

1 – L'albédo

L'impact des matériaux :

La nature et la couleur des matériaux de construction affectent de manière significative le microclimat. La nuit, l'équilibre du canyon consiste en le déficit compensé par la libération de l'énergie emmagasinée dans les matériaux du canyon urbain, et le rôle du sol et des façades est très important car ils sont une source de chaleur continue pour la rue durant nuit.

Les perturbations radiatives décrites précédemment s'accompagnent de perturbations thermiques dues aux caractéristiques des matériaux urbains telles que l'albédo, l'émissivité, la capacité thermique et la conductivité thermique.

De l'albédo dépend la part de rayonnement réfléchi par une surface et par conséquent le rayonnement absorbé et le réchauffement subi par le matériau.

De l'émissivité dépend le rayonnement infrarouge (soit la chaleur, l'énergie) émis par les matériaux. La plupart des matériaux de construction ont une émissivité d'environ 0,9. Des observations, ont permis de montrer que la variation de l'émissivité d'un matériau avait un effet minime sur la température de surface (Artis et Carnahan, 1982).

De la capacité et de la conductivité thermiques dépend le stock de chaleur contenu au sein des matériaux urbains.

La conductivité thermique permet de quantifier l'aptitude d'un corps à conduire de la chaleur. En hiver, si les murs et les toits ont des matériaux de conductivité élevée alors la perte de chaleur des bâtiments sera importante. La capacité thermique permet de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou de restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie. Plus elle est grande, plus la quantité de chaleur à apporter à un matériau pour élever sa température est grande.

Albédo général :

L'albédo de la zone urbaine, dépend, dans le cas d'un milieu urbain, à la fois de la géométrie du cadre bâti (les rues piègent le rayonnement solaire) et des matériaux de construction.

Les matériaux urbains présentent des albédos variés mais en moyenne plus faibles que ceux observés pour des surfaces naturelles. La morphologie urbaine, c'est-à-dire l'arrangement géométrique des composants urbains, et le piégeage du rayonnement qu'elle entraîne participe également à une diminution de l'albédo des zones urbaines.

Les albédos des milieux urbains sont généralement compris entre 0,10 et 0,20, mais dans certaines villes ces valeurs peuvent être bien plus importantes. Les villes nord africaines en sont un bon exemple avec des albédos compris entre 0,30 et 0,45 alors que la plupart des villes américaines et européennes ont un albédo compris entre 0,15 et 0,20.

Les campagnes de mesures récentes effectuées en Europe montrent également que l'albédo des surfaces urbaines européennes est remarquablement faible. Christen et al. (2003) estiment que l'albédo de Bâle (Suisse) est aux alentours de 0,10. Roberts et al. (2004) estiment que celui du centre de Marseille est de 0,08. (Thèse M. Colombert).

L'albédo de surface :

Ce paramètre s'identifie par le taux de rayonnement réfléchi par rapport au rayonnement incident d'un matériau donné. Il est complètement indépendant des indicateurs extérieurs que ça soit atmosphérique ou urbain. Il se distingue surtout par la couleur du matériau ainsi que par sa texture.

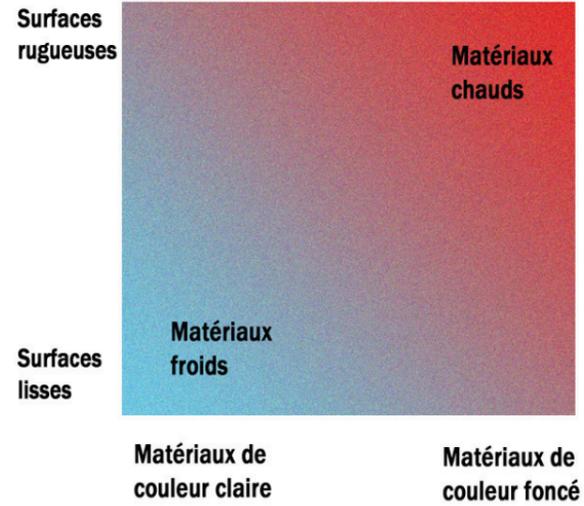
Les matériaux sont classés selon leur performance thermique et propriétés physiques en matériaux «frais» et «chauds».

Les distinguer peut contribuer à la stratégie d'aménagement des espaces urbains extérieurs, et ainsi assister à combattre l'effet de l'îlot de chaleur, diminuer la consommation électrique des bâtiments en réduisant au maximum le recours à la climatisation électrique et améliorer les conditions de confort thermique extérieur.

Les matériaux froids se caractérisent par une surface lisse et une couleur claire. On peut citer comme exemples le marbre, la mosaïque ou bien les enduits de chaux, matériaux qui sont répandus dans les constructions traditionnelles du bassin méditerranéen. L'augmentation de la réflexion et de l'émission des matériaux abaisse la température des surfaces. Ainsi des revêtements de façade ou de toiture peints en blanc modifient considérablement l'albédo de surface du matériau et par extrapolation la température ambiante.

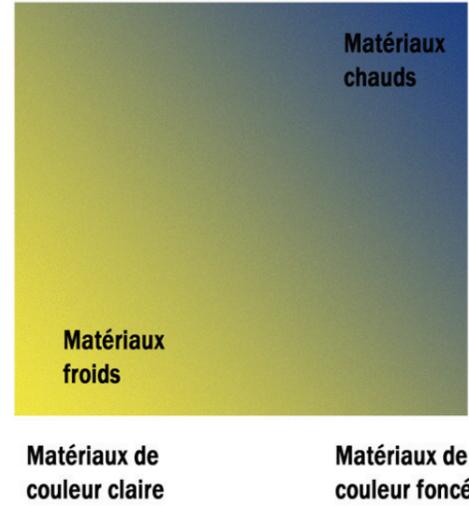
| Peinture cellulosique | teinte | Albédo | Emissivité |
|--|---|--------|------------|
| <input type="checkbox"/> blanc |  | 0,82 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> jaunes |  | 0,77 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Orange |  | 0,63 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Rouge vif |  | 0,66 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Rouge sombre |  | 0,47 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Gris |  | 0,25 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Vert brillant |  | 0,21 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Vert claire |  | 0,50 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Vert sombre |  | 0,12 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Bleu |  | 0,18 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Bleu foncé |  | 0,09 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Marron |  | 0,23 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Marron claire |  | 0,22 | 0,91 |
| <input type="checkbox"/> Noir |  | 0,05 | 0,91 |

source : Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire passive.



Asphalte
Pavé de pierre
Béton

Pierre
Mosaique
marbre



| Matériaux de construction | teinte | Albédo | Emissivité | Référence |
|--|--------------|-----------|------------|--|
| Pierre | | 0,2-0,35 | 0,85-0,9 | Oke 1987 |
| Gravier (vrac) | | 0,08-0,18 | 0,92 | www.thermique55.com |
| Calcaire | | 0,5-0,75 | 0,36-0,9 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Asphalte foncé | | 0,07 | 0,90 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Béton | | 0,1-0,45 | 0,7-0,9 | P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution au développement durable |
| Tuiles d'argile | rouge | 0,33 | 0,90 | P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution au développement durable |
| Tuile en terre cuite | | 0,1-0,35 | 0,90 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire. P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution |
| Tuile de béton | Rouge | 0,18 | 0,90 | Lawrence Berkeley National Laboratory |
| | Blanc | 0,73 | | |
| | Beige claire | 0,63 | | |
| | Maron claire | 0,42 | | |
| | Mauve | 0,41 | | |
| Fibre de ciment | Maron | 0,26 | 0,90 | Lawrence Berkeley National Laboratory |
| | Gris | 0,25 | | |
| Tuile de ciment | | 0,25 | 0,90 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Bardeau d'asphalte | Blanc | 0,21 | 0,91 | Lawrence Berkeley National Laboratory |
| | Argent | 0,20 | | |
| | Maron | 0,08 | | |
| | Gris | 0,08 | | |
| | Vert | 0,19 | | |
| | Noir | 0,05 | | |
| Verre transparent angle zénithal <40° angle zénithal 40° < α < 80° | | 0,08 | 0,87-0,94 | Oke 1987 |
| | | 0,09-0,52 | 0,87-0,92 | |
| Marbre | Blanc | 0,66 | 0,93 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire. P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution au développement durable |
| | Sombre | 0,44 | | |
| Plâtre | | 0,93 | 0,91 | P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution au développement durable |
| Bois | | 0,40 | 0,95 | P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution au développement durable |
| Gazon | Vert | 0,33 | 0,49 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Terre cuite | | 0,33 | 0,94 | P. Lavigne, Architecture climatique, une contribution au développement durable |
| Brique | | 0,05-0,2 | 0,9-0,92 | Oke 1987 |

| Métaux et alliages | teinte | Albédo | Emissivité | Référence |
|--------------------|--------|-----------|------------|--|
| Aluminium | | 0,61-0,85 | 0,12-0,25 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| fer | | 0,10-0,12 | 0,13-0,28 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Acier galvanisé | | 0,38 | 0,28 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Argent | | 0,93 | 0,02 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Cuivre | | 0,82 | 0,07 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |
| Plomb | | 0,21 | 0,28 | Edward Mazria, le Guide de l'énergie solaire |

Albédo des toitures végétalisées

(voir fiche toiture végétalisée)

L'albédo des façades :

Entre deux surfaces verticales blanche et sombre, il peut y avoir une différence de température allant jusqu'à 16°C en été. (CRE-Montréal, MATÉRIAUX RÉFLÉCHISSANTS ET PERMÉABLES POUR CONTRER LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS)

Les murs est et ouest doivent être peints en priorité, car l'été, le soleil ne frappe que très peu les murs nord et sud quand il est au zénith (à la verticale du toit). Les revêtements pâles sont utilisés depuis des siècles dans les pays très chauds et ensoleillés pour diminuer la chaleur dans les habitations, notamment en Afrique du nord ou les pays européens chaud tel que la Grèce.

Sur le calcul de l'albédo des façades l'étude est faite sur les ilots CC3, CC4, CC9 et CC10.

Dans le Canet on distingue deux types de façades :

- Les façades se trouvant en rue canyon :

Les surfaces de façade directement touchées par le rayonnement solaire et plus faible que celle des rues plus ouverte. Néanmoins l'îlot de chaleur urbain est plus important sur les rues canyon car sa géométrie réduit les pertes radiatives des rues. Le peu de rayonnement solaire qui pénètre dans la rue est reflétée plusieurs fois sur les différents matériaux aux albédos diverses, Leurs surfaces plus chaudes ont pour effet de limiter les pertes, laissant ainsi plus d'occasion à l'absorption. Ainsi la chaleur est concentrée sur un périmètre restreint d'où l'importance de préconiser des matériaux homogènes avec un albédo élevé.

- Les façades se trouvant en cœur d'îlot :

En cœur d'îlot il est préconisé d'avoir des albédos élevés sur les façades orientées Est, Sud et Ouest car, c'est celles qui reçoivent le plus de rayonnement solaire. Néanmoins la présence de végétation et les prospects larges permettent d'évacuer la chaleur de surfaces et de ce faite d'avoir une température ambiante convenable.

L'albédo sur les rues :

Comme les rues couvrent la plupart des quartiers dans les espaces urbains, la morphologie des rues canyon joue un rôle important dans la création du climat. Elle influence directement la température de l'air, l'humidité et l'écoulement de l'air à l'intérieur des rues aussi bien que les espaces environnants.

Les surfaces recouvrant les paysages urbains sont très fréquemment de l'asphalte ou du béton. Ces revêtements ont un faible albédo, ce qui signifie qu'ils ne réfléchissent pas les rayons solaires. Ceci a pour conséquence que la surface du sol emmagasine la chaleur, ce qui provoque une élévation de la température ambiante.

Il existe divers types de technologies pour contrer les effets de l'ICU :

Sur l'asphalte : mélange de bitume (liant) et de gravier, la première solution consiste à intégrer du gravier blanc et de moins le tasser lors de l'application, ce dernier restant alors à la surface de la route, sa couleur plus claire permet alors de diminuer la rétention de chaleur. La deuxième solution, c'est de rajouter des pigments de teinte pâle, ce qui permet d'augmenter l'effet albédo.

La troisième solution c'est d'utiliser de l'asphalte poreux en mélangeant des granulats de dimension supérieure à ceux incorporés traditionnellement. On libère ainsi l'espace nécessaire pour que l'eau de pluie s'écoule entre les cailloux. De cette façon, l'eau peut ruisseler fournir au sol une meilleure hydratation.

Une autre solution peut être prise en compte, c'est l'utilisation de liant d'origine végétale, Ce matériau ne contient pas de dérivé pétrochimique. Sa mise en œuvre ne contamine pas les eaux de ruissellement et ne dégage ni vapeur ni gaz toxique (Solution utilisée sur le grand Lyon), néanmoins elle est privilégié sur les chaussées à circulation douces, pistes cyclables, voies piétonnes et chaussées emprunté occasionnellement par les véhicules.

Le béton ou bien l'enrobé bitumineux :

Il offre une caractéristique intéressante de par sa couleur claire. Celle-ci a un albédo élevé qui réduit la chaleur ambiante. On peut en outre le modifier de façon à ce qu'il soit perméable.

La route peut être faite entièrement de béton, ou l'asphalte est recouvert d'une fine couche de béton, solution moins coûteuse et autorisant un accès facile aux canalisations.

En outre on peut modifier la structure du béton afin qu'il devienne perméable en y intégrant un gravier de plus gros calibre. On obtient de cette façon les mêmes avantages que l'asphalte poreux quant à la percolation de l'eau.

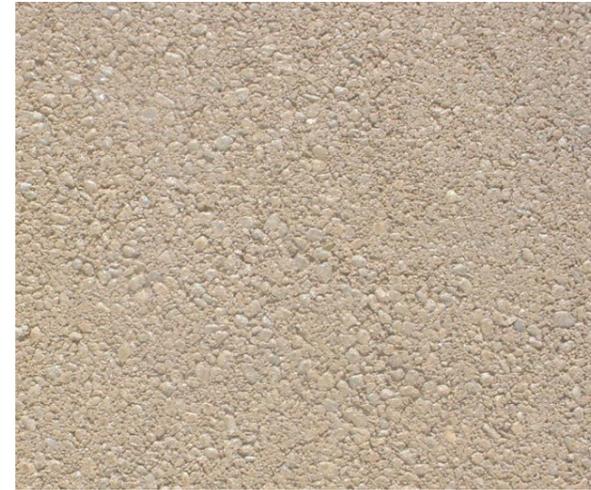
Les dalles ou les pavages : elles sont généralement en granit ou en béton, l'intérêt d'utiliser ce genre de produit réside dans la capacité d'avoir des matériaux avec des surfaces favorisant des albédos élevés (dalle en béton clair avec surface lisse) en plus la mise en œuvre avec des joints perméable favorise l'infiltration de l'eau. Ce genre de matériaux peut être utilisé sur les chaussées piétonnes, sur les trottoirs et même sur les voies circulantes.

2 – Le sol

Revêtements de sol

Le choix est à la fois esthétique et technique

- favoriser des revêtements de sol clairs, à fort albedo
- réutilisation et valorisation des matériaux du site de l'extension
- privilégier les revêtement poreux ou transparent sur la pleine terre quand la percolation est possible (cf pollution sol/nappe)



enrobé végétal (type végécol)



béton avec éléments recyclés insérés



stabilisé



revêtement drainant sur assise drainante type «terraway»



sol surélevé «transparent»



«platelage» béton préfabriqué



béton désactivé + mulch



terre + gravier



mulch



platelage bois

3 – Matériaux

Réutilisation et valorisation des matériaux sur le site de l'extension :

Le site comprend des zones construites telles que des friches industrielles, des entrepôts, des commerces etc. Sur chaque site étudié, il sera demandé aux concepteurs d'étudier deux méthodes, la réutilisation et la valorisation des matériaux.

Certaines constructions sur le site ont été bâties avec des pierres taillées, brutes etc. dont l'appareillage est lié à l'architecture traditionnelle méditerranéenne. C'est par exemple le cas des murs en pierre taillée dressée dont l'inertie liée à la masse du matériau est considérée comme très bonne. Il serait intéressant de récupérer ces pierres pour un réemploi in situ, possible et envisageable sur les traitements de surfaces extérieurs.

