



Analyse du potentiel solaire passif et actif de la ZAC Terrailon de Bron



Agence Locale de l'Énergie de l'agglomération lyonnaise

Pilote : Ellen WILDBRETT

Auteur : Erwan QUELLEC

Septembre 2011

Remerciements

Cette étude est cofinancée par l'Union Européenne (appel à projets IEE, Intelligent Energy for Europe) et le Grand Lyon.

Son contenu n'engage pas ces deux acteurs.

L'étude a été élaborée pour le Grand Lyon, direction de l'aménagement, dans le cadre d'une consultation d'aménageurs.

Le programme :

Il a pour mission d'introduire une prise en compte des apports énergétiques solaires dans la planification urbaine en Europe. Une telle approche permet d'optimiser le développement de l'énergie solaire en milieu urbain et par conséquent de contribuer à un développement plus durable pour les quartiers en construction ou en rénovation. Grâce à cette démarche, l'exploitation de l'énergie solaire devient une composante à part entière et indissociable de la planification urbaine.

L'objectif du travail, qui s'étendra sur trois ans est, dans un premier temps, de répertorier et évaluer des exemples de projets « d'urbanisme solaire » en Europe, mais également de dresser un état des lieux des filières locales (rapport disponible sur le site de l'ALE pour le Grand Lyon). L'architecture des bâtiments, la disposition des uns par rapport aux autres, ainsi que leurs usages ont un impact direct sur l'exploitation et l'optimisation des apports et de la production solaire. Un réseau d'acteurs, impliqués ou intéressés par mettre en place une telle démarche, sera constitué et permettra d'échanger sur la thématique au niveau national et européen. Afin d'aboutir à des projets viables dans le temps, plusieurs paramètres doivent être pris en compte par les différents acteurs de la planification urbaine. De plus, la législation locale et/ou nationale doit en assurer la faisabilité. Plusieurs outils existent ; ils ont été mis en place grâce à des politiques locales favorables au développement du solaire ou suite au développement de programmes solaires urbains.

Les retours d'expériences permettront de conduire des projets solaires urbains pilotes, de produire des plans d'actions plus globaux pour les villes participantes (Paris, Lyon, Munich, Malmö, Lisbonne, Vitoria) ainsi que des outils et guides qui seront mis à disposition pour faciliter le développement du solaire en milieu urbain en Europe.

Sommaire

1. Démarche	4
1.1. Plan de composition urbaine.....	6
1.2. Données initiales.....	8
1.3. Hypothèses et conditions de l'étude.....	8
2. Préconisations générales	9
3. Analyse solaire du plan de masse	13
3.1. Ilot G.....	15
3.2. Proposition de restructuration de l'îlot G.....	17
3.3. Bâtiment E de l'îlot H.....	19
3.4. Recul des îlots A et B de 4 mètres.....	21
3.5. Suppression d'un étage du bâtiment A de l'îlot A.....	22
3.6. Îlots Bbis et C.....	23
4. Végétation	25
5. Conclusion générale de l'étude	29
6. Potentiel de production solaire	31
6.1. Le gisement solaire à Lyon.....	31
5.2. Le solaire photovoltaïque.....	33
5.2.1. En surimposition de toiture :.....	34
5.2.2. Implantation sur toit terrasse.....	34
5.2.3. En façade (brise-soleil).....	35
5.2.4. En façade.....	36
5.2.5. En toiture (tuiles).....	36
5.2.6. Sur membrane d'étanchéité.....	37
5.2.7. En verrière.....	37
5.3. Le solaire thermique.....	38

1. Démarche

Les besoins énergétiques d'un bâtiment sont conditionnés par l'instauration d'un équilibre entre les flux de chaleur entrants et les flux de chaleur sortants de l'édifice.

Parmi les flux entrants, on distingue :

- Les apports internes (chaleur dégagée par les occupants et par les appareils, l'éclairage etc...).
- Les apports solaires entrants par les vitrages (apports externes).
- Les apports d'énergie supplémentaire fournis pour garder une température confortable à l'intérieur du bâtiment (chauffage/refroidissement)

Les flux sortants sont les déperditions dues aux échanges de chaleur avec l'extérieur au niveau de l'enveloppe du bâtiment et à la ventilation.

Le diagramme ci-dessous est un exemple des flux d'énergie entrante et sortante au sein d'un bâtiment (logement collectif, environ 8000m² de SHON), exprimées en kWh.

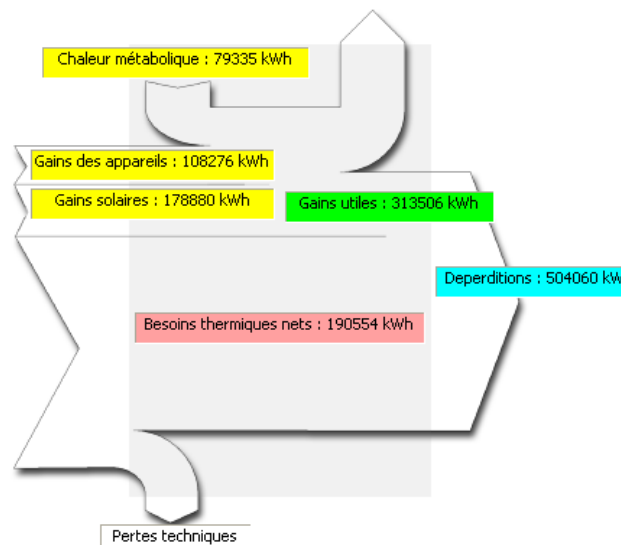


Diagramme de Sankey - Exemple

La part des apports solaires dans la couverture des besoins énergétiques varie en fonction de multiples facteurs en plus de l'orientation et de la disposition des bâtiments, parmi lesquels la composition et l'isolation de l'enveloppe, l'inertie thermique de la structure, la surface de vitrage, le type de vitrage, la ventilation naturelle...etc.

En règle générale, plus les bâtiments sont isolés et ont une forte inertie, plus la part des apports solaires dans la couverture des besoins en chauffage est importante. La part des apports solaires peut couvrir 40 à 50% des besoins thermiques bruts des bâtiments performants (source : ADIL 63, 2011).

Mettre les bâtiments dans les meilleures conditions d'ensoleillement en hiver permet donc de réduire potentiellement les besoins en chauffage de manière significative.

Par ailleurs, le confort visuel des habitants lié à l'accès à la lumière naturelle sera amélioré, et constitue également des économies d'énergie supplémentaires puisque les besoins en lumière artificielle diminuent.

Cette étude vise donc à améliorer le potentiel de pénétration de l'énergie solaire (lumière naturelle et apports thermiques) dans les bâtiments en hiver, en améliorant leur exposition et en limitant les masques engendrés par les bâtiments. Il s'agit d'une démarche servant d'exemple d'amélioration de la composition urbaine initiale de la ZAC Bron Terrailon. Il serait souhaitable que les candidats s'en inspirent pour leurs propositions d'aménagement.

Cependant les réductions potentielles des besoins en chauffage sont difficilement chiffrables à cette phase de conception urbanistique du projet, car ces besoins dépendent également de la conception de chaque bâtiment (type de vitrages, protections solaires, isolation...). Cette étude sera donc limitée à l'évaluation et la comparaison de l'énergie solaire incidente sur les parois suivant les différentes propositions étudiées.

Dans cette optique, le plan de composition a été étudié pour repérer les zones les plus masquées en hiver, et où une optimisation solaire pourrait être envisagée.

L'impact solaire de différentes dispositions a été étudié.

Suite à un entretien avec la maîtrise d'ouvrage, il a été décidé de ne pas présenter toutes les configurations étudiées car certaines modifiaient de façon trop importante le plan de masse initial et remettaient en question d'autres composantes du projet urbain (accessibilité, convivialité des espaces extérieurs...).

Les risques d'inconfort pendant l'été liés aux surchauffes n'ont pas été étudiés, ni les protections solaires qui devront faire l'objet d'une étude dans les phases ultérieures de conception. Différentes solutions de protection solaire sont envisageables afin d'éviter les surchauffes des bâtiments¹ : la végétation, des débords de toiture, des stores, brise-soleil ou volets, des casquettes et balcons etc.

¹ Un certain nombre d'indications concernant le confort d'été sont données dans les différentes pièces écrites de la consultation : p.ex. Programme fonctionnel: paragraphe II-8 « L'amélioration du confort des bâtiments et la réduction des nuisances acoustiques » ; Objectif de performance et prescriptions environnementales : thème 4 « Maîtrise des confort » ; Projet urbain et cahiers de prescriptions « Prescriptions générales »

Une amélioration de l'ensoleillement des bâtiments en hiver est susceptible d'augmenter également ces risques de surchauffes estivales.

1.1. *Plan de composition urbaine*



Les niveaux **maximum** des bâtiments sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Îlot	Bâtiment	nombre de niveaux
A	A	R+5
	B	R+4
B	A	R+4
	B	R+4
	C	R+4
Bbis	A	R+3
	B	R+2
	C	R+1
C	A	R+3
	B	R+2
	C	R+1
D	A	R+3
E	A	R+4
F	F	R+4
G	A	R+2
	B	R+4
	C	R+4
	D	R+4
	F	R+4
	G	R+4
H	A	R+4
	B	R+4
	C	R+5
	D	R+4
	E	R+4

1.2. *Données initiales*

Les îlots A, B, Bbis, C, E et F constituent la phase 1 du projet, et la construction des îlots G et H sera l'objet d'une deuxième phase.

Les bâtiments sont orientés suivant un axe décalé de 20° par rapport à l'axe nord/sud.

Le cahier des prescriptions prévoit un taux d'ouvertures supérieur à 60% côté sud, ainsi que l'intégration d'espaces verts et d'une végétation urbaine assez dense autour des bâtiments et dans les cœurs d'îlot.

