOB	Faible	Max	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher
10	ITI	Moyenne	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	GAZ+Ventil	Radiateur
11	ITI	Moyenne	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	GAZ+Puits	Radiateur
12	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ+Clim sol	Plancher
13 SYSTÈME	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac air/eau	Plancher
14	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac eau/eau	Plancher



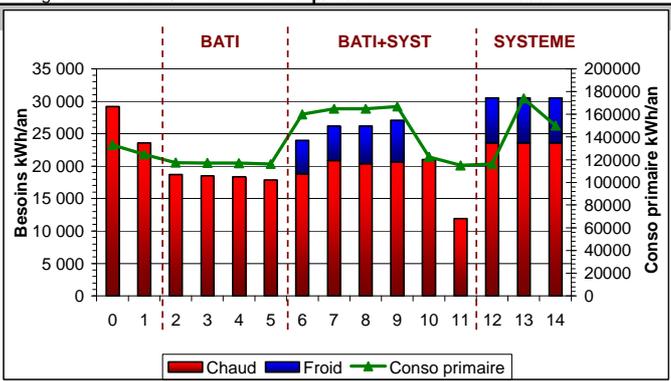
Données générales

Localisation : Perpignan
 Station météo : Nîmes 2030

U bât : 0,29 W/m².K
 Cep : 38 kWh/m².an
 SHAB : 805 m²
 SHON : 966 m²

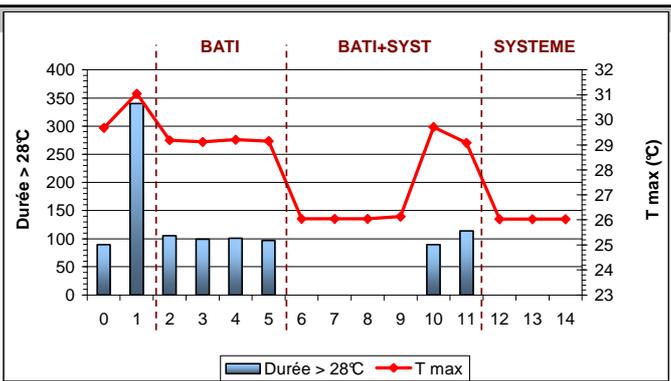
Bilan énergie

	Besoin chaud kWh/an	Besoin froid kWh/an	Ener primaire kWh/an	Ecart Energie primaire / référence
0 Réf	29 192	132 924	132 924	
1 Initial 2030	23 594		124 647	-6%
2	18 692		117 400	-12%
3 BATI	18 528		117 156	-12%
4	18 363		116 913	-12%
5	17 898		116 226	-13%
6	18 840	5 114	160 020	20%
7	20 868	5 325	164 715	24%
8 BATI + SYSTÈME	20 387	5 793	164 727	24%
9	20 690	6 409	166 696	25%
10	21 019		122 473	-8%
11	11 906		114 860	-14%
12	23 592	6 937	116 105	-13%
13 SYSTÈME	23 592	6 937	173 908	31%
14	23 592	6 937	150 030	13%



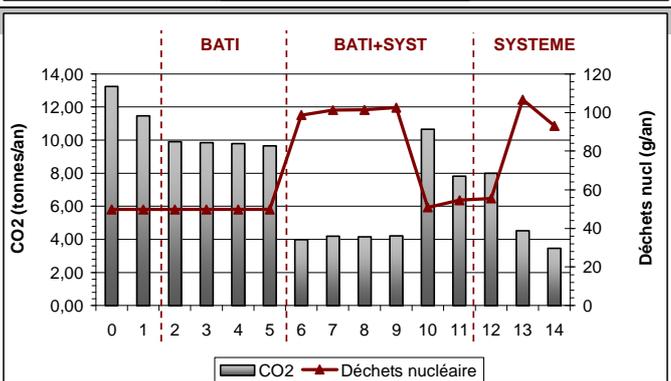
Bilan confort

	Temp max °C	Durée >28°C Heures	DH >28°C	Ecart durée > 28°C / référence
0 Réf	29,7	90	58	
1 Initial 2030	31,1	340	313	438%
2	29,2	105	65	11%
3 BATI	29,1	99	61	4%
4	29,2	101	63	8%
5	29,2	97	60	3%
6	26,0	0	0	-100%
7	26,0	0	0	-100%
8 BATI + SYSTÈME	26,0	0	0	-100%
9	26,1	0	0	-100%
10	29,7	89	59	1%
11	29,1	114	55	-5%
12	26,0	0	0	-100%
13 SYSTÈME	26,0	0	0	-100%
14	26,0	0	0	-100%



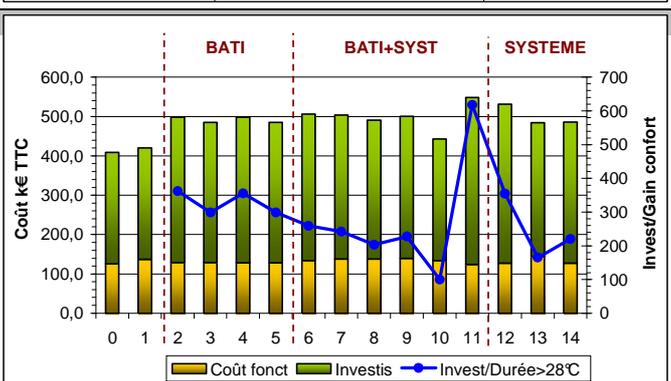
Indicateurs environnementaux

	CO2 t/an	Déchets nucl g/an	Ecart CO2 / référence
0 Réf	13,24	50	
1 Initial 2030	11,46	50	-13%
2	9,90	50	-25%
3 BATI	9,84	50	-26%
4	9,79	50	-26%
5	9,64	50	-27%
6	3,98	99	-70%
7	4,20	101	-68%
8 BATI + SYSTÈME	4,16	101	-69%
9	4,21	103	-68%
10	10,66	51	-20%
11	7,83	55	-41%
12	8,00	55	-40%
13 SYSTÈME	4,53	107	-66%
14	3,46	93	-74%



Bilan économique

	Coût fonct k€ TTC/20ans	Investis k€ TTC	Coût global k€ TTC	Invest/confort k€ TTC/heures	Ecart Coût glob / référence
0 Réf	125,4	283,8	409,3		
1 Initial 2030	136,6	283,8	420,5		3%
2	129,2	369,1	498,3	362,5	22%
3 BATI	129,0	356,2	485,1	299,4	19%
4	128,7	369,0	497,7	355,5	22%
5	128,0	356,7	484,7	299,3	18%
6	134,3	372,0	506,2	259,0	24%
7	137,6	366,2	503,8	242,0	23%
8 BATI + SYSTÈME	137,7	353,0	490,7	203,3	20%
9	139,2	361,3	500,4	227,6	22%
10	133,9	308,8	442,8	99,6	8%
11	124,5	423,7	548,2	618,0	34%
12	127,0	404,4	531,4	354,3	30%
13 SYSTÈME	144,3	340,0	484,4	165,1	18%
14	127,2	358,9	486,1	220,6	19%



Commentaires - 2030	5 – COL Parpaing
<p>Sur l'énergie</p> <p>Les besoins de chauffage sont diminués d'environ 19% en 2030 par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Les améliorations sur le bâti pour limiter l'inconfort génèreraient 36 à 39% d'économie. Ce gain est essentiellement du au passage de la dalle du vide sanitaire au terre plein et à l'augmentation de l'isolation.</p> <p>Les scénarios mixtes « BATI + SYSTEME » faisant intervenir une climatisation de type AIR/EAU génèrent une augmentation de 20 à 25% de l'énergie primaire par rapport à la référence (scénarios 6, 7, 8, 9).</p> <p>Sans intervenir sur le bâti cette augmentation va de 13 à 31% (Scénarios 14 et 13), l'écart obtenu provenant d'une meilleure performance de la PAC sol/eau (COP moyen de 3) par rapport à la PAC air/eau (COP moyen de 2). Parmi les systèmes, les meilleurs résultats sont obtenus avec le rafraîchissement par brassage d'air, la climatisation solaire et le puits climatique qui permettent de maintenir un niveau de consommation inférieur de 8 à 14% par rapport à aujourd'hui.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>Dans les scénarios « BATI », les améliorations proposées permettent toutes d'atteindre le niveau d'inconfort inférieur à 100 heures. Pour atteindre cet objectif, il faut adopter pour l'ITI et le MOB les meilleures performances à l'ensemble des parois. Pour l'ITE et l'ITR une marge de progression est encore possible sur deux paramètres.</p> <p>La température maximale atteinte est quasiment identique pour tous les scénarios « BATI ». Elle est inférieure de 2°C par rapport à l'état initial 2030 et de 0.5°C environ par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Les solutions avec systèmes permettent d'atteindre le niveau de confort attendu. L'option avec ventilateur plafonnier permet d'atteindre l'objectif fixé en améliorant 3 parois sur 5. Le puits climatique nécessite par contre l'amélioration supplémentaire de 1 paroi pour atteindre le confort souhaité.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Mêmes remarques que pour la maison individuelle</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p><u>Investissement</u></p> <p>A l'inverse du projet 3, on observe ici globalement une nette augmentation de l'investissement à l'exception de l'option avec ventilateur plafonnier. Ceci est caractéristique d'un bâtiment à plusieurs étages. La réalisation d'une dalle sur terre plein ne concerne que le rez de chaussée et la nature du toit ne concerne que le dernier étage. Pour améliorer les niveaux intermédiaires il y a donc lieu d'intervenir davantage sur l'enveloppe et les parois internes.</p> <p>Les options étudiées ont un investissement situé entre 308 k€ et 424 k€ soit un écart compris entre 20 et 114 € TTC/m2 SHAB. Cela représente 2 à 12% du coût de la construction. Aux deux extrêmes on trouve la solution « BATI + SYSTEME » par ventilateur plafonnier et la solution par puits climatique.</p> <p>Les solutions « BATI » se situent entre 356 et 369 k€, soit un surcoût compris entre 59 et 69 € TTC/m2 SHAB. Cela représente une augmentation de 6 à 7% du coût de la construction. La solution MOB est la moins élevée suivie par l'ITE, l'ITR et l'ITI. Ce positionnement est quasiment inverse de celui observé pour l'habitat individuel.</p> <p>Les solutions « BATI + SYSTEME » avec PAC air/eau ont un coût compris entre 308 et 424 k€ soit un surcoût compris entre 20 et 114 € TTC/m2 SHAB. Cela représente une augmentation de 2 à 12% du coût de la construction. Le choix des ventilateurs plafonniers est le moins onéreux. La mise en place d'un puits climatique est l'investissement le plus lourd. Il doit s'associer en plus à l'amélioration de 1 paramètre supplémentaire par rapport à l'option précédente pour atteindre le niveau de confort requis.</p> <p>Avec un investissement de 340 k€ la solution avec PAC Air/Eau est la moins onéreuse des scénarios « SYSTEME ». Elle génère un surcoût de 46 € TTC/m2 SHAB soit 5 % du coût de la construction. La solution avec PAC sol/eau vient ensuite avec un surcoût de 61 € TTC/m2 SHAB soit 6% du coût de la construction. Cette augmentation du coût entre ces deux systèmes est nettement moins élevée que pour la maison individuelle. La PAC à eau sur capteur géothermique est donc économiquement plus facilement envisageable pour des projets d'une certaine importance. Cette remarque peut aussi être faite pour la climatisation solaire. Son surcoût est beaucoup plus réduit que pour l'habitat individuel. Il est de 98 € TTC/m2 SHAB, soit une</p>	

augmentation de **10%** par rapport à la référence.

Coût global

Le coût global sur 20 ans va de **442 k€ TTC à 548 k€ TTC** Par rapport à la référence cela représente un écart de **18 à 22%** pour les solutions « BATI », de **8 à 34%** pour les solutions « BATI + SYSTEME » et de **18 à 30%** pour les solutions « SYSTEME ». A l'exception de la climatisation solaire ces augmentations sont plus fortes que pour le projet 3.

Dans les solutions « BATI » l'ITI et le MOB sont les mieux placés.

Le brassage d'air par ventilateurs plafonniers reste la solution économiquement la plus intéressante dans les scénarios « BATI + SYSTEME », le puits climatique étant la plus onéreuse. Les solutions par PAC Air/eau sont sensiblement équivalentes aux solutions « BATI » avec l'avantage de garantir un niveau de confort maximal mais avec un épuisement des ressources énergétiques plus important.

