Réussir un projet CLIMHYBU

CLIMatisation HYbride des immeubles de BUreaux

Une boîte à outils d'aide à la décision pour la conception et la réhabilitation basse consommation des immeubles de bureaux

Outil de conviction à destination des Maîtres d'Ouvrage

FONDATION BÂTIMENT ÉNERGIE

SOMMAIRE

1. LE CONTEXTE GENERAL 2
2. L'APPROCHE CLIMHYBU 4
2.1 Objectifs 4
2.2 Le concept CLIMHYBU 4
2.3 Solutions apportées 5
2.4 Quels résultats peut-on atteindre grâce à CLIMHYBU ? 6
3. LA BOITE A OUTILS CLIMHYBU 7
3.1 Le guide de conception et de choix de solutions 7
3.2 Les packs de solutions et l'outil d'aide au choix des solutions CLIMHYBU 9
3.3 La bibliothèque de solutions 11
3.4 Le module de calcul CLIMHYBU 13
4. COMMENT ÇA MARCHE ? 16
4.1 Le principe général 16
4.2 Phase programme 17
4.3 Phase esquisse/concours 17
4.4 Phase APS 17
4.5 Phase APD … jusqu'au DCE 18
4.6 Les avantages de la boîte à outils CLIMHYBU 18
5. EXEMPLES D'APPLICATIONS 19
6. EXPERIMENTATION REELLE 23
6.1 Introduction 23
6.2 La première étape 23
6.3 La seconde étape 24

Cet outil de conviction, à destination des Maîtres d'Ouvrage, présente l'approche CLIMHYBU, sa boîte à outils et ses résultats.

1. LE CONTEXTE GENERAL

La loi de programme dite « Loi Grenelle 1 » indique les futures exigences pour les constructions neuves et les bâtiments publics.

En effet, le secteur du bâtiment consomme plus de 40 % de l'énergie finale et contribue pour près du quart aux émissions nationales de gaz à effet de serre. Il représente donc le principal gisement d'économies d'énergie exploitable immédiatement.

Un plan à grande échelle de rénovation énergétique et thermique des constructions, réduira durablement les dépenses énergétiques et contribuera à la réduction des émissions de dioxyde de carbone.

Cette évolution implique le développement et la diffusion de nouvelles technologies dans la construction neuve et la mise en œuvre d'un programme de rénovation accélérée du parc existant, en prenant systématiquement en compte l'objectif d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite prévu par la législation nationale, ainsi que le confort et la santé des occupants.

Les objectifs fixés pour les bâtiments de bureaux sont les suivants :

Pour les constructions neuves :

- Pour un permis de construire déposé entre le 01/07/2011 et fin 2020, les bâtiments devront présenter une consommation annuelle inférieure à un seuil moyen de 50 kWh_{EP}/m^2 avec des modulations, pour les énergies qui présentent un bilan avantageux en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Ce seuil sera modulé afin d'encourager la diminution des émissions de gaz à effet de serre générées par l'énergie utilisée. Il pourra également être modulé en fonction de la localisation, des caractéristiques et de l'usage des bâtiments. Chaque filière énergétique devra réduire très fortement les exigences de consommation d'énergie définies par les réglementations auxquelles elle est

assujettie à la date d'entrée en vigueur de la loi.

- Afin de garantir la qualité de conception énergétique du bâti, la réglementation thermique fixera aussi un seuil ambitieux de besoin maximal en énergie de chauffage des bâtiments. Ce seuil pourra être modulé en fonction de la localisation, des caractéristiques et de l'usage des bâtiments.
- Pour les permis de construire déposés après 2020, les bâtiments devront présenter (sauf exception) une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces bâtiments.

Pour les bâtiments existants :

- Tous les bâtiments de l'État et de ses établissements publics seront soumis à un audit d'ici à 2010. L'objectif est, à partir du diagnostic ainsi établi, d'engager leur rénovation d'ici à 2012 avec traitement des surfaces les moins économes en énergie. Cette rénovation aura pour objectif de réduire d'au moins 40 % les consommations d'énergie et d'au moins 50 % les émissions de gaz à effet de serre de ces bâtiments dans un délai de huit ans. Les gains d'énergie et le stockage de carbone réalisés grâce à la plantation d'arbres et de végétaux pérennes seront pris en compte dans la mesure de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

Les actions sur les bâtiments publics devraient ainsi permettre de montrer l'exemple pour les autres secteurs.

Enjeux énergétiques du secteur des bâtiments de bureaux

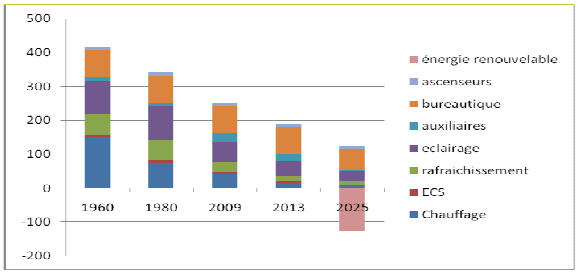
La consommation énergétique des bâtiments de bureaux en France se situe aux environs de 54 TWh_{ef}/an pour un parc de 182 M m². La consommation unitaire moyenne d'énergie, toutes énergies confondues, se situe à 283 kWh_{ef}/m^2.

Environ 30% des bâtiments existants de bureaux sont climatisés, et presque 100% des bâtiments neufs et des réhabilitations lourdes le sont.

Enjeux énergétiques dans un immeuble de bureaux

Pour les bâtiments construits avant la première réglementation thermique (1976 pour les bureaux), la maîtrise des consommations de chauffage représente un réel enjeu. En effet, avant cette date, il n'existait aucune exigence en matière d'isolation de l'enveloppe. La première réglementation thermique a imposé un niveau minimal d'isolation et ainsi tout bâtiment de bureau l'ayant appliqué a pu diviser par deux ses consommations de chauffage. Un renforcement de la réglementation thermique a eu lieu en 1988, mais l'exigence portait toujours uniquement sur la qualité d'isolation du bâti. La RT2000 a introduit un niveau d'exigence global qui portait sur le chauffage, l'éclairage et les auxiliaires. Ce n'est qu'avec la RT2005, que cette exigence globale a été complétée avec le poste « rafraîchissement ».

On constate ainsi que pour un bâtiment construit en 2009, la réglementation a permis une diminution considérable des postes chauffage, rafraichissement et éclairage. Le poste « bureautique » est ainsi devenu le plus énergivore, loin devant l'éclairage puis le chauffage.



Répartitions des consommations dans les bureaux

Quel avenir ?

Les objectifs de la future Règlementation Thermique 2012 sont déterminés par le « Grenelle de l'environnement » et les exigences énergétiques seront dorénavant exprimées sous forme d'une consommation absolue (kWh_{EP}/m^2). La loi Grenelle fixe de façon réglementaire cet objectif (exigence de consommation annuelle de 50 $kWh_{EP}/m^2{}_{SHORT}$, pondérée par des coefficients de modulation climatiques, d'usage, d'émissions de CO_2.

Pour arriver à construire des bâtiments à énergie positive, il faudra aller encore plus loin dans la maîtrise des postes de consommations « réglementaires » tout en diminuant les consommations de bureautique, et des autres usages liés à l'activité ; pour limiter les puissances des équipements recourant par ailleurs à des énergies renouvelables.

2. L'APPROCHE CLIMHYBU

2.1 OBJECTIFS

Dans ce contexte, l'approche CLIMHYBU se situe dans un objectif de renforcement des performances énergétiques des bâtiments de bureaux, tant neufs qu'existants.

L'amélioration de l'efficacité énergétique de ces bâtiments constitue en effet un enjeu majeur pour atteindre l'objectif global du Grenelle en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050.

L'approche CLIMHYBU vise donc à fournir aux décisionnaires et maîtres d'ouvrage, les moyens de définir des solutions et de dialoguer avec les concepteurs pour aboutir à cet objectif.

Pour cela, l'approche CLIMHYBU s'appuie sur une méthodologie de choix de solutions architecturales et techniques, leur garantissant tout au long de leurs projets, la définition, puis le suivi et l'obtention de cet objectif. Elle garantit également la pertinence des solutions choisies pour les bâtiments neufs et existants.

L'objectif de l'approche CLIMHYBU est donc de fournir des solutions de conception dites « CLIMHYBU » permettant d'atteindre les 50 kWh_{EP}/m^2_{SHORT} environ déterminés par le Grenelle et la future RT 2012, et des variantes à cette solution CLIMHYBU évaluées sur des indicateurs de dimensionnement de puissances, de consommations, de confort et de coûts.

2.2 LE CONCEPT CLIMHYBU

L'approche CLIMHYBU concerne les bâtiments de bureaux neufs et fortement rénovés.

Les solutions proposées sont pertinentes quelle que soit la superficie des bâtiments étudiés (de moins de 1 000 m^2 à plus de 30 000 m^2) notamment pour les catégories principales issues de l'étude ci-dessous, qui ont servi de base à la recherche d'opérations expérimentales.

	Parc (en M m^2)	**Flux annuel** (en M m^2)
Plateau large bureaux paysagés : 14 %	**7,5**	**1**
Plateau large bureaux cloisonnés : 20 %	**11**	**1,5**
Plateau mince bureaux paysagés : 33 %	**18**	**2,3**
Immeuble rénové : 8 %	**4**	**0,5**
Immeuble de petite taille en zone péri urbaine : 25 %	**13**	**1,7**

Etude « Qualité énergétique, environnementale et sanitaire : préparer le bâtiment à l'horizon 2010 - CSTB, ARMINES, Bureau d'études ALTO Ingénierie.

L'objectif est de faire émerger et de diffuser le **principe de la CLIMATISATION HYBRIDE** pour la conception de bâtiments neufs ou rénovés.

Climhybu ***CLIMatisation HYbride des immeubles de BUreaux*** est une boîte à outils d'aide à la décision pour la conception et la réhabilitation basse consommation des immeubles de bureaux.

Cette boîte à outils vise à généraliser une approche globale associant :

- *la conception bioclimatique de l'enveloppe,*
- *l'utilisation maximale des ressources renouvelables extérieures en particulier le soleil et l'air,*
- *le recours maîtrisé et bien géré à des installations techniques performantes,*
- *la production locale d'électricité photovoltaïque.*

Les deux points suivants sont nécessaires à l'émergence de la climatisation hybride :

- **définition d'une bibliothèque de solutions** architecturales et techniques adaptées, permettant de diminuer les consommations globales sans nuire au confort, associée à de **nouveaux outils de choix et de conception** permettant de les assembler de façon cohérente et adaptée à chaque cas traité, y compris par des concepts innovants s'ils apparaissent apporter une solution à des problèmes aujourd'hui non résolus.

- **diffusion de ces solutions** auprès des concepteurs et des maîtres d'ouvrages, grâce à une « boîte à outils » simple et opérationnelle, adaptée à chaque acteur et aux différentes phases de conception, afin de populariser ce concept de climatisation hybride.

La boîte à outils CLIMHYBU est ainsi constituée des éléments suivants :

- Un **« Guide de conception et de choix de solutions »** et le présent **« Outil de conviction à destination des Maîtres d'Ouvrage »**.
- Les **« Packs de solutions »**, et l' **« Outil de comparaison des solutions CLIMHYBU »**.
- Une **« Bibliothèque de solutions »**, incluant 55 fiches descriptives pour :
  - Le bâti, la ventilation et la gestion de la régulation (26 fiches),
  - Les équipements et systèmes (29 fiches).
- Le **« Module de calcul »**, inclu dans le logiciel ClimaWin2005.

2.3 SOLUTIONS APPORTEES

L'approche CLIMHYBU n'a évidemment pas pour objectif de définir des règles uniques pour les concepteurs. Il s'agit plutôt d'orienter leurs choix de conception dès les esquisses et à la phase APS, en se basant sur des bâtiments types étudiés par façade, et sur des packs de solutions, en se fondant principalement sur le **confort d'été** et la **minimisation des besoins** de chaud et de froid.