1.3. *Hypothèses et conditions de l'étude*

- L'étude se base sur le plan de composition urbaine de la page 6, avec le nombre maximum de niveaux indiqué pour chaque bâtiment (tableau page 7). La hauteur d'un étage considérée dans l'étude est de 3m.
- Le bâti environnant possède une hauteur relativement faible (R+2 maximum) et n'est pas susceptible d'engendrer des masques sur les futurs bâtiments. Ils n'ont donc pas été pris en compte dans les simulations.
- L'étude ne prend pas en compte les risques de surchauffes et le dimensionnement des protections solaires.
- Les îlots D et E n'ont pas été pris en compte, car l'îlot D est actuellement en cours de construction, et les contraintes urbaines limitent les autres possibilités de choix d'implantation de l'îlot E.
- Le terrain est plat et un albédo moyen de 0,2 a été considéré (propriété de réflexion solaire du terrain).
- Les simulations ont été faites avec le logiciel Pleiade/ Comfie (version 3.0.5.5), sur une période de 6 mois correspondant à la période de chauffe (du 15/10 au 15/04).

- Les diagrammes solaires et les héliodons (représentations en 3 dimensions des bâtiments avec simulation de rayonnement solaire) ont été faits à l'aide du logiciel Ecotect Analysis 2011.

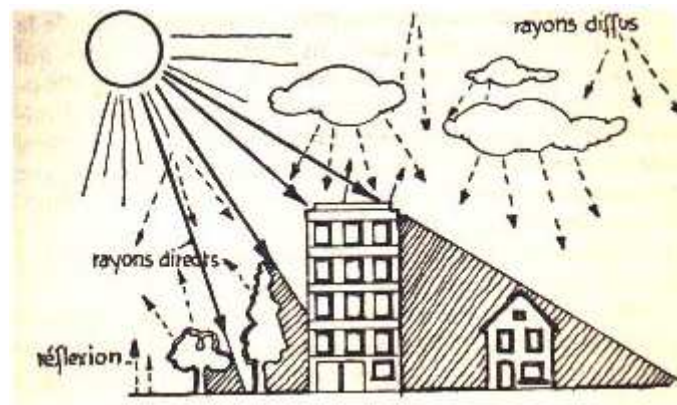
2. Préconisations générales

Ce paragraphe rappelle quelques généralités et principes de conception de base pour une meilleure intégration et utilisation des apports solaires dans un bâtiment.

Les remarques ci-dessous concernent uniquement l'aspect solaire et doivent être considérées avec une certaine mesure, car d'autres facteurs doivent être pris en compte dans la réflexion (confort sonore, masques...).

Le soleil est une source d'énergie lumineuse et thermique émise sous forme de radiations électromagnétiques de différentes longueurs d'onde (UV, infrarouge, etc....).

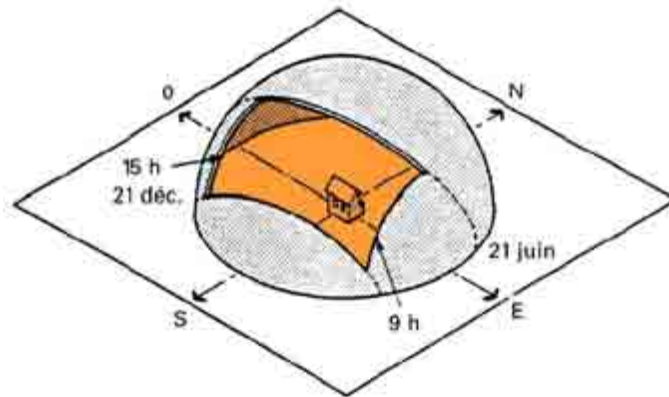
On peut distinguer plusieurs composantes du rayonnement solaire : le rayonnement direct, qui correspond aux particules solaires dont la trajectoire n'est pas déviée dans l'atmosphère (trajectoire rectiligne), et le rayonnement diffus, qui correspond aux particules dont la trajectoire est déviée au contact d'autres particules de l'atmosphère (trajectoire non rectiligne).



Le rayonnement solaire

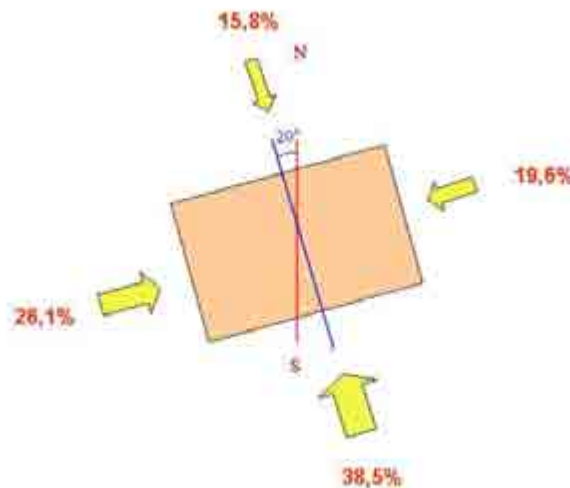
(Source : <http://membres.multimania.fr/energic/solaire/chapitre1/page4.html>)

Le schéma ci-dessous illustre les trajectoires du soleil aux solstices d'été et d'hiver.



Trajectoire du soleil
(Source : cours d'architecture bioclimatique HEI)

En effectuant une simulation sur un bâtiment sans masques proches sur la période du 15 octobre au 15 avril à Lyon, on peut observer la répartition suivante de l'énergie solaire reçue (rayonnement direct et diffus) sur chaque façade suivant son orientation (bâtiment orienté de 20° par rapport à l'axe nord/sud) :



Répartition de l'énergie solaire incidente sur les façades
(du 15/10 au 15/04)

Les deux schémas précédents mettent en évidence plusieurs points :

- Les ouvertures sur la façade sud apportent beaucoup plus de gains solaires et de lumière naturelle que les ouvertures situées sur les autres façades. Il est donc intéressant d'ouvrir largement au sud et de limiter les baies vitrées au nord où les apports solaires sont les moins importants. Il est également nécessaire d'installer des protections solaires adaptées pour éviter les surchauffes l'été.
- A l'est les apports solaires sont moindres et sont concentrés en début de journée (soleil levant).
- L'énergie solaire incidente sur la façade Ouest est notablement plus importante que sur la façade Est (respectivement 26,1% et 19,6%). Ceci est principalement dû à l'orientation du bâtiment (20° par rapport à l'axe Nord/Sud). Un taux de vitrage trop important à l'ouest peut provoquer des surchauffes l'été en fin de journée (soleil bas, les rayons du soleil arrivent presque perpendiculairement à la surface vitrée).

Il est essentiel d'assurer une entrée de lumière naturelle suffisante dans les pièces de vie, le choix des taux de vitrages sera donc le résultat de la recherche d'un équilibre entre déperditions, lumière naturelle et apports solaires.

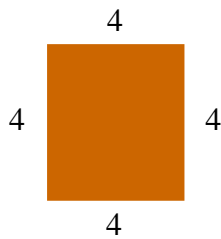
Pour les raisons énoncées précédemment on privilégiera une orientation des pièces de vie (séjour...) au sud. Une disposition traversante des appartements facilitera la ventilation naturelle et la distribution de la chaleur.

Un autre facteur d'importance à prendre en compte dans la conception est la compacité des bâtiments qui est le rapport entre la surface de l'enveloppe et le volume du bâtiment.

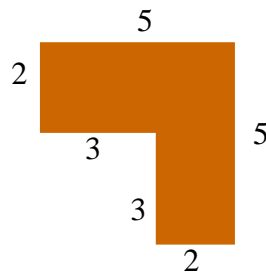
Deux bâtiments de même volume peuvent avoir des surfaces d'enveloppe radicalement différentes. Plus la surface d'enveloppe est importante, plus les échanges avec l'extérieur seront importants.

Exemple :

Soient deux bâtiments a et b de même hauteur H et même volume V mais de forme différente :



Bâtiment a



Bâtiment b

$$S_a = (4+4+4+4) \cdot H = 16 \cdot H$$

$$S_b = (5+5+3+3+2+2) \cdot H = 20 \cdot H$$

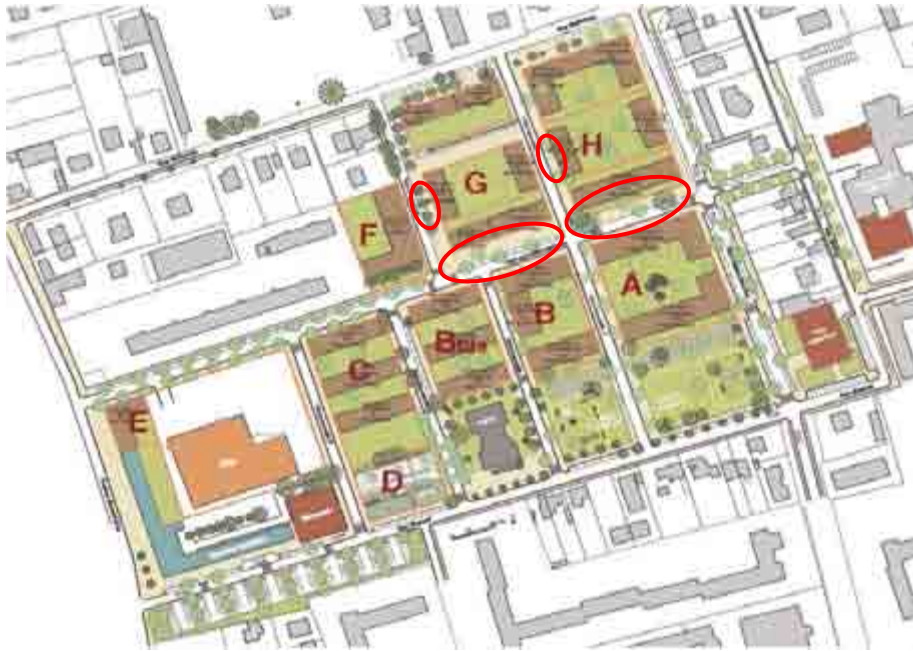
Le bâtiment b a une surface d'enveloppe (S_b) 25% plus grande que celle du bâtiment a (S_a), il sera donc beaucoup plus déperditif (pour une même composition d'enveloppe).


En règle générale, plus les formes du bâti sont simples, plus le bâtiment est compact et donc peu déperditif.