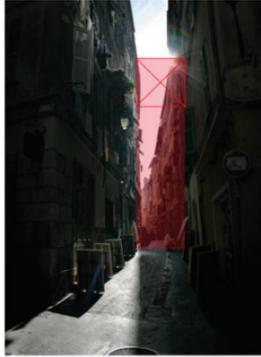


1 – Les prospects

1-a Exemples de prospects

H/L > 3

“Esprit Médiéval”



Rue Saint Joseph
Largeur rue : 3.5 m
Hauteur : 13.5 m
Rapport H/L : 3.86

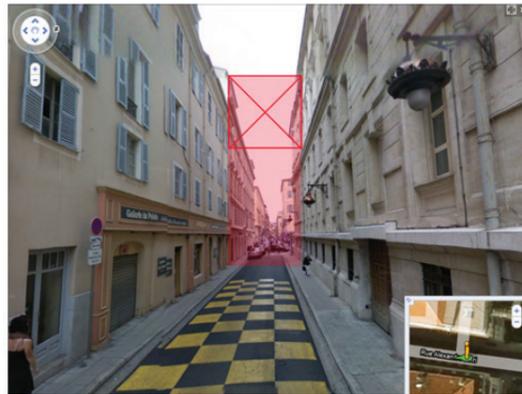
Nice Marseille

H/L > 3

“Esprit Médiéval”



Rue du puits baussenque
Largeur rue : 3 m
Hauteur : 9.5
Rapport H/L : 3.17



Rue Alexandre Mari
Largeur rue : 7 m
Hauteur : 18.5 m
Rapport H/L : 2.64

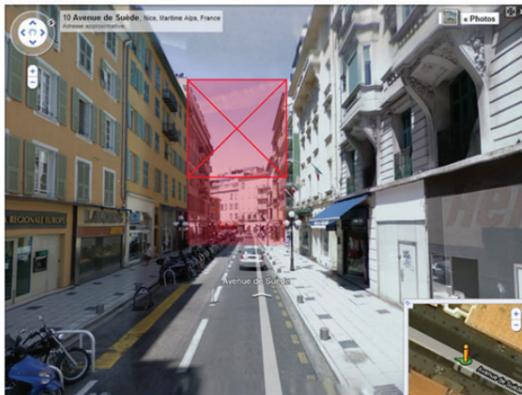
rue piétonne du centre
ville, confortable malgré
sa largeur de voie (6m)



Rue de Grignan
Largeur rue : 6 m
Hauteur : 11.5 m
Rapport H/L : 1.92

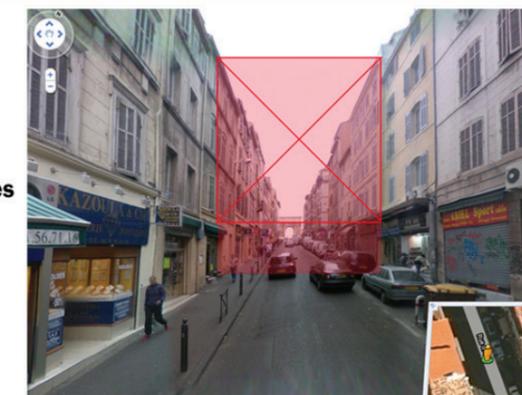
Composition de la rue :

- Largeur d'une rue de quartier
- Bon ensoleillement
- Trottoir confortable
- Piste cyclable large



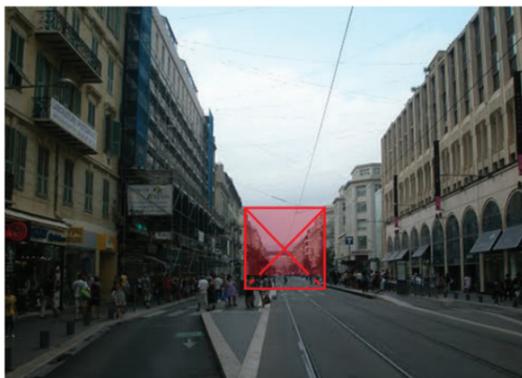
Avenue de Suède
Largeur rue : 12 m
Hauteur : 20.5 m
Rapport H/L : 1.71

- Grande hauteur par niveau
- Un rez de chaussée > 4 mètres
- Trottoir large
- Bon ensoleillement



Rue d'Aix
Largeur rue : 12 m
Hauteur : 16 m
Rapport H/L : 1.33

H < L



Avenue Jean Medecin
Largeur rue : 23.5 m
Hauteur : 20 m
Rapport H/L : 0.85

H = L + 1.5



Cours Lieutaud
Largeur rue : 19 m
Hauteur : 20.5 m
Rapport H/L : 1.08

H/L > 3

"Esprit Médiéval"



Rue de la baleine

Largeur rue : 4 m
Hauteur : 12.5 m
Rapport H/L : 3.13

Lyon Barcelone

H/L > 3

"Esprit Médiéval"



Carrer dels Escudellers
Largeur rue : 3 m
Hauteur : 15.5 m
Rapport H/L : 5.16

Composition classique d'une rue commerçante et piétonne :

- Bon ensoleillement,
- Rue respirante
- Bonne largeur de la voie



Rue Victor Hugo

Largeur rue : 10.5 m
Hauteur : 18.5 m
Rapport H/L : 1.76

Rue trop étroite

Carrer de la Lluna
Largeur rue : 6 m
Hauteur : 16.5 m
Rapport H/L : 2.75



Rue Jean Carries
Largeur rue : 10.5 m
Hauteur : 13.5 m
Rapport H/L : 1.29

Bon mais tant.

bon ensoleillement de la voie, vis à vis existant à prendre en compte

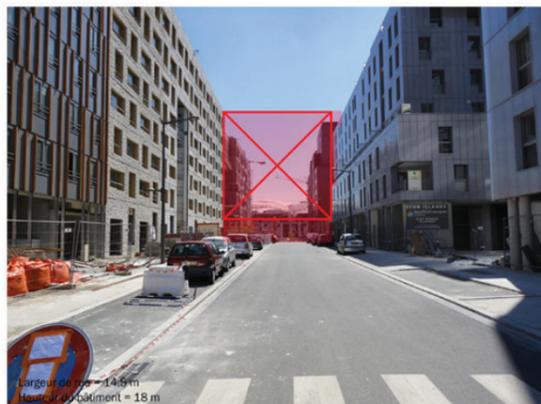


Carrer de Ferrar
Largeur rue : 8.5 m
Hauteur : 20.5 m
Rapport H/L : 2.41

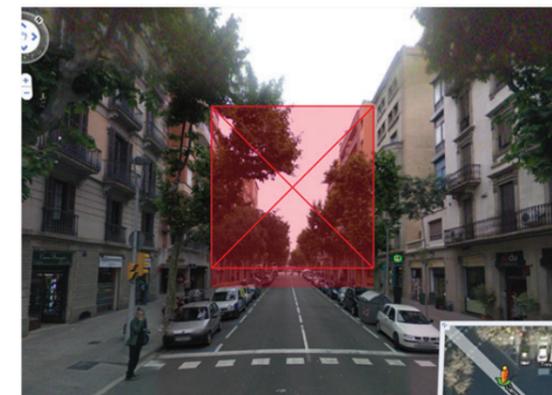
Rue "Nouvelle" d'un quartier neuf de Lyon.

H = L + 3.5

La proportion de la rue est similaire à celle d'un boulevard, pour autant cette rue est une voie de desserte de quartier.



Zac Lyon Confluences
Largeur rue : 14.5 m
Hauteur : 18 m
Rapport H/L : 1.24

H = L + 2

Carrer del Bruc
Largeur rue : 17 m
Hauteur : 19 m
Rapport H/L : 1.12



Alger

H/L > 3

“Esprit Médiéval”



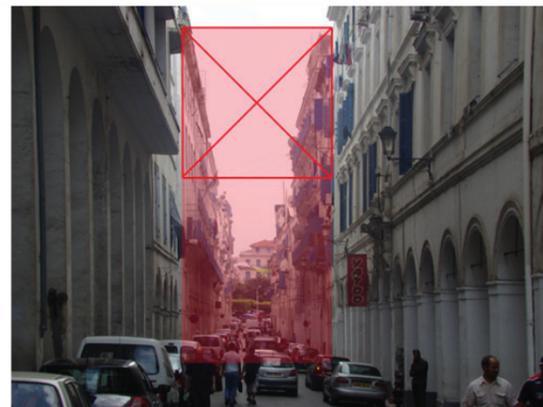
Casba
Largeur rue : 2.5 m
Hauteur vue : 10 m
Rapport H/L vue : 4.00



Rue de la Lire
Largeur rue : 7.5 m
Hauteur : 19.5 m
Rapport H/L : 2.60

Composition de la rue
“classique méditerranéenne”,

- Rue très étroite,
- Proportion H/L élevée
- socle des immeubles constitué avec des arcades.
- Un rez de chaussée sur trois niveaux

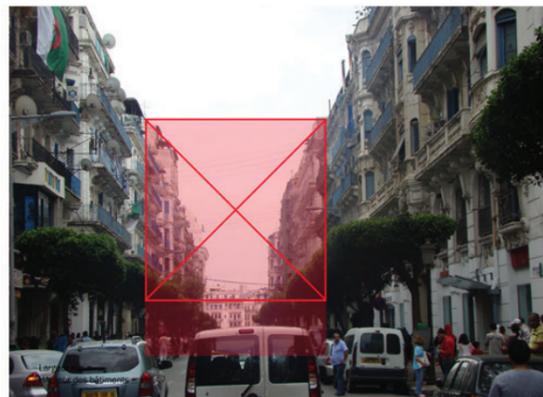


Rue centre ville
Largeur rue : 10 m
Hauteur : 22.5 m
Rapport H/L : 2.25

Composition classique du Boulevard,

H = L + 1.5

Rue confortable compte tenu de la largeur.



Boulevard centre ville
Largeur rue : 14 m
Hauteur : 15.5 m
Rapport H/L : 1.11

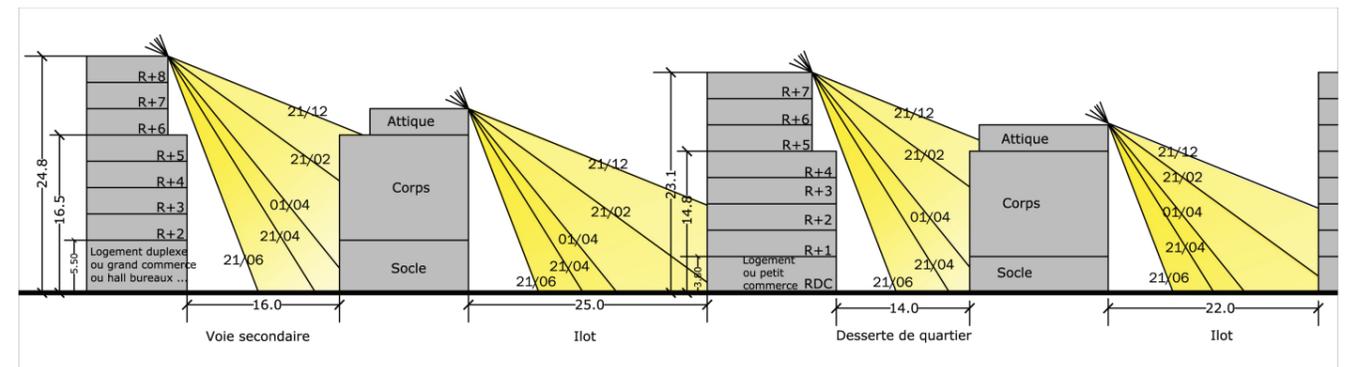
1-b Choix du prospect, Facteur lumière du jour

L'objectif est de concevoir dans la continuité d'un urbanisme « traditionnel », une première protection usuelle contre le soleil par des masques bâtis plus importants que ce que ce qui est pratiqué généralement dans les nouveaux quartiers de France : "H=P+x".(*)
(*) avec H = hauteur du bâti et P = largeur de la rue.

En effet, le facteur lumière étant très favorable autour du bassin méditerranéen, nous pouvons envisager des modèles de type méditerranéen plutôt que ceux du Nord (H=P+x) dont l'objectif est de faire entrer un maximum de soleil.

Les limites d'un haut prospect sont aussi évoqués dans l'étude. C'est le cas d'un prospect dont H=Px3.

Un bon rapport se situerait entre 1.2 < H/P < 2



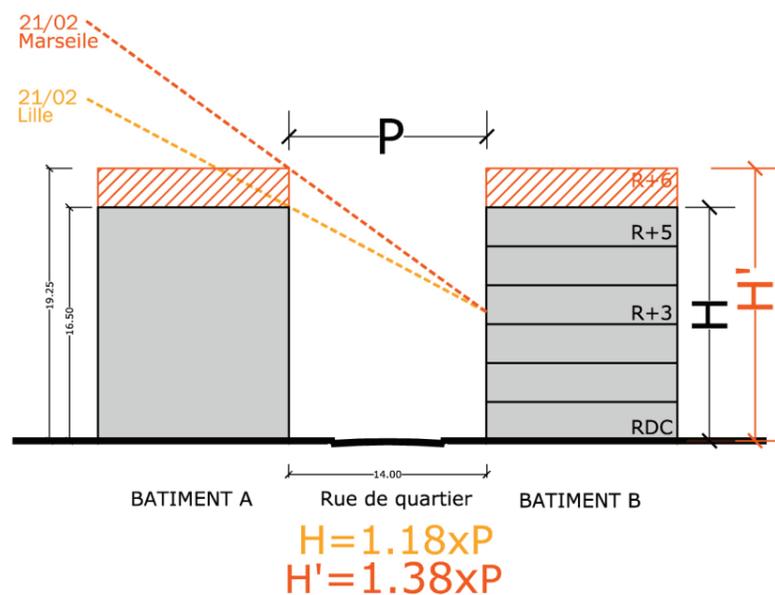
Le rapport «H=P*1.5» en moyenne est bien sûr fonction d'une largeur de rue mais aussi d'une ambiance recherchée dans la rue.

2 – Le logement

Constructibilité et rayons solaires

Le graphique ci-dessous illustre deux prospects. Le premier prospect en bleu est celui d'un quartier nouveau type, "H=P+0.2". L'angle du rayon du soleil du 21 février est celui sous les latitudes 50°N, ce qui correspond à la latitude de la ville de Lille dans le Nord de la France. Le soleil pénètre au R+3.

La comparaison du rayon du soleil au 21 février entre Lille et Marseille (deuxième prospect) démontre qu'à lumière équivalente dans un appartement, on peut rajouter un niveau supplémentaire.

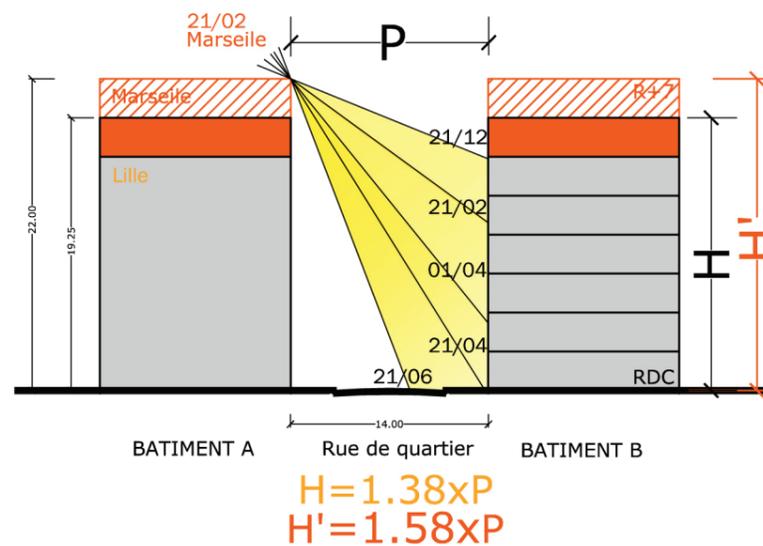


Constructibilité et confort lumineux

L'étude comparative de quelques exemples de villes méditerranéennes proposait auparavant des prospects ayant un rapport Hauteur de bâti sur Largeur de rue plus important que celui présenté ci-dessus de $H = 1.38 \times P$. Pourquoi cette différence ?

Il n'y a pas seulement l'angle du soleil qui doit être étudié mais la lumière dans son ensemble. C'est-à-dire, la lumière diffuse, la lumière réfléchie etc... Or nous avons démontré précédemment qu'un facteur de lumière du jour (confort lumineux) de 2% (% confortable à respecter dans la certification HQE) en région parisienne correspond à un facteur de lumière du jour (FLJ) de 1.2% à Marseille.

En effet, la lumière était plus intense et plus forte et le temps plus dégagé à Marseille qu'à Paris. Donc d'un point de vue du confort lumineux, il peut être alors envisagé deux niveaux supplémentaires, ce qui revient à un prospect de $H = P \times 1.58$, comparables aux exemples confortables de prospects des villes méditerranéennes précités dans l'étude.

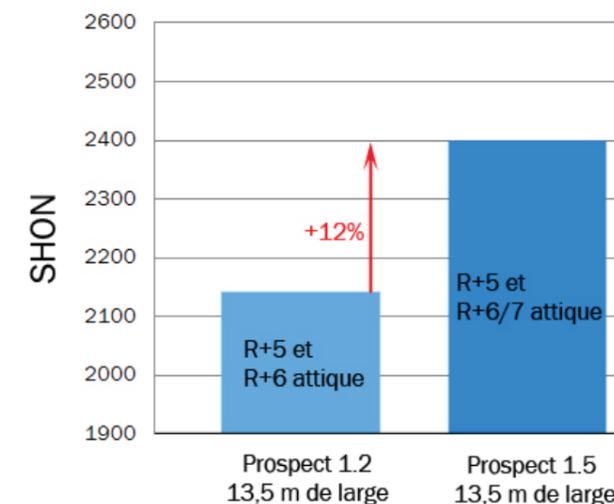


Il est possible à Marseille grâce aux dispositions particulières du PLU, d'augmenter les prospects dans les rue, dans un rapport compris entre de $H = 1.2 \times P$ et $H = 2 \times P$, sans perdre le confort lumineux par rapport à un prospect de nouveau quartier dans une région au Nord de la France. Il est donc intéressant du point de vue de la densité, de la protection solaire d'augmenter ce rapport pour une largeur de rue de 14 mètres en moyenne. De plus, cela permet de concevoir un urbanisme en lien avec l'urbanisme traditionnel.

Calcul de la constructibilité d'un immeuble de logement selon les trois hypothèses présentées :

+ 12% de SHON supplémentaire, pour un immeuble identique dont seul le prospect est modifié.

Calcul de la SHON sur bâtiment de logement 30 mètres de long et 13,5 de large



3 – Les bureaux

Constructibilité et confort d'été

La hauteur sous plafond d'un immeuble de bureaux « classique » est de 3m70, tel qu'il est dessiné ci-contre.

Or au vue de la place nécessaire pour faire passer tous les fluides, il n'est pas nécessaire de créer un faux-plafond sur toute la superficie du niveau.