Les outils CLIMHYBU sont donc adaptés aux différentes phases de conception.

Lors des phases initiales de conception d'un bâtiment neuf ou de la réhabilitation d'un bâtiment existant, les concepteurs ont besoin de fonder leurs choix, non seulement sur l'impact énergétique mais également en termes **d'investissement**, pour décider par exemple si leur projet doit recourir ou non à une installation de climatisation, ou pour arbitrer entre différentes solutions techniques ou innovantes… Les « concepts innovants », s'ils apparaissent apporter une solution à des problèmes aujourd'hui encore non résolus sont également pris en compte.

Les outils CLIMHYBU permettent cet assemblage de solutions, de plus en plus finement optimisées, au fil du projet.

Les travaux réalisés montrent qu'il est envisageable de réduire très fortement les consommations de chauffage et de refroidissement par une diminution des déperditions à travers l'enveloppe, une bonne protection solaire en période chaude, une valorisation de l'inertie, et en utilisant l'air extérieur comme source froide en mi-saison et à certaines heures en été.

On peut ainsi limiter l'utilisation de systèmes de chauffage et de refroidissement aux conditions extrêmes, voire pour certains locaux éviter l'utilisation de climatisation thermodynamique.

Une idée structurante se dégage également : il n'y a pas de déclinaison unique de l'approche CLIMHYBU. Elle dépend en particulier :

- De la zone climatique : Par exemple, les régions froides demandent plutôt un effort sur l'isolation de l'enveloppe alors que les régions au climat plus chaud demandent un effort sur la protection solaire,

- Du site : Les techniques à mettre en œuvre pour la pratique du free cooling sont très liées au site. Les solutions mises en oeuvre dans une tour d'un quartier d'affaire seront différentes de celles choisies pour un immeuble ancien en ville ou un petit bâtiment en zone peu dense.

Différents types de bâtiments

CLIMHYBU offre des outils qui permettent de trouver des solutions performantes, adaptées en fonction du contexte précis du bâtiment.

Les solutions préconisées sont estimées financièrement et comparées entre elles, afin de permettre aux concepteurs de faire un choix d'investissement raisonné.

Les solutions proposées grâce à l'utilisation des outils CLIMHYBU permettent également de s'assurer du maintien de bonnes conditions de confort thermique dans les locaux et d'un coût maîtrisé.

CLIMHYBU, des solutions pour un confort et des coûts maîtrisés.

2.4 QUELS RESULTATS PEUT-ON ATTEINDRE GRACE A CLIMHYBU ?

Pour aller au-delà de la pratique actuelle (solution de base), l'objectif étant de limiter le recours à la climatisation, les trois voies CLIMHYBU peuvent se décrire de la façon suivante :

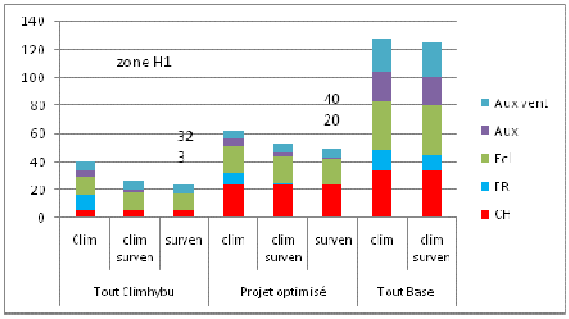
- bâtiment climatisé sans ouverture de baies.
- bâtiment avec ouverture de baies sans climatisation : inconfort dans certains cas.
- bâtiment optimisé : climatisation seulement si un inconfort apparaît.

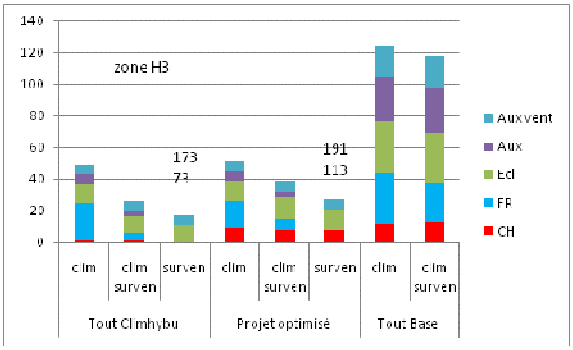
Ces différentes solutions sont envisagées sous l'angle de leur performance énergétique, mais aussi selon leur coût, et leur incidence sur le confort des occupants.

Consommations

Les outils CLIMHYBU prennent en compte les usages de la Règlementation Thermique : chauffage, éclairage, rafraîchissement, ventilation et auxiliaires de fonctionnement.

Les figures suivantes montrent un exemple d'évolution des consommations en cas de base, cas Climhybu et cas optimisé en zone H1 et en zone H3 pour le bâtiment de 1000 m² utilisé au § 5.





Exemple de consommations

Les chiffres situés sur les graphes au dessus des colonnes correspondant à la surventilation seule indiquent les durées d'inconfort en heures en occupation pendant l'été respectivement au dessus de 28 °C et 30 °C.

Ainsi en zone H1 dans le cas du projet optimisé, la limite de 28 °C est dépassée pendant 40 h alors que la limite de 30 °C est dépassée pendant 20 h. Cet exemple montre alors qu'en zone H1 calme, il est possible d'envisager de ne pas climatiser pourvu que la surventilation soit possible.

En zone H3, la surventilation seule n'est pas satisfaisante au plan du confort. En revanche, elle permet de réduire sensiblement les besoins de froid.

Les projets optimisés ont pour objectif de respecter la limite de 50 kWhep/m².

La contribution du photovoltaïque permet également d'améliorer le bilan énergétique du projet et doit être intégrée au processus d'optimisation du bâtiment

Confort

Les conditions de confort atteintes avec un projet « optimisé » en zone H1 (20h d'occupation en dessous de 28°C) correspondent au niveau Très Performant du référentiel HQE « bureau » (moins de 30h/an au-dessus de 28°C. Pour un projet identique « tout CLIMHYBU », les conditions de confort atteintes vont bien au-delà du niveau Très Performant du référentiel HQE « bureau », puisque le nombre d'heures d'occupation au-dessus de 28°C est seulement de 3h !

Coûts

Une approche en coût global sur ces exemples (voir § 5) a montré que l'écart en termes de coût global entre un projet « tout CLIMHYBU » et un projet optimisé sur certaines solutions CLIMHYBU était maîtrisé.

3. LA BOITE A OUTILS CLIMHYBU

La boîte à outils CLIMHYBU est constituée des éléments suivants :

- Le **« Guide de conception et de choix de solutions »**.
- Les **« Packs de solutions »**, et l' **« Outil d'aide au choix des solutions CLIMHYBU »**.
- Une **« Bibliothèque de solutions »**, incluant 55 fiches descriptives pour :
  - Le bâti, la ventilation et la gestion de la régulation,
  - Les équipements et systèmes.
- Le **« Module de calcul »**, inclu dans le logiciel ClimaWin2005.

Ces différents outils se combinent au fil du projet pour permettre de choisir la solution la mieux adapté à l'opération.

3.1 LE GUIDE DE CONCEPTION ET DE CHOIX DE SOLUTIONS

Il s'agit d'un guide permettant aux Maîtres d'Ouvrage et aux concepteurs d'utiliser les outils CLIMHYBU afin de concevoir leurs projets avec l'approche décrite ci-dessus.

L'introduction de ce guide rappelle le contexte réglementaire dans lequel le projet CLIMHYBU s'insère et fait un rapide point des enjeux énergétiques du secteur des bâtiments bureaux, puis rappelle les grandes étapes de conception d'un bâtiment performant, avec les interactions nécessaires entre acteurs aux différentes étapes.

Dualité « Bâti » et « Systèmes »

La première partie du guide est dédiée à la conception globale du « Bâti » et à la conception globale des systèmes. Il s'agit d'aider à concevoir un bâti qui tienne compte de façon optimale du climat, des orientations générales du bâtiment, de sa forme et de son volume. Cette partie est plutôt abordée lors des phases amont de conception. Cette partie a également pour but d'aider à choisir les solutions techniques les plus appropriées au contexte du projet parmi la multitude de solutions possibles. Cette partie du guide donne des pistes de choix de solutions performantes.

Une nécessaire approche systémique

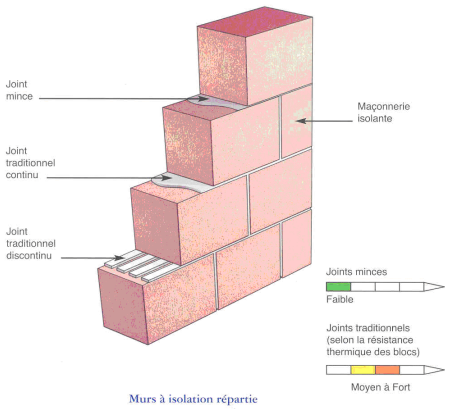
Ce guide s'attache également, de façon particulière, à mettre en évidence les interactions fortes entre « bâti » et « systèmes », dont il faut tenir compte pour ne pas concevoir dans un premier temps l'enveloppe, puis ensuite mettre en place des solutions techniques.

Ainsi, ce guide de conception s'articule principalement autour des étapes de conception d'un bâtiment performant qui sont déclinées dans l'approche CLIMHYBU selon les thématiques successives suivantes :

<u>Réduire les besoins par les choix architecturaux et les prestations du bâti</u>

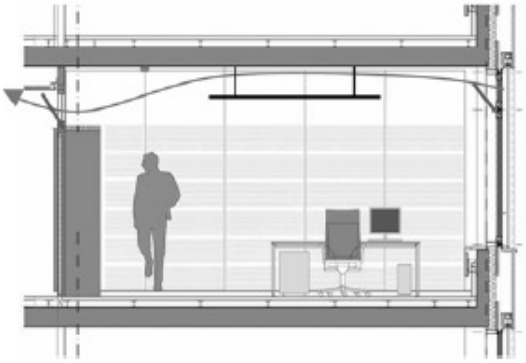
Selon l'importance des postes de consommations énergétiques, il faut hiérarchiser les efforts sur :

- Le chauffage, cela implique de réduire les déperditions (meilleur niveau d'isolation), d'avoir une démarche bioclimatique (architecture) ;



- *Choix d'isolation*

- La bureautique, cela implique des choix de matériels performants ;
- La climatisation, cela implique de réduire les apports solaires (architecture, occultation, isolation thermique), et les apports internes (bureautique, éclairage) ;
- L'éclairage, cela implique d'optimiser l'accès à la lumière du jour (architecture, gestion de l'éclairage artificiel en conséquence).



Sur-ventilation nocturne naturelle : circulation de l'air dans un bureau individuel porte fermée

Par exemple, des surfaces vitrées importantes vont induire un dimensionnement plus important des installations de chauffage et de climatisation et parfois rendre impossible l'installation de certaines types d'émetteurs performants.

Maîtriser les effets « collatéraux » de cette réduction des besoins

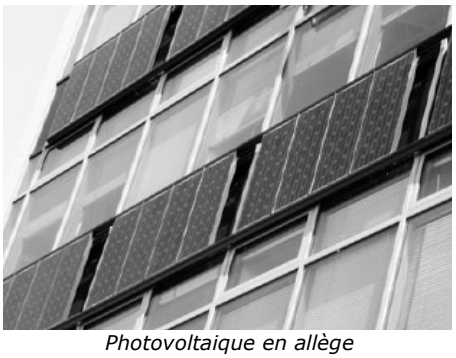
- Réduire les déperditions (isolation, compacité) nécessite de penser au confort de mi-saison et en été ;
- Utiliser les ressources extérieures (air frais extérieur, apports solaires, etc.)
- Exploiter le soleil d'hiver nécessite de porter une attention particulière aux apports en mi-saison qui peuvent être rapidement pléthoriques ;
- Réduire les débits d'air mais en se préoccupant prioritairement de la qualité d'air intérieur ;
- Accroître le facteur de lumière du jour tout en faisant attention aux éblouissements.