Il est donc préférable, d'un point de vue énergétique, d'éviter des formes complexes avec des différences de niveaux, des épannelages trop recherchés, car les besoins énergétiques ou les surcoûts liés à l'isolation augmenteront sensiblement.

3. Analyse solaire du plan de masse

Certains bâtiments présentent des masques importants l'hiver dus à une proximité importante avec les bâtiments voisins. Les îlots G et H sont les plus concernés.

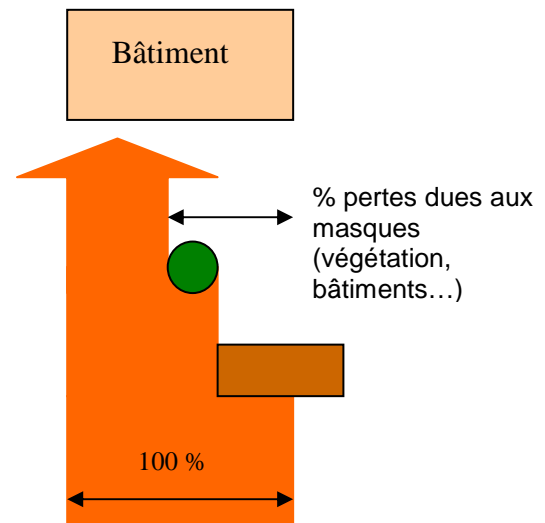


 Zone d'obstruction de la lumière

Principales zones d'obstruction

Le tableau suivant indique les pertes d'énergie solaire dues aux masques engendrés par les bâtiments (% de radiations solaires bloqués par les masques sur la période du 15 octobre au 15 avril).

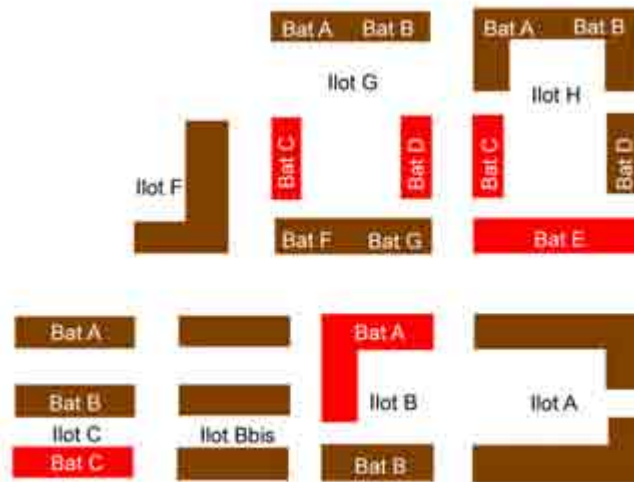
Ilot	Bâtiment	% Pertes dues aux masques
A	A	11,4
	B	5,5
B	A-B	22,2
	C	3,2
Bbis	A	15,8
	B	14,3
	C	8,2
C	A	10,2
	B	11,4
	C	22,4
F	F	15,3
G	A-B	7,4
	C	30,1
	D	25,4
H	F-G	15,2
	A-B	15,1
	C	28,1
	D	17,1
	E	25,3
Total		15,5



Pertes solaires dues aux masques

Ce tableau met en évidence que pour certains bâtiments les apports solaires sont fortement réduits par les masques des bâtiments voisins.

Le schéma ci-dessous montre les bâtiments les plus touchés (en rouge : pertes solaires dues aux masques supérieures à 20%)

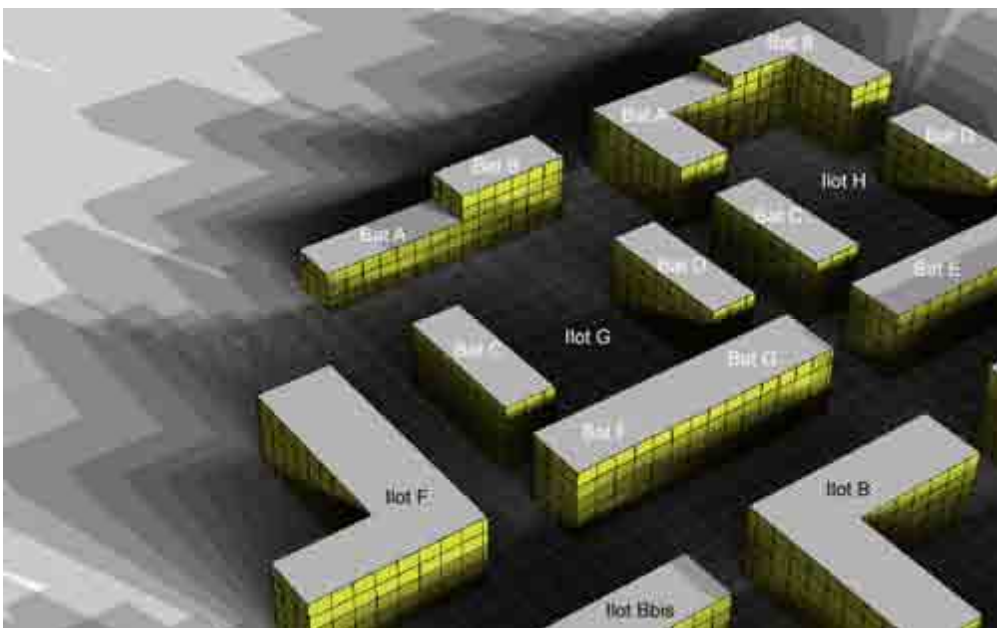


Bâtiments les plus touchés (en rouge)

Ce schéma souligne également que les bâtiments des îlots G et H sont les plus touchés par les masques.

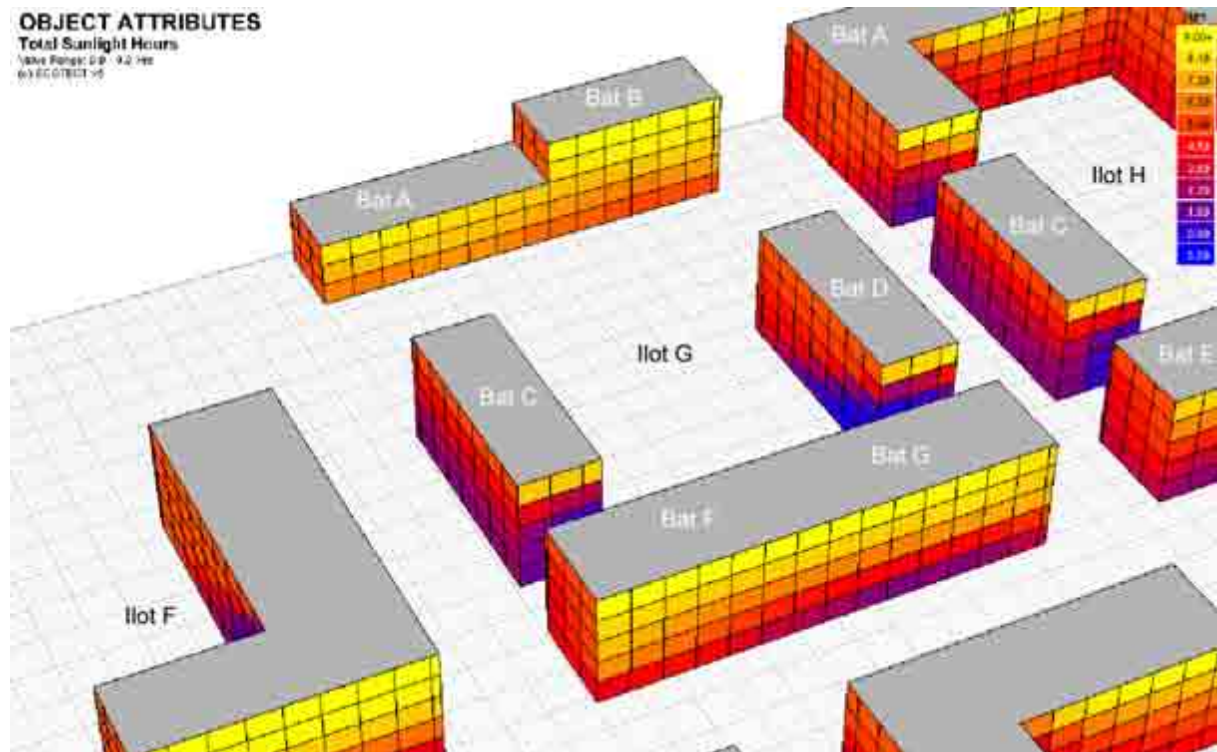
Remarque : le bâtiment C de l'îlot C est un des plus touchés car les masques produits par le bâtiment de l'îlot D ont été pris en compte dans la simulation (cf. plan page 3). Ce bâtiment est actuellement en construction et s'élèvera à environ 15 m.

3.1. *Ilot G*



Héliodons au 21 décembre

Sur l'héliodrom ci-dessus, les ombres portées des bâtiments ont été tracées à intervalles réguliers au 21 décembre, les zones les plus sombres correspondent ainsi aux zones les plus ombragées au cours de cette journée.



Ensoleillement moyen l'hiver, (h/jour)

Ce deuxième héliodrom montre le nombre d'heures d'ensoleillement moyen par jour durant l'hiver, sur une échelle allant de 0 h/jour (bleu) à 9 h/jour (jaune)

Ces deux documents mettent en évidence le faible ensoleillement à la base des bâtiments C, D, F et G (moins de 3h d'ensoleillement par jour en violet).

Une restructuration de l'îlot G semble intéressante.

L'îlot tel qu'il est défini sur le plan de composition urbaine présente un espace à fort potentiel solaire en son cœur, prévu pour une zone de stationnement et des espaces verts.