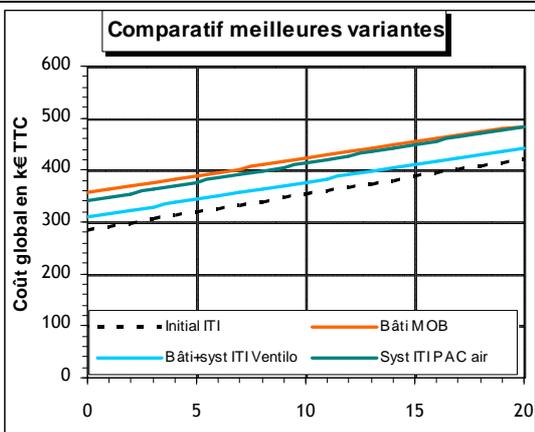
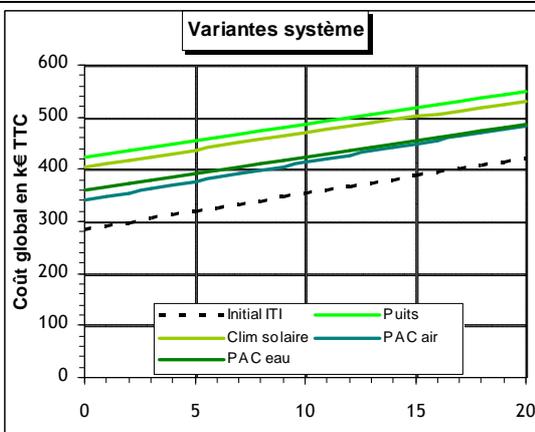
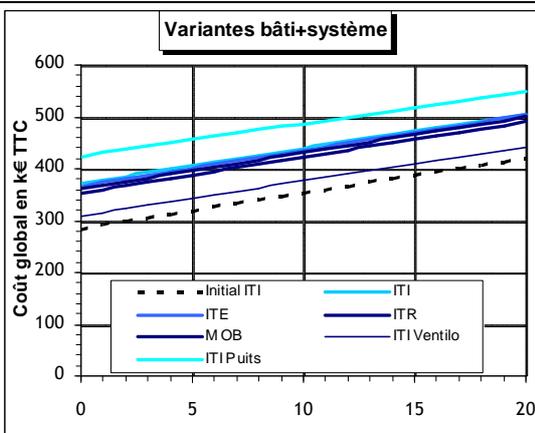
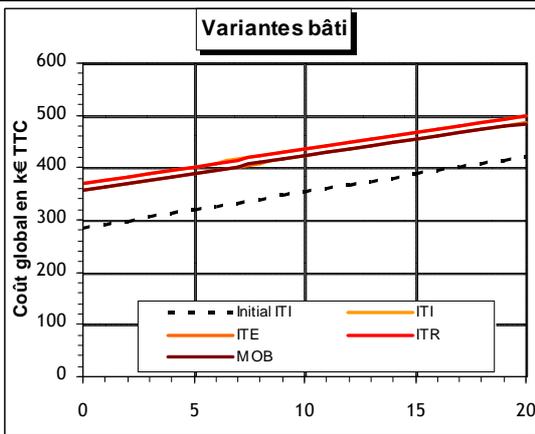
Le rafraîchissement thermodynamique par PAC air/eau sans intervention sur le bâti présente un coût du même ordre de grandeur que les solutions « BATI ». La PAC sol/eau a quasiment le même coût global alors que pour la maison individuelle cette solution était supérieure d'environ **20%**. Compte tenu de son intérêt énergétique, la PAC sur l'eau (ou capteur géothermique) est donc à privilégier dans le collectif.

Investissement/gain en confort

Sur ce paramètre on observe un avantage pour les solutions avec systèmes, le brassage d'air restant la meilleure solution. Le pic de la solution la moins efficace n'est plus la climatisation solaire mais le puits climatique qui présente un investissement par DH été gagné près de 6 fois supérieur aux ventilateurs plafonniers. Son intérêt reste donc essentiellement environnemental comme indiqué précédemment.

La climatisation solaire présente ici une bien meilleure rentabilité puisqu'elle se situe ici au même niveau que les solutions « BATI » les plus chères.

Evolution coût global sur 20 ans - 2030



5 – COL Parpaing

Les courbes relatives aux solutions « BATI » sont très proches les unes des autres tout en étant beaucoup plus élevées que la référence. Comme pour la maison individuelle il n'y a pas une solution nettement plus avantageuse qu'une autre.

Dans les solutions «BATI + SYSTEME », il y a 3 niveaux de performance : la solution avec ventilateur qui est la plus intéressante, la climatisation par PAC air/eau se retrouve en position médiane et le puits climatique qui reste la solution la plus onéreuse.

Parmi les solutions SYSTEMES, le chauffage/rafraîchissement par pompe à chaleur réversible est le plus intéressant, la PAC sur l'eau arrivant au même niveau que la PAC sur l'air au bout de 20 ans.

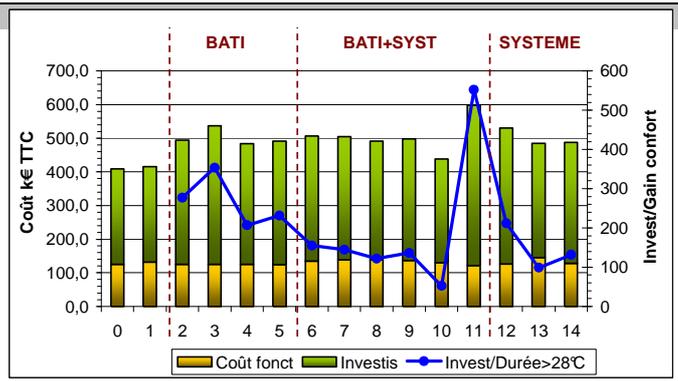
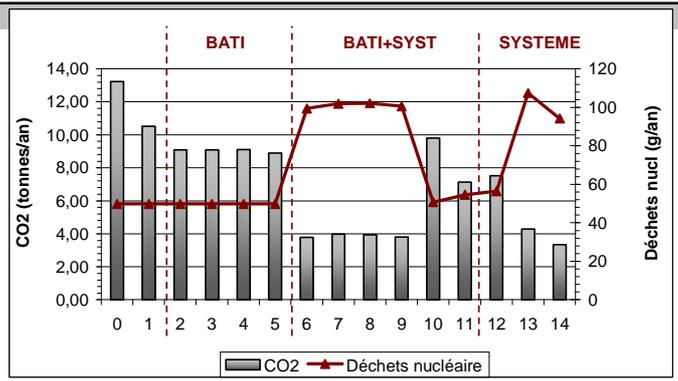
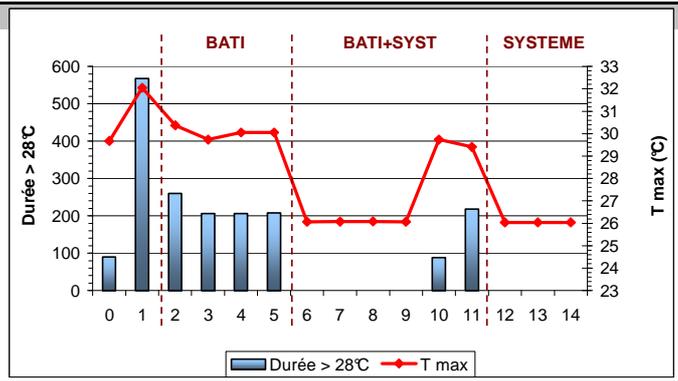
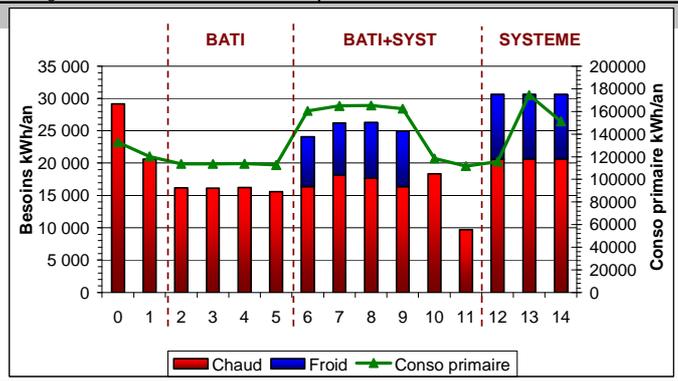
Comme indiqué précédemment, la solution avec ventilateurs plafonniers est la plus intéressante de tous les scénarios. Légèrement plus chère la première année, la solution « BATI » avec MOB rejoint la solution « SYSTEME » avec PAC air/air au bout 20 ans de fonctionnement.

En conclusion, pour tous les types d'enveloppe de bâtiment, il est possible d'avoir des solutions sur le bâti qui permettent d'atteindre un niveau de confort quasi identique à aujourd'hui pour une année normale en 2030.

Le choix des systèmes doit se porter en priorité sur les ventilateurs plafonniers.

La solution « SYSTEME » par PAC air/air (13) a l'avantage de garantir une température de consigne donnée. Elle présente un coût global sensiblement équivalent aux autres options à l'exception du puits climatique et de la climatisation solaire. Le puits climatique semble difficile à développer dans le collectif compte tenu de son coût élevé. La climatisation solaire est plus facilement envisageable à l'échelle d'un bâtiment important. Malgré un coût encore supérieur aux systèmes conventionnels son intérêt environnemental devrait lui permettre à l'horizon 2030 un plus grand développement dans le collectif.

Optimisation projet - 2050									5 - COLL-Parpaing	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC										
Description des scénarios										
0	Référence	Paroi ext	Densité	Isolation	Densité toit	Pl. bas	Cloison	Chauf/Froid	Emetteur	 <p>Données générales Localisation : Perpignan Station météo : Nîmes 2050 U bât : 0,29 W/m².K Cep : 38 kWh/m².an SHAB : 805 m² SHON : 966 m²</p>
1	Initial 2050	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ	Radiateur	
2	BATI	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ	Radiateur	
3		ITI	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ	Radiateur	
4		ITE	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ	Radiateur	
5		ITR	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ	Radiateur	
6		MOB	Paille	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ	Radiateur	
7	BATI + SYSTÈME	ITI	Moyenne	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher	
8		ITE	Moyenne	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher	
9		ITR	Forte	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher	
10		MOB	Faible	Max	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Plancher	
11		ITI	Moyenne	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	GAZ+Ventil	Radiateur	
12		ITI	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Lourde	GAZ+Puits	Radiateur	
13	SYSTÈME	ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	GAZ+Clim sol	Plancher	
14		ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac air/eau	Plancher	
14		ITI	Faible	Min	Faible	VS	Légère	Pac eau/eau	Plancher	
Bilan énergie										
		Besoin chaud kWh/an	Besoin froid kWh/an	Ener primaire kWh/an	Ecart Energie primaire / référence					
0	Référence	29 192		132 924						
1	Initial 2050	20 627		120 260	-10%					
2	BATI	16 176		113 679	-14%					
3		16 147		113 636	-15%					
4		16 222		113 748	-14%					
5		15 583		112 803	-15%					
6	BATI + SYSTÈME	16 397	7 711	160 552	21%					
7		18 148	8 079	165 010	24%					
8		17 694	8 632	165 262	24%					
9		16 360	8 632	162 474	22%					
10		18 343		118 515	-11%					
11		9 714		111 620	-16%					
12	SYSTÈME	20 616	10 037	115 593	-13%					
13		20 616	10 037	174 418	31%					
14		20 616	10 037	151 362	14%					
Bilan confort										
		Temp max °C	Durée >28°C Heures	DH >28°C	Ecart durée > 28°C / référence					
0	Référence	29,7	90	58						
1	Initial 2050	32,1	568	714	1127%					
2	BATI	30,4	260	222	282%					
3		29,7	206	141	143%					
4		30,1	206	221	280%					
5		30,1	208	163	181%					
6	BATI + SYSTÈME	26,1	0	0	-100%					
7		26,1	0	0	-100%					
8		26,1	0	0	-100%					
9		26,1	0	0	-100%					
10		29,7	88	66	14%					
11		29,4	218	131	125%					
12	SYSTÈME	26,0	0	0	-100%					
13		26,0	0	0	-100%					
14		26,0	0	0	-100%					
Indicateurs environnementaux										
		CO2 t/an	Déchets nucl g/an	Ecart CO2 / référence						
0	Référence	13,24	50							
1	Initial 2050	10,51	50	-21%						
2	BATI	9,09	50	-31%						
3		9,09	50	-31%						
4		9,11	50	-31%						
5		8,91	50	-33%						
6	BATI + SYSTÈME	3,78	99	-71%						
7		3,98	102	-70%						
8		3,94	102	-70%						
9		3,80	101	-71%						
10		9,80	51	-26%						
11		7,13	55	-46%						
12	SYSTÈME	7,53	57	-43%						
13		4,29	107	-68%						
14		3,33	94	-75%						
Bilan économique										
		Coût fonct k€/20ans	Investis k€ TTC	Coût global k€ TTC	Invest/ confort k€/heures	Ecart Coût glob / référence				
0	Référence	125,4	283,8	409						
1	Initial 2050	132,1	283,8	416		2%				
2	BATI	125,4	369,1	494	277,1	21%				
3		125,4	411,9	537	353,6	31%				
4		125,5	358,8	484	207,1	18%				
5		124,5	367,3	492	231,8	20%				
6	BATI + SYSTÈME	135,0	372,0	507	155,2	24%				
7		138,2	366,2	504	145,0	23%				
8		138,5	353,0	492	121,8	20%				
9		136,5	361,3	498	136,3	22%				
10		129,9	308,8	439	52,1	7%				
11		121,2	477,0	598	552,4	46%				
12	SYSTÈME	126,0	404,4	530	212,3	30%				
13		145,1	340,0	485	98,9	19%				
14		128,5	358,9	487	132,1	19%				