Choisir des équipements performants (limitant les consommations d'électricité et d'énergies fossiles, utilisant des énergies renouvelables)

- Chauffage : choisir des générateurs avec des COP (COefficient de Performance) élevés ;
- Ventilation hygiénique : choisir une VMC « double-flux » avec des échangeurs très performants (> 80%) ;
- Éclairage : diminuer les puissances installées en installant des tubes 16mm + ballasts A1 + luminaires hautes performances ou des LEDS et en installant des éléments de gestion performants (gestion centralisée ; dérogations locales ; détecteurs ; capteurs photosensibles pour éclairage naturel)
- Climatisation : choisir des générations ayant des EER (Efficacité de refroidissement) très élevées ; émetteurs efficaces à faibles consommations d'auxiliaires : plafonds, fluides thermodynamiques vertueux (GWP faibles).

Produire de l'électricité grace à des dispositifs photovoltaïque

- Déterminer l'orientation et l'inclinaison optimales des parois,
- Déterminer les surfaces réceptrices potentielles des panneaux solaires : Toitures, Brises soleil, Allèges, Façades, Vitrages, etc.
- Choisir la technologie de modules adaptés au contexte local,
- Concevoir les locaux techniques et chemins de câbles adaptés, et intégrer correctement les onduleurs.



Photovoltaique en allège

Les étapes ultérieures à la conception (suivi de chantier ; suivi des consommations ; informations des usagers) ne sont pas traités dans le guide, mais sont indispensables et doivent être anticipées pour mener à bien un projet.

La seconde partie du guide constitue une aide au choix des solutions, grâce à l' « Outil de choix des solutions », en adoptant cette démarche systémique.

Cette partie du guide décrit donc la méthode de conception (voir partie 4) développée dans le cadre du projet CLIMHYBU et les différents outils support de cette démarche, qui sont également présentés ci-dessous.

La phase APS est fondée sur l'utilisation de l' « Outil d'aide au choix de solutions » (voir 3.2.2), et la phase APD sur le « Module de calcul » (voir 3.4). L' « Outil d'aide au choix de solutions » utilise des « Packs de solutions » (voir 3.2.1), et est intégré au « Module de calcul ». Ainsi, le « Module de calcul » peut aussi faire appel à ces « Packs de solutions ».

3.2 LES PACKS DE SOLUTIONS ET L'OUTIL D'AIDE AU CHOIX DES SOLUTIONS CLIMHYBU

3.2.1 UN PACK DE SOLUTIONS CLIMHYBU : QU'EST-CE QUE C'EST ?

Les packs de solutions sont des combinaisons cohérentes d'éléments de conception. Ils sont associés à un bâtiment de bureaux, pour une configuration donnée.

Les éléments pris en compte dans les packs sont les suivants, voir figure ci-dessous :

- isolation des parois,
- traitement des ponts thermiques,
- perméabilité à l'air de l'enveloppe,
- inertie thermique,
- vitrages : performance thermique, facteur solaire et taux de transmission lumineuse,
- gestion des baies pour la surventilation
- type de ventilation
- éclairage : puissance et gestion,
- type d'émetteurs de chaleur et de froid,

Les packs de solutions étant destinés à fournir des ordres de grandeur pour guider le concepteur en phase APS, lorsque le bâtiment n'est pas connu finement, ils sont établis sur des configurations types simplifiées, notamment pour ce qui concerne la géométrie qui est prise en compte par des façades types.

Un pack correspond à une configuration type de bâtiment définie par :

- un type de bâtiment : 2, 6 ou 30 niveaux,

  En fait, la typologie des bâtiments tertiaires de bureaux étant très vaste il n'est pas possible d'établir des packs pour toute la typologie. Dans un souci de simplification, les packs sont limités à des façades de bâtiments, chaque type de façade intégrant différents types de locaux : bureau cloisonné, bureau paysagé, salle de réunion et circulations,

- une zone climatique (H1, H2, H3),

- une orientation, si les résultats sont très proches un pack peut représenter plusieurs orientations,

- le type de traitement de l'ambiance en période chaude :

  possibilité de climatisation,

  possibilité de ventilation par ouverture des baies.

- le taux de vitrage de la façade, 30%, 50% ou 70%.

A partir de cette description fine de ces paramètres, il s'agit de définir des ensembles de solutions architecturales et techniques, cohérentes entre elles, et permettant d'atteindre les objectifs de CLIMHYBU : optimisation des **puissances**, diminution des **consommations**, **confort** préservé, **coûts** maîtrisés. Ces ensembles de solutions sont appelés : packs de solutions CLIMHYBU.

Ouverture automatique des baies	Ouverture jour et nuit
Isolation	Isolation renforcée
Ponts thermiques	Traités
Perméabilité	0,7 m3/h.m² à 4Pa
Vitrages et protections solaires	DV clair Store extérieur Remplissage argon Couche faiblement émissive
Inertie	Lourde
Puissance éclairage	Base + appoint (8 W/m²)
Gestion éclairage	Gradateur Détecteur de présence
Ventilation DF	Echangeur haute efficacité
Gestion de la ventilation salles de réunion	Détecteur de CO2
Régulation des émetteurs	Variation temporelle certifiée 0,5°C

*Exemple d'un **« Pack tout CLIMHYBU »** (zone climatique, orientation, nb étages, % vitrage donnés)*

Dans la mise au point des packs, une façade type est décrite à l'aide de deux types d'entrées :

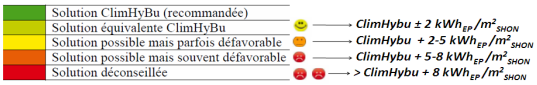
- des entrées fixes comme les scénarios ou les apports internes,
- des entrées qui peuvent prendre deux valeurs, voir figure ci-dessus, une valeur CLIMHYBU ou une valeur de base qui sont issues de la bibliothèque. Pour un projet de niveau CLIMHYBU toutes ces entrées sont au niveau CLIMHYBU.

3.2.2 L'OUTIL D'AIDE AU CHOIX DES SOLUTIONS CLIMHYBU

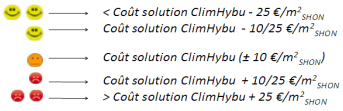
L'outil d'aide au choix permet de sélectionner le pack de solutions correspondant au projet et de conduire l'optimisation de la conception du projet.

La conception consiste, pour un projet donné, à voir l'impact d'une modification des solutions par rapport à un projet CLIMHYBU en termes de **consommations** pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage, en termes de **coût** (écart à la solution Climhybu) et de **confort** (nb d'heure de dépassement d'un seuil de température).

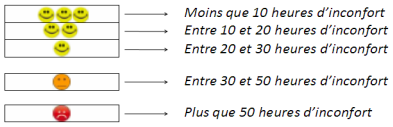
- 5 niveaux de consommation d'énergie primaire



- 5 niveaux de coût



- 5 niveaux de confort



- *Inconfort défini sur la base du dépassement d'une température opérative maximale (fonction de la zone climatique) :*
  - *28 ° C en zone H1 – H2*
  - *30° C en zone H3*

Il est ainsi possible de classer chaque entrée selon son impact (code couleur ci-dessus) :

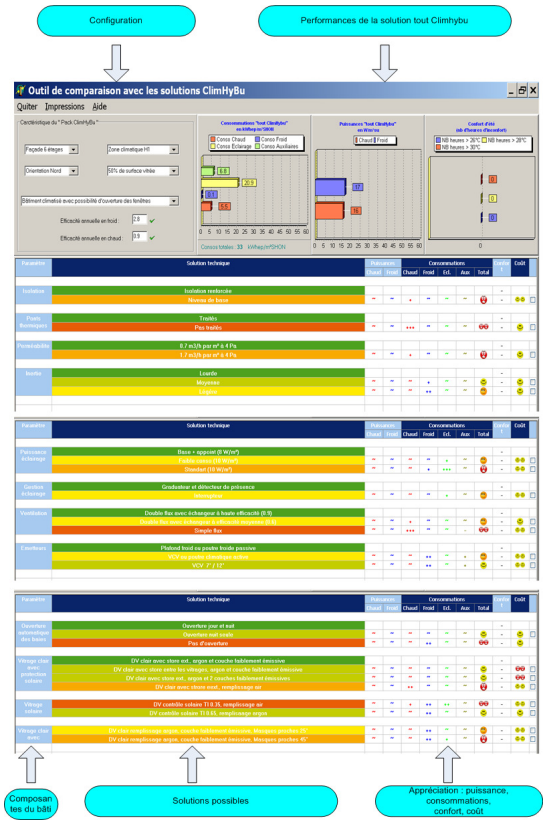
Celles qui doivent être fixées au niveau CLIMHYBU, surlignées en rouge,

Celles à faible impact, surlignées en orange,

Celles pour lesquels un choix est permis, surlignées en vert.

Cet outil permet donc à l'utilisateur :

- De définir le pack à étudier selon les caractéristiques du projet : type de façade (2, 6 ou 30 étages), zone climatique (H1, H2, H3), orientation de la façade (Nord, Est, Sud, Ouest), pourcentage de parois vitrées (30%, 50%, 70%) et l'option de climatisation/ventilation (climatisé avec possibilité d'ouverture des fenêtres, non climatisé avec ouverture des fenêtres obligatoire, climatisé sans possibilité d'ouverture des fenêtres (BR2 et BR3)).
- Pour le cas Climhybu, d'obtenir en conséquence, pour chaque façade du bâtiment et le bâtiment entier :
  - Les solutions architecturales et techniques correspondant au « tout CLIMHYBU » par façade pour : l'ouverture automatique des baies, l'isolation, le traitement des ponts thermiques, la perméabilité à l'air, les vitrages, l'inertie, la puissance d'éclairage, la gestion de l'éclairage, la ventilation, les émetteurs.
  - Les puissances (W/m², chaud, froid).
  - Les consommations (kWh_{EP}/m^2, chaud, froid, éclairage, auxiliaires, total).
  - Le confort d'été atteint en nb d'heures d'inconfort (à 26, 28 et 30°C).
- d'obtenir les solutions alternatives à la solution « tout CLIMHYBU » avec leurs incidences selon les critères de puissances, de consommations, de confort, de coûts par rapport à la solution tout Climhybu.
- De prendre en compte toutes ces solutions dans le module de calcul CLIMHYBU de ClimaWin2005.



Visuels de l' « Outil d'aide au choix des solutions CLIMHYBU »

3.3 LA BIBLIOTHEQUE DE SOLUTIONS

Il s'agit d'un **ensemble de 55 fiches descriptives** permettant aux intervenants de l'opération, élément par élément, de détailler et d'optimiser les différentes solutions applicables à leur opération.
Elles trouvent leur utilité à plusieurs niveaux, notamment :

- Dans la définition des packs de solutions.
- Comme aide aux concepteurs dans l'utilisation du module de calcul.

Les fiches sont composées des éléments principaux suivants :

- une description de chaque composant ou système notamment au plan du fonctionnement des entrées et des sorties nécessaires à la traduction de la fiche en termes d'algorithme en vue de l'intégration dans le module de calcul,
- des références de constructeurs ou d'organismes professionnels,
- des exemples de produits, de systèmes, ou de solutions,
- l'impact du composant ou du système sur les consommations d'énergie et sur les autres composants du bâtiment,
- l'aptitude à être utilisé en rénovation.

Pour chaque fiche, deux solutions peuvent être présentées : une solution correspondant aux bonnes pratiques ou au niveau réglementaire, et une solution dite « CLIMHYBU » très performante au plan énergétique. Chaque solution peut donner lieu à une fiche séparée.