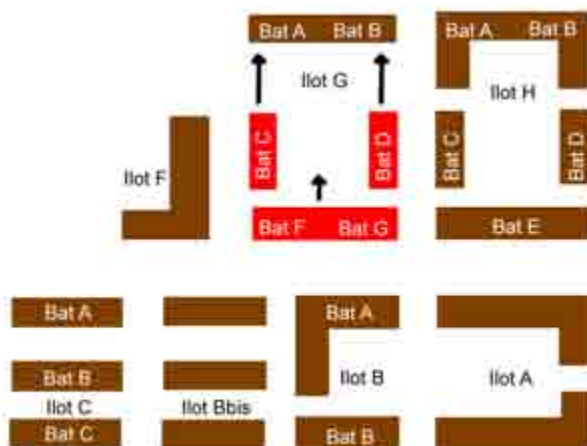


Les bâtiments C et D sont assez fortement masqués par les bâtiments voisins (respectivement 30,1% et 25,4% de pertes à cause des masques). Par ailleurs le bâtiment D engendre des masques importants sur la façade ouest du bâtiment C de l'îlot H (cf. héliodons).

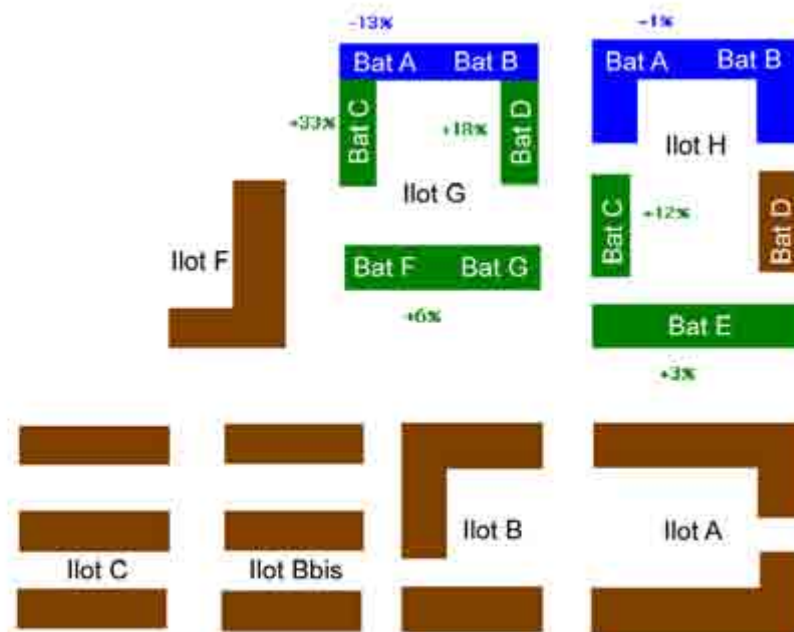
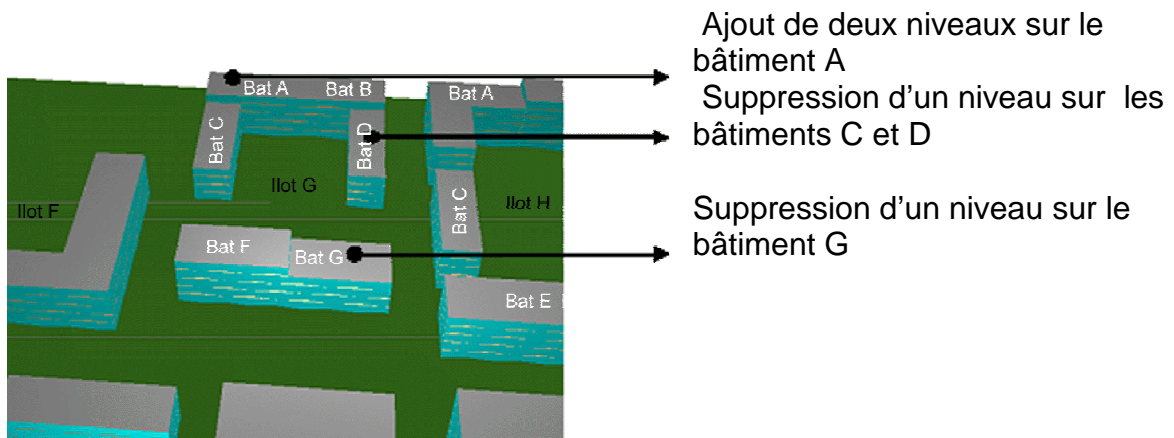
Les bâtiments F et G sont relativement proches des bâtiments A et B de l'îlot B (environ 22m), limitant l'ensoleillement et la lumière disponible aux RDC en hiver.

3.2. Proposition de restructuration de l'îlot G

Un déplacement des bâtiments et une modification des volumes pourraient être envisagés.



- Juxtaposition des bâtiments C et D aux bâtiments A et B
- Déplacement des bâtiments F et G vers le nord.



Résultats des modifications de l'îlot G

Le schéma ci-dessus illustre les conséquences de la modification au niveau de l'énergie solaire incidente sur les parois de chaque bâtiment, par rapport au plan de composition initial, exprimées en pourcentage.

Ex : « +6% » pour un bâtiment signifie que la modification entraîne une augmentation de la quantité d'énergie solaire atteignant la paroi (Wh/m²) de 6% par rapport au plan de composition initial.

Les bâtiments en vert sont ceux pour lesquels on constate une amélioration de la quantité d'énergie solaire incidente sur les parois, ceux en bleu une diminution. Les bâtiments en marron sont ceux dont la modification n'entraîne aucun changement notable.

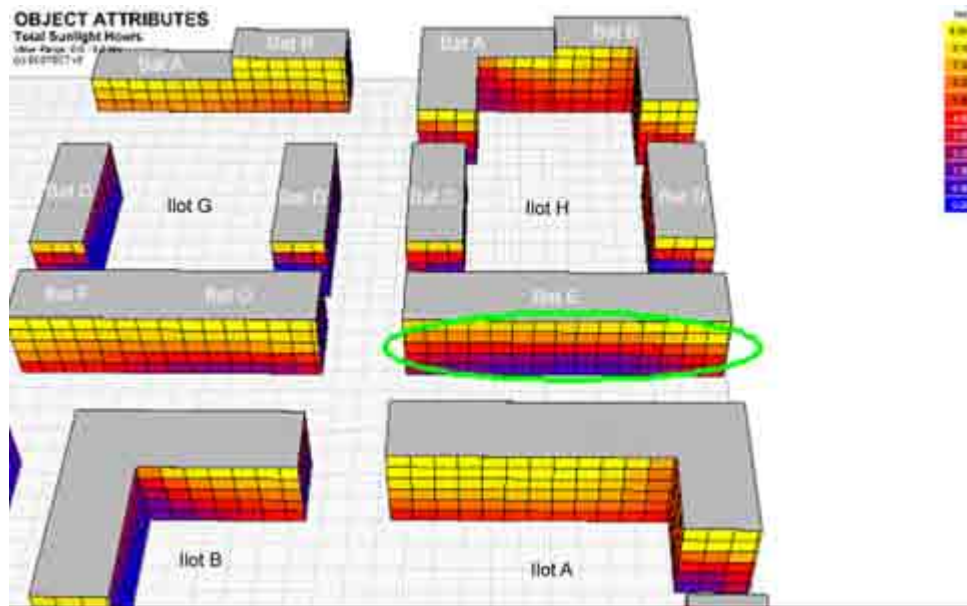
A noter que l'ajout de deux niveaux sur le bâtiment A et la juxtaposition des bâtiments C et D aux bâtiments A et B font notablement baisser la superficie des surfaces déperditives, représentant une économie appréciable sur les besoins thermiques des bâtiments A et B. La diminution de l'ensoleillement de ces bâtiments (-13%) est donc atténuée par la diminution des surfaces déperditives.

3.3. *Bâtiment E de l'îlot H*

Le bâtiment E de l'îlot H présente environ 25,3% de pertes d'énergie solaire incidente sur ses façades (cf. tableau page 14) par rapport à un bâtiment identique sans masques.

Les bâtiments à l'origine de ces masques sont principalement les deux bâtiments A des îlots A et B.

L'héliodon ci-dessous montre le nombre d'heures d'ensoleillement moyen par jour durant l'hiver, sur une échelle allant de 0 h/jour (bleu) à 9 h/jour (jaune).



Nombre d'heures d'ensoleillement en hiver (h/jour)

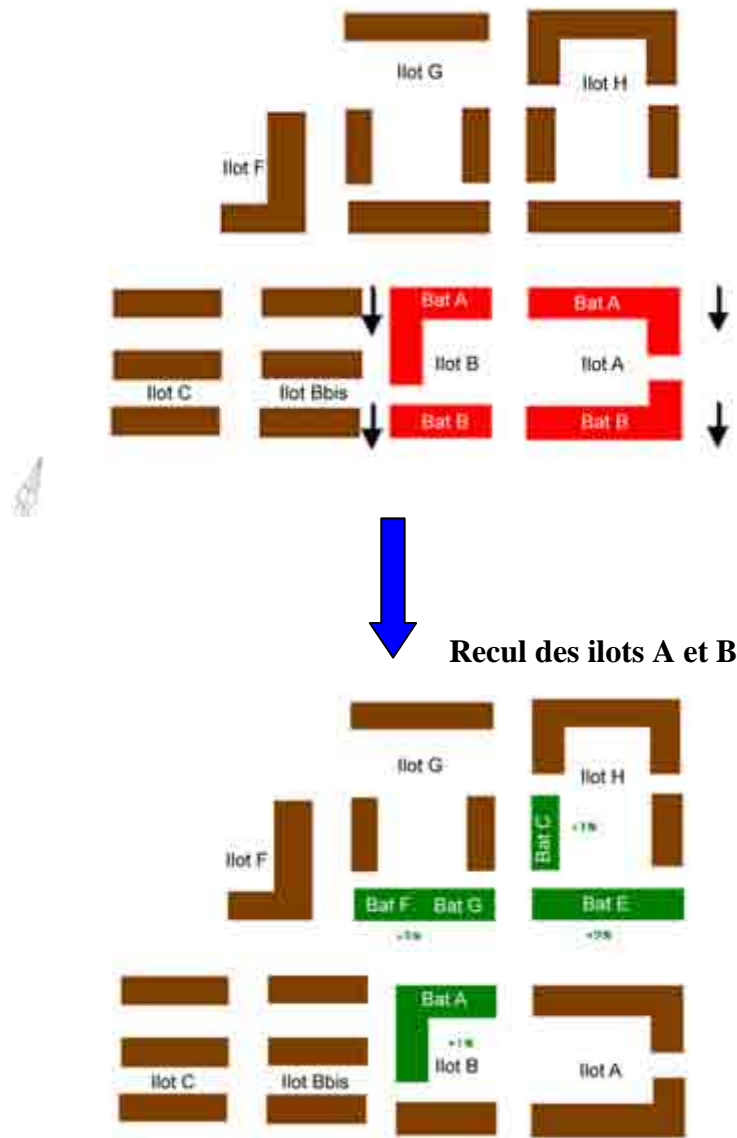
Les deux premiers niveaux seront relativement peu ensoleillés en hiver (moins de 3h/jour) et la disponibilité de la lumière naturelle y est donc également restreinte.