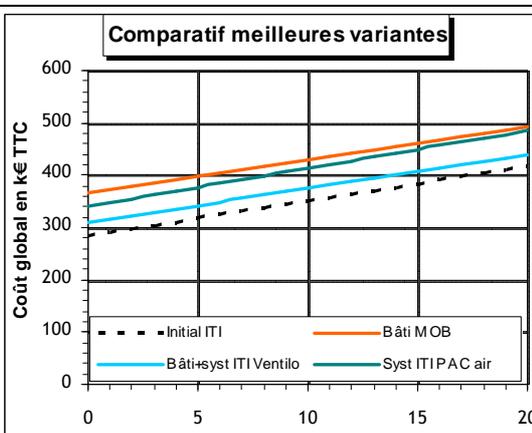
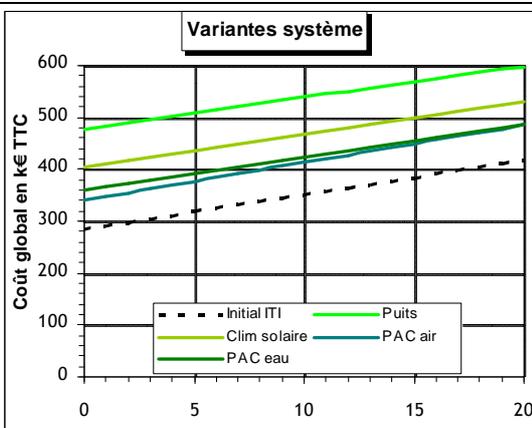
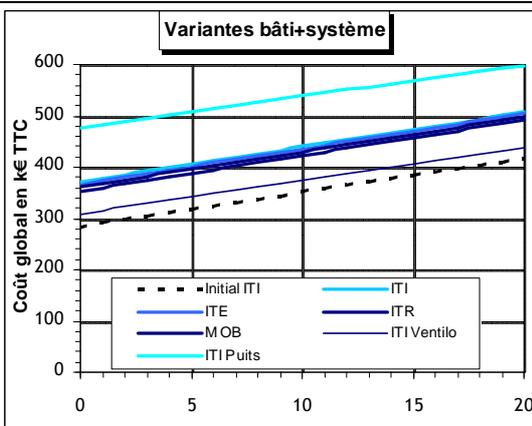
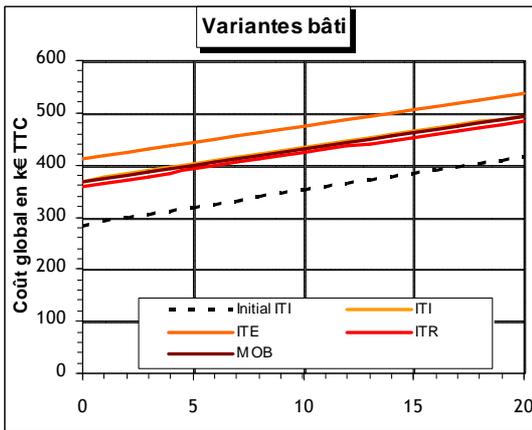
Commentaires - 2050	5 – COL Parpaing
<p>Sur l'énergie</p> <p>Les besoins de chauffage sont diminués d'environ 29% en 2050 par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Les améliorations sur le bâti pour limiter l'inconfort génèreraient 45% d'économie. Ce gain est essentiellement du au passage de la dalle du vide sanitaire au terre plein et à l'augmentation de l'isolation.</p> <p>Les scénarios « BATI » permettent une économie de 14 à 15% sur l'énergie primaire alors que les scénarios mixtes « BATI + SYSTEME » faisant intervenir une climatisation de type AIR/EAU génèrent une augmentation de 21 à 24% de l'énergie primaire par rapport à la référence (scénarios 6, 7, 8, 9). Cette augmentation est quasi identique à celle de 2030, la diminution des besoins de chauffage en hiver compensant l'augmentation des besoins en été.</p> <p>Sans intervenir sur le bâti cette augmentation va de 14 à 31% (Scénarios 14 et 13), l'écart obtenu provenant d'une meilleure performance de la PAC sol/eau (COP moyen de 3) par rapport à la PAC air/eau (COP moyen de 2). Parmi les systèmes, les meilleurs résultats sont obtenus avec le rafraîchissement par brassage d'air, la climatisation solaire et le puits climatique qui permettent de maintenir un niveau de consommation inférieur de 11 à 16% par rapport à aujourd'hui.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>Dans les scénarios « BATI », malgré le couplage des meilleures solutions pour tous les critères, l'objectif d'une durée d'inconfort inférieure à 100 heures n'est pas atteint. Pour l'ITE, l'ITR et le MOB la durée est d'environ 200 heures par an. L'ITI présente les moins bons résultats avec une durée de 260 heures.</p> <p>La température maximale n'est guère plus élevée que la référence.</p> <p>Les solutions avec systèmes permettent d'atteindre le niveau de confort attendu. L'option avec ventilateur plafonnier permet d'atteindre l'objectif fixé en améliorant 3 parois sur 5.</p> <p>Le puits climatique nécessite par contre l'amélioration intégrale de tous les critères. Par rapport à l'ITI en version « BATI », il permet de gagner 40 heures de confort avec une diminution de la température maximale de °C.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Mêmes remarques que pour la maison individuelle</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p><u>Investissement</u></p> <p>Globalement, le profil est quasi identique à 2030. Une différence significative avec 2030 est observée sur l'option 3 concernant l'isolation extérieure et l'option 11 avec puits climatique. Dans le premier cas le surcoût est essentiellement du au passage d'un mur en parpaing par un mur en béton. Ce surcoût représente 44 € TTC/m² SHAB, soit 5% du coût de la construction. Dans le second cas, l'intervention sur le bâti doit être plus forte en 2050 qu'en 2030 pour atteindre l'objectif. Il en résulte un surcoût de même niveau que précédemment.</p> <p><u>Coût global</u></p> <p>Le coût global sur 20 ans va de 439 k€ TTC à 598 k€ TTC Par rapport à la référence cela représente un écart de 18 à 31% pour les solutions « BATI », de 7 à 46% pour les solutions « BATI + SYSTEME » et de 19 à 30% pour les solutions « SYSTEME ». Par rapport à 2030, l'augmentation a surtout lieu pour les solutions « BATI » où elle est de l'ordre de 22 à 25%.</p> <p>Le brassage d'air par ventilateurs plafonniers reste la solution économiquement la plus intéressante dans les scénarios « BATI + SYSTEME », le puits climatique étant la plus onéreuse. Les solutions par PAC Air/eau sont sensiblement équivalentes aux solutions « BATI ». La climatisation solaire avec des solutions minimales sur le bâti présente quasiment le même coût global que la meilleure des solutions BATI avec une isolation extérieure. Le puits climatique reste la solution la plus onéreuse avec l'inconvénient de ne pas garantir une consigne comme peut le faire les solutions intégrant une climatisation par groupe à compression ou à absorption.</p> <p><u>Investissement/gain en confort</u></p> <p>A l'exception de l'isolation extérieure et pour les mêmes raisons évoquées précédemment, le profil est quasi identique à 2030. On observe un avantage pour les solutions avec systèmes, le brassage d'air restant la</p>	

meilleure solution. Le pic de la solution la moins efficace est le puits climatique qui présente un investissement par DH été gagné près de 4 fois supérieur aux ventilateurs plafonniers. Son intérêt reste donc essentiellement environnemental comme indiqué précédemment.

La climatisation solaire présente ici une bien meilleure rentabilité puisqu'elle se situe ici au même niveau que les solutions « BATI » les moins chères.

Evolution coût global sur 20 ans - 2050

5 – COL Parpaing



Les courbes relatives aux solutions « BATI » ne sont pas aussi proche qu'en 2030 au moins pour la solution ITE.

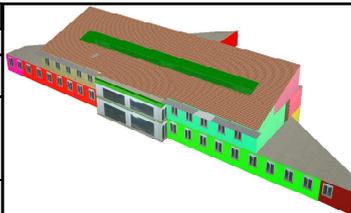
Dans les solutions «BATI + SYSTEME », il y a 3 niveaux de performance : la solution avec ventilateur qui est la plus intéressante, la climatisation par PAC air/eau se retrouve en position médiane et le puits climatique qui reste la solution la plus onéreuse.

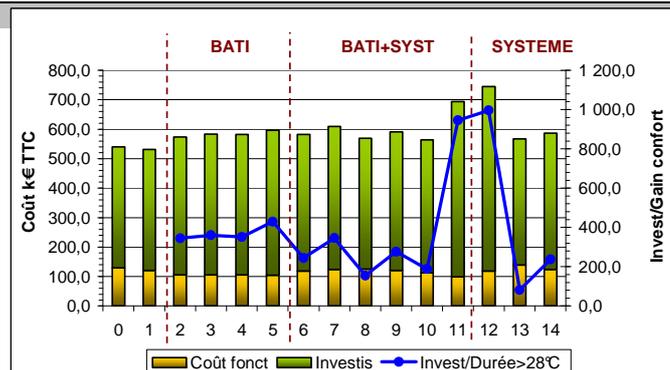
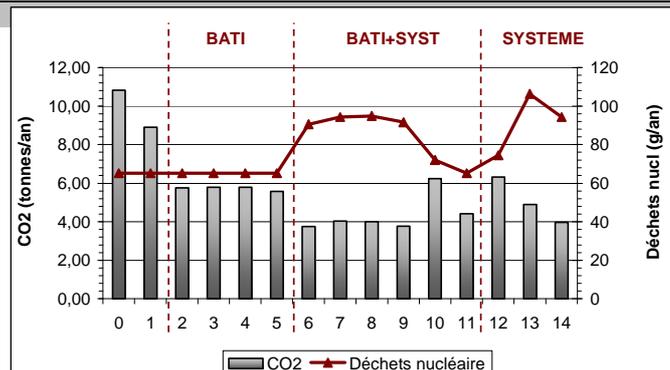
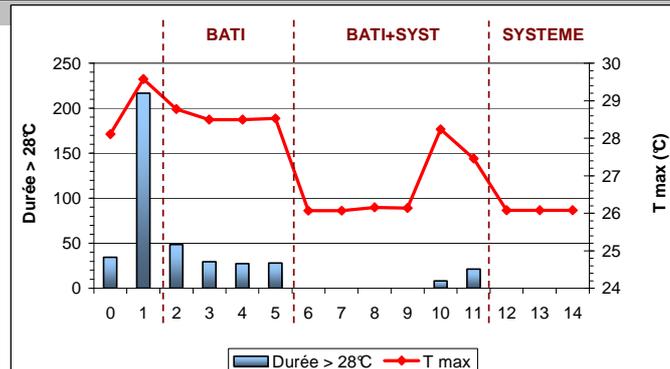
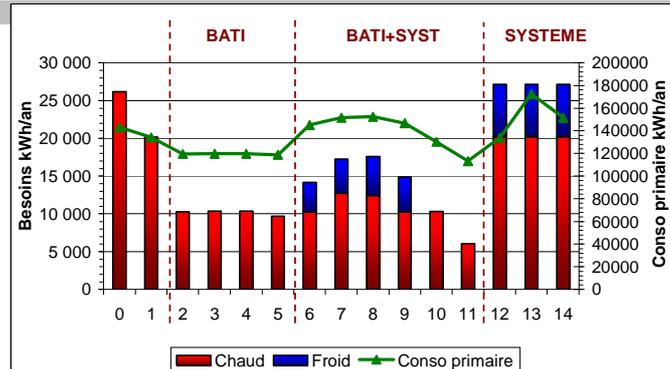
Parmi les solutions SYSTEMES, le chauffage/rafraîchissement par pompe à chaleur réversible est le plus intéressant, la PAC sur l'eau arrivant au même niveau que la PAC sur l'air au bout de 20 ans.