Organisation générale de la bibliothèque de solutions CLIMHYBU

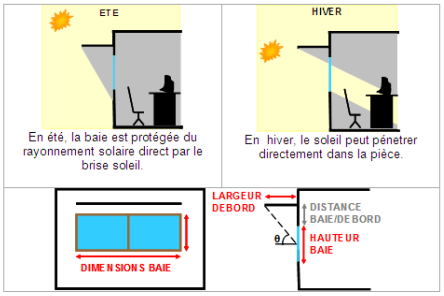
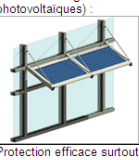
Ces 55 fiches descriptives sont organisées en deux grandes parties distinctes :

- le bâti, la ventilation et la gestion de la régulation (26 fiches),
- les équipements et systèmes (29 fiches).

• Bibliothèque de solutions pour le bâti et la ventilation en neuf et existant		références
Parois opaques verticales extérieures	isolation intérieure	BV 1
	isolation extérieure	BV 2
	isolation répartie	BV 3
	mur rideau	BV 4
Toitures	Terrasse	BV 5
	Toiture sous comble perdu	BV 6
Plancher bas	sur locaux non chauffés	BV 7
	sur terre plein	BV 8
Ponts thermiques		BV 9
Baies et protections solaires (adaptation U)	Bonne pratique	BV 10
	DV + prot sol ext	BV 11
	DV + prot sol intégrée	BV 12
	TV + prot sol	BV 13
Bâti : inertie	Moyenne, lourde, très lourde	BV 14
Enveloppe : défauts d'étanchéité à l'air	Référence réglementaire, niveau amélioré	BV 15
Protection solaire architecturale des baies : auvents		BV 16
Ventilation hygiène, CTA	ventilation simple flux	BV 17
	ventilation double flux	BV 18
Dispositifs de paroi extérieure permettant le free cooling	baies permettant le Free cooling diurne et nocturne	BV 19
	ouvertures spécifiques pour le Free cooling diurne et nocturne	BV 20
	ventilateur d'assistance pour le Free cooling diurne et nocturne	BV 21
gestion en neuf et existant		
Gestion technique du bâtiment		GE 1
Gestion, régulation de l'éclairage		GE 2
Gestion, régulation des protections solaires		GE 3
Gestion, régulation du free cooling		GE 4
Gestion, régulation des systèmes de ventilation (hygiène)		GE 5
• Bibliothèque de solutions pour les équipements et les systèmes en neuf et existant		
Eclairage	Correspondant aux bonnes pratiques	ES 1
	Basse consommation	ES 2
	Base + renforcement au niveau des plans de traval	ES 3
Equipement de bureautique	standard, haute performance	ES 4
Autres usages de l'electricité		ES 5
Production électrique photovoltaïque	capteurs intégés en toiture terrasse	ES 6
	systèmes souples en toiture terrasse	ES 7
	intégration en façades opaques	ES 8
	baies verticale intégrant du PV	ES 9
	brise soleil avec PV	ES 10
Distribution électrique photovoltaïque	onduleurs	ES 11
Puits climatiques		ES 12
Refroidissement évaporatif direct	pour les salles de réunion et atriums	ES 13
Brumisation dans les atriums	pour les atriums	ES 14
Système multisplit	performance courante, améliorée	ES 15
Groupe de production d'eau glacée		ES 16
Pompe à chaleur (PAC) sur air extérieur sur eau de nappe ou de pieux		ES 17
Chaudière		ES 18
Réseau de froid ou réseau de chaleur		ES 19
Climatisation solaire, absorption simple, double effet		ES 20
Tour de refroidissement hybride		ES 21
Pompes de réseau		ES 22
VCV 2T avec change-over		ES 23
Radiateur	eau chaude	ES 24
Plancher chauffant		ES 25
convecteur électrique		ES 26
Plafond à eau		ES 27
poutre à eau		ES 28
Régulation et programmation de l'émission de chaleur et de froid		ES 29

Liste des fiches descriptives CLIMHYBU

Exemples de fiches descriptives

Fiche BV_14	**Enveloppe : protection solaire architecturale des baies**
Description, Caractéristiques	 Les protections solaires architecturales des baies (débord de toiture, auvent…) sont caractérisées par leur géométrie : dimensions de la baie, hauteur de la baie, hauteur et largeur du débord. Ces protections solaires peuvent être en béton, en bois, en métal… Elles peuvent être complètement dépendantes de l'architecture du bâtiment (avancée de toiture) ou rapportées sur la façade (grilles métaliques…). Dans les bâtiments correspondant à la pratique courante il n'y a pas de débord. Pour le projet Climhybu, les débords retenus sont tels que l'angle θ, sous lequel le point central de la fenêtre voit le ciel est égal à 45°.
Impact sur énergie et CE	Protection solaire des baies : les protections architecturales limitent le rayonnement direct en été, peu le rayonnement diffus, cela permet l'éclairement naturel des locaux. La réduction des apports solaires est plus faible l'hiver. Cette solution est surtout efficace en orientation sud.
Exemples d'offre industrielle	Sunclip Classic, Renson (http://www.renson.be) Ducosun C, Comar (http://www.comar-alu.co.uk/pages/products/duco_brisep3.htm) Solarys Sytème (http://www.solarys-systeme.net) Espace Innova, Ploemeur Renson Hôpital, Toulouse Solarys Système
Document de conception, de mise en œuvre	Energie + (http://energie.wallonie.be/xml/doc-IDC-5022-.html) IBGE (http://130.104.235.38/ibge-guide/guide.aspx)
Coûts investissement, de maintenance	En neuf, les protections solaires architecturales entraînent un surinvestissement mesuré. Elles n'impliquent pas de maintenance particulière (elles sont traitées comme des éléments de façade).
Algorithme	Les caractéristiques géométriques sont une entrée du modèle bâtiment : hauteur de la baie, largeur du débord, hauteur entre la baie et le débord. On dispose du modèle pour les masques proches horizontaux opaques.
Impact global	Les avancées de toit et les auvents permettent de protéger la façade contre les intempéries (vent, pluie…).
Impact sur d'autres composants	Impact sur l'isolation thermique par création de ponts thermiques si isolation par l'extérieur. Ce type de protection solaire architecturale peut s'accompagner de protections intérieures pour limiter la pénétration du rayonnement diffus et éviter les éblouissements. Ces protections solaires peuvent être le support de cellules photovoltaïques.
Technologie utilisable en réhabilitation ?	Les debords architecteuraux en structure lourde (débord en béton, avancée de toit…) ne sont pas évidents à mettre en œuvre en rénovation. Par contre, l'installation de structures légères est envisageable (par exemple support de cellules photovoltaïques) :  Protection solaire architecturale, support de cellules photovoltaïques, utilisable en neuf et en rénovation. Visière photovoltaïque Mecano, Architectural Systems (http://www.architectural-systems.fr)
Commentaires	Protection efficace surtout pour les parois orientées sud en France métropolitaine. Un dimensionnement est nécessaire pour tenir compte de la position géographique du bâtiment et des spécificités des protections solaires (lames espacées, variation de l'écartement des lames…) Les protections solaires peuvent également être mobiles ou dépendre plus étroitement des baies, ces dispositifs sont évoqués dans les fiches BV_8, BV_9, BV_10 et BV_11.

Ex.« Bâti » : Protection solaire architecturale des baies

Fiche ES_8	**Production électrique photovoltaïque** **Intégration en parois opaques**
Description, Caractéristiques	 Les Modules PV standards ou spéciaux sont intégrés sur la façade, soit en surimposition à un bardage existant soit en remplacement du bardage. Ce type d'intégration nécessite la gestion d'une interface par le MOE entre le façadier et le photovoltaïcien. - Tous type de modules sont potentiellement intégrables de cette manière : Polycristallin, Monocristallins, Amorphes. - Bien que l'orientation ne soit pas optimale, le productible reste cependant extrêmement intéressant en moyenne annuelle. **Bureaux ST Microélectronique Grenoble**. Type d'intégration : en allège. champ PV : 340 m². Puissance installée : 36 400 Wc. Productible annuel escompté : 25 000 kWh. Installateur : le façadier de la société Architecte : François Dubuisson.
	Pmax @ 1000W/m² (kWc), Surface PV (m²), orientation, inclinaison, U (W/m².K).
Impact sur énergie et CE	- Production d'électricité avec revente de la totalité ou du surplus. - Réduction de la consommation électrique du bâtiment par autoconsommation de la production
Exemples d'offre industrielle	PHOTOWATT http://www.photowatt.com TENESOL http://www.tenesol.com/fr/ SHELL SOLAR http://www.shell.com/home/content/shellsolar APEX-BP SOLAR http://www.bpsolar.fr SHARP http://www.sharp.fr/solar/ KYOCERA http://www.kyocera.fr SANYO http://www.sanyo-component.com/mc/products/photovoltaics SCHUCO http://www.schuco.fr RWE SCHOTT SOLAR http://www.schott.com/solar/french/ …
Document de conception, de mise en œuvre	Guide UTE 15-400 (2005) : « Raccordement des générateurs d'énergie électrique dans les installations alimentée par un réseau publique de distribution » Guide UTE 15-712 (En cours de rédaction) : « Installation des générateurs photovoltaïques » « Générateurs Photovoltaïques raccordés au réseau – Spécifications techniques relatives à la protection des personnes et des biens » (01/06/2006 – ADEME) « Critères d'éligibilité des équipements de production d'électricité photovoltaïque pour le bénéfice de la prime d'intégration au bâti » (17/04/2007 – DGEMP)
Coûts investissement, de maintenance	- Elevé en installation - Moyens en maintenance - Dans le cas d'une intégration, l'économie sur les matériaux de bardage est à déduire du coût de l'installation PV
Algorithme	Les algorithmes permettent, avec différents niveaux de finesse, de déterminer en fonction de la technologie choisie, la puissance instantanée en fonction des ombrages, de la température, des pertes dans le ou les onduleurs et du câblage. Partant, il est possible de remonter à l'énergie produite sur une période donnée. Le coefficient U (W/m².K) des matériaux constitutifs des modules PV n'est pas toujours fourni par les fabricants mais il est possible de les déterminer. (sandwich bi-verre ou verre tedlar d'épaisseurs connues)
Impact global	- Modification éventuelle des apports solaires directs en façade - Prévoir les cheminements de câble et les pénétrations des câbles électriques dans le bâtiment - Prévoir les locaux d'installations des onduleurs
Impact sur d'autres composants	- Vérifier compatibilité avec protection solaire externe éventuelle
Technologie utilisable en réhabilitation ?	Même technologie qu'en neuf
Commentaires	- Type d'intégration éligible à la prime à l'intégration si participe de l'esthétique architecturale ou si intégré à l'isolation. - Nécessite une étude spécifique d'ombrage en fonction de l'environnement - Nécessite une structure de supportage

Ex. « Equipements et systèmes » : Production électrique photovoltaïque – Intégration en parois opaques

3.4 LE MODULE DE CALCUL CLIMHYBU

Qu'est-ce que c'est ? : Il s'agit d'un module de calcul complémentaire intégré à ClimaWin2005.

Il permet de répondre aux quatre questions suivantes :

1) Quelle sont les puissances de chauffage et de refroidissement requises ?
2) Quelles sont les consommations d'énergie obtenues ?
3) Quel est le confort d'été atteint ?
4) Quels sont les écarts de coûts des solutions retenues par rapport aux solutions de base ?

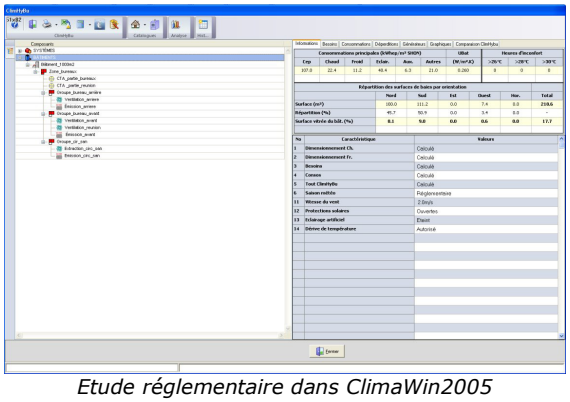
C'est en effet à partir de ces quatre informations que peut être apprécié le choix d'une solution par rapport à une autre.