Ce qui nous amène à comparer deux modèles de bureaux.

Le premier fait échos à la constitution « classique » de bureaux que nous rencontrons aujourd'hui. Le second modèle est celui qui pourrait être projeté pour Euromed.

La hauteur des faux plafonds est diminuée au strict minimum pour faire passer les fluides. Le faux plafond est contenu au-dessus de la circulation. Les plateaux de bureaux ainsi libérés du faux plafond pourraient être réduits en hauteur. Avec ce nouveau modèle, seule la circulation est donc réduite en hauteur à 2m20.

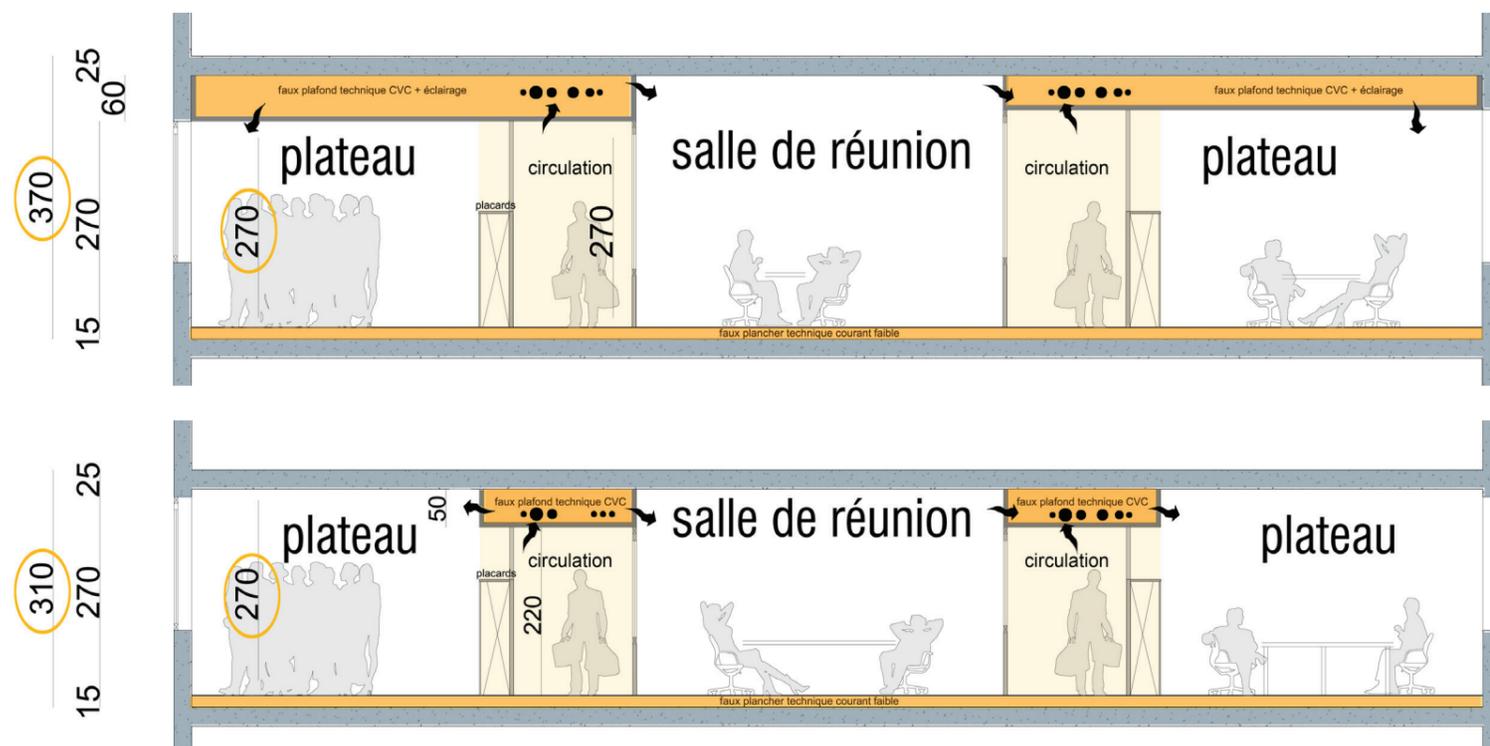
- Une première économie est trouvée en diminuant le coût de la façade, en réduisant la hauteur de façade par niveau de 60 cm.
- Une seconde inhérente en limitant la matière du faux plafond, on fait l'économie d'environ 60% du faux plafond.
- Mais ce modèle a un autre avantage ! En limitant le faux plafond dans les parties de travail, l'inertie de la dalle est récupérée dans l'espace de travail assurant ainsi un meilleur confort en été. La ventilation nocturne dont l'intérêt est d'abaisser la température la nuit lors de journée chaude grâce à un stockage de frigories est d'autant plus efficace.

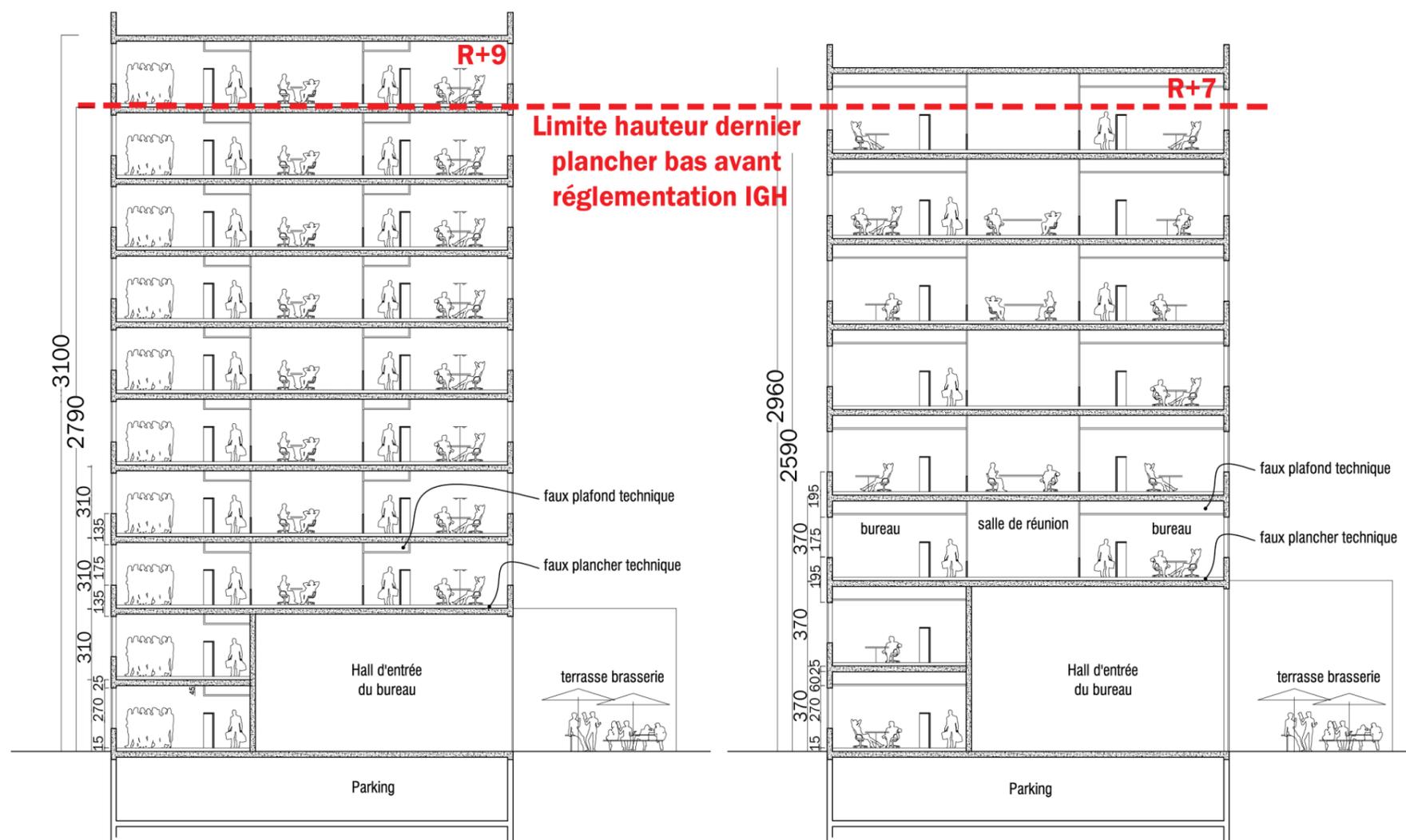
Evaluation : Avec ce nouveau modèle de bureaux "méditerranéens", quelles sont les conséquences au niveau des surfaces constructibles ?

En raisonnant à l'échelle d'un immeuble, l'économie peut venir d'un coût de construction diminué.

En superposant les niveaux des deux modèles explicités ci-dessus, le modèle Euromed permet d'offrir deux niveaux supplémentaires si on limite la hauteur de l'immeuble à 28 mètres au dernier plancher bas, ce qui correspond au changement de réglementation vers une réglementation d'Immeuble à Grande Hauteur (IGH), dont les règles sont beaucoup plus contraignantes.

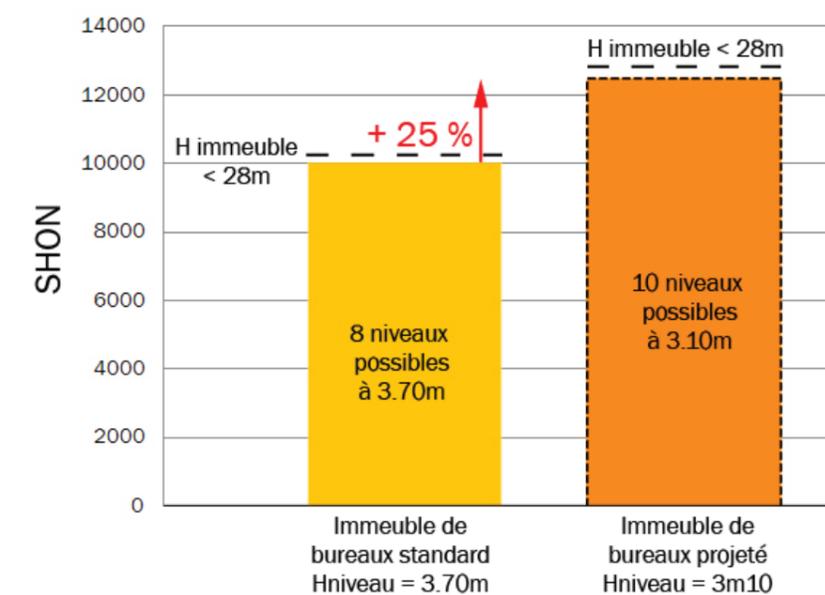
Cas d'étude sur un bâtiment de 75 mètres de long et de 18 mètres de large pour du bureau.





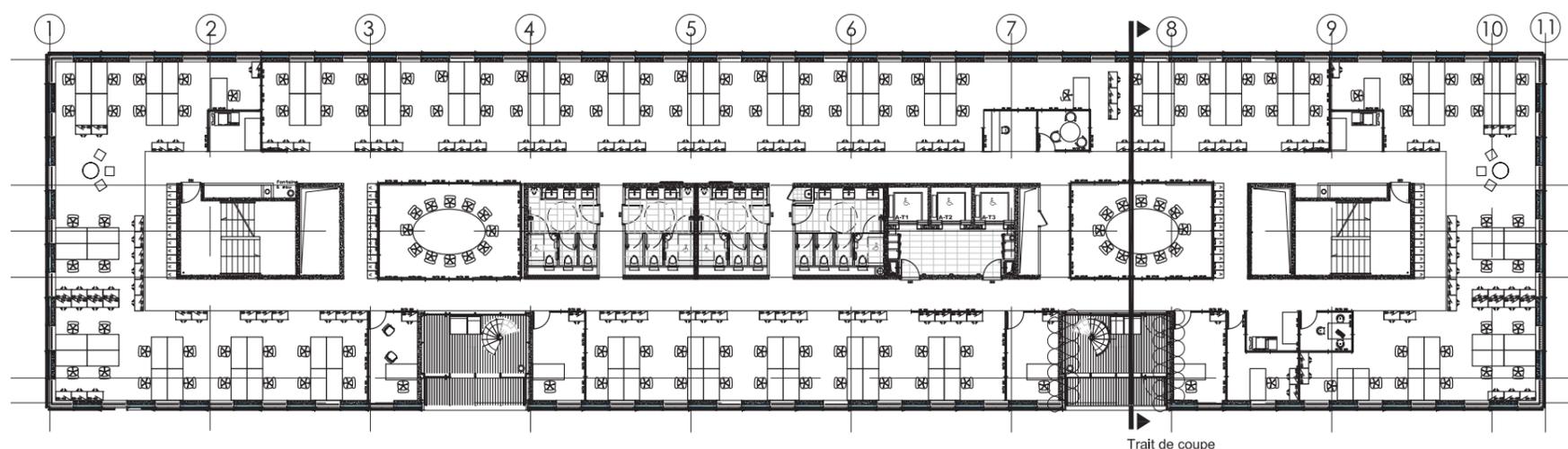
Calcul de la constructibilité d'un immeuble de bureaux selon l'hypothèse d'un modèle d'immeuble "méditerranéen" :
 + 25% de SHON supplémentaire, pour une hauteur bâtie identique dont seules la hauteur de la circulation (réduite à 2m20) et la superficie du faux plafond (limitée à la circulation) sont modifiées.

Calcul de la SHON de deux immeubles de bureaux de 75 mètres de long et 18 mètres de large



> Un immeuble de bureaux dont la hauteur dalle à dalle est réduite à 3m10 augmente de 25% la surface constructible. (et dont la hauteur du dernier plancher bas est inférieure à 28 mètres). Il est donc intéressant de concevoir de nouveaux modèles de bureaux dont l'intérêt n'est pas seulement économique, car le modèle présenté accroît les possibilités de décharge thermique dans l'immeuble la nuit, et de systèmes adaptés à la boucle à eau de mer telle que la poutre froide.

> Il serait intéressant d'un point de vue de la flexibilité des espaces (logements + bureaux) de mettre en œuvre une hauteur généralisée à l'ensemble d'Euroméd à 3m10.



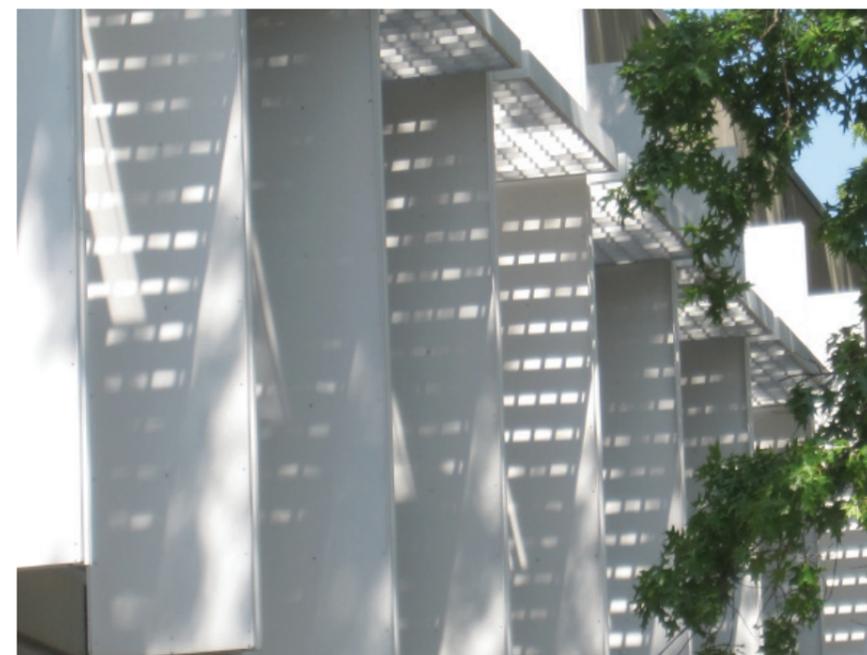
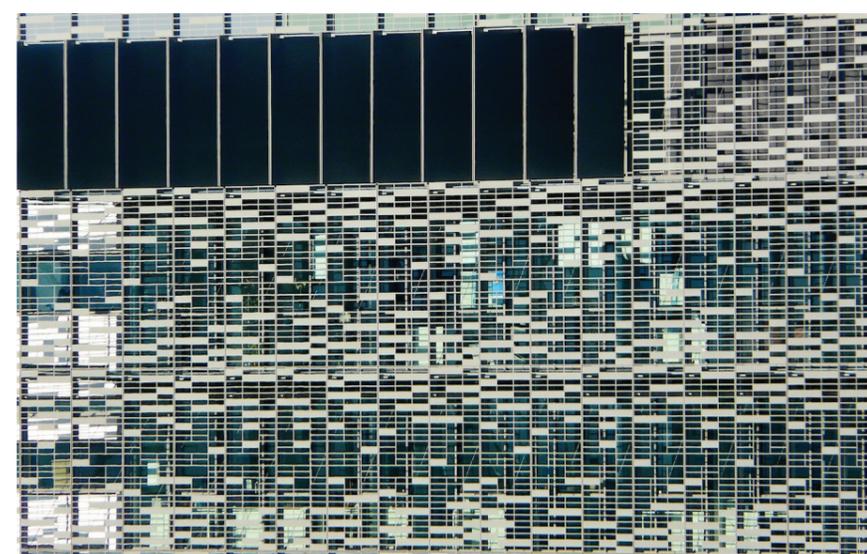
4 – À l'échelle du bâtiment

Les protections solaires / systèmes d'occultation

Les protections solaires dans les villes méditerranéennes participent à l'ambiance d'une rue. Des claustras, au moucharabieh en passant par les stores extérieurs, chaque ouverture est équipée d'un dispositif différent selon son orientation, sa fonction...