Comme indiqué précédemment, la solution avec ventilateurs plafonniers est la plus intéressante de tous les scénarios. Légèrement plus chère la première année, la solution « BATI » avec MOB rejoint la solution « SYSTEME » avec PAC air/air au bout 20 ans de fonctionnement.

En conclusion, les solutions « BATI » ne permettent pas d'atteindre un objectif de confort acceptable en 2050. Elles doivent être couplées à un système qui sera en priorité assuré par brassage d'air.

Si elle reste encore plus élevée que la climatisation à compression, la climatisation solaire peut, dans la perspective d'une baisse des prix, concurrencer plus facilement la climatisation à compression en 2050.

Optimisation projet - 2030								8 - TER Bureaux		
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC										
Description des scénarios										
0	Référence	Paroi ext	Densité	Isolation	Densité toit	Pl. bas	Cloison	Chauf/Froid	Emetteur	 <p>Données générales Localisation : Montpellier Station météo : Nîmes 2030 U bât : 0,258 W/m².K Cep : 29,02 kWh/m².an SHAB : 1960 m² SHON : 2183 m²</p>
1	Initial 2030	ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Gaz	Radiateur	
2		ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Gaz	Radiateur	
3	BATI	ITE	Moyenne	Max	Faible	Min sur TP	Légère	Gaz	Radiateur	
4		ITR	Moyenne	Max	Faible	Min sur TP	Légère	Gaz	Radiateur	
5		MOB	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Gaz	Radiateur	
6	BATI + SYSTÈME	ITI	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Ventiloconv	
7		ITE	Moyenne	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Ventiloconv	
8		ITR	Forte	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Ventiloconv	
9		MOB	Faible	Max	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau	Ventiloconv	
10	SYSTÈME	ITI	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Gaz+Ventil	Radiateur	
11		ITI	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Gaz+Puits	Radiateur	
12		ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Gaz+Clim sol	Ventiloconv	
13		ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Pac air/eau	Ventiloconv	
14	ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Pac eau/eau	Ventiloconv		
Bilan énergie										
		Besoin chaud kWh/an	Besoin froid kWh/an	Ener primaire kWh/an	Ecart Energie primaire / référence					
0	Référence	26 167	143 059							
1	Initial 2030	20 170		134 192	-6%					
2	BATI	10 289		119 582	-16%					
3		10 379		119 716	-16%					
4		10 368		119 700	-16%					
5	BATI + SYSTÈME	9 691		118 698	-17%					
6		10 276	3 888	145 078	1%					
7		12 730	4 534	151 608	6%					
8	SYSTÈME	12 413	5 192	152 376	7%					
9		10 274	4 631	146 686	3%					
10		10 322	0	130 205	-9%					
11	SYSTÈME	6 044	0	113 305	-21%					
12		20 241	6 919	133 821	-6%					
13		20 241	6 919	172 485	21%					
14	20 241	6 919	151 465	6%						
Bilan confort										
		Temp max °C	Durée >28°C Heures	DH >28°C	Ecart durée > 28°C / référence					
0	Référence	28,1	34	17						
1	Initial 2030	29,6	217	171	903%					
2	BATI	28,8	49	24	41%					
3		28,5	29	11	-37%					
4		28,5	28	9	-47%					
5	BATI + SYSTÈME	28,5	28	10	-43%					
6		26,1	0	0	-100%					
7		26,1	0	0	-100%					
8	SYSTÈME	26,2	0	0	-100%					
9		26,1	0	0	-100%					
10		28,2	8	3	-82%					
11	SYSTÈME	27,5	21	9	-46%					
12		26,1	0	0	-100%					
13		26,1	0	0	-100%					
14	26,1	0	0	-100%						
Indicateurs environnementaux										
		CO2 t/an	Déchets nucl g/an	Ecart CO2 / référence						
0	Référence	10,82	65							
1	Initial 2030	8,91	65	-18%						
2	BATI	5,77	65	-47%						
3		5,80	65	-46%						
4		5,79	65	-46%						
5	BATI + SYSTÈME	5,58	65	-48%						
6		3,75	91	-65%						
7		4,03	94	-63%						
8	SYSTÈME	4,01	95	-63%						
9		3,77	92	-65%						
10		6,23	72	-42%						
11	SYSTÈME	4,42	65	-59%						
12		6,32	74	-42%						
13		4,89	106	-55%						
14	3,97	94	-63%							
Bilan économique										
		Coût fonct k€ TTC/20ans	Investis k€ TTC	Coût global k€ TTC	Invest/ confort k€ TTC/heures	Ecart Coût glob / référence				
0	Référence	129,4	410,6	540,0						
1	Initial 2030	120,3	410,6	530,9		-2%				
2	BATI	105,4	468,5	573,9	344,6	6%				
3		105,5	478,0	583,6	359,7	8%				
4		105,5	477,2	582,7	351,7	8%				
5	BATI + SYSTÈME	104,5	491,6	596,1	429,4	10%				
6		119,2	463,7	582,9	244,8	8%				
7		123,9	485,4	609,3	345,2	13%				
8	SYSTÈME	124,5	444,2	568,8	155,3	5%				
9		120,4	470,5	591,0	276,5	9%				
10		113,6	449,7	563,4	187,7	4%				
11	SYSTÈME	99,0	595,2	694,2	944,8	29%				
12		118,6	626,4	745,0	995,4	38%				
13		139,0	428,3	567,3	81,6	5%				
14	123,9	461,9	585,8	236,9	8%					



Commentaires - 2030

8 – TER Bureau

Sur l'énergie

Les besoins de chauffage sont diminués d'environ **23%** en 2030 par rapport à aujourd'hui.

Les améliorations sur le bâti pour limiter l'inconfort généreraient **près de 60%** d'économie. Ce gain est essentiellement du au passage de la dalle du vide sanitaire au terre plein et à l'augmentation de l'isolation. Le projet tel qu'il est en réalisé répond quasiment à la variante 4. Il est même meilleur sur deux paramètres : il est en réalité légèrement mieux isolé et dispose d'une toiture plutôt lourde (béton cellulaire). La densité du mur est par contre moyenne à la place de forte comme pris ici.

Les scénarios mixtes « BATI + SYSTEME » faisant intervenir une climatisation de type AIR/EAU génèrent une augmentation de **1 à 7%** de l'énergie primaire par rapport à la référence (scénarios 6, 7, 8, 9) alors que les scénarios « BATI » génèrent une économie de **16 à 17%**.

Sans intervenir sur le bâti cette augmentation va de **6 à 21%** (Scénarios 14 et 13), l'écart obtenu provenant d'une meilleure performance de la PAC sol/eau (COP moyen de 3) par rapport à la PAC air/eau (COP moyen de 2). Parmi les systèmes, les meilleurs résultats sont obtenus avec le rafraîchissement par brassage d'air, la climatisation solaire et le puits climatique qui permettent de maintenir un niveau de consommation inférieur de **9 à 21%** par rapport à aujourd'hui.

Sur le confort

Dans les scénarios « BATI », les améliorations proposées permettent toutes d'atteindre le niveau d'inconfort inférieur à **50 heures**. Une marge de progression est encore possible quelque soit le type d'enveloppe.

La température maximale atteinte est quasiment identique pour tous les scénarios « BATI », celle de l'ITI étant légèrement plus haute. Elles sont du même niveau que la température atteinte aujourd'hui avec un gain d'environ **1°C** par rapport à l'état initial 2030.

Les solutions avec systèmes permettent d'atteindre le niveau de confort attendu. Les options avec ventilateur plafonnier et puits climatique permettent d'atteindre l'objectif fixé en améliorant 2 paramètres sur les 5 disponibles.

Sur l'environnement

Mêmes remarques que pour la maison individuelle

Sur le bilan économiqueInvestissement

Les options étudiées ont un investissement situé entre **428 k€ et 626 k€** soit un écart compris entre **9 et 110 € TTC/m2 SHAB**. Cela représente un écart de **0.6 à 8%** du coût de la construction. Aux deux extrêmes on trouve la solution « BATI + SYSTEME » par PAC Air/eau et la climatisation solaire.

Les solutions « BATI » se situent entre **468 et 491 k€**, soit un surcoût compris entre **30 et 41 € TTC/m2 SHAB**. Cela représente une augmentation de **2 à 3%** du coût de la construction. La solution ITI est la moins élevée tout en étant moins performante que les autres options.

Les solutions « BATI + SYSTEME » avec PAC air/eau ont un coût compris entre **444 et 485 k€** soit un surcoût situé entre **17 et 38 € TTC/m2 SHAB**. Cela représente une augmentation de **1 à 3%** du coût de la construction. Le choix d'une PAC sur l'air avec une enveloppe ITR est le moins onéreux. L'option avec ventilateur, qui est légèrement plus élevée, est en fait handicapée par une isolation maximale et une plus forte densité d'isolant en toiture.

Avec un investissement de **428 k€** la solution par PAC Air/Eau est la moins onéreuse des scénarios « SYSTEME ». Elle génère un surcoût de **9 € TTC/m2 SHAB** soit **0.6 %** du coût de la construction. La solution avec PAC sol/eau vient ensuite avec un surcoût de **26 € TTC/m2 SHAB** soit **2%** du coût de la construction. La même remarque faite pour le projet 5 est applicable ici : pour une question d'échelle cette augmentation du coût entre ces deux systèmes est nettement moins élevée que pour la maison individuelle. La PAC à eau sur capteur géothermique est donc plus facilement envisageable pour des projets d'une certaine importance. Cette remarque peut aussi être faite pour la climatisation solaire. Son surcoût est aussi plus réduit que pour l'habitat individuel. Il est de **110 € TTC/m2 SHAB** (contre 435 pour MI), soit une augmentation de **8%** par rapport à la référence.

Coût global

Le coût global sur 20 ans va de **563 k€ TTC à 745 k€ TTC** Par rapport à la référence cela représente un écart de **6 à 10%** pour les solutions « BATI », de **4 à 29%** pour les solutions « BATI + SYSTEME » et de **5 à 38%** pour les solutions « SYSTEME ».

Le brassage d'air par ventilateurs plafonniers reste la solution économiquement la plus intéressante dans les scénarios « BATI + SYSTEME », le puits climatique étant la plus onéreuse.

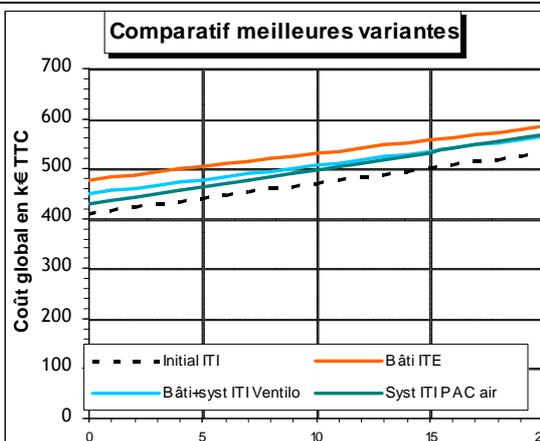
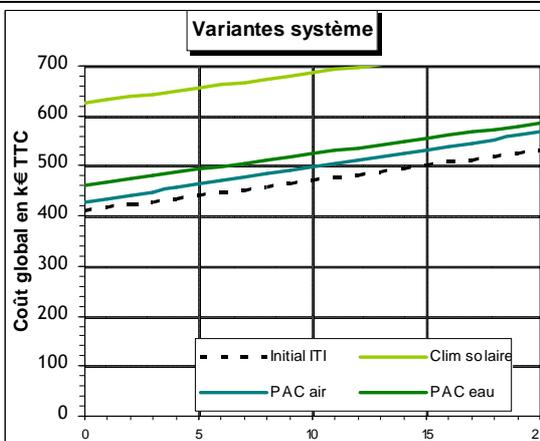
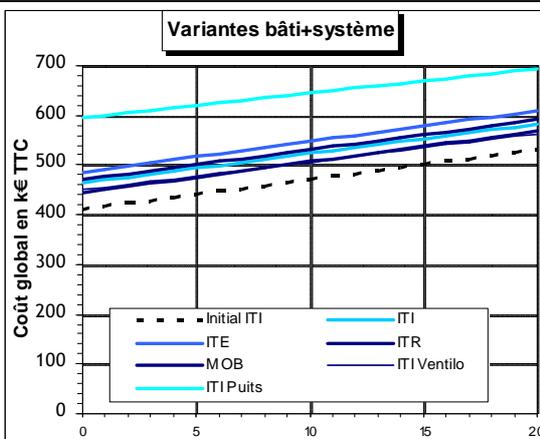
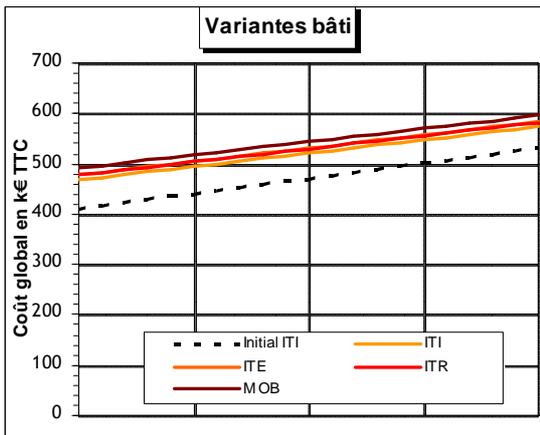
Le rafraîchissement thermodynamique par PAC air/eau sans intervention sur le bâti présente un coût du même ordre de grandeur que les solutions avec ventilateur. La PAC sol/eau a quasiment le même coût global que les solutions « BATI » alors que pour la maison individuelle cette solution était supérieure d'environ **20%**. Compte tenu de son intérêt énergétique, la PAC sur l'eau (ou capteur géothermique) est donc à privilégier dans le tertiaire.