Un module supplémentaire ?

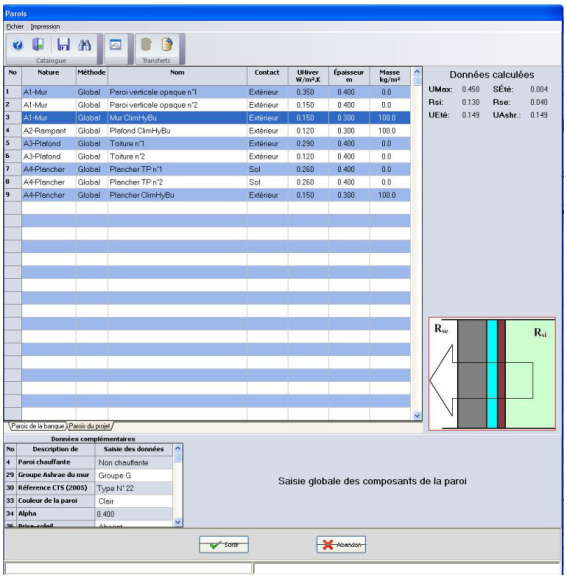
Les études menées avec le module « CLIMHYBU » pourront accompagner les études réglementaires RT2005 (en conception) ou RTExistant (en réhabilitation) qui devront être menées sur l'opération.

Aussi, le module de calcul « CLIMHYBU » est intégré à ClimaWin2005 de manière à éviter à l'utilisateur de saisir des informations qu'il a préalablement renseignées dans son étude réglementaire.

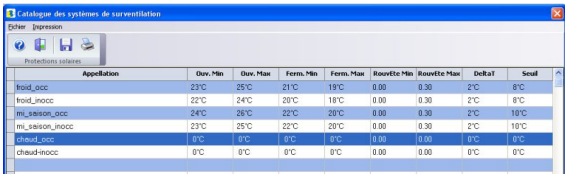
Dans un premier temps, l'utilisateur fait donc la description réglementaire de son projet dans ClimaWin2005.



Etude réglementaire dans ClimaWin2005



Choix des parois dans le catalogue ClimaWin 2005



Choix de la surventilation

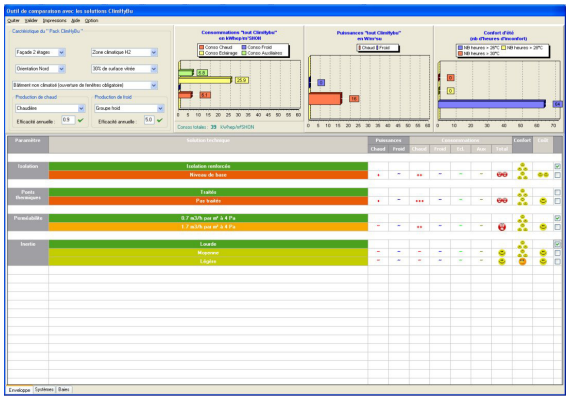
A ce stade, il est possible de consulter les résultats :

- Réglementaires (C, Cep, Cref, Cmax, gardes fous, Tic, TicRef…).
- D'apports (ASHRAE 1985 ou 2005).
- De déperdition (norme NF 12831).

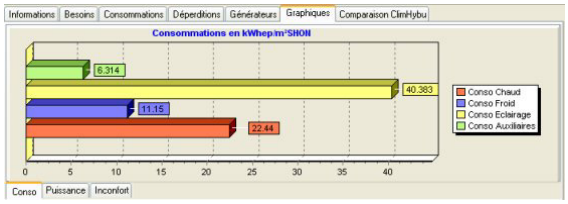
Ensuite les données spécifiques à CLIMHYBU peuvent être entrées automatiquement à l'aide de l' **« Outil d'aide au choix des solutions CLIMHYBU »**, l'utilisateur cochant solution par solution dans cet outil, le pack qui convient à son projet.

Un **lien direct** est donc réalisé entre l' « Outil de comparaison des solutions CLIMHYBU » décrit dans le paragraphe précédent, et ce « Module de calcul CLIMHYBU », qui permet, en cochant les cases des solutions choisies dans l'outil de comparaison, de faire ensuite un calcul complet dans ClimaWin2005.

Cette utilisation successive de ces deux outils permet d'affiner, façade par façade, puis sur la totalité du bâtiment, les solutions adoptées.



Détermination des solutions choisies et prises en compte automatiquement dans le « Module de calcul »



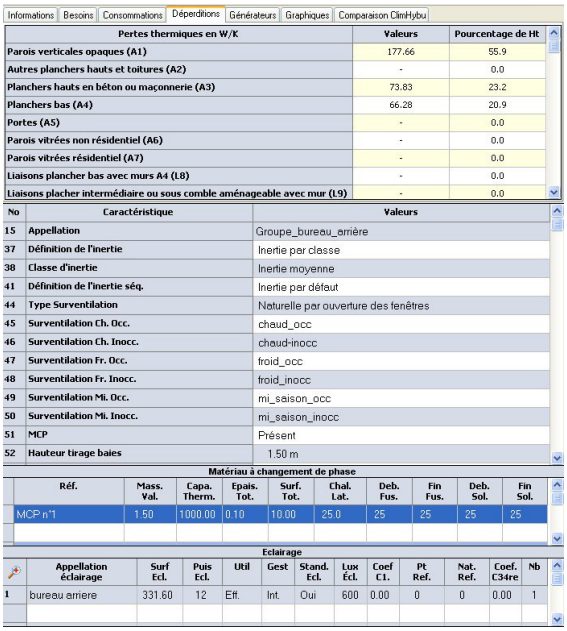
Résultats donnés dans l' « Outil d'aide au choix de solutions CLIMHYBU »

Quelles différences par rapport à ClimaWin2005 seul ?

Le module de calcul CLIMHYBU est mis au point à partir du logicel et de la méthode réglementaire Th-Cex. ***Il s'agit d'un véritable outil de conception.***

Il permet de prendre en compte des éléments non pris en compte actuellement, dans ces méthodes et logiciels, comme par exemple :

- Les données conventionnelles des moteurs de calculs classiques ont été ouvertes. L'utilisateur peut ainsi définir ses scénarios d'occupation hebdomadaire, de périodes de vacances, de ventilation, d'éclairage, d'apports internes sensibles, d'humidité.
- La gestion des équipements a été complétée. La gestion des protections solaires a été définie par de nouveaux algorithmes élaborés de façon à intégrer la conception bioclimatique des bâtiments. L'ouverture des baies a été complétée par des dispositifs automatiques d'ouverture fermeture pour assurer le renouvellement d'air de confort des locaux. De nouveaux algorithmes ont été développés.
- L'implémentation de nouveaux composants sur la base de fiches algorithmes établies dans la bibliothèques de solutions CLIMHYBU a été effectuée : gestion des protections solaires, gestion de l'ouverture des baies, puits climatique, matériaux à changement de phase.
- De plus l'outil est conçu pour permettre une première approche portant sur l'impact du bâti et de la ventilation (conception de l'enveloppe, orientation des baies, inertie thermique, etc.) de façon à pouvoir être utilisé en optimisation de celui-ci avant que les systèmes soient précisément définis.



Données CLIMHYBU - Récapitulatif

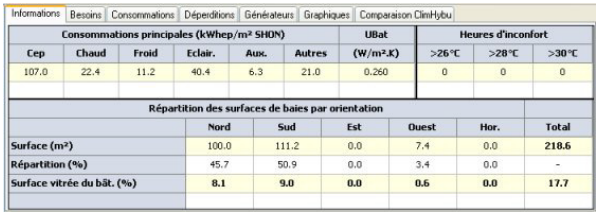
Ce module de calcul « CLIMHYBU » va donc permettre aux concepteurs chargés notamment de réaliser l'étude réglementaire, de pouvoir en complément prendre en compte de façon adaptée à chaque cas traité, un ensemble de solutions pouvant comporter des systèmes innovants.

Les résultats fournis ?

La zone de résultats se présente avec un système d'onglets qui permet de trier les informations.

Ils peuvent être donnés en m²SHON, avec des sauvegardes, au format xml, exportable au format xls. Les consommations peuvent être fournies par postes et illustrées par des graphes :

- Déperditions : histogramme des déperditions par élément d'enveloppe en W/K/m² Shon.
- Consommations : courbe des consommations par poste en kWh_{EP}/m^2.
- Consommations : camembert des % de consommation de chaque générateur en chaud et froid, en énergie primaire.
- Confort : histogramme des durées de dépassement par seuil.
- Performances : pour chaque générateur COP (valeur positive) et EER (valeur négative).

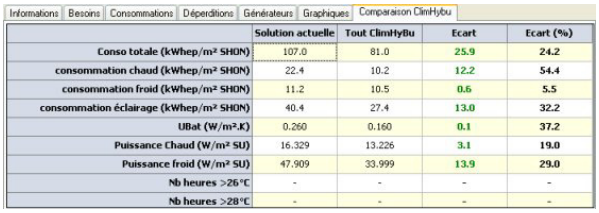


Informations | Besoins | Consommations | Déperditions | Générateurs | Graphiques | Comparaison ClimHybu

Consommations principales (kWhep/m² SHON)						UBat	Heures d'inconfort		
Cep	Chaud	Froid	Eclair.	Aux.	Autres	(W/m².K)	>26°C	>28°C	>30°C
107.0	22.4	11.2	40.4	6.3	21.0	0.260	0	0	0

Répartition des surfaces de baies par orientation						
	Nord	Sud	Est	Ouest	Hor.	Total
Surface (m²)	100.0	111.2	0.0	7.4	0.0	218.6
Répartition (%)	45.7	50.9	0.0	3.4	0.0	-
Surface vitrée du bât. (%)	8.1	9.0	0.0	0.6	0.0	17.7

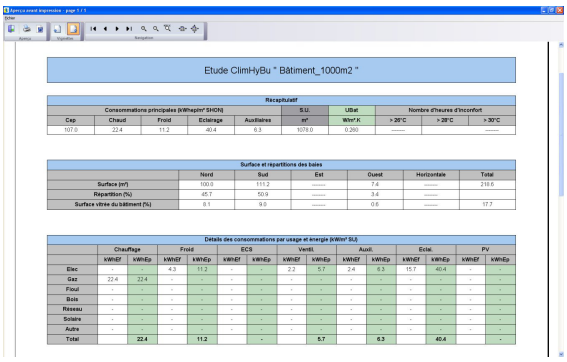
Tableau des principaux résultats d'un projet



Informations | Besoins | Consommations | Déperditions | Générateurs | Graphiques | Comparaison ClimHybu

	Solution actuelle	Tout ClimHyBu	Ecart	Ecart (%)
Conso totale (kWhep/m² SHON)	107.0	81.0	25.9	24.2
consommation chaud (kWhep/m² SHON)	22.4	10.2	12.2	54.4
consommation froid (kWhep/m² SHON)	11.2	10.5	0.6	5.5
consommation éclairage (kWhep/m² SHON)	40.4	27.4	13.0	32.2
UBat (W/m².K)	0.260	0.160	0.1	37.2
Puissance Chaud (W/m² SU)	16.329	13.226	3.1	19.0
Puissance froid (W/m² SU)	47.909	33.999	13.9	29.0
Nb heures >26°C	-	-	-	-
Nb heures >28°C	-	-	-	-

Comparaison des résultats entre la solution de base et la solution CLIMHYBU



Impression possible de fiches de résultats

Intégration d'éléments d'approche en coût global

L'outil contient une approche en coût global.

Le catalogue des coûts de l'outil est structuré mais il ne contient pas de valeurs par défaut. L'utilisateur est invité à le remplir avec ses propres coûts. Ceci permettra à chaque utilisateur de déterminer les coûts adaptés au contexte particulier de son opération : localisation, niveau de prestations souhaité, etc.