Plusieurs modifications pourraient être envisagées afin d'améliorer l'ensoleillement de la façade sud du bâtiment E de l'îlot H :

- Le recul des îlots A et B jusqu'à la limite parcellaire au sud
- La limitation des parties en R+5 du bâtiment A de l'îlot A

3.4. Recul des îlots A et B de 4 mètres

Un recul des îlots A et B (en rouge sur le schéma ci-dessous) jusqu'à la limite parcellaire au sud a été simulé :

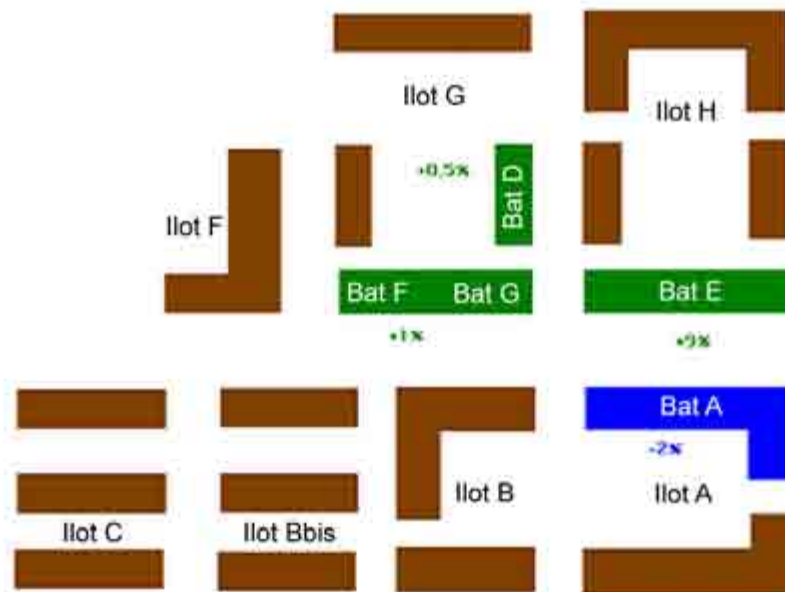
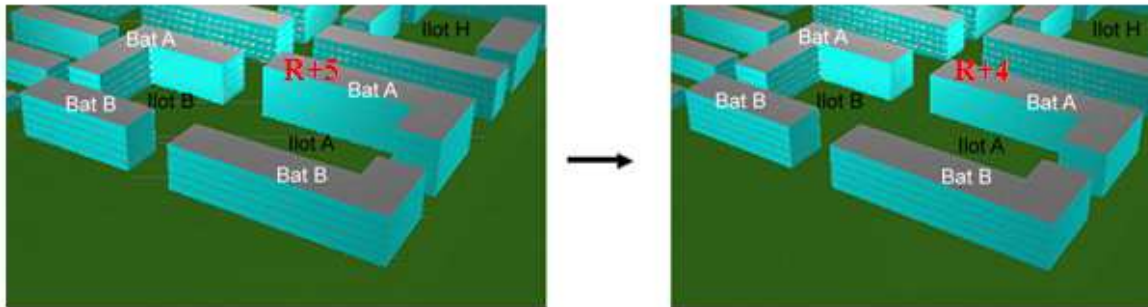


Résultats : conséquences de la modification

Comme l'indiquent les résultats ci-dessus, cette modification apporterait une nette amélioration des apports solaires incidents sur les façades du bâtiment E de l'îlot H (9% sur l'ensemble des parois verticales du bâtiment, soit environ 23% sur l'unique façade sud).

3.5. Suppression d'un étage du bâtiment A de l'îlot A

La suppression d'un étage sur le bâtiment A de l'îlot A a été simulée afin d'évaluer l'impact sur l'ensoleillement du bâtiment E de l'îlot H.



Résultats : conséquences de la suppression d'un étage du bâtiment A de l'îlot A

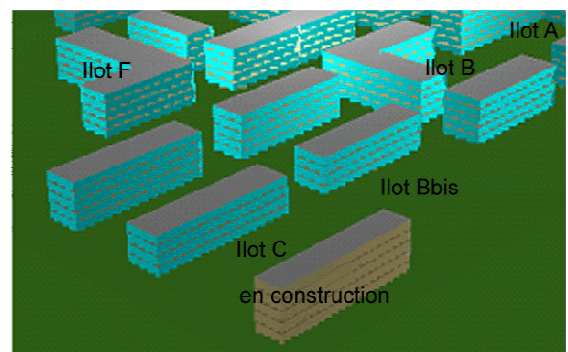
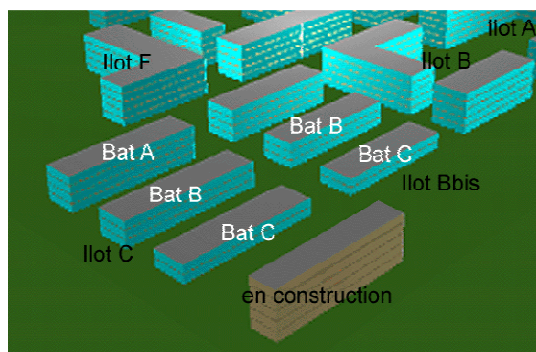
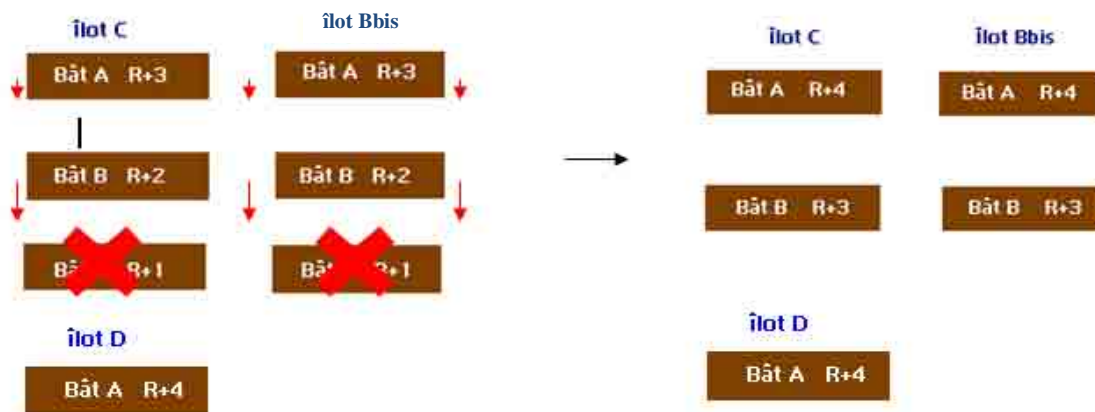
Les résultats de la simulation montrent une augmentation de l'énergie solaire incidente sur les façades du bâtiment E de l'îlot H de l'ordre de 9 % également.

Il serait donc intéressant de limiter les parties en R+5 sur ce bâtiment afin d'améliorer l'ensoleillement de la façade sud du bâtiment E de l'îlot H.

3.6. Îlots Bbis et C

Au niveau de l'îlot C, le bâtiment de l'îlot D (en construction) engendre des masques assez importants sur le bâtiment C, dont la hauteur est assez faible (R+1) et le RDC peu ensoleillé.

Une modification intéressante d'un point de vue énergétique pourrait être de supprimer les bâtiments C des îlots Bbis et C, et de retrouver le volume perdu en rajoutant un niveau à chacun des bâtiments A et B.



Avantages

- Gain d'environ 5% sur l'énergie solaire disponible sur les façades verticales (en $W.h/m^2$) de l'ensemble des îlots Bbis et C.

- Réduction de 15% du total des surfaces déperditives (toits + parois verticales + sols, en m²) des deux îlots, pour une surface habitable équivalente (2 bâtiments au lieu de 3).
- Un espace libre est dégagé pour la création d'un espace vert commun, parking extérieur ou autre.
- Le nombre d'accès aux parkings souterrains serait ainsi limité, améliorant ainsi le confort et la sécurité des passants.

Inconvénients

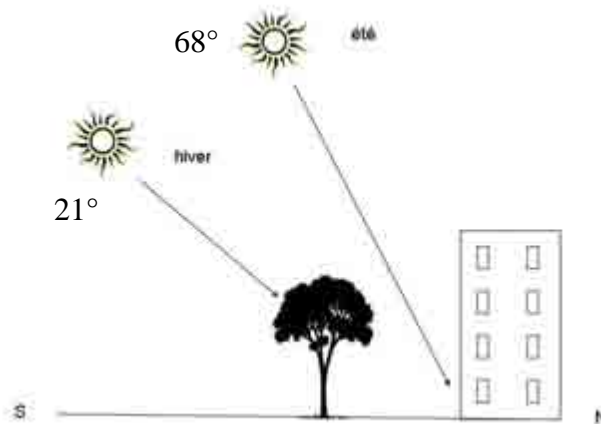
- Transition assez brutale des épannelages entre l'îlot et l'église (mais plus douce avec les bâtiments de l'îlot B en R+4).
- La voie nouvelle centrale n'est plus structurée par les bâtiments (création d'un espace)
- L'accès piéton de l'îlot A-B est aligné sur une façade (ceci peut être résolu par le recul des îlots A et B abordé dans la partie précédente.)