Investissement/gain en confort

Sur ce paramètre on observe un avantage pour les solutions avec systèmes, la climatisation par PAC air/eau étant la plus intéressante. Elle est suivie par les ventilateurs plafonniers et la PAC sol/eau qui présente sur ce paramètre une meilleure efficacité que pour la maison individuelle

Evolution coût global sur 20 ans - 2030

8 – TER Bureaux



Les courbes relatives aux solutions « BATI » sont très proches les unes des autres tout en étant plus élevées que la référence mais à un niveau moindre que le collectif. Comme pour la maison individuelle il n'y a pas une solution nettement plus avantageuse qu'une autre.

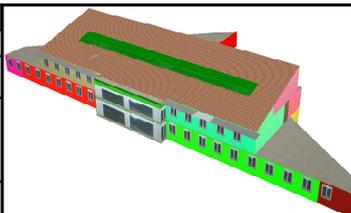
Dans les solutions "BATI + SYSTEME", la solution avec PAC Air/eau est la plus intéressante mais elle est rattrapée par les ventilateurs plafonniers au bout de 10 ans de fonctionnement. Le puits climatique est toujours la solution la plus onéreuse.

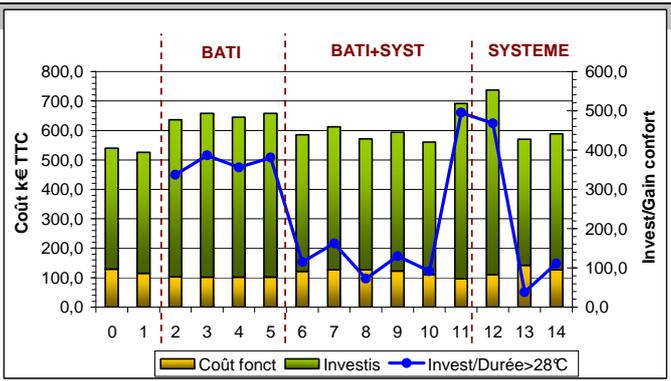
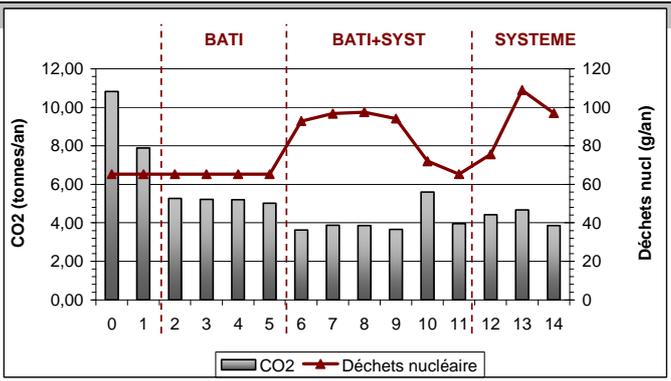
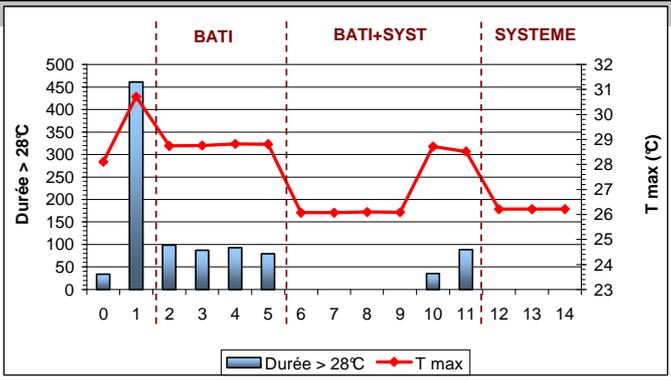
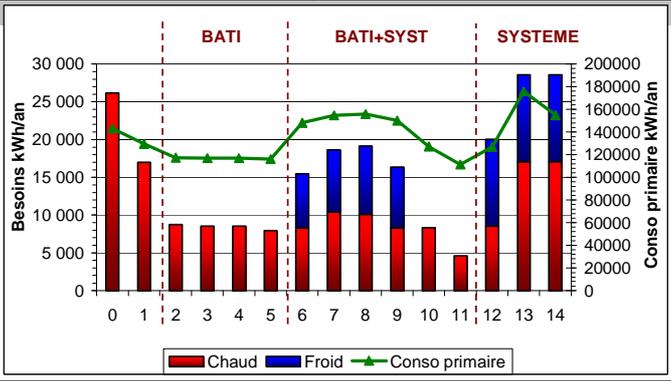
Parmi les solutions SYSTEMES, le chauffage/rafraîchissement par PAC air/eau réversible est le plus intéressant.

En conclusion, pour tous les types d'enveloppe de bâtiment, il est possible d'avoir des solutions sur le bâti qui permettent d'atteindre un niveau de confort quasi identique à aujourd'hui pour une année normale en 2030.

Le choix des systèmes doit se porter en priorité sur les ventilateurs plafonniers.

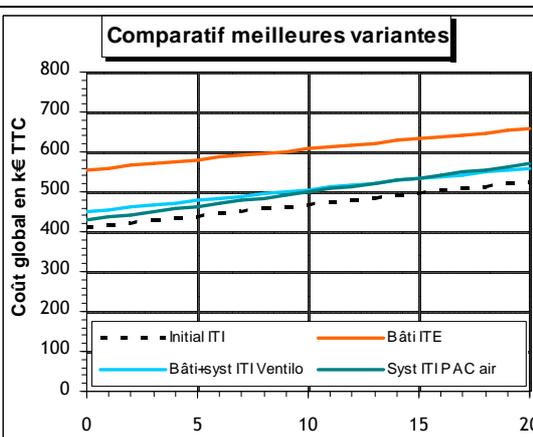
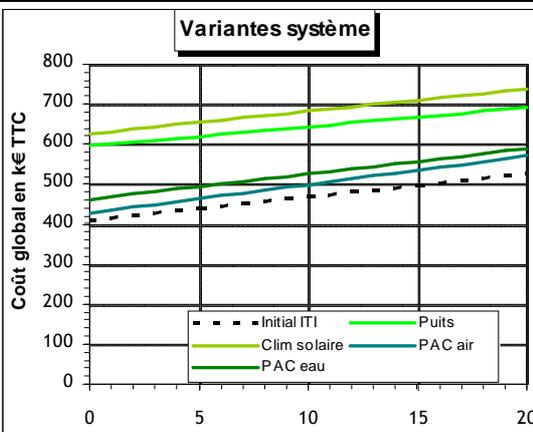
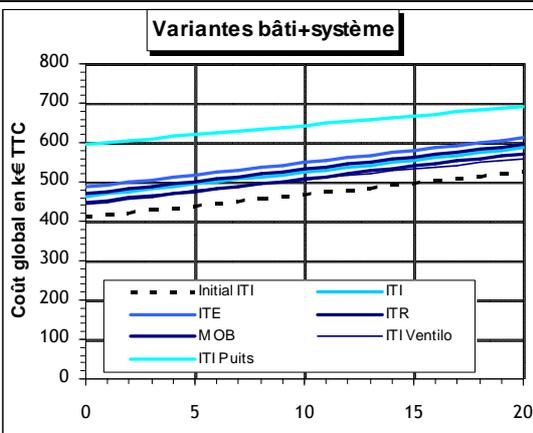
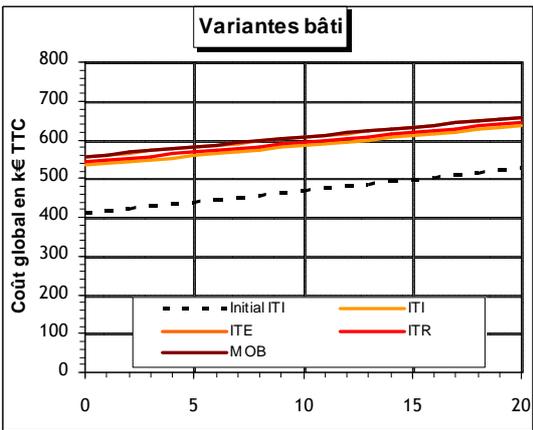
La solution « SYSTEME » par PAC air/eau (13) a l'avantage de garantir une température de consigne donnée. Elle présente un coût global sensiblement équivalent à celui d'aujourd'hui. Le puits climatique semble difficile à développer dans le collectif compte tenu de son coût élevé. La climatisation solaire présente ici une moins bonne rentabilité que dans le collectif. Cet écart vient d'une meilleure valorisation des apports solaires pour l'eau chaude dans le collectif.