Les éléments d'écarts de coûts repris dans l' « Outil de choix des solutions CLIMHYBU » entre la solution de base et la solution CLIMHYBU sont des valeurs indicatives correspondants aux packs de solutions.

Un outil fiable, convivial et disponible

L'outil a été testé sur plusieurs bâtiments, notamment ceux cités dans les paragraphes suivants concernant l'expérimentation.

Le module de calcul CLIMHYBU sera disponible en option gratuite de ClimaWin. - http://www.bbs-slama.com

4. COMMENT ÇA MARCHE ?

4.1 LE PRINCIPE GENERAL

La conception, une démarche globale de projet

Phase	Réglementaire « énergie »	Décisions	Action à mener avec le BET
Décision (prog.)	Aucune		Etude des atouts et contraintes du plan masse (soleil, vent,...) : orientations, forme, etc.
ESQ	Aucune	Forme Implantation	% parois vitrées ponts thermiques
APS	Etude de faisabilité sur les approvisionnements en énergie		
APD	Etude RT ou RTex	Qualité de l'enveloppe et des systèmes	Définition des caractéristiques de l'enveloppe et des systèmes

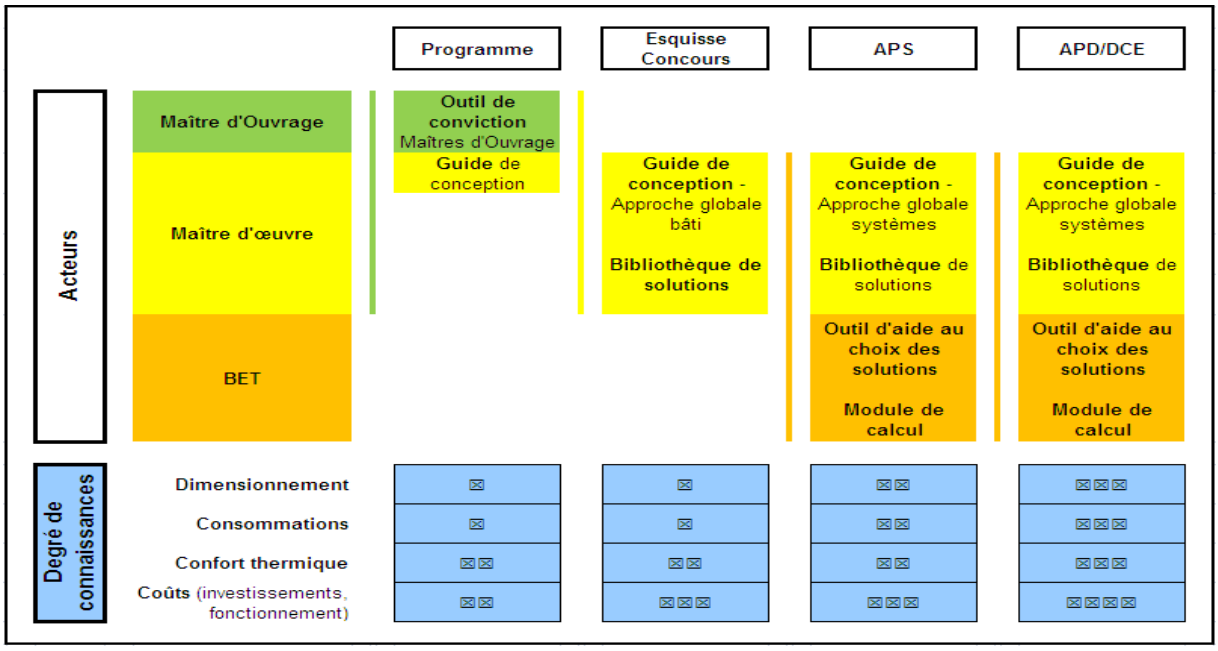
Les phases classiques de conception et les principales actions à mener

La qualité d'un bâtiment et ses performances finales en matière de confort, de santé et de consommation d'énergie sont le résultat des choix et des actions conjointes de la maîtrise d'ouvrage, de la maîtrise d'oeuvre, des entreprises, des gestionnaires, puis des occupants.

A chaque phase d'un projet, la coordination entre les acteurs va être un point essentiel pour atteindre l'objectif d'un bâtiment confortable, sain et économe en énergie.

Il est donc important que chaque intervenant se pose un certain nombre de questions clés aux différentes phases de la conception.

La boîte à outils CLIMHYBU, permet ce dialogue constructif entre les acteurs, en étant adaptée aux différentes phases successives de conception d'un bâtiment, neuf ou rénové.



Application de la boîte à outils de l'approche CLIMHYBU en cours de conception

Cette boîte à outils s'utilise dès les phases amont du projet (programme) et jusqu'à la fin de la conception (DCE). Son utilisation principale a lieu entre l'esquisse et l'APD, aux moments où tout se décide sur un projet de construction neuve ou de réhabilitation.

La « climatisation hybride » en quatre étapes

Les phases de projet (Esquisse, APS, APD, PRO, DCE) s'articulant également avec les étapes de conception d'un bâtiment, la boîte à outils permet de suivre cette conception au cours du projet, notamment les quatres étapes principales de l'approche CLIMHYBU :

- **Etape 1 :**
  Diminuer les besoins de chauffage
  Réduire les déperditions (isolation, ventilation)
  Augmenter les apports solaires
- **Etape 2 :**
  Diminuer les besoins de froid
  Réduire les apports de chaleur en été
  Utiliser l'inertie du bâtiment

- **Etape 3 :**
  Utiliser l'air frais extérieur
  Mettre en œuvre des systèmes de refroidissement passif ou actif
- **Etape 4 :**
  Améliorer l'efficacité des systèmes
  Produire de l'électricité photovoltaïque

4.2 PHASE PROGRAMME

Au cours de cette phase amont, le Maître d'Ouvrage doit se poser un certain nombre de questions relatives aux objectifs qu'il vise pour son projet.

Quels sont tout d'abord les critères qui guident ses choix ?

- Diminuer ses consommations et/ou ses émissions de CO_2 ?
- Maîtriser fortement ses coûts et avoir un temps de retour faible sur son investissement ?
- Assurer le confort pour les futurs occupants, pour quels usages ?

Si l'on suppose que le choix du site, et donc de la zone climatique sont d'ores-et-déjà réalisés ; en fonction des réponses qu'il apporte à ces questions, le Maître d'Ouvrage pourra, à l'aide du **présent outil de conviction** et du **« Guide de conception et de choix de solutions »**, apporter une première serie de réponses sur :

- Le choix du plan masse, de l'orientation, du nombre de niveaux : Comment le plan masse est-il traité ? Le bâtiment est-il voisin d'autres constructions ? Se trouve-t-il dans une zone verte, protégée ? Quelle est l'orientation principale du bâtiment ? …
- La conception générale de son bâtiment : Quelle est la forme générale souhaitée du bâtiment ? La proportion de baies vitrées est-elle importante ? Cette proportion est-elle différente selon les orientations ? …

L'utilisation de ces deux outils CLIMHYBU permettra au Maître d'Ouvrage de prendre conscience des répercussions de ces choix fondamentaux sur la future conception du bâtiment. Il pourra ainsi anticiper les interrogations et sollicitations de ses futurs partenaires que sont l'architecte, les bureaux d'études, les entreprises.

Ces outils pourront également l'aider dans la définition de ses exigences fonctionnelles et techniques, en fonction des réponses aux questions ci-dessus : privilégier le confort, les consommations, les coûts ?

4.3 PHASE ESQUISSE/CONCOURS

A ce stade, les exigences fonctionnelles et techniques sont définies, et trouvent un écho dans le travail de(s) l'équipe(s) de concepteurs, qui les traduisent en formes, volumes, solutions d'enveloppe et de systèmes généraux.

Le « Guide de conception et de choix de solutions », accompagné éventuellement des fiches descriptives de la **« Bibliothèque de solutions »** de CLIMHYBU permettra au Maître d'Ouvrage de mieux comprendre les solutions mises en place, de les comparer objectivement, de dialoguer plus facilement avec les concepteurs.

La partie « Approche globale » du « Guide de conception et de choix de solutions » et les **fiches « Bâti » de la bibliothèque** permettront ainsi au Maître d'Ouvrage et aux concepteurs de bien cerner les conséquences des choix d'image effectués à ce stade.

La réponse aux questions suivantes pourra par exemple être apportée en toute connaissance de cause :

- Quels sont les principaux systèmes constructifs prévus ? Quels sont les choix d'enveloppe ? Pourra-t-on ouvrir les fenêtres ?
- Le bâtiment sera-t-il climatisé ? Quels sont les systèmes qui sont prévus ? Quelles puissances ?

Pour l'équipe de concepteurs retenue à la fin de cette phase, la bibliothèque de solutions permettra, en dialogue avec la maîtrise d'ouvrage, d'optimiser rapidement le travail réalisé, de se confronter éventuellement à de nouvelles solutions innovantes, dans le respect des délais d'étude, et ainsi de préparer activement la phase suivante.

4.4 PHASE APS

C'est lors de cette phase que la boîte à outils CLIMHYBU prend tout son sens d'outil de dialogue entre les différents acteurs.

L'image du projet est en effet arrêtée, ses grands principes sont fixés… les savoirs faire de chacun vont donc pouvoir s'exprimer pour en tirer le meilleur parti !

Grâce au « Guide de conception et de choix de solutions », à la « Bibliothèque de solutions » et à l' **« Outil d'aide au choix des solutions CLIMHYBU »**, l'équipe de concepteurs, ainsi que le Maître d'Ouvrage, pourront affiner les choix de la phase précédente, en s'attachant à répondre aux questions suivantes :

- L'enveloppe choisie permet-elle de répondre aux choix réalisés en programme, quels qu'ils soient : conception passive et bioclimatique, confort accru, coûts moindres ?
- Les puissances mises en place correspondent-elles au mieux aux besoins ou sont-elles surestimées ?
- Les solutions choisies sont-elles les plus pertinentes ? Correspondent-elles à la réponse aux questions du programme ? Existe-t-il des solutions éprouvées ou plus innovantes qui permettent de satisfaire aux objectifs du programme ?
- Les changements opérés sur telle ou telle solution technique ont-ils un impact direct sur les puissances, les consommations, les coûts, le confort ?

La boîte à outils CLIMHYBU permet donc ici de faire rapidement, et en concertation entre les acteurs, ces variations de solutions architecturales et techniques, en bénéficiant de données détaillées sur leurs incidences en termes de consommations, confort, coûts.

Le **« Module de calcul CLIMHYBU »** peut également être utilisé dès cette phase pour confirmer de façon précise certaines options qui apparaissent pertinentes.

4.5 PHASE APD … JUSQU'AU DCE

Cette phase, primordiale car elle fige le projet dans ses choix, techniques aussi bien qu'économiques, doit s'appuyer sur un outil précis, fournissant des données objectives et sûres, et permettant une prise de décision certaine.

Le **« Module de calcul CLIMHYBU »**, associé au logiciel ClimaWin2005, permet cette validation définitive de la solution retenue, ainsi que des éventuelles variantes possibles. La consultation des entreprises n'en sera que plus rapide et précise.

Cet outil permet également de tester des solutions innovantes, non prises en compte dans les outils actuels, ce qui permettra au projet d'être précurseur.

Enfin, ***jusqu'au DCE***, les choix peuvent facilement être affinés, comparés.

4.6 LES AVANTAGES DE LA BOITE A OUTILS CLIMHYBU

L'utilisation de la boîte à outils CLIMHYBU permet donc, tout au long du projet de conception de faire dialoguer l'ensemble des acteurs concernés, avec un objectif de performance énergétique, préservant le confort et maîtrisant les coûts.

Des outils simples et facilement utilisables par les acteurs concernés

Chaque outil CLIMHYBU a été pensé en fonction de l'acteur concerné, des *« Guides »* généraux permettant une appropriation de la démarche, au *« Module de calcul »* fin permettant la validation des solutions retenues, en passant par la *« Bibliothèque de solutions »*, contenant 55 fiches précises et bien documentées.