4. Végétation

Une attention toute particulière sera portée sur la végétation et notamment l'implantation des arbres aux abords des bâtiments.

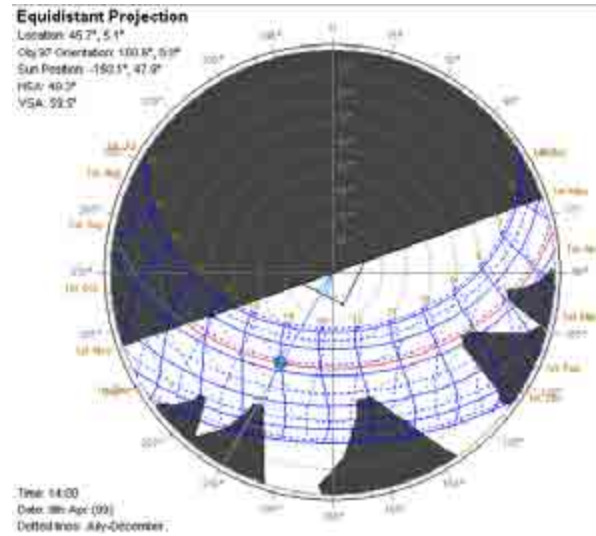
Bien que participant à l'élaboration d'un cadre de vie agréable et atténuant les effets d'îlots de chaleur urbains, la présence d'arbres peut parfois engendrer des masques importants sur les façades et gêner les apports de chaleur et de lumière naturelle dans les appartements (feuilles persistantes, arbres trop proches des façades etc...).

Sur les façades sud, il serait préférable de garder une distance raisonnable entre les arbres et les façades, car ces arbres engendrent des masques importants l'hiver et relativement faibles l'été de part la position du soleil, comme l'illustre le schéma ci-dessous :



Position du soleil en hiver et en été

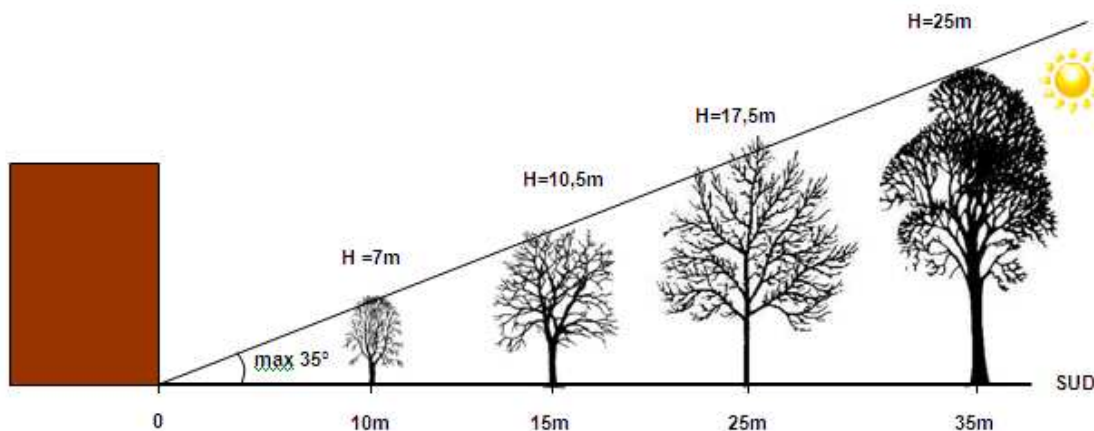
A titre d'exemple, nous avons modélisé l'impact d'arbres à feuilles persistantes de 15m de hauteur à environ 10m de la façade sud du bâtiment B de l'îlot A.



Comme le montre ce diagramme solaire calculé pour le point situé au centre de la façade du bâtiment A de l'îlot A, la présence de ces arbres engendrera des masques importants l'hiver (environ 50% d'ensoleillement direct en moins au mois de décembre) et ne feront aucun masque durant l'été.

De plus, ils affecteront également le rayonnement diffus disponible et donc l'accès à la lumière naturelle, celui-ci étant lié au pourcentage de ciel visible, autrement dit la partie blanche sur le diagramme.

Pour les raisons énoncées précédemment, afin de limiter les masques, il serait préférable que les arbres plantés aux abords des façades sud soient à feuilles caduques (perte du feuillage l'hiver) et que les rapports de distance/hauteur illustrés sur le schéma ci-dessous soient pris en considération :

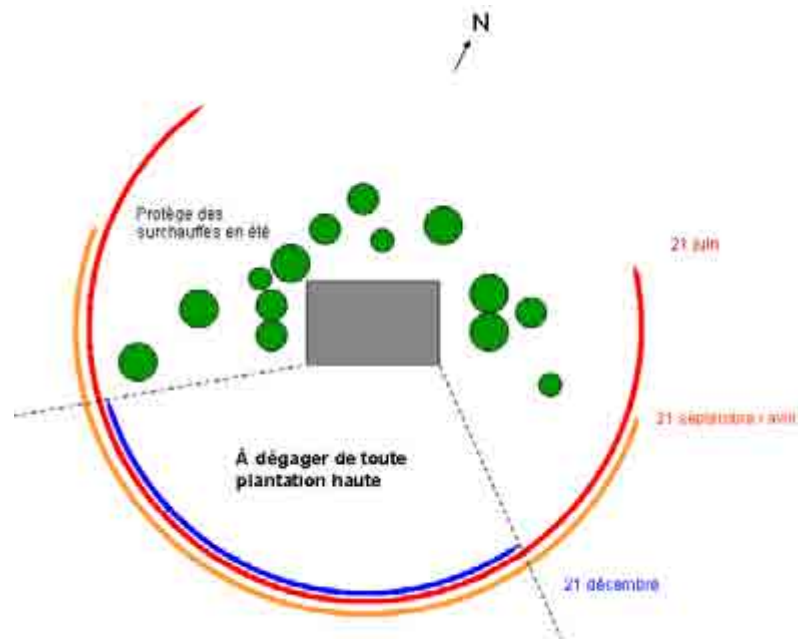


Distances minimales des arbres pour limiter les masques sur les façades sud en hiver

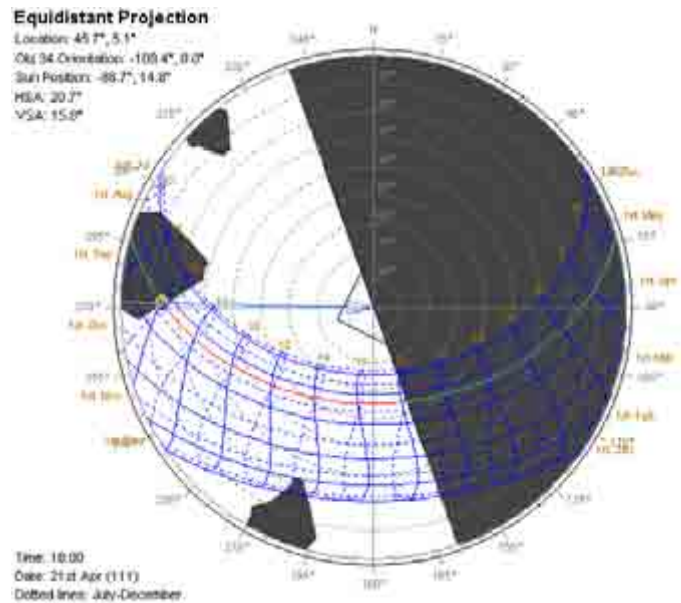
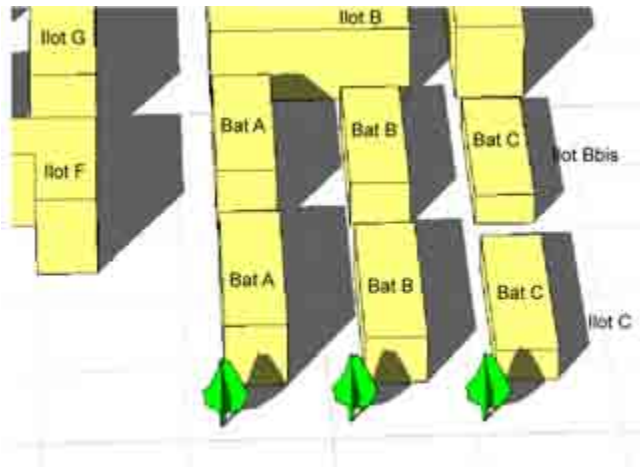
Sur les façades nord l'ensoleillement direct est quasi nul, la plantation d'arbres aura donc moins d'impact sur les apports solaires et pourrait même être bénéfique l'hiver en protégeant la façade des vents froids. Attention à laisser tout de même suffisamment passer la lumière naturelle.

Aux abords des façades ouest, les arbres peuvent être utiles l'été dans la mesure où ils peuvent créer des masques et ainsi limiter les surchauffes en fin de journée.

Le schéma ci-dessous présente une approche d'intégration de la végétation aux abords des façades d'un bâtiment orienté de 20° par rapport à l'axe nord/sud, visant à limiter les masques sur les façades :



Pour les bâtiments ayant une orientation est/ouest, une végétation trop dense sur la façade ouest est susceptible de pénaliser les apports solaires en hiver. On lui préférera l'installation de protections solaires adaptées.