Les villes méditerranéennes nous offrent une déclinaison importante de ces dispositifs dont nous pouvons rappeler, ici, les quelques propriétés importantes:

- Le store extérieur en tissus (voir photo), permet une protection rapide, économique, efficace. Attention au vent. La recherche de l'ombre se fait au détriment de la vue ; En revanche avec ce système, le balcon devient une pièce dans l'appartement. Ouverts sur les côtés, le store extérieur permet d'apporter un minimum de lumière dans la pièce
- Les claustras ou les persiennes sont encore très présentes. La déclinaison en lame de bois ou en motif ne modifie pas ces fonctions : Apporter de la pénombre, se protéger du soleil sans empêcher l'air de s'introduire dans la pièce.
- Il est aujourd'hui possible d'utiliser ce type de protection tout en encourageant la décharge thermique nocturne. En effet, certains de ces produits peuvent être certifiés contre le vol, ce qui permet de laisser ouverte la fenêtre la nuit et de rendre possible des courants d'air pendant la nuit.



Toiture solaire productrice d'énergie

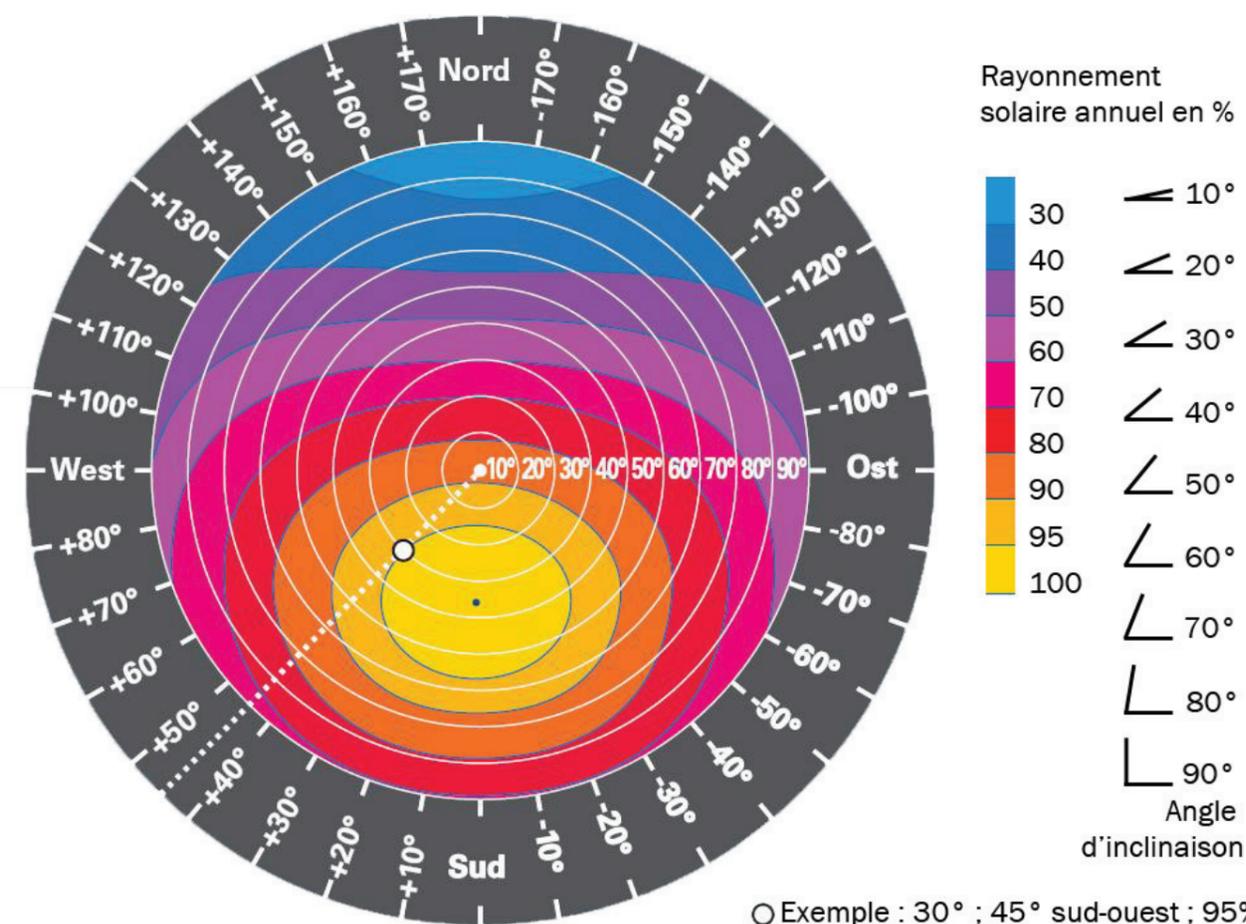
Les schémas présentés ci-contre montrent selon l'orientation et l'angle choisi la productivité associée à des panneaux photovoltaïques. Aujourd'hui plusieurs technologies sont possibles. Les panneaux en silicium monocristallin possèdent les rendements les plus élevés, les produits à base de silicium amorphe quant à eux ont des rendements faibles mais à un coût plus économique. Au vu de la surface peu importante en toiture (densité élevée), la meilleure productivité des technologies sera recherchée.

D'autres sources de production d'énergie renouvelables sont possibles et seront étudiées par les concepteurs comme l'éolien. En effet, l'éolien s'inscrit aussi dans le développement des énergies renouvelables de proximité. Cette technologie ne bénéficie toutefois pas de conditions de rachat aussi intéressantes que le photovoltaïque, et l'énergie est le plus souvent utilisée directement sur le site. Néanmoins elle constitue un mixte énergétique très intéressant avec le solaire. Si le temps n'est pas clément, alors souvent le temps est associé à du vent (et de la pluie). Le photovoltaïque passe donc le relais à l'éolien.

| Azimut (+/-) | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
|--------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| inc. Hor | | | | | | | | | | |
| 0° | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 10° | 7 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 22 | 22 |
| 20° | 2 | 3 | 6 | 10 | 14 | 19 | 24 | 28 | 31 | 32 |
| 30° | 0 | 1 | 5 | 10 | 16 | 23 | 31 | 37 | 41 | 42 |
| 40° | 0 | 2 | 6 | 12 | 19 | 28 | 37 | 45 | 50 | 51 |
| 50° | 3 | 4 | 8 | 15 | 23 | 33 | 42 | 52 | 58 | 60 |
| 60° | 7 | 9 | 13 | 20 | 28 | 38 | 48 | 57 | 64 | 67 |
| 70° | 14 | 15 | 19 | 25 | 33 | 43 | 53 | 62 | 69 | 72 |
| 80° | 23 | 24 | 27 | 32 | 40 | 48 | 57 | 66 | 72 | 75 |
| 90° | 33 | 33 | 35 | 40 | 46 | 54 | 62 | 69 | 74 | 76 |

| | |
|--|--|
| | pertes faibles = < 10% |
| | pertes acceptables par l'ADEME = < 35% |
| | pertes non acceptables = > 35% |

Source : Tecsol

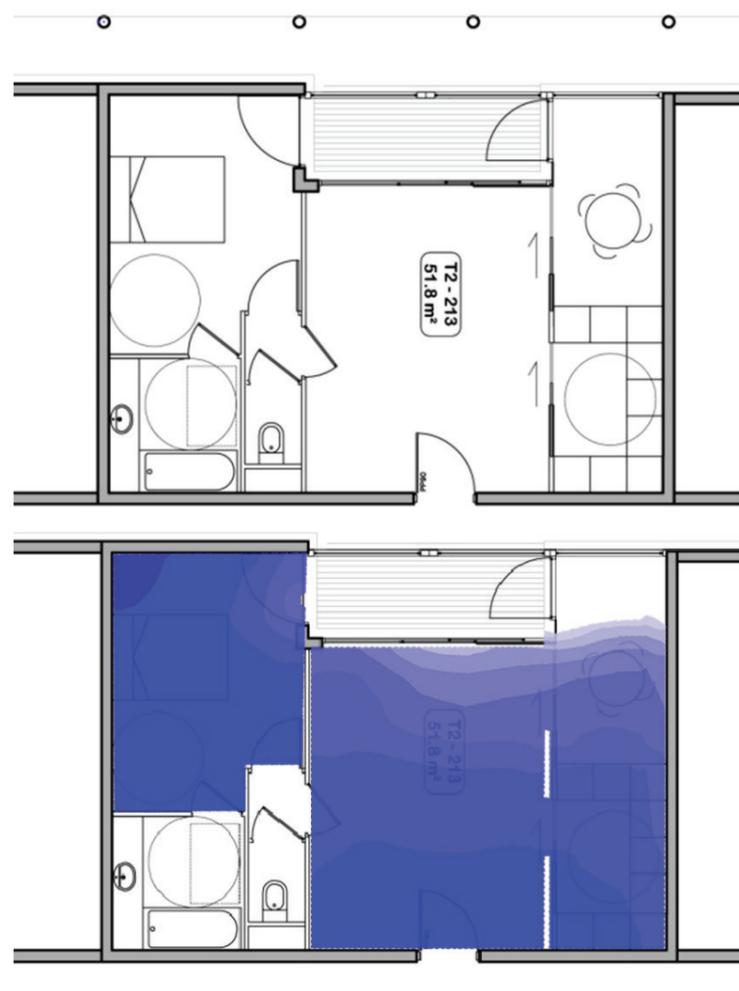


ventilation

Orientation des logements

Il est effectivement difficile aujourd'hui de proposer des petits appartements traversants, T1 ou T2. Néanmoins il est toujours possible d'améliorer les brassages d'air grâce à des patios ou des loggias.

Exemple de Logement type mono-orienté - Typologie FL



Les tours à vents

Dans le bassin méditerranéen, on retrouve plusieurs dispositifs architecturaux et techniques qui permettent la mise en place de mouvement d'air dans le logement pour améliorer le confort d'été. Par exemple, les tours à vents qui permettent d'introduire de l'air frais dans le logement ou par effet de cheminée d'aspirer l'air chaud et de créer des mouvements d'air. Plusieurs architectes ont déjà réinterprété les tours à vents comme moyen de rafraîchissement des immeubles. Ici, le projet en question adopte le parti d'une tour à vent pour le rafraîchissement de l'îlot. La tour à vent est associée à un bassin d'eau pour faire chuter la température.

Les combles ventilés

Autrefois, les combles appartenaient à tout le monde. C'était un niveau commun pour sécher le linge. Le décollage de la toiture permettait à l'air de s'y introduire. On bénéficiait alors d'une ventilation dans les combles (évacuation de l'air chaud des combles) et d'une pièce commune pour le séchage du linge.

Aujourd'hui, ce système pourrait revenir dans nos immeubles afin d'offrir un lieu commun laverie + buanderie économisant ainsi le nombre de machines à laver et profitant d'un séchage naturel sans consommation d'énergie.

L'œil de bœuf

L'œil de bœuf est une ouverture ovale au dessus des fenêtres. En ouvrant l'œil de bœuf, une circulation d'air est créée. Ce système permet à l'air chaud de la pièce d'être évacué et de favoriser le brassage d'air. On retrouve ce système aujourd'hui avec la mise en place d'une ventilation haute et basse au niveau de la fenêtre.



Yazd-Iran.
Richard Tolouie (Photo)



Sidi Ferruch-Algérie.
Les combles ventilés

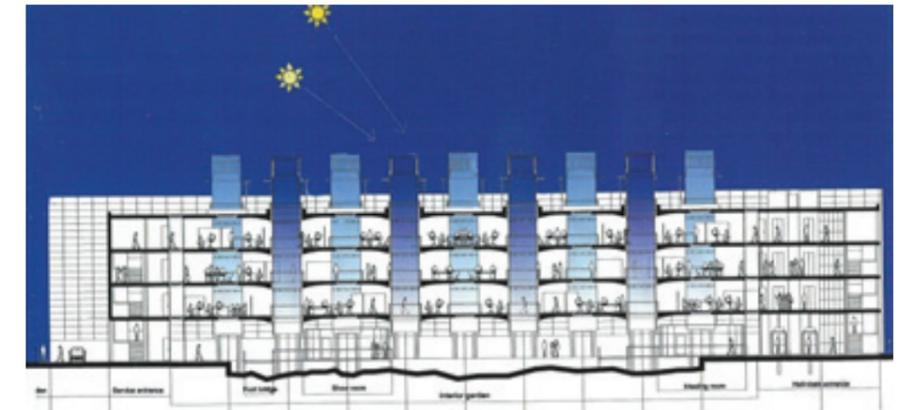


Illustration de l'œil de bœuf
traditionnelle méditerranéenne

La ventilation naturelle assistée

La ventilation double-flux et la ventilation simple flux sont les deux systèmes mécaniques aujourd'hui prépondérants pour la ventilation d'un immeuble de bureaux ou de logements.

Or l'audit énergétique nous a montré que la ventilation double-flux ne s'imposait pas à Marseille, sous un climat clément. Reste donc la ventilation simple-flux. Il existe plusieurs systèmes de ventilation simple flux économe en énergie que l'on appelle communément la ventilation naturelle assistée.



Mario Cucchinella-Italie.
Principe de la ventilation
sur un immeuble de bureau

Qualité de l'air

Lorsque l'on est en site bruyant ou pollué, la centrale d'air de la ventilation double flux permet un filtrage efficace de l'air dans les locaux.

La décharge énergétique nocturne - ventilation naturelle

Préalable :

Les bâtiments de bureaux sont très énergivores en froid, car il y a de forts apports calorifiques internes : informatique, imprimante, local serveur, éclairage...

Il est important tout d'abord de diminuer ces apports en réduisant les puissances installées (éclairage, ordinateurs portables...), et en éteignant les appareils lorsqu'ils sont inutilisés la nuit, et le midi.

Principe :

L'inertie du bâtiment est utilisée pour apporter un complément de rafraîchissement l'été. Les masses thermiques sont utilisées comme stockage de frigorifiques, notamment la nuit. Dans tous les cas, les masses thermiques devraient être physiquement visibles pour améliorer l'échange thermique : faux-plafond partiel, ou pas de faux-plancher, ou utilisation de matériaux à changement de phase. Ces systèmes permettent de décharger le bâtiment de ses calories accumulées en journée et de diminuer les appels de puissance en froid le matin.

Vecteur eau :

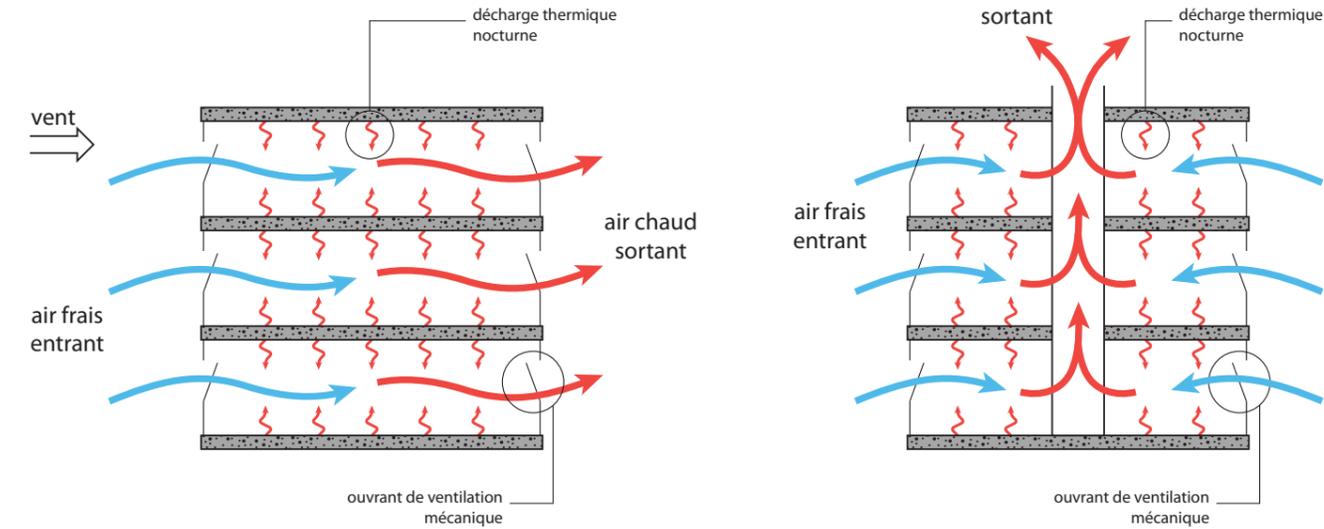
On peut décharger le bâtiment par un système de dalles actives : circulation d'eau dans la masse de béton ou un système de plafond rayonnant hybride. Le circuit d'eau est refroidi par la boucle à eau de mer, ou par une autre source froide.