Des outils scientifiquement fondés

Les outils CLIMHYBU sont le fruit du travail de spécialistes du domaine, chercheurs, architectes, bureaux d'études, économistes, éditeurs de logiciels. Ces outils offrent une garantie de fondement scientifique et d'opérationnalité.

Des outils permettant l'innovation

De nombreuses solutions innovantes sont prises en compte dans les outils CLIMHYBU. Ce caractère innovant permet aux utilisateurs des outils CLIMHYBU de rester à la pointe des solutions existantes.

Des outils pluridisciplinaires

Les différents outils de CLIMHYBU prennent en compte des enjeux pluridisciplinaires : consommations énergétiques, confort des utilisateurs et coûts maîtrisés, qui sont également les principaux enjeux des bâtiments performants de demain. Les décideurs peuvent ainsi se positionner en toute connaissance de cause.

Des outils fiables et opérationnels

Les différents outils CLIMHYBU ont fait l'objet de nombreux tests de calage et de vérification sur des opérations réelles neuves et rénovées. Ces expérimentations ont montré la pertinence de l'approche et l'opérationnalité des outils CLIMHYBU.

5. EXEMPLES D'APPLICATIONS

La démarche CLIMHYBU est décrite dans le chapitre 4 du présent document. Il en est présentée ici une application sur un exemple de bâtiment de 1000 m² :

- En phase APS à l'aide des packs de solutions et de l'outil d'aide au choix des solutions.
- En phases APD/DCE à l'aide du logiciel de calcul.

En phase APS, le choix des solutions comporte trois étapes successives :

- sélection des packs possibles compte tenu de la zone climatique et du nombre d'étage du bâtiment,
- choix du système de traitement d'ambiance en période chaude,
- optimisation technico-économique.

Le bâtiment

L'application est conduite sur un bâtiment de 1080 m² SHON, de quatre niveaux, situé en zone H1 puis en zone H3.

On considère l'environnement calme, de type périurbain pour la zone H1.

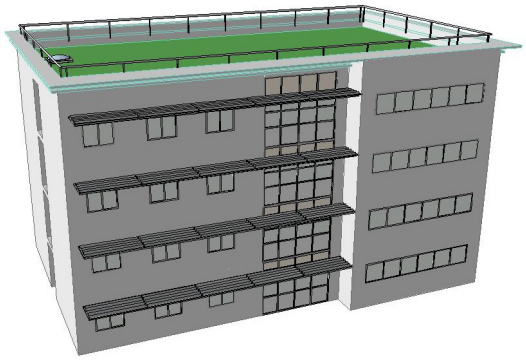


Figure 1 : vue du bâtiment

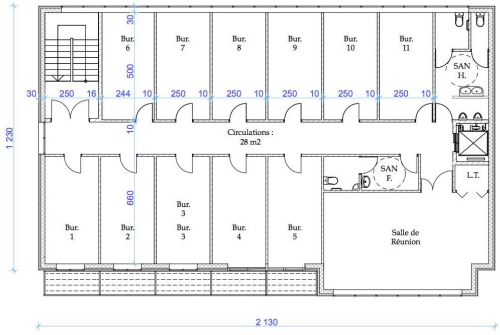


Figure 2 : plan d'un étage courant

1. Application en zone H1

Phase APS

Etape 1 : Sélection des packs

Le bâtiment comportant 4 étages, les packs retenus correspondent à une façade de 6 étages (façades de 2, 6 ou 30 niveaux disponibles), située en zone H1.

Dans le cas de climatisation avec possibilité d'ouverture des fenêtres les résultats montrent peu de différence entre d'une part une façade nord et une façade sud et d'autre part une façade est et une façade ouest. En l'absence de climatisation, seule l'orientation sud présente des surchauffes un peu plus importantes que les autres orientations.

Ainsi, dans ce projet le choix est fait d'utiliser pour la suite l'orientation moyenne proposée dans les packs.

Il est entendu que ce choix est lié au projet : zone climatique, parcelle, taux de vitrage, volonté du maître d'oeuvre.

Etape 2 : Choix du système de traitement

Les résultats des packs sélectionnés sont les suivants.

Cas climatisé avec possibilité d'ouverture des fenêtres :

	consommations kWhep/m²					Puissance W/m²	
taux vitrage	CH	FR	Ecl	aux	totales	CH	FR
30%	3.2	0.1	17.6	6.7	28	13	22
50%	5.9	0.3	13.4	6.9	27	16	24
70%	8.2	0.8	11.3	7	27	19	28

Cas non climatisé avec possibilité d'ouverture des fenêtres :

	consommations kWhep/m²					Puissance W/m²	
taux vitrage	CH	FR	Ecl	aux	totales	CH	FR
30%	0.2	0	17.4	6.7	27	13	0
50%	5.9	0	13.2	6.8	26	16	0
70%	8.2	0	11.1	6.9	26	19	0

	heures d'inconfort		
taux vitrage	> 26	> 28	>30
30%	67	4	0
50%	80	16	0
70%	161	43	3

Cas climatisé sans possibilité d'ouverture des fenêtres :

	consommations kWhep/m²					Puissance W/m²	
taux vitrage	CH	FR	Ecl	aux	totales	CH	FR
30%	3.2	7.1	18.8	7.8	37	13	27
50%	5.8	9.4	13.9	8.3	37	16	32
70%	8.1	12.2	11.6	8.6	41	19	36

Compte tenu des résultats il est envisageable de ne pas climatiser à

condition de limiter la surface des baies à 50%.

Un taux de 50% de vitrage est retenu dans ce projet dans la mesure où 30% conduisent à des consommations un peu supérieures sans améliorer le confort de façon sensible.

Etape 3 : Optimisation

A titre d'illustration il est proposé de décrire la démarche pour un objectif annuel de 50 kWhep/m², la méthode permettant de faire évoluer le projet. Pour passer d'une consommation totale inférieure à 30 kWhep/m² à 50 kWhep/m² il est proposé :

- Isolation des parois au niveau base avec un traitement des ponts thermiques de façon à garder une enveloppe homogène,
- Inertie moyenne,
- Perméabilité de niveau base,
- Rendement de l'échangeur du système double flux au niveau base,
- Eclairage, il est proposé deux niveaux de puissance compte tenu de son impact : un niveau intermédiaire et le niveau CLIMHYBU. La gestion reste de niveau CLIMHYBU dans les deux cas.

L'impact des choix est donné dans le tableau ci-dessous.

	Impact des solutions choisies		
	Conso	Confort	Réduction coût
isolation	+ 5 à 8 kWh/m²	-	importante
inertie	faible	baisse très importante	importante
perméa	+ 5 à 8 kWh/m²	-	importante
échang	faible	-	moyenne
Eclairage inter	+ 2,5 kWh/m²	impact faible	importante

Le choix d'un bâtiment non climatisé est fait.

Il faut noter que les choix faits ici ne sont que des exemples parmi ceux qui peuvent être fait par le concepteur.

Phase APD

Les données disponibles sur le projet en permettent une modélisation fine à l'aide du « Module de calcul ».

Cas « tout CLIMHYBU »

Consommations kWhep/m²				
totales	CH	FR	Ecl	Aux
23,4	5,0	0	12,1	6,4
Confort				
Tiop >26		>28		>30
134		28		3

Cas « projet »

Consommations pour l'éclairage intermédiaire : 10W/m².

Consommations kWhep/m²				
totales	CH	FR	Ecl	Aux
49,1	23,4	0	18,9	6,8
Confort				
Tiop >26		>28		>30
171		42		18

Consommations pour l'éclairage CLIMHYBU : 8W/m².

Consommations kWhep/m²				
totales	CH	FR	Ecl	Aux
46,1	24,2	0	15,1	6,8
Confort				
Tiop >26		>28		>30
167		43		17

L'éclairage de niveau CLIMHYBU agit peu sur le nombre d'heures d'inconfort, l'éclairage étant sans doute réduit en cours de journée.

Une voie de réduction des dépassements de température est d'augmenter l'inertie du projet. Avec inertie lourde on obtient les résultats suivants :

Confort : éclairage 8W/m² et inertie lourde		
Tiop >26	>28	>30
117	25	0

Finalement le projet est le suivant :

- Isolation des parois au niveau base avec un traitement des ponts thermiques,
- Inertie lourde,
- Perméabilité de niveau base,
- Rendement de l'échangeur du système double flux au niveau base,
- Eclairage, 8W/m²,
- Surventilation sans climatisation.

Approche simplifiée en coût global

L'approche en coût global est une approche simplifiée dans la mesure où elle ne prend en compte dans l'investissement que l'enveloppe, l'éclairage et les systèmes énergétiques.

La durée du calcul est de 30 ans, le taux d'actualisation est égal à 4% et le taux d'inflation 2%. Le calcul est conduit en euros courants. Les résultats sont les suivants.

[keuros]	CLIMHYBU	Projet
investissement	1 700	1 600
maintenance	1 480	1 410
exploitation	370	400
V résiduelle	700	670
Coût global	2 850	2 740

En apportant un éclairage supplémentaire au calcul énergétique, l'approche en coût global permet de hiérarchiser les solutions.

Compte tenu des choix effectués et des postes pris en compte les résultats montrent qu'il n'y a pas beaucoup de différence entre les cas, >4%.

2. Application en zone H3 bruyante

Phase APS

Etape 1 : Sélection des packs

Le bâtiment comportant 4 étages, les packs retenus correspondent à une façade de 6 étages (façades de 2, 6 ou 30 niveaux disponibles), située en zone H3.

Dans le cas de climatisation sans possibilité d'ouverture des fenêtres les résultats montrent des différences un peu plus marquées qu'en zone H1 entre d'une part une façade nord et une façade sud et d'autre part une façade est et une façade ouest. En l'absence de climatisation, les surchauffes sont très différentes d'une orientation à l'autre.

Toutefois, dans ce projet le choix d'utiliser pour la suite l'orientation moyenne proposée dans les packs est également fait, la climatisation semblant nécessaire.

Il est entendu que ce choix est lié au projet : zone climatique, possibilité de la parcelle, taux de vitrage, volonté du maître d'oeuvre.

Etape 2 : Choix du système de traitement

Les résultats des packs sélectionnés sont les suivants.

Cas climatisé avec possibilité d'ouverture des fenêtres :

	consommations kWhep/m²					Puissance W/m²	
taux vitrage	CH	FR	Ecl	aux	totales	CH	FR
30%	0.1	5.7	16.3	7.3	29	10	29
50%	0.1	7	11.5	7.5	26	13	33
70%	0.2	8.8	9.5	7.7	26	15	37

Cas non climatisé avec possibilité d'ouverture des fenêtres :

	consommations kWhep/m²					Puissance W/m²	
taux vitrage	CH	FR	Ecl	aux	totales	CH	FR
30%	0.1	0	14.7	6.5	21	10	0
50%	0.1	0	10.7	6.5	17	13	0
70%	0.2	0	8.9	6.6	16	15	0

	heures d'inconfort		
taux vitrage	> 26	> 28	>30
30%	471	171	18
50%	492	205	37
70%	601	276	79

Cas climatisé sans possibilité d'ouverture des fenêtres :

	consommations kWhep/m²					Puissance W/m²	
taux vitrage	CH	FR	Ecl	aux	totales	CH	FR
30%	0.1	17.2	17.8	8.4	44	10	31
50%	0.1	21.4	12.2	8.9	43	13	37
70%	0.2	26.3	9.9	9.4	46	15	42

Compte tenu des résultats et de la situation en zone de bruit, il n'est pas envisageable de ne pas climatiser quelle que soit la surface des baies.

Un taux de vitrage de 50% est retenu. Toutefois, dans ce projet 30% conduisent à des consommations un peu supérieures mais avec des puissances de génération réduites. Un calcul fin pourrait être mené compte tenu du parti architectural retenu.