Optimisation projet - 2050								8 - TER Bureaux		
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC										
Description des scénarios										
	Paroi ext	Densité	Isolation	Densité toit	Pl. bas	Cloison	Chauf/Froid	Emetteur	 <p>Données générales Localisation : Montpellier Station météo : Nîmes 2050 U bât : 0,258 W/m².K Cep : 29,02 kWh/m².an SHAB : 1960 m² SHON : 2183 m²</p>	
0	Référence	ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Gaz		Radiateur
1	Initial 2050	ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Gaz		Radiateur
2	BATI	ITI	Moyenne	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	Gaz		Radiateur
3		ITE	Moyenne	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	Gaz		Radiateur
4		ITR	Forte	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	Gaz		Radiateur
5		MOB	Paille	Max	Très forte	Min sur TP	Légère	Gaz		Radiateur
6		ITI	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Ventiloconv
7	BATI + SYSTÈME	ITE	Moyenne	Min	Moyenne	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Ventiloconv
8		ITR	Forte	Min	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Ventiloconv
9		MOB	Faible	Max	Faible	Min sur TP	Légère	Pac air/eau		Ventiloconv
10	SYSTÈME	ITI	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Gaz+Ventil		Radiateur
11		ITI	Faible	Max	Moyenne	Min sur TP	Légère	Gaz+Puits		Radiateur
12		ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Gaz+Clim sol		Ventiloconv
13		ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Pac air/eau		Ventiloconv
14		ITI	Faible	Min	Faible	Min sur VS	Légère	Pac eau/eau	Ventiloconv	
Bilan énergie										
		Besoin chaud kWh/an	Besoin froid kWh/an	Ener primaire kWh/an	Ecart Energie primaire / référence					
0	Référence	26 167	143 059	143 059						
1	Initial 2050	16 978	129 472	129 472	-9%					
2	BATI	8 751	117 309	117 309	-18%					
3		8 534	116 988	116 988	-18%					
4		8 521	116 968	116 968	-18%					
5		7 937	116 105	116 105	-19%					
6		8 325	7 158	148 097	4%					
7	BATI + SYSTÈME	10 398	8 256	154 813	8%					
8		10 116	9 014	155 869	9%					
9		8 358	8 020	150 037	5%					
10	SYSTÈME	8 336	0	127 269	-11%					
11		4 612	0	111 189	-22%					
12		8 528	11 510	126 871	-11%					
13		17 056	11 510	175 793	23%					
14		17 056	11 510	154 953	8%					
Bilan confort										
		Temp max °C	Durée >28°C Heures	DH >28°C	Ecart durée > 28°C / référence					
0	Référence	28,1	34	17						
1	Initial 2050	30,7	461	444	2506%					
2	BATI	28,7	98	32	85%					
3		28,8	87	24	41%					
4		28,8	93	27	57%					
5		28,8	79	23	36%					
6		26,1	0	0	-100%					
7	BATI + SYSTÈME	26,1	0	0	-100%					
8		26,1	0	0	-100%					
9		26,1	0	0	-100%					
10	SYSTÈME	28,7	36	16	-6%					
11		28,5	88	48	184%					
12		26,2	0	0	-100%					
13		26,2	0	0	-100%					
14		26,2	0	0	-100%					
Indicateurs environnementaux										
		CO2 t/an	Déchets nucl g/an	Ecart CO2 / référence						
0	Référence	10,82	65							
1	Initial 2050	7,90	65	-27%						
2	BATI	5,28	65	-51%						
3		5,21	65	-52%						
4		5,20	65	-52%						
5		5,02	65	-54%						
6		3,63	93	-66%						
7	BATI + SYSTÈME	3,87	97	-64%						
8		3,86	98	-64%						
9		3,65	94	-66%						
10	SYSTÈME	5,60	72	-48%						
11		3,96	65	-63%						
12		4,42	76	-59%						
13		4,66	109	-57%						
14		3,85	97	-64%						
Bilan économique										
		Coût fonct k€ TTC/20ans	Investis k€ TTC	Coût global k€ TTC	Invest/ confort k€ TTC/heures	Ecart Coût glob / référence				
0	Référence	129,4	410,6	540,0						
1	Initial 2050	115,5	410,6	526,1		-3%				
2	BATI	103,1	533,0	636,1	337,2	18%				
3		102,8	555,2	658,0	386,2	22%				
4		102,7	541,7	644,4	355,9	19%				
5		101,8	556,1	658,0	380,9	22%				
6		121,8	463,7	585,5	115,1	8%				
7	BATI + SYSTÈME	126,7	485,4	612,1	162,3	13%				
8		127,6	444,2	571,8	73,0	6%				
9		123,3	470,5	593,8	130,0	10%				
10	SYSTÈME	110,6	449,7	560,4	92,0	4%				
11		96,8	595,2	692,0	495,2	28%				
12		111,0	626,4	737,5	467,9	37%				
13		142,0	428,3	570,3	38,4	6%				
14		126,8	461,9	588,8	111,4	9%				



Commentaires - 2050	8 – TER Bureaux
<p>Sur l'énergie</p> <p>Les besoins de chauffage sont diminués d'environ 35% en 2050 par rapport à aujourd'hui.</p> <p>Les améliorations sur le bâti pour limiter l'inconfort génèreraient 66% d'économie. Ce gain est essentiellement du au passage de la dalle du vide sanitaire au terre plein et à l'augmentation de l'isolation.</p> <p>Les scénarios « BATI » permettent une économie de 18 à 19% sur l'énergie primaire alors que les scénarios mixtes « BATI + SYSTEME » faisant intervenir une climatisation de type AIR/EAU génèrent une augmentation de 4 à 9% de l'énergie primaire par rapport à la référence (scénarios 6, 7, 8, 9). Cette augmentation est quasi identique à celle de 2030, la diminution des besoins de chauffage en hiver compensant l'augmentation des besoins en été.</p> <p>Sans intervenir sur le bâti cette augmentation va de 8 à 23% (Scénarios 14 et 13), l'écart obtenu provenant d'une meilleure performance de la PAC sol/eau (COP moyen de 3) par rapport à la PAC air/eau (COP moyen de 2). Parmi les systèmes, les meilleurs résultats sont obtenus avec le rafraîchissement par brassage d'air, la climatisation solaire et le puits climatique qui permettent de maintenir un niveau de consommation inférieur de 11 à 22% par rapport à aujourd'hui.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>Les scénarios «BATI » permettent d'atteindre l'objectif de 100 heures d'inconfort maximal par an. Une marge de progression est envisageable sur tous les types d'enveloppes en particulier sur la nature des cloisons.</p> <p>La température maximale n'est guère plus élevée que la référence.</p> <p>Les solutions avec systèmes permettent d'atteindre le niveau de confort attendu. L'option avec ventilateur plafonnier permet d'atteindre l'objectif fixé en améliorant 3 parois sur 5. Il en est de même pour le puits climatique qui offre l'avantage d'écrêter davantage la température.</p> <p>Le projet tel qu'il doit être réalisé dans la réalité correspond à la variante 4 avec une enveloppe ITR.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Mêmes remarques que pour la maison individuelle</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p><u>Investissement</u></p> <p>Seules les scénarios « BATI » sont plus élevés qu'en 2030 de 13 à 16%. Les autres options restent identiques.</p> <p><u>Coût global</u></p> <p>Le coût global sur 20 ans va de 560 k€ TTC à 737 k€ TTC Par rapport à la référence cela représente un écart de 18 à 22% pour les solutions « BATI », de 4 à 28% pour les solutions « BATI + SYSTEME » et de 6 à 37% pour les solutions « SYSTEME ». Seules les solutions « BATI » présentent un surcoût de 11 à 13% par rapport à 2030</p> <p>L'option avec ventilateurs plafonniers reste la plus intéressante.</p> <p><u>Investissement/gain en confort</u></p> <p>On voit ici une nette différence entre les solutions « BATI » et les solutions « BATI + SYSTEMES » intégrant une PAC Air/eau pour les mêmes raisons évoquées sur le collectif.</p> <p>On retrouve ici les pics concernant le puits climatique et la climatisation solaire.</p>	

Evolution coût global sur 20 ans - 2050 **8 – TER Bureaux**



Les courbes relatives aux solutions « BATI » sont assez proches les unes des autres mais sont par contre nettement plus élevées que l'état initial.

Dans les solutions "BATI + SYSTEME », les solutions avec PAC Air/eau et ventilateurs sont proches de la référence. Le puits climatique reste par contre à un niveau nettement plus élevé.

Parmi les solutions SYSTEMES, le chauffage/rafraîchissement par pompe à chaleur sur l'air est le plus intéressant.

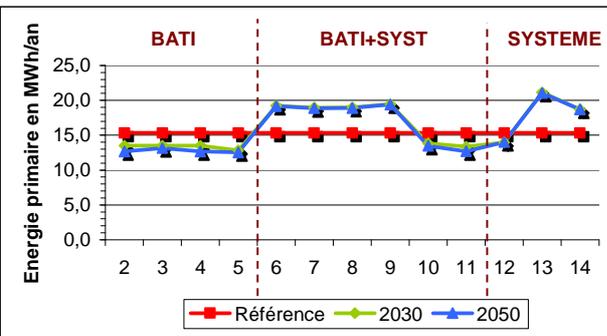
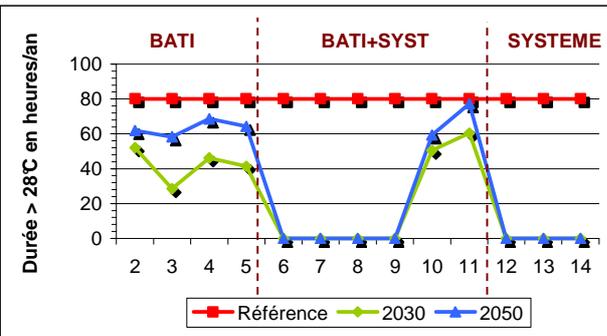
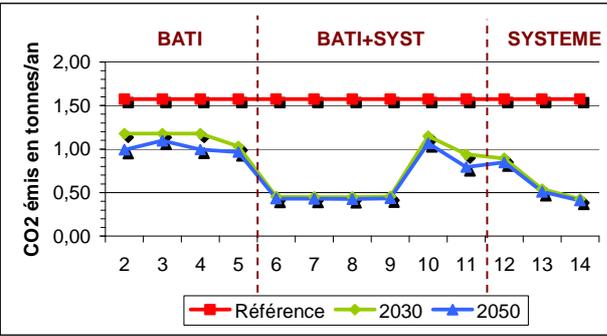
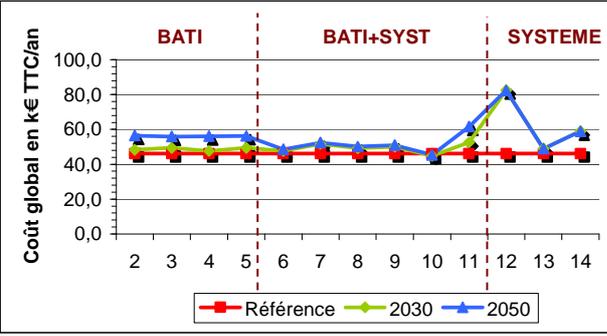
Parmi tous les scénarios, la solution par PAC Air/eau est la plus intéressante mais elle est rattrapée par les ventilateurs au bout de 14 ans de fonctionnement.

En conclusion, si les solutions « BATI » permettent d'atteindre un objectif de confort acceptable, elles sont économiquement beaucoup moins intéressante que les solutions mixtes avec pompe à chaleur sur l'air ou ventilateurs plafonniers. L'intérêt de ces solutions demeure donc essentiellement environnemental, la consommation en énergie primaire étant bien moindre.

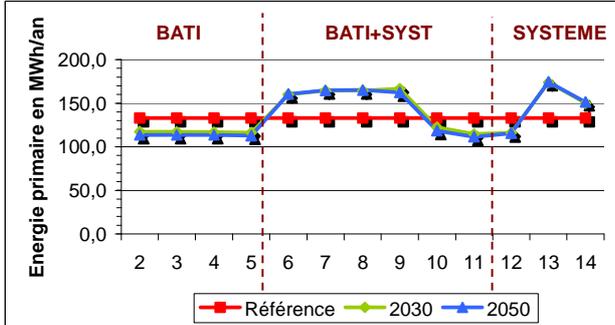
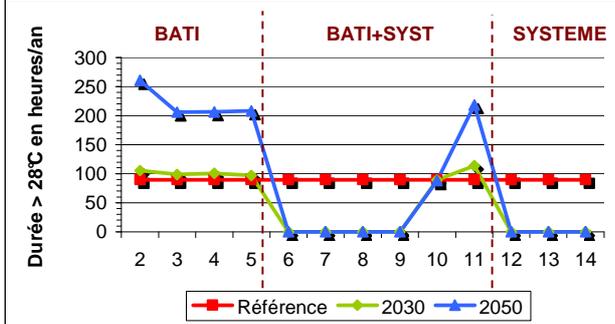
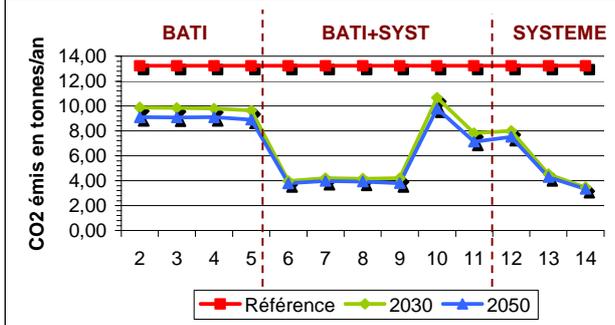
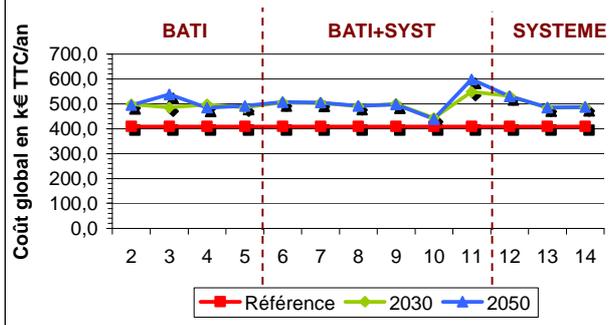
9.3. Comparatif entre les périodes 1999/2008, 2030 et 2050

Les fiches suivantes permettent de comparer les solutions de base avec les scénarios d'amélioration précédemment étudiés. La référence correspond à l'état actuel sans amélioration.