Vecteur air :

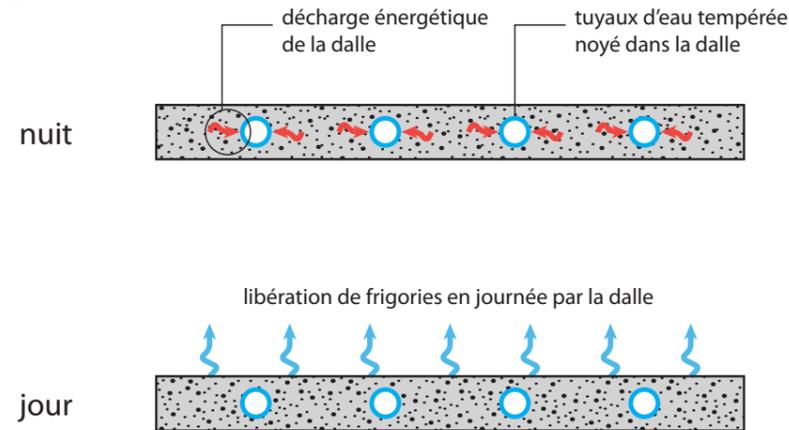
Il est nécessaire dans ce cas de ménager des ouvertures sur l'extérieur dans les bureaux. L'écart de température moyen jour/nuit de 8°C en été est favorable à cette solution car la température la nuit est suffisamment basse pour rafraîchir l'air ambiant.

Il est possible de faire de la ventilation traversante en ouvrant les façades de chaque côté. Le phénomène moteur est alors le vent. On peut également avoir des trémies de ventilation dans les zones internes et évacuer l'air en toiture. Le phénomène moteur est alors le vent et le tirage thermique.

Vecteur Air



Vecteur Eau



1 – A l'échelle de l'îlot

1-a Gestion de l'eau de pluie pour l'arrosage

Il a été étudié une parcelle d'environ 17 000 m² pour connaître les apports possibles en eau pluvial que l'on pourrait récupérer et les besoins que l'on aurait à satisfaire :

- Emprise pleine terre : environ 7000 m²
- Surface toiture : environ 7000 m²

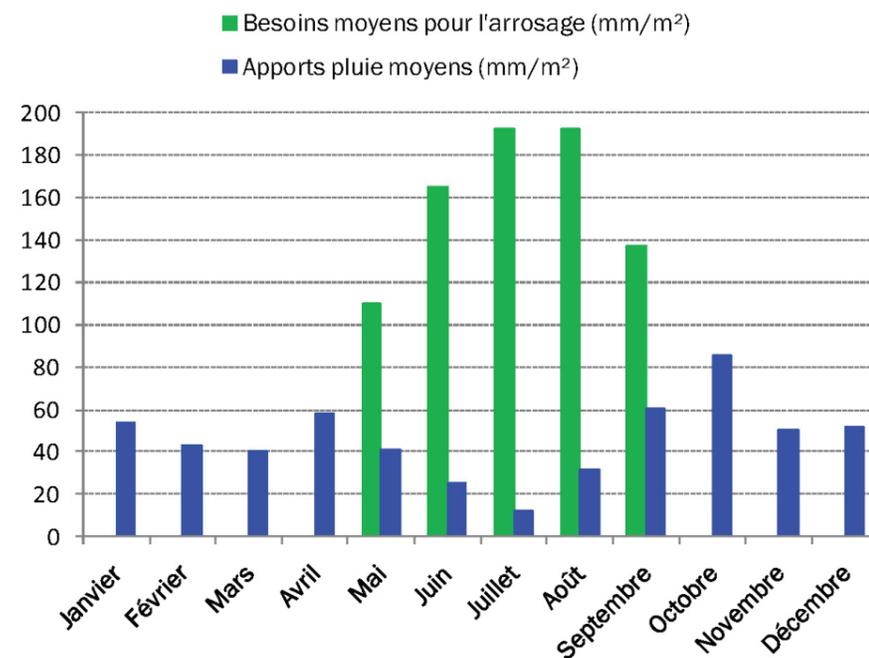
En période sèche, les apports des toitures (hypothèse 60% disponible) couvrent environ 30% des besoins en eau pour l'arrosage uniquement.

Un mois de besoins en eau de la période sèche peut être apporté par 2 à 3 mois d'apports (hypothèse 60% des toitures) de la période humide, le stockage est donc prépondérant pour rentabiliser la récupération des eaux de pluie.

En conclusion, les besoins en arrosage des espaces verts de l'îlot étudié peuvent être entièrement comblés par la récupération des eaux de pluie à deux conditions :

- Surface raccordée d'au minimum 60% des toitures principales,
- Mise en place de réservoirs permettant de stocker les apports mensuels des mois humides (octobre à mai) soit environ 1700 m³.

Cette solution n'apparaît pas être économiquement viable.



1-b Gestion de l'eau de pluie

Noue

Les noues végétalisées consistent à remplacer le réseau eaux pluviales enterré par un réseau de fossés larges et peu profonds situés sur les espaces verts collectifs. Des busages permettent l'accès aux parcelles. Afin d'en réduire le nombre, il est recommandé de regrouper les accès. Ces noues présentent un caractère esthétique et paysager important.

- Principes

Large fossé qui s'adapte à la topographie du site, peu profond présentant des rives à pentes douces, permettant le stockage à l'air libre.

L'eau est amenée vers les noues par des canalisations ou par ruissellement direct.

Evacuation vers le réseau (noue étanche revêtue de béton et/ou sur membrane de confinement) ou par infiltration (si les caractéristiques du sous-sol le permettent).

Possibilité de cloisonner la noue en plusieurs tronçons si la topographie présente une forte pente.

- Points forts

Bonne intégration paysagère.

Multiplicité des usages : cheminement piétonnier, espaces verts...

Coût peu élevé.

Avantages liés aux possibilités d'infiltration : pas d'ouvrage de régulation/vidange à dimensionner et mettre en place.

- Points faibles

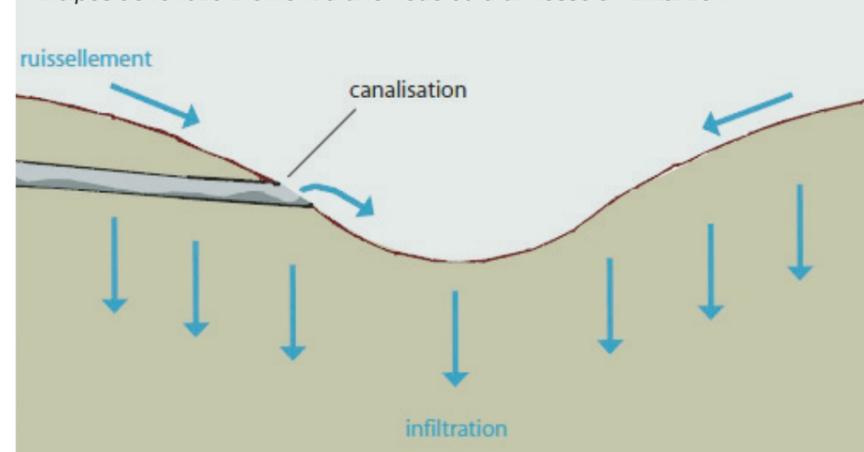
Entretien régulier, spécifique et indispensable pour limiter le colmatage et la stagnation des eaux.

- Réalisation et entretien

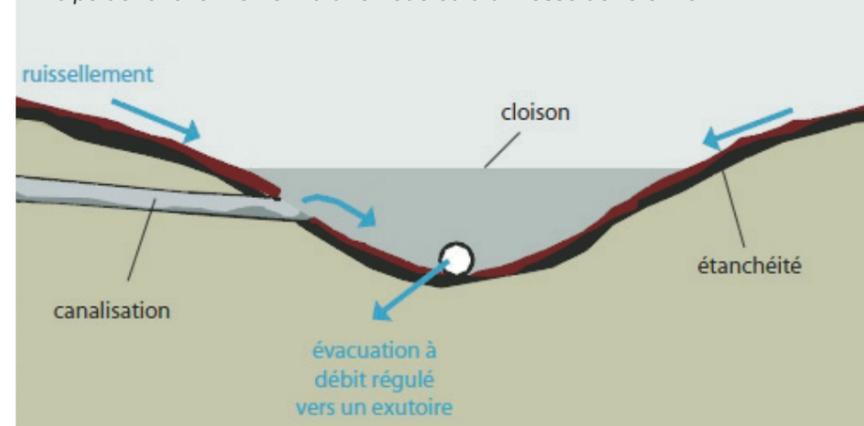
Profils en long et sections à exécuter avec soin pour garantir le volume de rétention.

Mettre en place des dispositifs anti-érosion.

Principes de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé d'infiltration



Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé de rétention



Tranchée / Fossé

• Principes

Fossé, peu large et de faible profondeur et comblé par un matériau poreux. Peut être couverte/végétalisée ou non.

L'eau est amenée vers les tranchées par des canalisations ou par ruissellement direct.

Evacuation vers le réseau (noue étanche) ou par infiltration (si les caractéristiques du sous-sol le permettent).

• Points forts

Bonne intégration, y compris en milieu urbain dense, le long des bâtiments, le long des voiries, trottoirs, pistes cyclables...

Faible emprise foncière.

Coût peu élevé

Bon comportement vis-à-vis de la pollution.

Avantages liés aux possibilités d'infiltration : pas d'ouvrage de régulation/vidange à dimensionner et mettre en place.

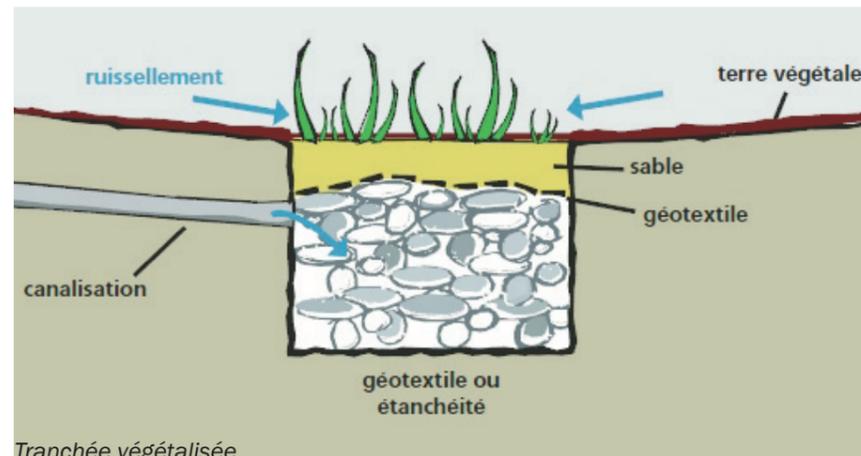
• Points faibles

Entretien régulier, spécifique et indispensable pour limiter le colmatage.

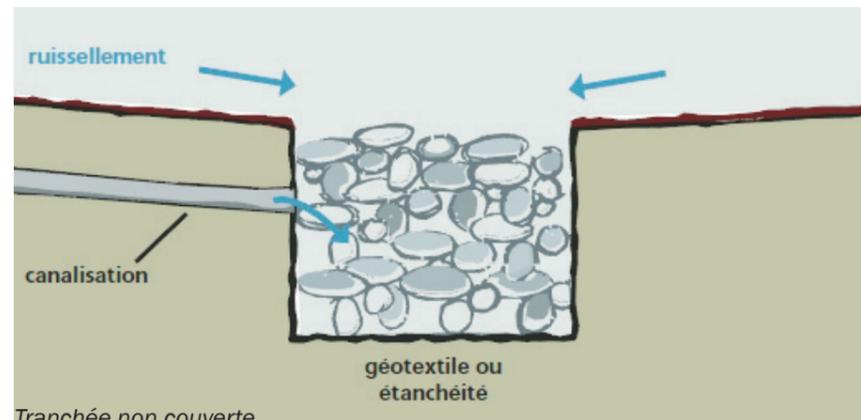
• Réalisation et entretien

Profils en long et sections à exécuter avec soin pour garantir le volume de rétention.

Prévoir un cloisonnement sur les sites pentus.



Tranchée végétalisée



Tranchée non couverte



Puits d'infiltration

• Principes

Ouvrages ponctuels, profonds ou non qui permettent le transfert des eaux vers les couches perméables du sol et l'infiltration.

Ils sont dimensionnés pour répondre au besoin de la zone collectée et alimentés soit directement par ruissellement, soit par des drains ou collecteurs.

• Points forts

Conception simple.

Bonne intégration paysagère.

Faible emprise foncière.

Pas de contrainte topographique majeure.

Pas d'ouvrage de régulation/vidange à dimensionner et mettre en place.

• Points faibles

A proscrire sur sol pollué pour ne pas diffuser les pollutions présentes dans les sols et vers la nappe.

Entretien régulier.

Concevoir le dispositif pour limiter les risques de transfert de pollution vers la nappe et les sols : pollution accidentelle en surface, eaux de voirie...

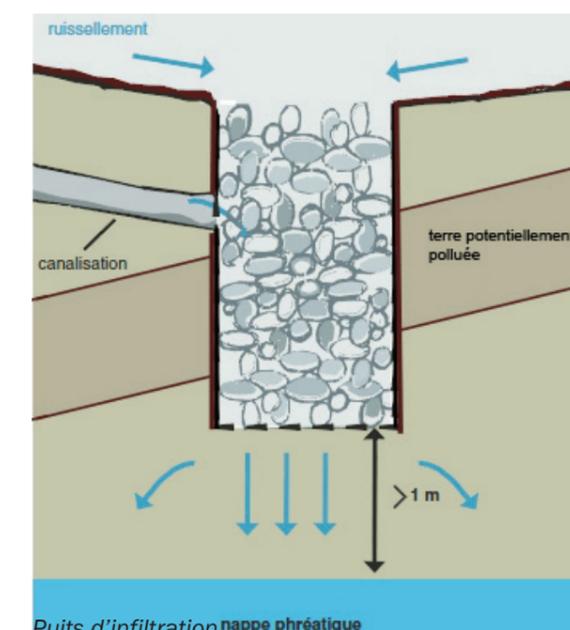
• Réalisation et entretien

Nécessite une bonne connaissance du sol et sous-sol et des capacités d'infiltration à différentes profondeurs.

Nécessite une étude sanitaire détaillée du sol et sous-sol pour évaluer la pollution présente.

Vérifier la capacité d'infiltration par des essais d'injection.

Contrôler les matériaux utilisés et leur porosité pour garantir le volume de stockage.



Puits d'infiltration nappe phréatique

Structure réservoir

Principes

Permet le stockage provisoire de l'eau dans le corps de la chaussée.

L'injection de l'eau se fait soit par infiltration au travers d'un revêtement de surface drainant (enrobé drainant ou pavé poreux), soit par l'intermédiaire d'un système de drains.

L'eau est évacuée par infiltration et/ou de manière régulée vers le réseau.

Le corps de chaussée est couramment composé de grave poreuse sans fine, ou bien de matériaux en plastique (nid d'abeille, casier réticulé...).

Totalement intégrée à l'aménagement, comme toute chaussée, elle supporte la circulation et le stationnement.

- Points forts

Insertion très facile, y compris en milieu urbain dense

Aucune emprise foncière supplémentaire nécessaire.

Avantages liés aux enrobés drainant : réduction du bruit de roulement, amélioration de l'adhérence, réduction des projections d'eau amélioration de la visibilité et du confort de conduite sous la pluie, pour les espaces piétons, pas de flaques d'eau et confort de marche lié à la souplesse du revêtement.

- Points faibles

Risque de pollution accidentelle selon trafic.

Entretien régulier spécifique indispensable pour limiter les risques de colmatage.

En présence d'une nappe à moins d'un mètre du fond ou de sols pollués, pas d'infiltration possible.

Un coût de réalisation parfois élevé.

Le choix de la végétation environnante qui doit présenter un faible développement racinaire.

À proscrire dans les giratoires et virages serrés, résistance au cisaillement.