*Exemple de disposition des arbres sur les façades ouest de l'îlot C
Héliodon le 10/07 à 18h*

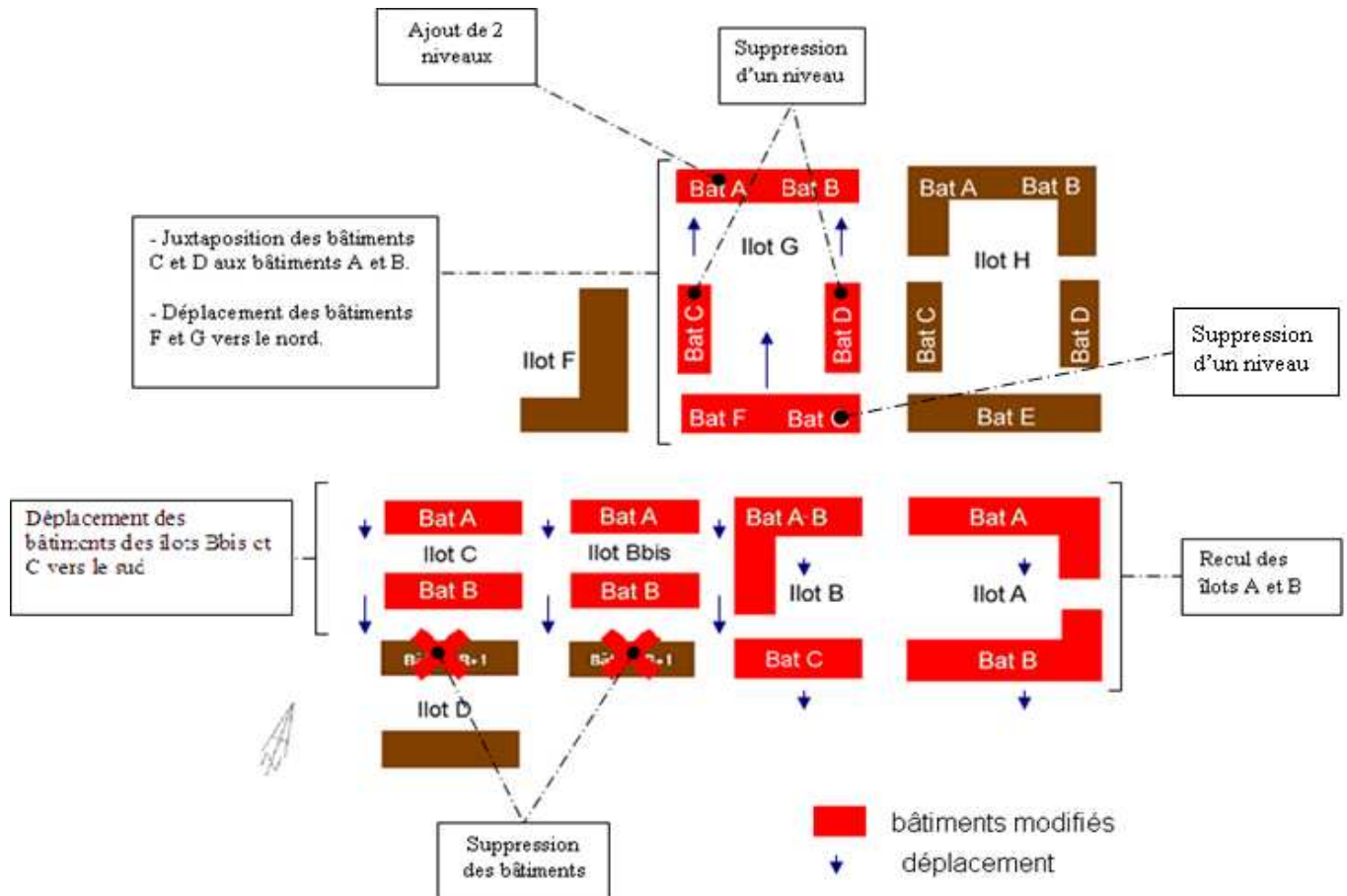
Sur ce diagramme solaire on peut effectivement voir que la façade ouest du bâtiment sera ombragée en fin de journée durant les mois de juin à septembre.

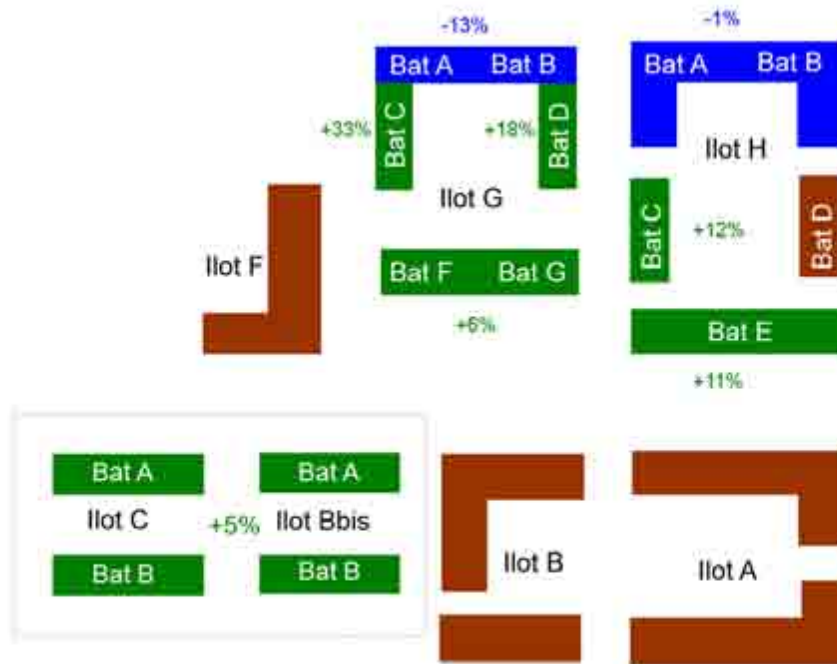
Une disposition de ce type permettra de limiter les surchauffes en été sans gêner les apports solaires en hiver.

Au cœur des îlots, si des arbres sont plantés afin de diminuer le vis-à-vis, il sera préférable, pour les raisons énoncées précédemment, qu'ils soient disposés à une distance raisonnable des façades (particulièrement des façades sud et des ouvertures donnant sur les pièces de vie des appartements), à feuilles caduques et de hauteur limitée.

5. Conclusion générale de l'étude

Les schémas ci-dessous illustrent les conséquences des 3 modifications effectuées simultanément (restructuration des îlots G, Bbis, C et recul des îlots A et B) :





Résultats en pourcents en prenant en compte la totalité des modifications apportées au plan de composition urbaine de départ (page 6)

Les modifications apportent des gains solaires passifs sur 9 bâtiments de l'ordre de 5 à 33 %, seul deux bâtiments affichent des pertes suite à ces modifications.

Les pertes sur les bâtiments A et B des îlots G et H sont relativement faibles : -1% pour l'îlot H, -13% pour l'îlot G qui sont néanmoins atténuées par la diminution des surfaces déperditives sur l'ensemble des bâtiments A, B, C et D).

La prise en compte de l'ensoleillement et l'orientation des bâtiments est essentielle pour améliorer le confort des habitants et réduire les besoins en chauffage et lumière artificielle. Des niveaux de performance élevés peuvent être atteints tout en minimisant les coûts de la construction (surfaces extérieures diminuées...).

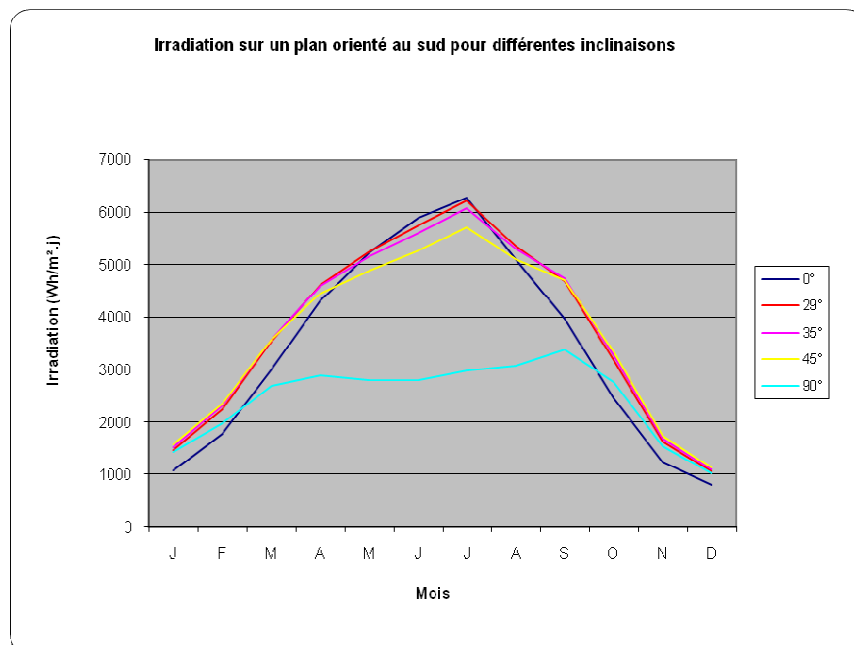
L'intégration de ces aspects dès la phase de conception urbanistique permet d'augmenter les gains solaires passifs et de faire ainsi des économies d'énergies tout en gardant une densité urbaine.

Ce travail sur le potentiel solaire à l'échelle urbaine permet d'optimiser les emplacements et orientations des bâtiments. Il pourra de plus être utile lors de la conception de chacun des bâtiments.

6. Potentiel de production solaire

La configuration du site et l'orientation des bâtiments est plutôt favorable au développement d'énergies renouvelables solaires (photovoltaïque ou thermique). Les toits des bâtiments sont très peu masqués (en considérant les niveaux indiqués pages 6 et 7, sans épannelages)

6.1. Le gisement solaire à Lyon



Ce tableau récapitule les niveaux d'irradiation solaire globale incidente sur un plan pour différentes orientations et inclinaisons à Lyon, en Wh/m²/jour (d'après le logiciel Tescol).