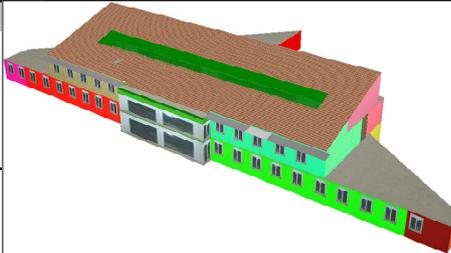
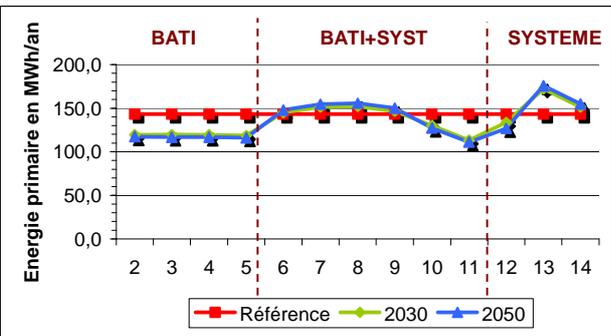
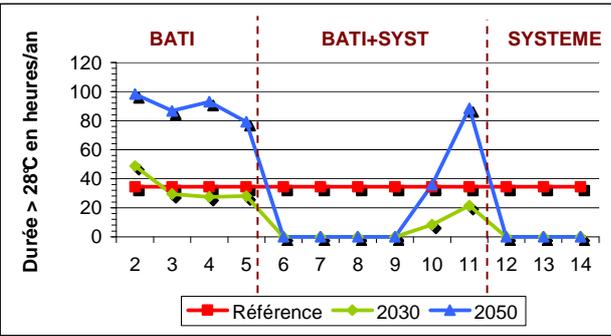
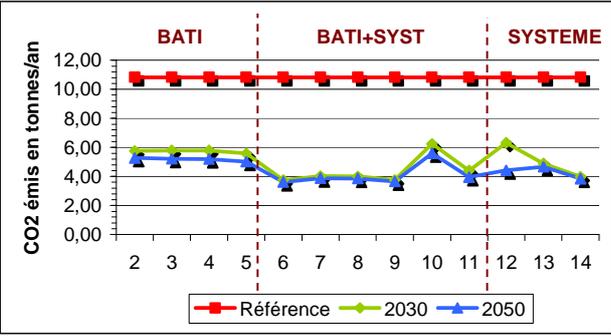
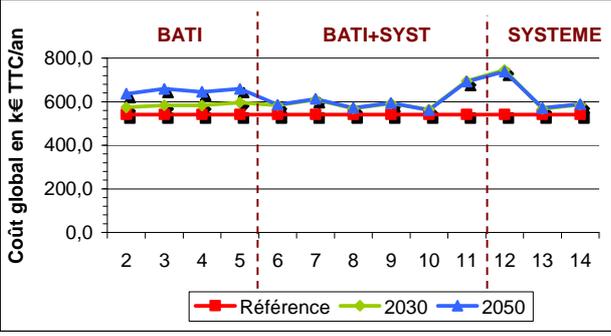
(Voir page suivante)

Comparatif 2030 - 2050						3 - MI Constructeur (1)	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC							
Caractéristiques principales du projet							
Données générales				Bâti			
Localisation : VERGEZE				Type paroi : Isolation intérieure			
Station météo : Nîmes				Inertie : Faible			
U bât : 0,293 W/m²K				Isolation : Moyenne			
Cep : 30,8 kWh/m².an				Orientation : Sud			
SHAB : 88 m²				Equipement			
SHON : 97 m²				Chauffage : Gaz condensation			
				ECS : Solaire + Gaz naturel			
				Ventilation : Hygro B			
Energie primaire en MWh/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		Référence	2030	2050	2030	2050	2030/2050
2	BATI	15,3	14,5	14,1	13,5	12,7	-6%
3		15,3	14,5	14,1	13,5	13,1	-3%
4		15,3	14,5	14,1	13,5	12,7	-6%
5		15,3	14,5	14,1	12,8	12,5	-2%
6		15,3	14,5	14,1	19,2	19,2	0%
7	BATI + SYSTÈME	15,3	14,5	14,1	19,0	18,9	-1%
8		15,3	14,5	14,1	19,0	18,9	-1%
9		15,3	14,5	14,1	19,4	19,4	0%
10		15,3	14,5	14,1	13,8	13,5	-3%
11		15,3	14,5	14,1	13,4	12,7	-5%
12	SYSTÈME	15,3	14,5	14,1	14,0	14,0	0%
13		15,3	14,5	14,1	21,2	21,0	-1%
14		15,3	14,5	14,1	18,7	18,7	0%
							
Durée d'inconfort > 28°C en heures/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		Référence	2030	2050	2030	2050	2030/2050
2	BATI	80	303	537	52	62	19%
3		80	303	537	29	58	104%
4		80	303	537	46	69	48%
5		80	303	537	41	64	55%
6		80	303	537	0	0	
7	BATI + SYSTÈME	80	303	537	0	0	
8		80	303	537	0	0	
9		80	303	537	0	0	
10		80	303	537	51	59	18%
11		80	303	537	60	77	28%
12	SYSTÈME	80	303	537	0	0	
13		80	303	537	0	0	
14		80	303	537	0	0	
							
CO2 émis en tonnes/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		Référence	2030	2050	2030	2050	2030/2050
2	BATI	1,57	1,40	1,29	1,18	0,99	-16%
3		1,57	1,40	1,29	1,18	1,10	-7%
4		1,57	1,40	1,29	1,18	0,99	-15%
5		1,57	1,40	1,29	1,03	0,96	-6%
6		1,57	1,40	1,29	0,45	0,43	-5%
7	BATI + SYSTÈME	1,57	1,40	1,29	0,45	0,43	-5%
8		1,57	1,40	1,29	0,45	0,43	-5%
9		1,57	1,40	1,29	0,46	0,44	-5%
10		1,57	1,40	1,29	1,15	1,07	-7%
11		1,57	1,40	1,29	0,94	0,79	-15%
12	SYSTÈME	1,57	1,40	1,29	0,89	0,85	-5%
13		1,57	1,40	1,29	0,54	0,51	-5%
14		1,57	1,40	1,29	0,43	0,41	-4%
							
Coût global en k€ TTC/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		Référence	2030	2050	2030	2050	2030/2050
2	BATI	46,1	45,3	44,8	48,3	56,5	17%
3		46,1	45,3	44,8	49,3	55,9	13%
4		46,1	45,3	44,8	47,6	56,0	18%
5		46,1	45,3	44,8	49,4	56,1	14%
6		46,1	45,3	44,8	47,6	48,5	2%
7	BATI + SYSTÈME	46,1	45,3	44,8	51,6	52,5	2%
8		46,1	45,3	44,8	49,3	50,1	2%
9		46,1	45,3	44,8	50,0	50,9	2%
10		46,1	45,3	44,8	44,8	45,3	1%
11		46,1	45,3	44,8	52,6	61,5	17%
12	SYSTÈME	46,1	45,3	44,8	82,4	82,4	0%
13		46,1	45,3	44,8	48,9	48,9	0%
14		46,1	45,3	44,8	58,8	58,9	0%
							

Commentaires - 2030/2050	3 – MI Constructeur (1)
<p>Sur l'énergie</p> <p>Seules les solutions « BATI » et les solutions avec rafraichissement par ventilateur, puits climatique et climatisation solaire génèrent une diminution de la consommation énergétique de 10 à 16% en 2030 et de 11 à 18% en 2050. Par rapport à 2030, la consommation augmentera de 1 à 6% en 2050.</p> <p>Les solutions intégrant une climatisation par systèmes à compression génèrent par contre une augmentation de la consommation d'énergie primaire de 22 à 38%, l'option la plus défavorable concernant le scénario « SYSTEME » avec PAC Air/eau.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>Toutes les options permettent d'atteindre un niveau de confort au moins équivalent à aujourd'hui. L'augmentation observée en 2050 correspond en fait à une exigence moins forte à cette échéance en supposant que l'augmentation de la température déplacera dans le temps les critères de confort.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Sur le seul critère du CO₂, les variantes avec climatisation réversible venant en substitution du chauffage gaz en hiver sont les plus favorables. Mais comme indiqué précédemment, pour avoir une vision plus réaliste des nuisances liées à la consommation d'énergie il est important d'associer à ce paramètre la production de déchets radioactifs, la production d'électricité à partir d'énergie fissile étant dominante en France. On a vu clairement qu'à une diminution de CO₂ correspond systématiquement une plus forte production de déchets radioactifs. Pour éviter cet écueil qui suivant l'angle de vision peut tronquer la réalité, le mieux est de porter l'analyse environnemental à partir de la consommation d'énergie primaire non renouvelable. Dans ce cas les solutions « BATI » et celles faisant intervenir un système de rafraichissement alternatif comme les ventilateurs plafonniers, le puits climatique ou la climatisation solaire sont préférables à tout autre système.</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p>A l'exception de l'option avec ventilateur toutes les variantes dépassent le niveau de coût d'aujourd'hui. En 2030 l'ensemble des options à l'exception de la climatisation solaire, du puits climatique et de la PAC sur capteur géothermique génèrent un surcoût de moins de 10% par rapport à la référence. Pour le puits, la PAC sol/eau et la climatisation cette augmentation est respectivement de 14, 28 et 79%.</p> <p>En 2050, une augmentation supplémentaire de 13 à 18% par rapport à 2030 va concerner les scénarios « BATI ». Cette augmentation est du uniquement au surcoût des matériaux devant être mis en œuvre pour limiter l'inconfort à moins de 100 heures par an. Les scénarios avec systèmes restent par contre stables entre les deux périodes. Seule l'option avec puits climatique augmente du fait de la nécessité d'agir sur le bâti pour atteindre l'objectif en 2050, le dimensionnement du puits restant identique.</p>	

Comparatif 2030 - 2050						5 - COL Parpaing	
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC							
Caractéristiques principales du projet							
Données générales				Bâti			
Localisation <i>PERPIGNAN</i>				Type paroi : <i>Iso int + ext</i>			
Station météo <i>Nîmes</i>				Inertie : <i>Moyenne</i>			
U bât <i>0,29 W/m².K</i>				Isolation : <i>Moyenne</i>			
Cep <i>38 kWh/m².an</i>				Orientation : <i>Sud</i>			
SHAB <i>805 m²</i>				Équipement			
SHON <i>966 m²</i>				Chauffage : <i>Gaz à condensation</i>			
Nombre de lgts <i>14</i>				ECS : <i>Solaire + gaz</i>			
				Ventilation : <i>Hygro B</i>			
Energie primaire en MWh/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		<i>Référence</i>	<i>2030</i>	<i>2030</i>	<i>2050</i>	<i>2030/2050</i>	
2	BATI	132,9	124,6	120,3	117,4	113,7	-3%
3		132,9	124,6	120,3	117,2	113,6	-3%
4		132,9	124,6	120,3	116,9	113,7	-3%
5		132,9	124,6	120,3	116,2	112,8	-3%
6		132,9	124,6	120,3	160,0	160,6	0%
7	BATI + SYSTÈME	132,9	124,6	120,3	164,7	165,0	0%
8		132,9	124,6	120,3	164,7	165,3	0%
9		132,9	124,6	120,3	166,7	162,5	-3%
10		132,9	124,6	120,3	122,5	118,5	-3%
11		132,9	124,6	120,3	114,9	111,6	-3%
12	SYSTÈME	132,9	124,6	120,3	116,1	115,6	0%
13		132,9	124,6	120,3	173,9	174,4	0%
14		132,9	124,6	120,3	150,0	151,4	1%
							
Durée d'inconfort > 28°C en heures/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		<i>Référence</i>	<i>2030</i>	<i>2030</i>	<i>2050</i>	<i>2030/2050</i>	
2	BATI	90	340	568	105	260	147%
3		90	340	568	99	206	109%
4		90	340	568	101	206	105%
5		90	340	568	97	208	115%
6		90	340	568	0	0	
7	BATI + SYSTÈME	90	340	568	0	0	
8		90	340	568	0	0	
9		90	340	568	0	0	
10		90	340	568	89	88	-1%
11		90	340	568	114	218	92%
12	SYSTÈME	90	340	568	0	0	
13		90	340	568	0	0	
14		90	340	568	0	0	
							
CO2 émis en tonnes/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		<i>Référence</i>	<i>2030</i>	<i>2030</i>	<i>2050</i>	<i>2030/2050</i>	
2	BATI	13,24	11,46	10,51	9,90	9,09	-8%
3		13,24	11,46	10,51	9,84	9,09	-8%
4		13,24	11,46	10,51	9,79	9,11	-7%
5		13,24	11,46	10,51	9,64	8,91	-8%
6		13,24	11,46	10,51	3,98	3,78	-5%
7	BATI + SYSTÈME	13,24	11,46	10,51	4,20	3,98	-5%
8		13,24	11,46	10,51	4,16	3,94	-5%
9		13,24	11,46	10,51	4,21	3,80	-10%
10		13,24	11,46	10,51	10,66	9,80	-8%
11		13,24	11,46	10,51	7,83	7,13	-9%
12	SYSTÈME	13,24	11,46	10,51	8,00	7,53	-6%
13		13,24	11,46	10,51	4,53	4,29	-5%
14		13,24	11,46	10,51	3,46	3,33	-4%
							