- Réalisation et entretien

La conception et la mise en œuvre des chaussées à structure réservoir ne sont pas classiques. Elles exigent souvent plus de rigueur que pour les chaussées traditionnelles et vont à l'encontre des habitudes relatives aux travaux de voiries. Les recommandations de base sont :

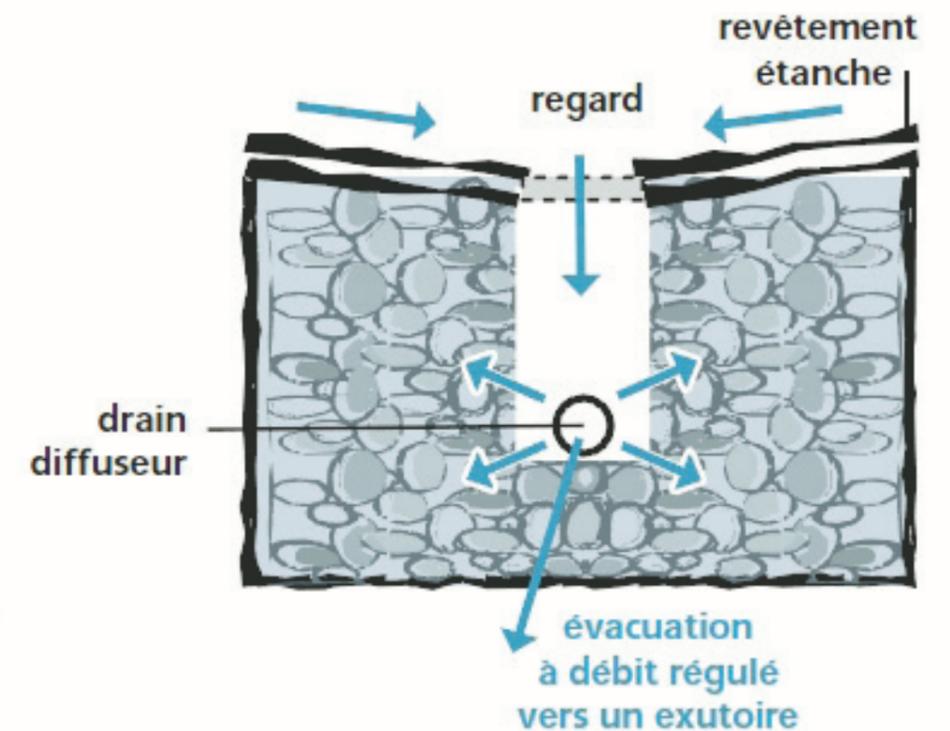
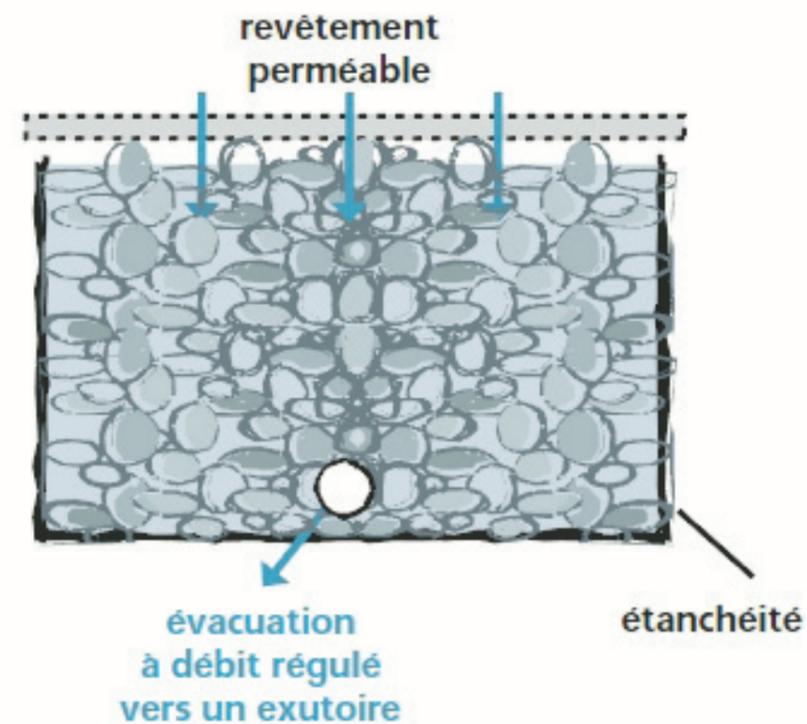
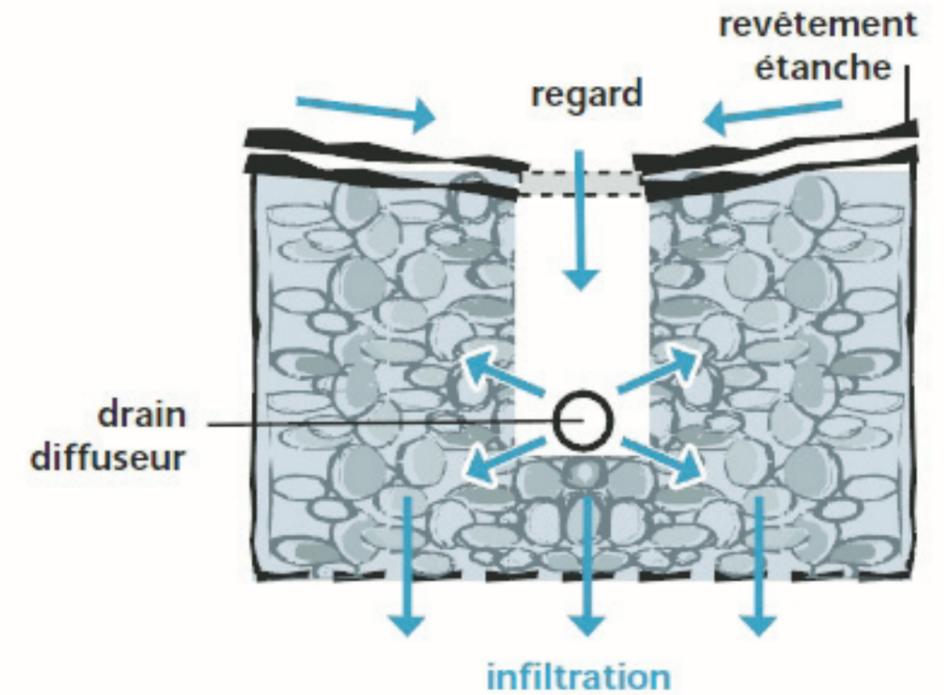
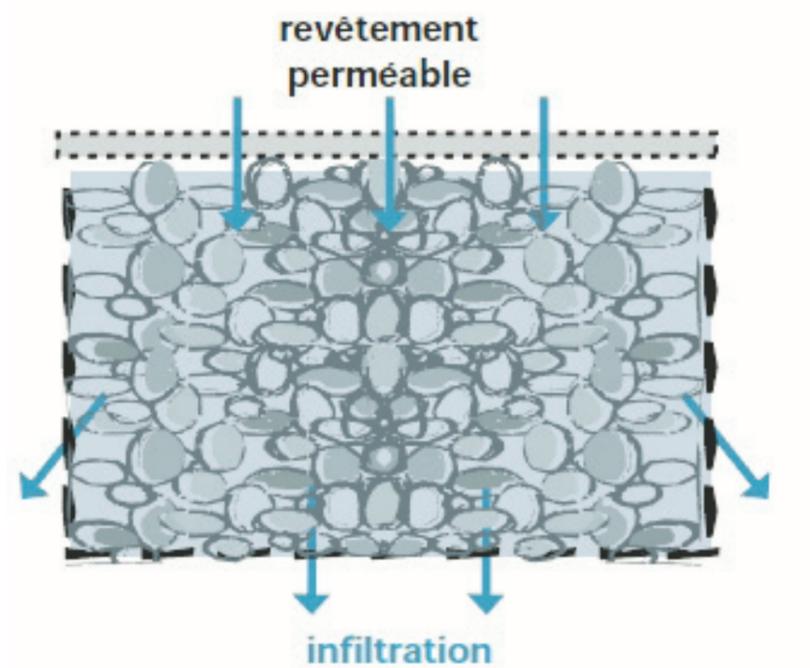
- Respecter scrupuleusement les dimensions établies lors de la conception hydraulique, notamment la faible pente de la chaussée en cas d'enrobés drainants ;

- Eviter les risques de colmatage en phase travaux et par la suite.

L'entretien vise à éviter le colmatage et la pollution de la couche de stockage. Les structures avec une couche de surface étanche ne posent pas de problèmes particuliers par rapport à une chaussée classique. Le curage des regards et des avaloirs ainsi que le nettoyage des équipements associés (orifices, paniers, dispositifs d'épuration...) doivent être assez fréquents. Le curage des drains doit être effectué régulièrement.

Afin de limiter le colmatage des surfaces drainantes, un nettoyage par aspiration est un traitement préventif adapté. Le lavage haute pression combiné à l'aspiration est efficace en curatif.

Structure réservoir



Bassin de retenue, bassin d'infiltration, rétention en surface

Principes

Ces zones de rétention qui peuvent offrir des capacités importantes se présentent sous différentes formes :

- Bassins à ciel ouvert, excavations artificielles ou naturelles, avec ou sans digue, pouvant être partiellement en eau de façon permanente,
 - Places ou espaces collectifs décaissés : on stocke l'eau sur une hauteur comprise entre 20 et 50 cm sur des espaces verts ou place en espace libre conçus en décaissé dès le départ pour cette fonction. L'eau est amenée par mise en charge du réseau pluvial environnant. Le volume maximum qui peut être stocké est déterminé en fonction de la pente maximum du fond. Une pente de 5% au maximum permet d'accepter des installations et du mobilier tout en conservant la continuité de l'espace public et/ou collectif,
 - Bassins enterrés, réalisés en béton ou utilisant des éléments préfabriqués comme des canalisations surdimensionnées. En site contaminé une géomembrane de confinement peut être envisagée selon le degré de contamination des sols. Ses ouvrages ne doivent pas se situer sous le niveau de nappe et respecter une garde de 2 m au dessus de la cote d'étiage ou avoir des modes de fondation palliant les effets de sous pression.
- Ils peuvent être alimentés systématiquement, en étant placés à l'exutoire d'un réseau ou n'être alimentés par surverses qu'en cas de saturation du réseau, en étant en dérivation.

La vidange, à débit contrôlé et après l'averse, peut se faire vers le réseau principal, le sol (par infiltration) ou le milieu naturel. Les bassins doivent également être équipés d'une surverse de sécurité.

Aujourd'hui, les bassins à ciel ouvert peuvent et doivent être conçus comme des espaces multi-usages, favorisant leur intégration dans le site et leur bon fonctionnement. En général, ils participent aisément à l'amélioration du cadre de vie : bassins d'agrément, espaces verts, terrains de jeux.

Les bassins ont une fonction de piégeage de la pollution très importante : dégrillage grossier pour piéger les matériaux flottants (plastiques, feuilles), décantation pour la pollution particulière. La dépollution peut être maîtrisée et optimisée selon la conception du bassin. Elle doit être réalisée en amont des ouvrages d'infiltration et des espaces multi-usages. Dans les bassins en eau ou zones humides, des phragmites ou roselières peuvent améliorer l'épuration naturelle de l'eau.

Points forts

- Possibilité de réalisation par phases, en fonction du développement de l'aménagement urbain.
- Sécurité hydrologique : augmentation considérable des volumes de stockage avec quelques centimètres supplémentaires de marnage ou de profondeur
- Piégeage et traitement des pollutions accidentelles possibles
- Pour les bassins à ciel ouvert : contribution à l'aménagement et bonne intégration possible, possibilité de création de zones humides écologiquement intéressantes, Mise en œuvre relativement facile et bien maîtrisée,
- Fonctions pratiques des bassins en eau : réserve incendie ou pour l'arrosage.

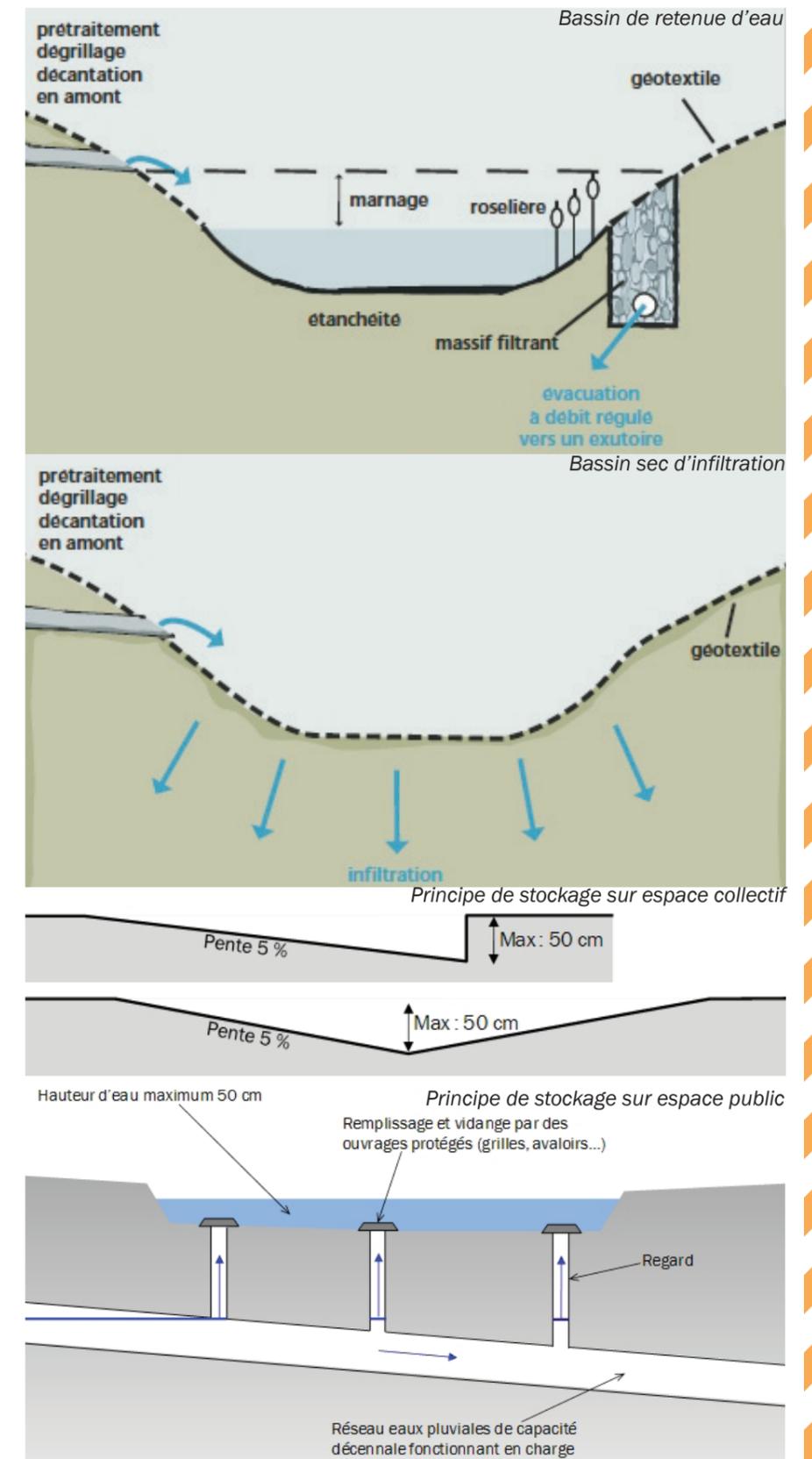
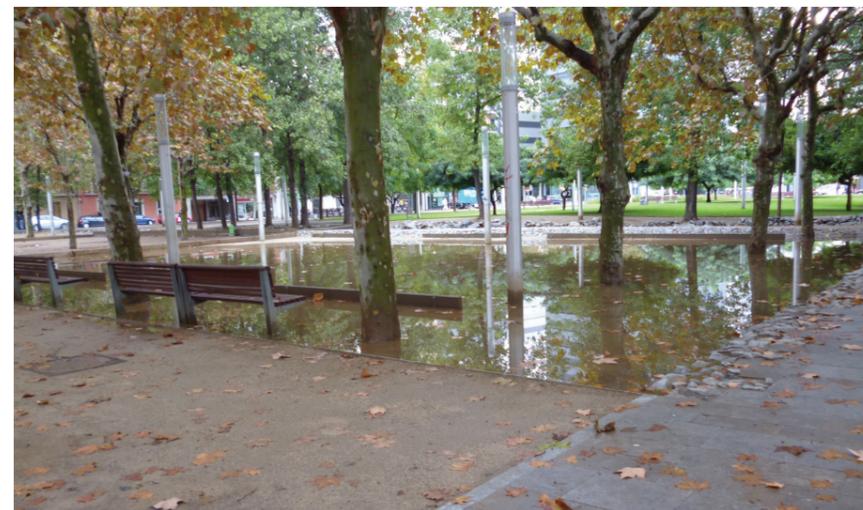
Avantages liés aux possibilités d'infiltration : pas besoin d'exutoire, selon la capacité du sol.

Points faibles

- Entretien régulier spécifique indispensable pour limiter les risques de colmatage et de stagnation des eaux selon les types de bassins. En présence d'une nappe à moins d'un mètre du fond, pas d'infiltration. Conception incluant l'étude du fonctionnement en situation extrême indispensable.
- Pour les bassins à ciel ouvert : emprise foncière importante (une conception multi-fonction permet de limiter les coûts associés).
- Dans les bassins en eau : niveau d'eau minimal à maintenir en période sèche (éventuelle alimentation).
- Information nécessaire sur la fonction hydraulique des ouvrages accessibles au public.
- Pour les bassins enterrés : ouvrages souvent très techniques, avec un coût de réalisation élevé, bien concevoir l'ouvrage pour ce qui concerne l'accessibilité et l'entretien.

Réalisation et entretien

- Les recommandations qui concernent la réalisation et l'entretien sont multiples et variées du fait de la grande diversité des ouvrages et contextes. Si le site le permet, la réalisation de bassins à ciel ouvert et intégrés doit être recommandée ; elle ne pose pas de problème particulier, par rapport à des ouvrages plus techniques, complexes, coûteux et d'une efficacité équivalente.
- Pour les bassins enterrés, la mise en place d'ouvrages préfabriqués, comme les gros collecteurs, est de plus en plus utilisée.
- L'entretien des bassins secs consiste à extraire périodiquement les dépôts par voie hydraulique ou à sec.
- Les organes de contrôle doivent être entretenus régulièrement, les digues surveillées et auscultées.
- La gestion écologique des plans d'eau utilisés comme bassins de retenue requiert, dans la durée, des compétences spécifiques et une surveillance régulière de la qualité de l'eau, de la faune et de la flore.



1-c Traitement des eaux par phyto-épuration

Recyclage des eaux par filtres plantés de roseaux

Ou comment traiter in situ une partie des eaux afin de les réutiliser pour l'arrosage (goutte à goutte uniquement) ou pour les chasses d'eau et d'économiser l'eau potable.

Applications

Le traitement par filtres plantés de roseaux s'applique aux eaux pluviales comme aux eaux usées.

Ce procédé est largement utilisé par les filières de traitement des eaux usées en France pour de petites agglomérations.

Il est proposé ici de ne traiter que les eaux grises : eaux usées de cuisine, lave vaisselle et salle de bain (hors lave linge et hors chasse d'eau). A l'échelle de l'ilot, il n'apparaît pas pertinent de traiter les eaux pluviales à des fins de réutilisation à cause de l'irrégularité du régime pluvial marseillais. Les eaux grises par contre assurent une simultanéité des ressources et des besoins, ce qui rend leur recyclage intéressant.

Efficacité

Selon les concentrations à l'entrée, la filière roseau permet d'obtenir une qualité eau de baignade (niveau réglementaire à atteindre pour l'arrosage et chasses d'eau sanitaire).