Etape 3 : Optimisation

A titre d'illustration il est proposé de décrire la démarche pour un objectif annuel d'environ 50 kWhep/m², la méthode permettant de faire évoluer le projet. Compte tenu des consommations du projet les actions possibles doivent avoir un impact faible sur les consommation, en revanche il reste possible d'agir sur les coûts. Il est alors proposé :

- Isolation des parois au niveau base sans traitement des ponts thermiques,
- Inertie moyenne,
- Perméabilité de niveau base,
- Rendement de l'échangeur du système double flux au niveau base,
- Ici, l'éclairage reste au niveau Climhybu.

L'impact des choix est dans le tableau ci-dessous.

	Impact des solutions choisies	
	Consommations	Réduction coût
isolation	faible	importante
inertie	faible	importante
perméa	faible	importante
échang	faible	moyenne

Le choix d'un bâtiment climatisé est réalisé.

Les choix faits ici ne sont qu'un exemple parmi ceux qui peuvent être fait par le concepteur.

Phase APD

Les données disponibles sur le projet en permettent une modélisation fine à l'aide du « Module de calcul ».

Cas « tout CLIMHYBU »

Consommations kWhep/m²				
totales	CH	FR	Ecl	Aux
49.3	0,6	23,9	12	12,8

Puissances W/m²	
CH	FR
4,6	23,8

Cas « optimisé »

Consommations kWhep/m²				
totales	CH	FR	Ecl	Aux
51.1	8.9	16.8	12.8	12.7

Puissances W/m²	
CH	FR
17.3	38.5

Ainsi, le projet est le suivant :

- Isolation des parois au niveau base sans traitement des ponts thermiques,
- Inertie moyenne,
- Perméabilité de niveau base,
- Rendement de l'échangeur du système double flux au niveau base,
- Eclairage, 8W/m²,
- Climatisation sans surventilation.

Approche simplifiée en coût global

Les résultats sont les suivants.

[keuros]	CLIMHYBU	Projet
investissement	1 750	1 650
maintenance	1 680	1 610
exploitation	395	400
V résiduelle	760	730
Coût global	3 065	2 930

Dans ce cas, les résultats montrent également qu'il n'y a pas beaucoup de différence entre les deux cas.

6. EXPERIMENTATION REELLE

6.1 INTRODUCTION

Un aspect important de l'approche CLIMHYBU a été, en complément des outils développés et des aspects techniques, l'accent mis sur l'expérimentation qui doit permettre à des concepteurs de tester les solutions Climhybu.

L'expérimentation menée dans le cadre de ce projet s'est décomposée en deux phases, afin de permettre de tester successivement les outils CLIMHYBU :

- Les principes de l'approche CLIMHYBU, ainsi que la **« Bibliothèque des solutions »** ont tout d'abord été testés par deux opérations,
- Le **« Guide de conception et de choix de solutions »**, l'**« Outil d'aide au choix de solutions »** ainsi que le **« Module de calcul »** ont été testés sur quatre opérations réelles.

Cette expérimentation a permis aux maîtres d'ouvrage sélectionnés de tester les concepts CLIMHYBU et de confronter ceux-ci aux solutions mises en place sur des opérations visant la performance énergétique, afin d'aider à trouver des solutions efficaces, et pour le consortium CLIMHYBU de valider les concepts proposés.

6.2 LA PREMIERE ETAPE

Opérations concernées

Elle a porté sur deux opérations :

1- Un immeuble de bureaux neufs à VELIZY, 11 000 m² SHON, avec des objectifs BBC, DPE niveau A soit 50kWh$_{EP}$/m²$_{SHON}$ et certification HQE, au cours des phases APS/APD/PRO.

Perspective de l'opération

2- Un immeuble de bureaux à réhabiliter à LYON, 6000 m² SHON, avec des objectifs BBC et certification HQE®, en centre ville, au cours des phases APS/APD/PRO.

Vue aérienne de l'opération

Le bureau d'étude HQE de ces deux opérations est le bureau d'études OASIIS, spécialisé en optimisation énergétique et mise en place de démarches et certifications HQE.

OASIIS
Cap sur la performance

672, avenue de la Fleuride – ZI Les Paluds
13685 AUBAGNE CEDEX - oasiis@oasiis.fr

Résultats obtenus

Cette première étape a permis de :

Valider certains principes de base de CLIMHYBU

- Le dimensionnement des installations de chauffage et de refroidissement doit se faire avec des logiciels de simulation dynamique afin de fiabiliser les puissances installées et donc les coûts d'investissement (ce qui se traduit par une réduction de puissance du fait des marges de sécurité importantes souvent prises). Cette pratique n'est actuellement pas courante, car le BET est garant du bon dimensionnement des installations à travers son assurance. Il est donc nécessaire d'obtenir du maître d'ouvrage une lettre d'acceptation de l'approche.
- La surventilation demande une attention particulière car pour être efficace, il faut de l'inertie thermique tout en limitant les risques d'intrusion. Ce type d'installation peut être

envisagé surtout si la surventilation est naturelle, la surventilation mécanique pouvant conduire à une consommation électrique importante des auxiliaires.

- La climatisation peut être évitée mais certains critères doivent être étudiés avec attention : par exemple le nombre d'heures consécutives au delà de 26°C et au delà de 28°C, la notion de Tic ne semblant pas adaptée pour apprécier le confort d'été.
- Il est possible de réduire les coûts d'investissement tout en augmentant la performance énergétique d'un projet, notamment en travaillant sur la surface des baies vitrées.

Optimiser et valider les fiches descriptives

Ces fiches, détaillées et pertinentes, ont été complétées et affinées grâce à l'expertise et aux commentaires apportés par les différents acteurs lors de cette première étape de l'expérimentation. Elles constituent pour les acteurs concernés un outil de dialogue intéressant entre les concepteurs et le Maître d'Ouvrage, puisqu'elles décrivent de façon claire et précise des systèmes techniques performants.

6.3 LA SECONDE ETAPE

Cette seconde étape a permis de tester les différents outils CLIMHYBU dans leur ensemble : « Guide de conception et de choix de solutions », « Bibliothèque de solutions », « Outil d'aide au choix des solutions », « Module de calcul ».

Opérations concernées

Elle s'est appuyée sur quatre opérations.

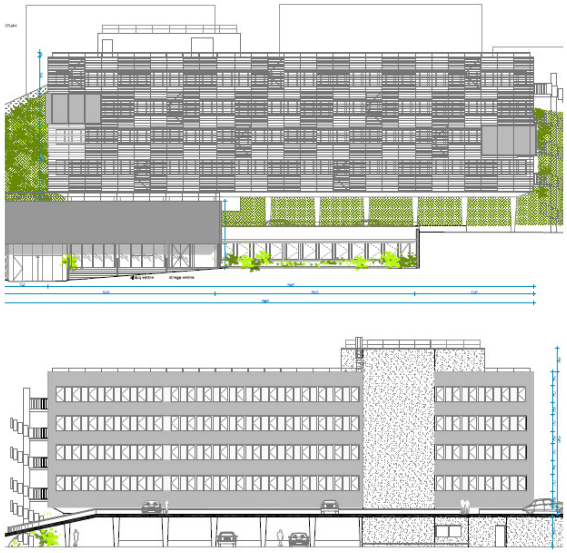
1- Un immeuble de bureaux neuf en Région Parisienne (Montreuil), 13 000 m² SHON, avec des objectifs BBC et certification HQE®, en zone péri-urbaine, du PC à l'APD.

Le bureau d'études HQE de cette operation est GreenAffair.

greenaffair

32 rue de Bellevue – 92100 Boulogne Billancourt - www.greenaffair.com

2- Un immeuble de bureaux en réhabilitation lourde en Corse, 3 700 m² SHON, avec des objectifs BBC et certification HQE®, en conception.



Perspectives de l'opération

Le bureau d'études HQE de cette opération est Etamine.

étamine

75 rue de la Villette - 69003 Lyon - www.etamine.coop

3- Un immeuble de bureaux neuf à Toulouse, 9 800 m² SHON, avec un objectif BBC, en APS, en cours de PC.

Perspectives de l'opération

Le bureau d'études HQE de cette operation est Ginger BEFS.

6 Chemin du Pigeonnier de la Cépière - 31100 Toulouse - www.gingergroupe.com

4- Un immeuble de bureau neuf en Région Parisienne (Saint-Denis), 1 600m² SHON, avec un objectif BBC, en cours de conception.

Perspective de l'opération

Le bureau d'études HQE de cette opération est Tribu Energie.

206 rue de Belleville - 75 020 PARIS – www.tribu-energie.fr

Résultats obtenus

Cette étape de l'expérimentation a permis :

- Sur la forme, d'améliorer le format de tous les outils CLIMHYBU,
- Sur le fond, de faire évoluer les contenus techniques des différents outils CLIMHYBU.

Les remarques sur les différents outils sont les suivantes :

- L'aspect pédagogique des différents outils est intéressant.
- Le module de calcul se base sur des solutions éprouvées avec des données d'entrée identiques à celles de la RT.
- Le module de calcul pourrait être diffusé à des Maîtres d'Ouvrage et des architectes pour faciliter les discussions avec les bureaux d'études et les AMO, pour leur montrer la grande sensibilité de chaque paramètre ou choix effectué, aussi bien en termes de consommations, que de puissances, conditions de confort ou coûts globaux.
- Ces outils peuvent permettre aux Maîtres d'Ouvrages d'orienter les missions qu'ils confient à leurs prestataires.
- Le module de calcul est pertinent en vue de développer des solutions alternatives aux modes de chauffage et climatisation traditionnels (puits climatiques, protections solaires, ventilation naturelle, matériaux à changement de phase, etc.).
- Les possibilités de simulations sont assez avançées par rapport aux offres industrielles.

Les principales évolutions mises en place grâce à cette expérimentation sont les suivantes :

- Forme :
  - Amélioration de l'ergonomie des outils (module de calcul, outil de choix de solutions, fiches descriptives, guides).
  - Réorganisation des guides et des fiches descriptives.
  - Meilleure visualisation des résultats des outils (module de calcul et outil de choix de solutions).
  - Simplification des termes employés dans les guides afin de les rendre plus compréhensibles.
- Fond :
  - Ajout des résultats globaux du bâtiment aux premiers résultats donnés par façade.
  - Interface amélioré entre l'outil de choix des solutions et le module de calcul.
  - Fiabilisation du code de calcul.

Cette seconde étape d'expérimentation a donc permis l'affinement des outils CLIMHYBU, afin de les rendre opérationnels et pertinents pour leurs utilisateurs potentiels : Maîtres d'Ouvrage, bureaux d'études, architectes.

CONSORTIUM MOBILISE

CSTB le futur en construction

84 avenue Jean Jaurès –
Champs-sur-Marne
F-77477 Marne-la-Vallée Cedex 2
www.cstb.fr

cea

Savoie Technolac - BP 332
50 avenue du Lac Léman 73377
Le Bourget du Lac
www.cea.fr

ECOLE DES MINES DE PARIS
ARMINES

60 Bd St Michel
75272 Paris cedex 06
www.ensmp.fr

TRIBU ENERGIE

206 rue de Belleville
75 020 PARIS
www.tributribu.com
www.tribu-energie.fr

La Pensée Climatique

12 rue Colbert - BP 382
63010 Clermont-Ferrand Cedex1
www.bbs-slama.com

UNTEC

8, Avenue Percier
75008 PARIS
www.untec.com

STUDIO 4
ARCHITECTURE 95
Thierry PARINAUD
ARCHITECTE D.P.L.G.
5 Rue Romesnil Livilliers
95300 PONTOISE
Tél : 01.34.42.72.13
Fax : 01.34.42.13.42
studio4@wanadoo.fr

5 rue Romesnil Livilliers
95300 Pontoise
www.studio4archi.com

CertiVéA
PARTENAIRE CERTIFICATION ACTEURS ET OUVRAGES CONSTRUCTION

4 Avenue du recteur Poincaré
75016 PARIS
www.certivea.fr