Coût global en k€ TTC/an							
		Base		Scénarios		Ecart	
		<i>Référence</i>	<i>2030</i>	<i>2030</i>	<i>2050</i>	<i>2030/2050</i>	
2	BATI	409,3	420,5	409,3	498,3	494,5	-1%
3		409,3	420,5	409,3	485,1	537,2	11%
4		409,3	420,5	409,3	497,7	484,3	-3%
5		409,3	420,5	409,3	484,7	491,8	1%
6		409,3	420,5	409,3	506,2	507,0	0%
7	BATI + SYSTÈME	409,3	420,5	409,3	503,8	504,4	0%
8		409,3	420,5	409,3	490,7	491,5	0%
9		409,3	420,5	409,3	500,4	497,8	-1%
10		409,3	420,5	409,3	442,8	438,7	-1%
11		409,3	420,5	409,3	548,2	598,2	9%
12	SYSTÈME	409,3	420,5	409,3	531,4	530,4	0%
13		409,3	420,5	409,3	484,4	485,2	0%
14		409,3	420,5	409,3	486,1	487,4	0%
							

Commentaires - 2030/2050	5 – COL Parpaing
<p>Sur l'énergie</p> <p>Pour l'habitat collectif les conclusions sont identiques à l'habitat individuel. Les solutions « BATI » et les solutions avec rafraîchissement par ventilateur, puits climatique et climatisation solaire génèrent une diminution de la consommation énergétique de 12 à 14% en 2030 et de 14 à 16% en 2050. Par rapport à 2030, la consommation augmentera de 3% en 2050.</p> <p>Les solutions intégrant une climatisation par systèmes à compression génèrent par contre une augmentation de la consommation d'énergie primaire de 24 à 31%, l'option la plus défavorable concernant le scénario « SYSTEME » avec PAC Air/eau.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>En 2030, le niveau de confort est quasi équivalent à celui d'aujourd'hui. Une progression est néanmoins encore envisageable pour les enveloppes ITE, ITR et MOB.</p> <p>Par contre en 2050, aucun des scénarios « BATI » ne permet d'atteindre un niveau de confort suffisant, la durée au-delà de 28°C étant quasiment 2 fois plus élevée qu'aujourd'hui. Les solutions sur le bâti devront donc être obligatoirement associées à des équipements. En priorité, il sera choisi le brassage de l'air par des ventilateurs plafonniers qui ont un bon niveau de performance sur tous les critères. Il faudra choisir ensuite entre la climatisation à compression ou à absorption en fonction des autres critères.</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Commentaires identiques à ceux fait pour l'habitat individuel.</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p>Les coûts observés en 2030 et 2050 sont légèrement plus élevés que pour l'habitat individuel. A l'exception de la climatisation solaire et du puits climatique, le surcoût en 2030 par rapport à la référence est situé entre 18 et 23%.</p> <p>Pour la climatisation solaire et le puits climatique cette augmentation est respectivement de 30 et 34%. Le coût global de la PAC sol/eau est ici quasi identique à la PAC sur l'air. L'option par PAC sur l'eau ou capteur géothermique est donc à privilégier dans le collectif compte tenu de son bilan environnemental plus favorable.</p> <p>A l'inverse de l'individuel, le puits climatique présente un coût global plus élevé que la climatisation solaire dans le collectif. En effet, la plus faible efficacité du puits, en particulier en 2050, oblige à agir de manière conséquente sur le bâti. Ce surcoût généré sur le bâti s'avère plus important que la climatisation solaire seule qui présente de plus l'avantage de garantir une température de confort suffisante. On peut donc en déduire que la climatisation solaire est plus facilement envisageable dans le collectif que dans l'individuel. Son coût global n'est supérieur que de 10% par rapport à la PAC sur l'air alors que pour l'individuel il est de 70%. Une des raisons principales est que le surcoût de la climatisation solaire ne concerne ici quasiment que le groupe à absorption. En effet les capteurs et le stockage de l'eau sont intégrés en partie dans l'option de base. Uniquement pour l'eau chaude, la surface de capteur est d'environ 21 m². Dans le cas d'une climatisation solaire et pour une puissance frigorifique calculée de 20 kWf, il faut prévoir 60 m² de capteur solaire, soit 3 fois plus que l'option de base. Ce surdimensionnement liée à la climatisation solaire sera valorisée en hiver pour la production d'eau chaude ou le chauffage des locaux.</p> <p>En 2050, certains scénarios ont un coût global légèrement moins élevé qu'en 2030. En fait en 2030, les modifications importantes sur le bâti ont générées un surcoût plus fort qu'en 2050. Les économies de chauffage liées au réchauffement climatique induisent pour certains scénarios un coût global plus faible en 2050 qu'en 2030. C'est le cas pour les scénarios 2, 4, 9 et 10 qui ont un coût inférieur de -1 à -3% entre les deux périodes. Pour les scénarios 6, 7, 8, 12, 13 et 14 il n'y a aucun changement. Seuls les scénarios 3 et 11 sont supérieurs de 1 à 9%.</p>	

Comparatif 2030 - 2050						8 - TER Bureau		
SIMULATION CLIMAT 2030-2050 DES BÂTIMENTS BBC								
Caractéristiques principales du projet								
Données générales			Bâti					
Localisation : VILLEVEYRAC Station météo : Nîmes U bât : 0,258 W/m².K Cep : 29,02 kWh/m².an			Type paroi : THERMOPIERRE 50 Inertie : Forte Isolation : Forte Orientation : Sud					
SHAB : 1960 m² SHON : 2183 m²			Equipement					
			Chauffage : Bois plaquettes ECS : Solaire + électricité Ventilation : Double flux					
Energie primaire en MWh/an								
		Base		Scénarios		Ecart 2030/2050		
		Référence	2030	2050	2030			2050
2	BATI	143,1	134,2	129,5	119,6	117,3		-2%
3		143,1	134,2	129,5	119,7	117,0		-2%
4		143,1	134,2	129,5	119,7	117,0		-2%
5		143,1	134,2	129,5	118,7	116,1		-2%
6		143,1	134,2	129,5	145,1	148,1		2%
7	BATI + SYSTÈME	143,1	134,2	129,5	151,6	154,8		2%
8		143,1	134,2	129,5	152,4	155,9		2%
9		143,1	134,2	129,5	146,7	150,0		2%
10		143,1	134,2	129,5	130,2	127,3		-2%
11		143,1	134,2	129,5	113,3	111,2		-2%
12	SYSTÈME	143,1	134,2	129,5	133,8	126,9		-5%
13		143,1	134,2	129,5	172,5	175,8		2%
14		143,1	134,2	129,5	151,5	155,0	2%	
Durée d'inconfort > 28°C en heures/an								
		Base		Scénarios		Ecart 2030/2050		
		Référence	2030	2050	2030			2050
2	BATI	34	217	461	49	98		101%
3		34	217	461	29	87		195%
4		34	217	461	28	93		237%
5		34	217	461	28	79		182%
6		34	217	461	0	0		
7	BATI + SYSTÈME	34	217	461	0	0		
8		34	217	461	0	0		
9		34	217	461	0	0		
10		34	217	461	8	36		332%
11		34	217	461	21	88		312%
12	SYSTÈME	34	217	461	0	0		
13		34	217	461	0	0		
14		34	217	461	0	0		
CO2 émis en tonnes/an								
		Base		Scénarios		Ecart 2030/2050		
		Référence	2030	2050	2030			2050
2	BATI	10,82	8,91	7,90	5,77	5,28		-8%
3		10,82	8,91	7,90	5,80	5,21		-10%
4		10,82	8,91	7,90	5,79	5,20		-10%
5		10,82	8,91	7,90	5,58	5,02		-10%
6		10,82	8,91	7,90	3,75	3,63		-3%
7	BATI + SYSTÈME	10,82	8,91	7,90	4,03	3,87		-4%
8		10,82	8,91	7,90	4,01	3,86		-4%
9		10,82	8,91	7,90	3,77	3,65		-3%
10		10,82	8,91	7,90	6,23	5,60		-10%
11		10,82	8,91	7,90	4,42	3,96		-10%
12	SYSTÈME	10,82	8,91	7,90	6,32	4,42		-30%
13		10,82	8,91	7,90	4,89	4,66		-5%
14		10,82	8,91	7,90	3,97	3,85	-3%	
Coût global en k€ TTC/an								
		Base		Scénarios		Ecart 2030/2050		
		Référence	2030	2050	2030			2050
2	BATI	540,0	530,9	526,1	573,9	636,1		11%
3		540,0	530,9	526,1	583,6	658,0		13%
4		540,0	530,9	526,1	582,7	644,4		11%
5		540,0	530,9	526,1	596,1	658,0		10%
6		540,0	530,9	526,1	582,9	585,5		0%
7	BATI + SYSTÈME	540,0	530,9	526,1	609,3	612,1		0%
8		540,0	530,9	526,1	568,8	571,8		1%
9		540,0	530,9	526,1	591,0	593,8		0%
10		540,0	530,9	526,1	563,4	560,4		-1%
11		540,0	530,9	526,1	694,2	692,0		0%
12	SYSTÈME	540,0	530,9	526,1	745,0	737,5		-1%
13		540,0	530,9	526,1	567,3	570,3		1%
14		540,0	530,9	526,1	585,8	588,8	1%	

Commentaires - 2030/2050	8 – TER Bureau
<p>Sur l'énergie</p> <p>Pour le tertiaire les conclusions sont quasi identiques à l'habitat individuel. Les solutions « BATI » et les solutions avec rafraîchissement par ventilateur, puits climatique et climatisation solaire génèrent une diminution de la consommation énergétique de 7 à 20% en 2030 et de 11 à 22% en 2050. Par rapport à 2030, la consommation augmentera de 2 à 5% en 2050.</p> <p>Les solutions intégrant une climatisation par systèmes à compression génèrent une augmentation de la consommation d'énergie primaire de 6 à 23%, l'option la plus défavorable concernant le scénario « SYSTEME » avec PAC Air/eau. Par rapport à la maison individuelle et au logement collectif, cette augmentation est moins forte, la part chauffage et climatisation dans la consommation globale étant moins forte pour les bureaux.</p>	
<p>Sur le confort</p> <p>En 2030, le niveau de confort est inférieur à 50 heures pour toutes les options « BATI ».</p> <p>En 2050, le niveau de confort est atteint pour tous les scénarios, celui-ci étant fixé à 100 heures pour une température inférieure à 28°C. Il existe même une marge de progression pour tous les scénarios « BATI ».</p>	
<p>Sur l'environnement</p> <p>Les commentaires restent les mêmes que ceux indiqués pour l'habitat individuel et l'habitat collectif. La différence essentielle vient du plus faible écart observés ici sur l'émission du CO₂. Comme indiqué plus haut, ceci vient de la plus faible proportion du chauffage dans la consommation énergétique globale qui de fait impacte moins sur le CO₂.</p>	
<p>Sur le bilan économique</p> <p>Le profil du coût global est quasi identique à celui de la maison individuelle.</p> <p>En 2030 l'ensemble des options à l'exception de la climatisation solaire et du puits climatique génèrent un surcoût de moins de 4 à 13% par rapport à la référence. Pour le puits climatique et la climatisation solaire cette augmentation est respectivement de 29 et 38%. Comme pour le collectif, le coût global de la PAC sol/eau est peu éloigné de celui de la PAC sur l'air. Il reste néanmoins plus élevé compte tenu des faibles besoins de chauffage pour les bureaux où les systèmes performants sont du même coup moins bien valorisés.</p> <p>Le surcoût de la climatisation solaire est ici plus conséquent que pour le collectif. Il est en effet de 30% par rapport à une climatisation par PAC air/eau. A l'inverse du collectif il est ici nécessaire de rajouter beaucoup plus de capteurs solaires. En base une surface de capteur de 4 m² était suffisante pour l'eau chaude des bureaux. Dans le cas de la climatisation solaire et pour une puissance calculée de 40 kWf il faut prévoir environ 100 à 120 m² de capteur, soit 30 fois plus.</p> <p>En 2050, une augmentation supplémentaire de 11 à 13% par rapport à 2030 va concerner les scénarios « BATI ». Les autres options restent à un niveau quasi identique.</p>	