Orientation	deg/sud deg/horiz	0°					20°					70°
		30°	35°	0°	45°	90°	25°	30°	35°	45°	90°	90°
Janvier		1470	1521	1083	1 580	1426	1 406	1433	1487	1 539	1368	861
Février		2256	2308	1783	2 357	1978	2 179	2209	2264	2 303	1901	1 300
Mars		3539	3575	3000	3 576	2699	3 459	3485	3519	3 508	2609	1 990
Avril		4627	4594	4315	4 464	2894	4 597	4593	4550	4 414	2868	2 559
Mai		5256	5150	5235	4 897	2806	5 286	5248	5126	4 872	2850	2 875
Juin		5760	5607	5899	5 270	2796	5 824	5766	5592	5 259	2880	3 117
Juillet		6220	6070	6269	5 717	2981	6 274	6219	6047	5 702	3090	3 347
Août		5359	5294	5095	5 098	3075	5 346	5328	5252	5 052	3092	2 926
Septembre		4695	4734	3978	4 714	3381	4 591	4622	4660	4 625	3283	2 596
Octobre		3183	3265	2454	3 342	2769	3 066	3113	3198	3 259	2652	1 796
Novembre		1640	1690	1243	1 745	1540	1 575	1602	1655	1 702	1479	955
Décembre		1062	1095	807	1 132	1015	1 019	1037	1072	1 104	976	631
Année (moyenne)		3756	3742	3430	3658	2447	3719	3721	3702	3612	2421	2079
Diff optimum (%)		0	-0,4	-8,7	-2,6	-34,9	-1	-0,9	-1,4	-3,8	-35,5	-44,6

L'inclinaison optimale des capteurs pour obtenir la meilleure productivité photovoltaïque à Lyon est de 30° orienté plein sud.

Ce tableau permet de mettre en évidence que :

- Un désaxage de 20° (orientation des bâtiments de la ZAC) par rapport au sud engendrera une baisse de l'irradiation solaire relativement faible par rapport à cet optimum (-0,9% pour une inclinaison à 30°)
- Un plan orienté verticalement au sud (+/- 20°) sera environ 35% moins productif qu'un panneau orienté de façon optimale (pour une éventuelle intégration sur façade) et 45% moins irradié pour une orientation à l'ouest.

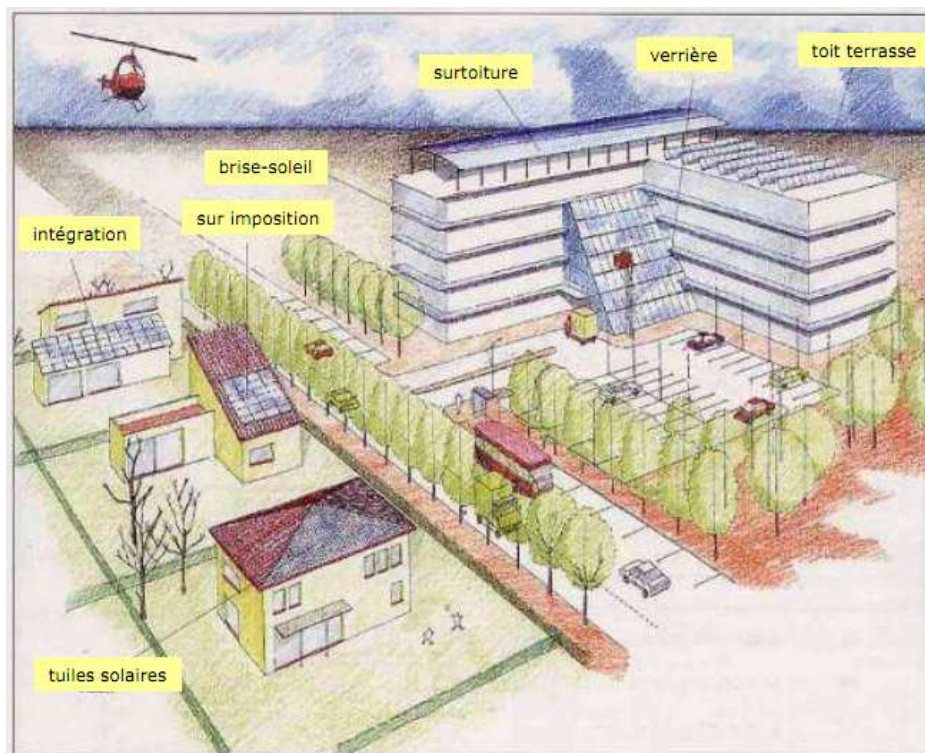
5.2 Le solaire photovoltaïque

Pour du photovoltaïque raccordé au réseau, l'objectif étant de produire le maximum d'électricité, l'inclinaison optimale sera de 30°.

La quantité d'électricité productible dépend de la technologie et du modèle de panneau utilisée.

Pour donner un ordre de grandeur, dans la région de Lyon et dans les conditions optimales d'orientation 10m² de capteur photovoltaïque (silicium cristallin soit une puissance de 1kWc) produisent environ 1000 kWh/an d'électricité. Pour information : un foyer moyen consomme environ 2500 kWh/an d'électricité hors chauffage et eau chaude sanitaire (source : Calsol, avec rendement de conversion de 0,8).

Il existe de multiples façons d'intégrer du photovoltaïque sur le bâti :



*Les différentes possibilités d'implantation
Source : Trans énergie*

Ci-dessous, quelques exemples d'intégration de panneaux photovoltaïques dans le bâti :

5.2.1 En surimposition de toiture :



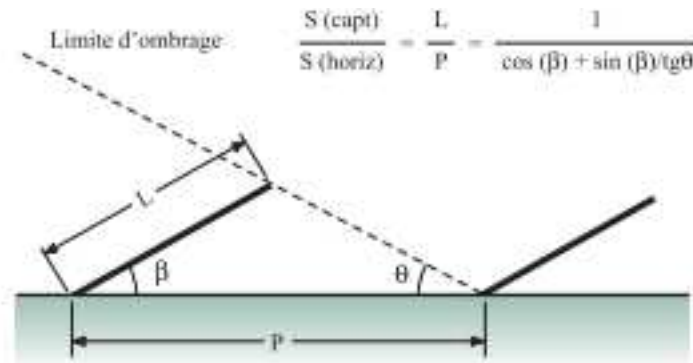
Source : Roland Bourguet/ ADEME

5.2.2 Implantation sur toit terrasse



Source : ALE Lyon, Archigroup Limonest

Dans le cas d'une implantation de modules photovoltaïques en toit terrasse sous forme de rangées, une distance minimale entre les séries de modules est nécessaire afin de limiter les pertes dues aux masques de la rangée précédente.



Relation entre l'angle limite d'ombrage et surface de limite de l'ombre

L'angle de limite d'ombrage définit la distance entre les panneaux. En France, on prend généralement un angle θ compris entre 15 et 20°
 Pour une inclinaison des panneaux de 30 ° et un angle θ de 17°, le rapport de la surface de capteur sur la surface au sol est de 0,4.

Dans certaines situations il est préférable d'abaisser l'inclinaison des panneaux pour bénéficier d'un ratio Surface capteur/ Surface au sol plus important. D'autres facteurs interviennent également dans le dimensionnement comme le vent, l'étanchéité de la toiture, etc.

5.2.3 En façade (brise-soleil)



Source : ALE Lyon, Tenesol, la Tour de Salvagny

5.2.4 En façade



Source : ALE Lyon, Darnaise, Vénissieux

5.2.5 En toiture (tuiles)



Source : ALE Lyon, Imerys, SUNSAT

5.2.6 Sur membrane d'étanchéité



Source : ALE Lyon, Gymnase, Collonges-au-Mont-d'Or

5.2.7 En verrière



Source : ALE Lyon, Centre de maintenance LEA, Meyzieu

5.3 Le solaire thermique

Pour du solaire thermique, l'inclinaison optimale des panneaux dépend du type d'utilisation :

Elle est d'environ 45° au sud pour une utilisation en chauffage d'eau chaude sanitaire (pour stabiliser la production), mais l'inclinaison peut varier entre 30 et 60° suivant que l'on souhaite privilégier le rayonnement d'été ou le rayonnement d'hiver.

Pour un système combiné (eau chaude sanitaire et chauffage solaire), l'inclinaison optimale est d'environ 60° (les besoins sont plus importants en hiver, quand le soleil est bas).

Des capteurs solaires en logement collectif à Lyon permettent de produire une énergie de l'ordre de 600 kWh/m²/an, ce chiffre pouvant subir une variation de +/- 20% suivant l'installation et les technologies utilisées.

A titre indicatif, des calculs sur les surfaces approximatives de capteurs à installer sur chaque bâtiment sont indiquées ci-dessous. S_b représente les surfaces brutes disponibles sur les toits des bâtiments (calculées à partir du plan de composition urbaine page 6) et S_c la surface des capteurs thermiques.

Hypothèses de calcul :

- Utilisation d'un ratio de 0.5m² par habitant
- Le calcul des surfaces de toit a été effectué à partir du plan de composition page 6 et sans inclinaison (hypothèse de toit terrasse)
- Utilisation d'un ratio de 4 personnes par logement.
- Le nombre de logements par bâtiment correspond au nombre indiqué sur le plan de composition urbaine (page 6)

lot	Bâtiment	Nombre de logements	Sb (m ²)	Sc (m ²)	Sc/Sb (%)
A	A	57	1050	114	10,9%
	B	47	1020	94	9,2%
B	A	25	560	50	8,9%
	B	17	350	34	9,7%
	C	25	520	50	9,6%
Bbis	A	17	470	34	7,2%
	B	13	470	26	5,5%
	C	9	470	18	3,8%
C	A	19	500	38	7,6%
	B	14	500	28	5,6%
	C	9	500	18	3,6%
F	F	45	1000	90	9,0%
G	A	10	370	20	5,4%
	B	14	300	28	9,3%
	C	16	340	32	9,4%
	D	16	340	32	9,4%
	F-G	37	780	74	9,5%
H	A	28	620	56	9,0%
	B	34	620	68	11,0%
	C	16	340	32	9,4%
	D	18	390	36	9,2%
	E	38	820	76	9,3%

En utilisant ces ratios approximatifs, ces calculs montrent que la surface de capteur à mettre en place pour une telle installation dépasse rarement 10% de la surface brute du toit.

Mais cela ne signifie pas forcément qu'une surface égale à 10% de la surface brute du toit serait suffisante, cela dépend du choix et du système d'intégration des panneaux.

Les chiffres présentés dans ce document sont donnés uniquement à titre indicatif et ne constituent en aucun cas une base de pré-dimensionnement de capteurs. Une étude de faisabilité concrète établie par un bureau d'étude spécialisé devra être engagée pour le dimensionnement des installations solaires.