Principe de traitement

La technologie des filtres plantés est un traitement à la fois physique (une partie de la matière est retenue dans le filtre) et biologique (des bactéries aérobies fixées aux racines des roseaux dégradent les polluants organiques et les minéraux).

Le choix des espèces s'effectue dans la famille des héliophytes, il dépend étroitement de la charge organique et des conditions de renouvellement de l'oxygène.

Le procédé fonctionne avec deux filtres plantés suivant le sens de l'écoulement suivant:

Les filtres à écoulement vertical

Les filtres à écoulement horizontal

Chaque étage est constitué de 2 ou 3 filtres en parallèle fonctionnant en alternance pour mettre des filtres au repos.

Prédimensionnement

Surface utile : 0.5 m²/Hab (sans considérer un éventuel bassin de stockage)
Dans tous les cas, la connaissance des débits réels est primordiale. Le dimensionnement doit prendre en compte le débit maximum journalier susceptible d'être reçus.

(En cas de terrain pentu la surface totale nécessaire peut être plus élevée en raison de l'emprise des talus des plateformes des filtres).

Les avantages

- Réduction de la consommation d'eau potable
- Bonne performance épuratoire
- Pas de recours à des procédés extérieurs, chimiques ou mécaniques.
- Préserve les ressources en eau potable de la ville
- Bonne intégration paysagère : le cortège végétal est loin de se limiter au roseau, plusieurs espèces héliophytes ont des capacités épuratrices

Aspects pratiques

- Pas de nuisances sonores (en l'absence de dispositif mécanique)
- L'oxygénation nécessaire aux bactéries garantit l'absence de mauvaises odeurs.
- Les eaux n'étant pas stagnantes, le milieu n'est pas favorable au développement de larves ou de moustiques.

Les contraintes

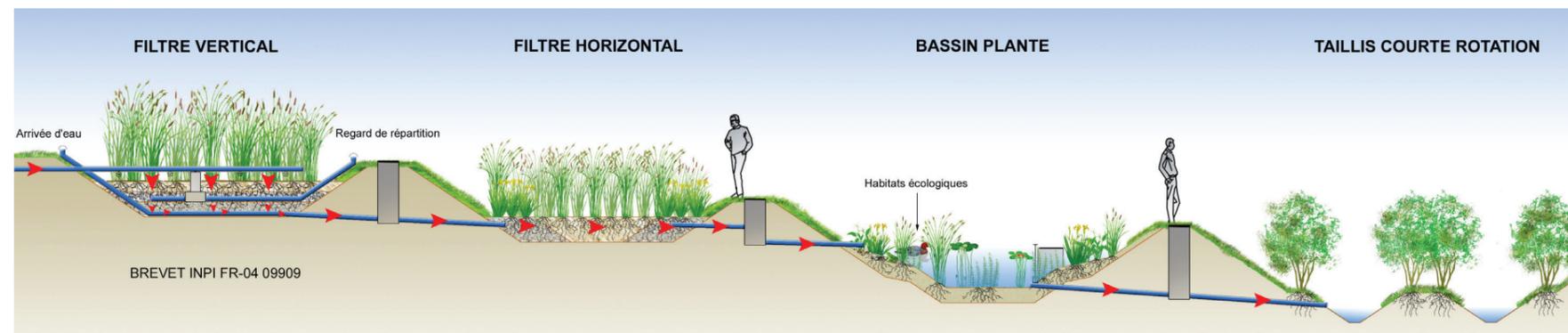
- emprise foncière relativement importante
- peu adapté aux surcharges hydrauliques
- topographie : Pour une station à deux étages alimentées gravitairement, il faut pouvoir disposer de 2 m minimum entre le point d'entrée des eaux sales et le point de rejet des eaux traitées. (à cause de l'épaisseur des filtres)
- la pente d'écoulement gravitaire est à minima de 0.5%
- accessibilité engin type petite pelleuse pour évacuer les boues

Exploitation

La mise en route est très importante car il faut s'assurer de la bonne croissance des végétaux et du bon fonctionnement du filtre

L'entretien reste cependant relativement simple :

- manipulation des vannes : 1 fois par semaine (automatisation possible)
- faucardage et vidange : 1 fois par an
- curage des boues accumulées tous les 10/15ans



Végétaux



Roseau : phragmite



Jonc



Massette (typha)



Iris jaune



Thalia



Reine des prés



Prele d'hiver



Épilobe hirsute



Carex pendula



Sauge bleue

2 – A l'échelle du bâtiment

2-a L'eau dans le bâtiment

Consommation de l'eau

Un habitant consomme environ 150 L/j d'eau potable. Mais nous en rejetons environ 90%. En effet, nous n'utilisons que 10% de l'eau potable pour boire.

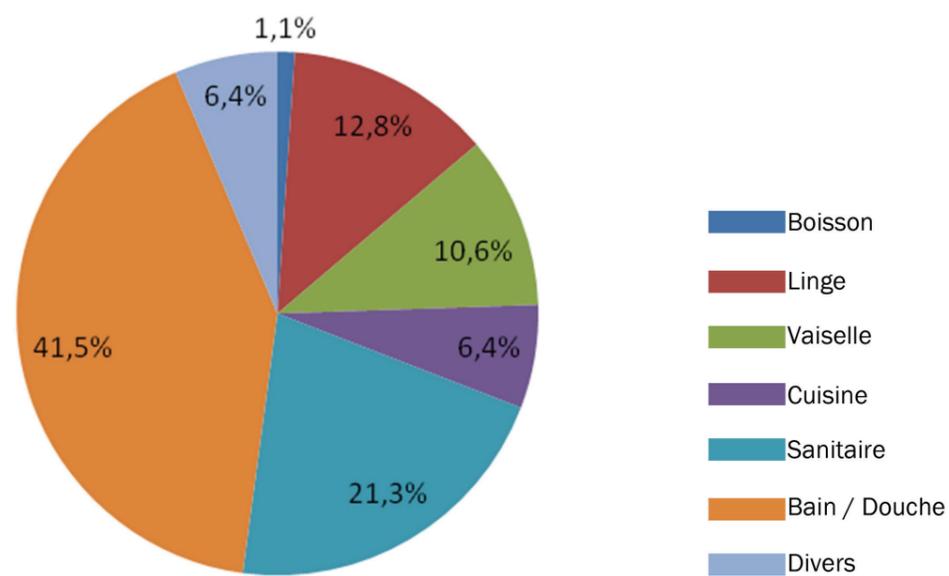
L'eau sale rejeté est constitué des eaux vannes, fortement contaminées et des eaux usées, altérées par l'activité humaine.

Les deux schémas ci-contre représentent :

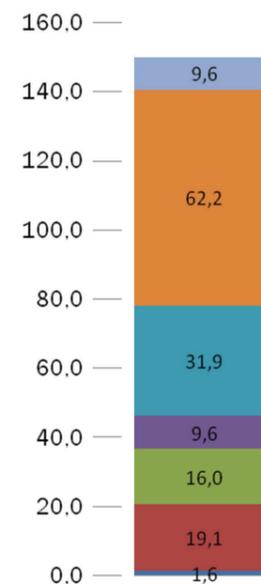
- la consommation journalière d'eau potable pour un habitant.
- la répartition par poste de la consommation d'eau potable.

Sur les 150L/j, on remarque qu'une trentaine de litres est consommée pour un usage spécifique : les toilettes. Cette eau pourrait être d'une qualité inférieure à celle d'une eau potable, sans être nuisible. Il y a là une économie d'eau potable de plus de 20% facilement réalisable.

Sur les 150L/j, une centaine de litres sera rejetée en eaux usées. Une eau limitée en contamination facilement nettoyable et abondante.



Source : Ecologos



Il existe aujourd'hui des solutions pour diminuer les consommations en eau potable.

> Double réseaux d'arrivée d'eau

Suite à la parution de l'arrêté du 21 août 2008, relatif à la récupération des eaux de pluies et à leur usage à l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur, il est possible d'alimenter d'un double réseau eau potable et eau pluvial les habitations, les bureaux, les commerces et les ERP sauf les bâtiments de santé (Crèche, hôpital etc.)

> Equipements hydro-économiques en eau

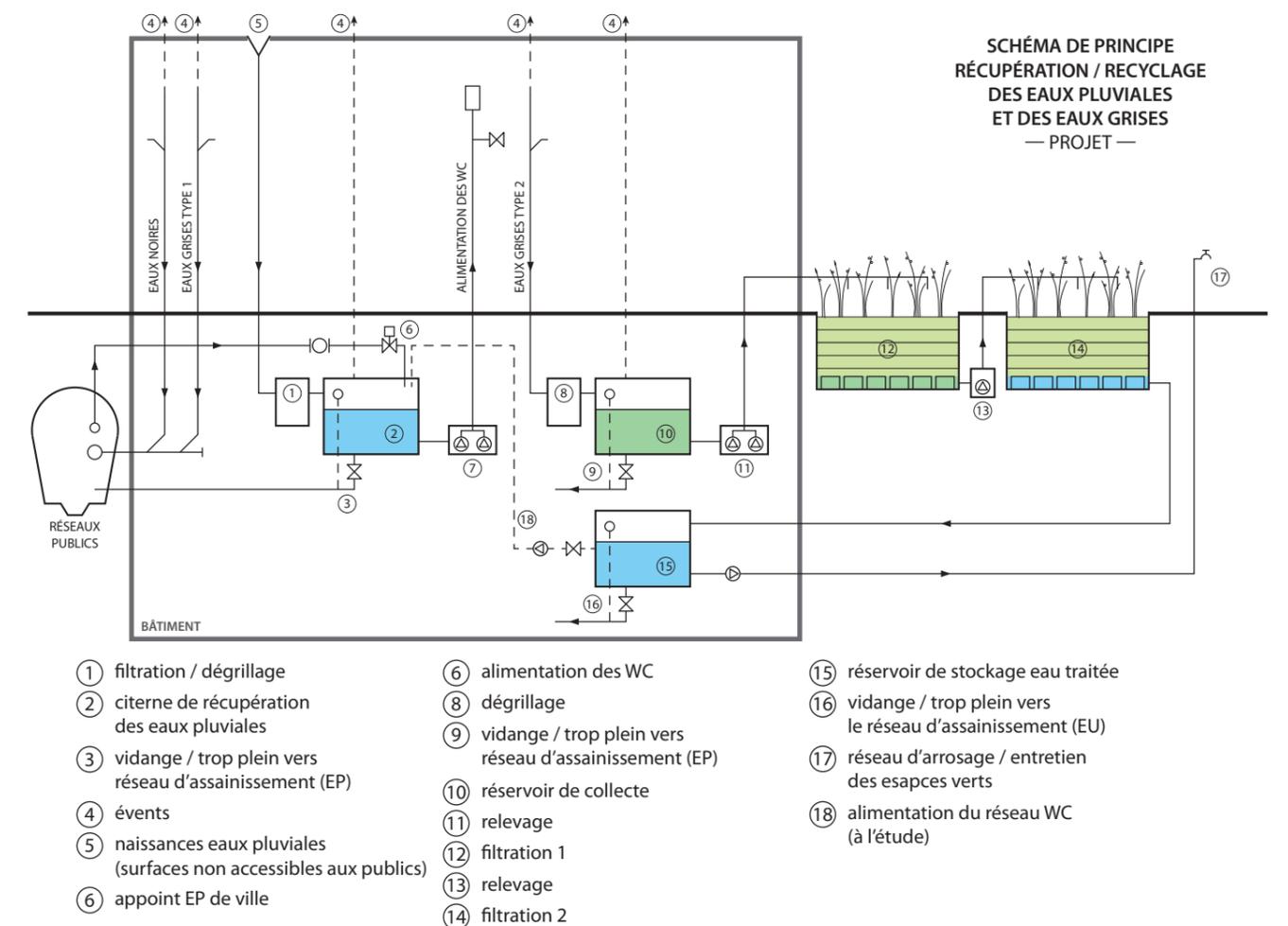
Sanitaires économiques

Dispositif de réduction de pression si celle-ci est supérieure à 3 bars

> Compteurs

Une bonne manière de réduire les dépenses est de les montrer. Un affichage des dépenses d'eau dans le logement est possible.

Traiter les eaux usées



2-b Rafraichissement

L'eau a de tout temps, permis aux hommes de s'assurer une fraîcheur simple et efficace, en utilisant son potentiel énergétique.

Le puits romain

Le puits romain est l'ancêtre du puits provençal ou du puits canadien, mais la technique se différencie notamment par l'introduction de l'eau pour tempérer l'air. L'arrivée d'air dans les habitations se faisait au moyen des amenées d'eau potable. Ainsi ils pouvaient bénéficier d'un air autour de 15°C. Aujourd'hui il n'est plus imaginable de réutiliser cette technique à cause des problèmes sanitaires qui en résultent (développement microbien et fongicide). Les deux autres puits considèrent la terre comme moyen d'échange de chaleur.

Le gargouleto

Une autre technique provençale facilitait le rafraîchissement de l'air, le « gargouleto » C'est le nom que portait une jarre d'eau en terre (cruchon en provençal) que l'on plaçait à côté dans un espace pour le rafraîchir. Cette technique semble difficile à réinterprété aujourd'hui, mais peut trouver quelques exemples détournés comme le montre l'illustration ci-contre.

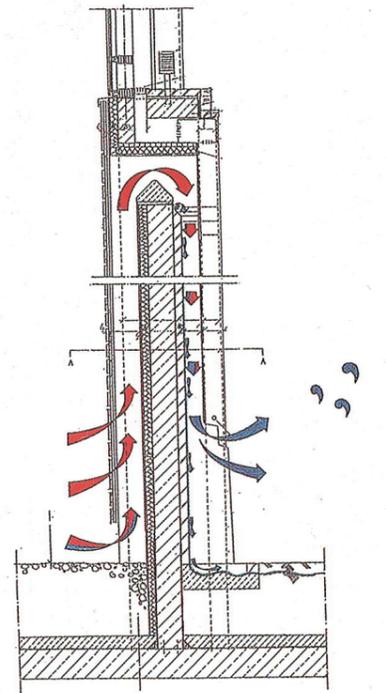
L'architecte Joachim Eble utilise le dispositif de mur-cascade pour le rafraîchissement de l'air. Six murs, ou cascades d'eau d'environ 5 mètres de hauteur et 1.5 de largeur, sont disposés en façade sud de l'atrium. En haut du mur s'écoule un film d'eau. L'air redescend le long du mur et se rafraîchit en favorisant l'évaporation d'une partie de l'eau qui ruisselle le long du mur. Ce dispositif s'est avéré suffisant pour réduire de 1.5° à 3° la température extérieure lors des journées les plus chaudes (Le projet est situé à Nuremberg en Allemagne)

Le moucharabieh

Si le moucharabieh est vécu pour beaucoup comme une décoration architecturale d'un immeuble, il dissimule sous son élégance, de nombreuses fonctions. Sa première fonction était d'améliorer le fonctionnement de la fameuse jarre d'eau, en assurant une ombre totale dans la pièce, ainsi qu'une ventilation optimisée.

Le moucharabieh était donc un petit espace en sailli sur la façade, dont les trois faces extérieures étaient perforées d'une infinité d'ouvertures permettant à l'air de s'y infiltrer tout en protégeant se masquant du soleil. Par la suite, il est surtout devenu un filtre à lumière efficace ce qui permet de voir sans être vu.

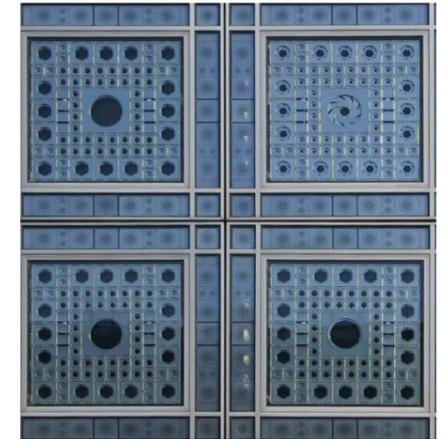
La réinterprétation contemporaine de ce dispositif est souvent vulgarisée à sa fonction secondaire de filtre à lumière ou de protection solaire, et non de climatisation naturelle. Néanmoins il est intéressant de voir déjà quelques adaptations dans le XXème siècle.



J. Eble
Etude sur un mur cascade d'un atrium



F.Pouillon
La Cité du Climat de France
Alger



Atelier Jean Nouvel
L'institut du Monde Arabe
Paris



F.Pouillon
La Cité du Climat de France
Alger



FOA
Immeuble d'habitations
Madrid

Les puits provençaux / puits canadien

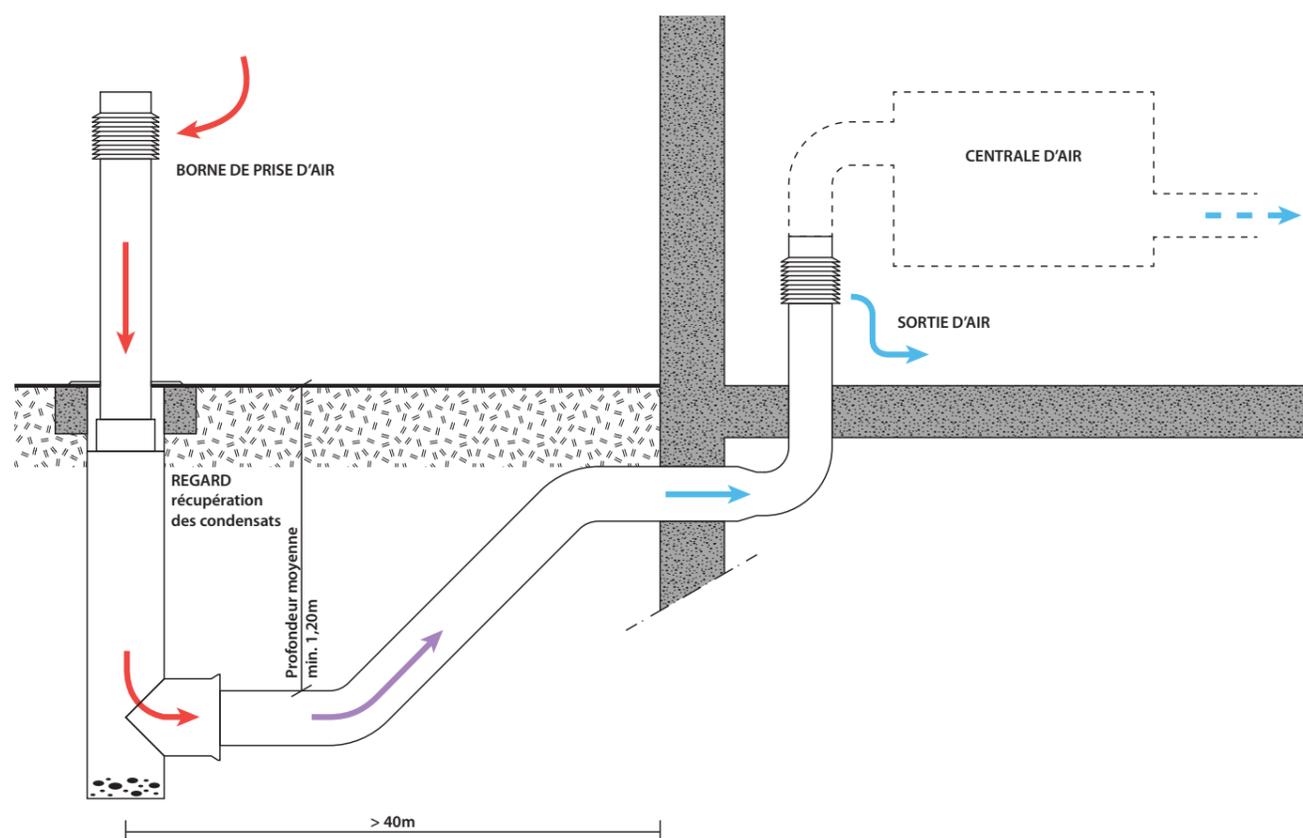
On retrouve souvent le nom de puits provençal dans les moyens passifs de rafraîchissement. A l'époque il était conçu pour que l'air échange la chaleur avec le conduit construit en terre cuite et avec l'eau condensé dans le tuyau. Pour des raisons hygiéniques, il n'est plus possible de faire cela. On retrouve alors le système du puits canadien, que l'on appelle aujourd'hui aussi provençal, dont les condensats sont récupérés. Plusieurs types de matériaux peuvent constituer le puits provençal.

Pour utiliser le puits comme moyen d'économie de l'énergie (réduction des consommations de la ventilation), il ne faut pas que cela soit au détriment de la qualité de l'air intérieur. Plus le tube sera lisse et étanche, meilleur il sera.

On peut retrouver certains matériaux pour la fabrication des puits canadiens :

- INOX (Etablissement de Santé)
- PVC-C
- Polypropylène au sel d'argent
- Cuivre
- Polyéthylène

Le raccordement à une centrale d'air permet de bien filtrer toutes les particules.



2-c Gestion de l'eau en toiture

Toiture stockante

- Principes

Stockage de l'eau sur les toitures et toitures-terrasses étanchéifiées et isolées avec un parapet en pourtour ou par le biais de caissons sur les toits en faible pente.

Régulation de la vidange au niveau du toit.

La zone de stockage peut être végétalisée ou revêtue d'un matériau stockant poreux.

- Points forts

Techniques simples de rétention « à la source ».

Bonne intégration dans l'architecture.

Diversité des traitements.

Fonction thermique possible des toitures végétalisées.

Aucune emprise foncière supplémentaire nécessaire. En moyenne en milieu urbain, avec la règle imposée par la ville de Marseille, 50% des surfaces de toitures réservées à la rétention des eaux pluviales peuvent répondre à 30% des besoins de stockage nécessaires au total.

Peut être couplée à des citernes de récupération de l'eau de pluie.

- Points faibles

Entretien semestriel et vérification de l'étanchéité.

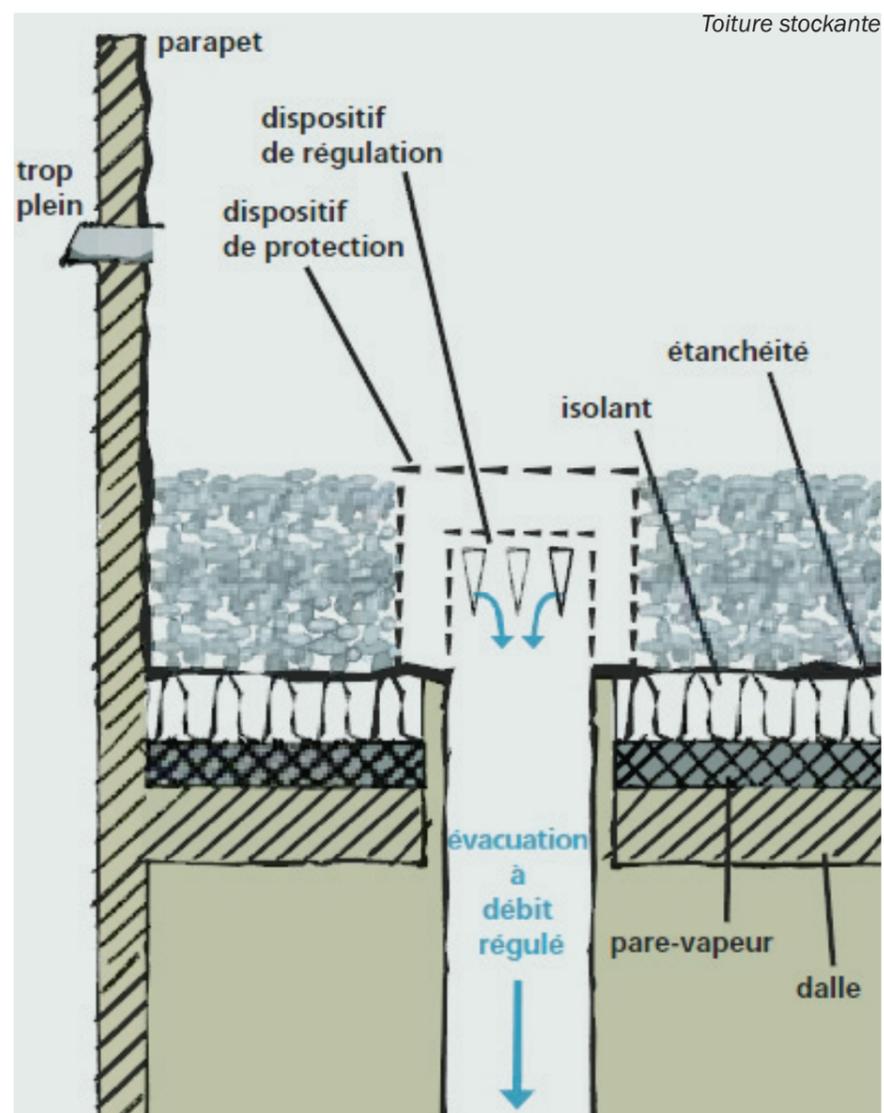
Peu adapté aux toitures très pentues (supérieure à 2%).

Ne récupère que l'eau pluviale sur la surface de toiture considérée et les toitures raccordées, à compléter par d'autres dispositifs pour assurer la gestion de l'eau sur l'ensemble de la parcelle (les surfaces au sol).

- Réalisation et entretien

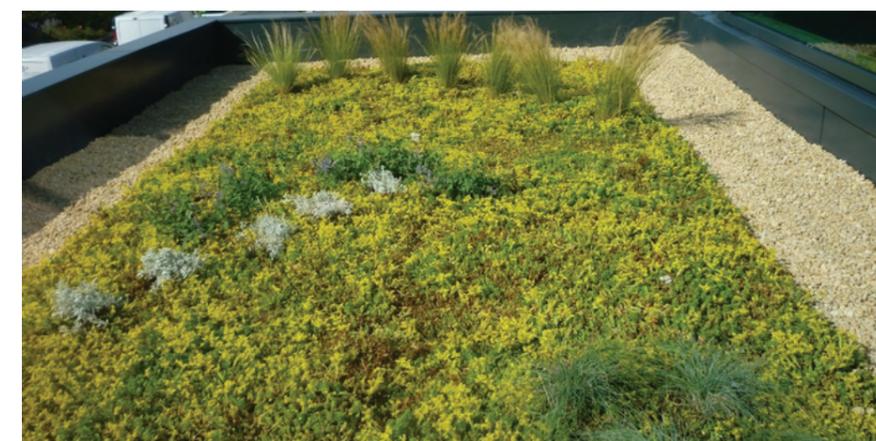
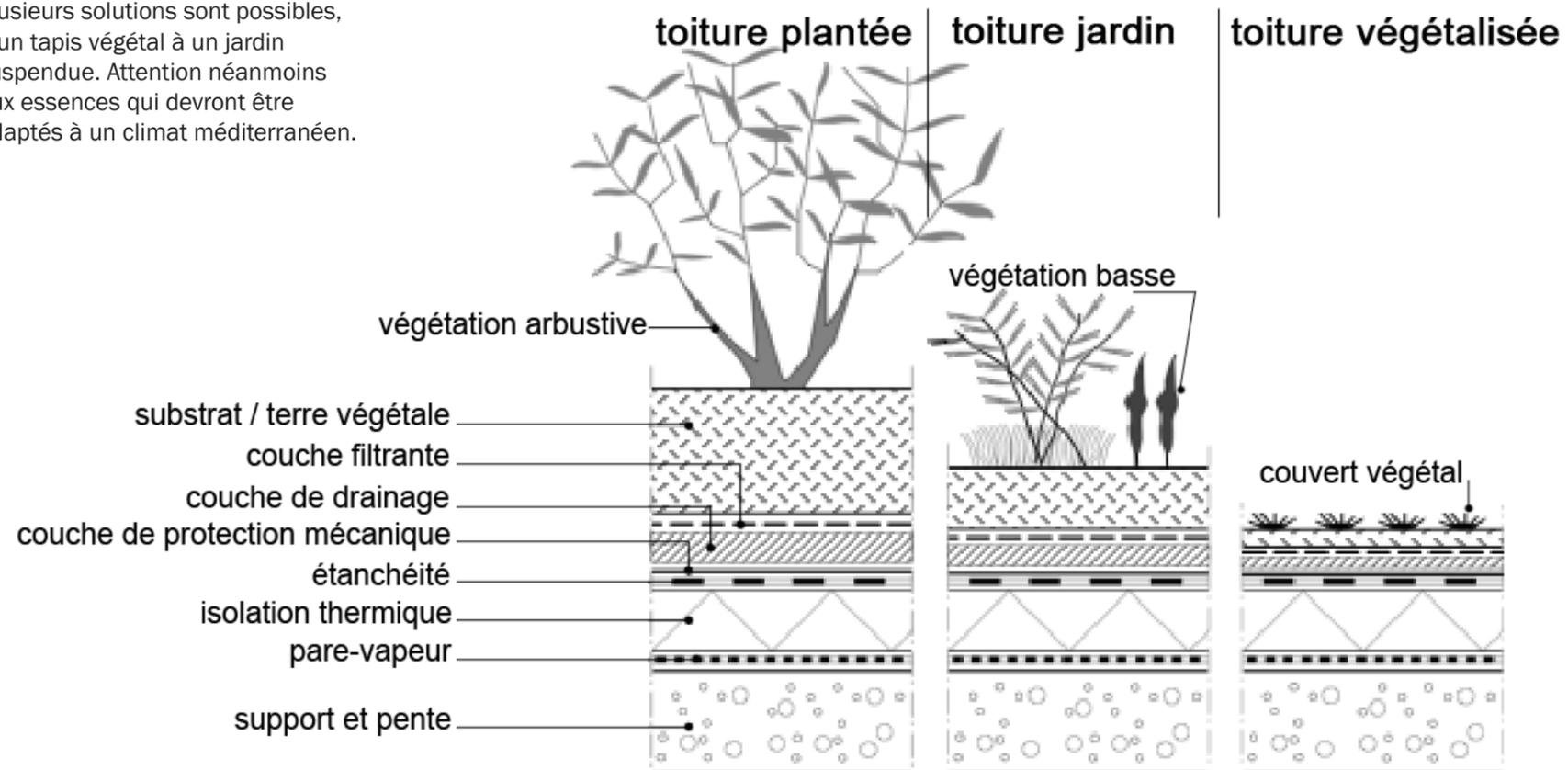
Vérifier la stabilité de la structure à une surcharge pondérale (hauteur d'eau de 6 cm soit 60 kg/m²)

Entretien du dispositif des vidange/régulation.



Les toitures végétalisées

Plusieurs solutions sont possibles, d'un tapis végétal à un jardin suspendue. Attention néanmoins aux essences qui devront être adaptés à un climat méditerranéen.



L'albédo des toitures végétalisées

Les albédos des surfaces varient en fonction des différents types de végétation, de leur humidité et de leur intensité de couleurs

Un toit vert ou végétal est constitué essentiellement de cinq composantes.

En partant du support de toit, on retrouve :

- la structure portante
- une couche d'étanchéité. Une barrière anti racines et une membrane d'étanchéité séparent le système du toit vivant du bâtiment isolé.
- une couche éventuelle de drainage et de filtration. En cas d'excédent d'eau, une couche de réservoirs ou de galets la filtre puis elle se déverse dans les canalisations.
- un substrat de croissance. La terre naturelle devient trop lourde quand elle se gorge d'eau d'où l'utilité d'utiliser un substrat (mélange de terre et de compost végétal de feuilles ou d'écorces mélangé à des agrégats de pierres légères et absorbantes)
- La couche végétale si l'on recherche. Cette couche est essentielle dans la réflexion et l'absorption de chaleur car c'est elle qui en contact directement avec les rayonnements solaires.

Techniquement, toutes les plantes peuvent pousser sur les toits mais certaines peuvent nécessiter des soins constants pour les préserver du soleil permanent et des grands vents. Elles sont choisies en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente du toit, de l'épaisseur du substrat, etc. De manière générale, on devrait privilégier des plantes vivaces et indigènes très résistantes aux températures extrêmes et qui s'implanteront rapidement pour couvrir les surfaces de sol afin de réduire son assèchement par le soleil et le vent car des plantes asséchées ont un albédo de surface plus faible que les dalles en béton.

Il existe deux types de plantation: les extensives et intensives,

Les plantations extensives nécessitent une faible épaisseur du substrat (10 à 15 cm). Cette plantation utilise surtout des couvre-sols très rustiques capables de supporter des sécheresses et qui prennent rapidement de l'expansion pour ombrager le sol et le stabiliser par leurs racines. Son substrat de culture contient jusqu'à 70 % d'agrégats poreux, en volume, afin de conserver le plus d'eau possible.

Les plantations intensives est un type de culture dans des bacs pouvant faire jusqu'à 1 ou 2 mètres de profondeur. La culture intensive peut permettre la culture d'arbres tels les arbres fruitiers décoratifs ou nains. De manière générale, Ces systèmes sont toujours munis d'arrosage automatique pour assurer la survie des arbres. Le volume d'agrégats est souvent réduit à 40 % pour faire place à plus d'éléments nutritifs.



Le logement

Les moyens pour atteindre les objectifs énergétiques de consommation et de confort

A) Efforts individuels

Un équipement récent à base de lampe fluo-compactes, lampes à LED et tubes fluorescents, ainsi que la suppression de la moitié des consommations de nuit nous permet d'avoir une consommation d'éclairage de 2,1 kWh/m²SHON.an au lieu de 9,6 kWh/m²SHON.an soit 78% d'économie.

B) Effort des professionnels de la construction

Enveloppe :

On observe un gain de 60% entre un immeuble RT2005 et un immeuble dont on réduit les infiltrations, dont on diminue les déperditions par de l'isolation extérieure, et par un vitrage ayant un $U_w = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ sur les besoins de chauffage (passage de 17,9 à 7,2 kWh chaud/m²SHON/an).

Choix d'équipements performants :

Un renouvellement d'air minimum est contrôlé par la ventilation mécanique. Les consommations électriques des ventilateurs sont loin d'être négligeables. Une VMC simple flux ou une ventilation simple flux hybride sont préconisées car plus performantes qu'une ventilation double flux avec récupération d'énergie sur l'air extrait dans un climat méditerranéen.

Des équipements hydro-économiques permettent de réduire de près d'un tiers les consommations d'eau.

Les logements seront équipés de panneaux solaires thermiques permettant de préparer l'eau chaude sanitaire. On choisira un taux de couverture des besoins en ECS optimal de 70% pour la contribution solaire.

Dimensionnement des équipements de production énergétique :

Le dimensionnement par simulation thermique dynamique permet de réduire de près d'un quart la puissance installée (passage de 45 à 32 W/m²SHON), et donc les investissements liés aux équipements de production énergétique.

Concepts architecturaux :

L'architecture doit être au service des usagers en utilisant au maximum les ressources naturelles renouvelables. L'utilisation du sèche-linge peut être évitée à Marseille où le soleil est généreux. Les logements doivent disposer d'espaces ventilés ouverts vers l'extérieur pour permettre une alternative au sèche-linge.

Gestion centralisée des appareils électriques :

La consommation due à la mise en veille des appareils audio-visuels et informatiques représente 8,4 % de la consommation totale des autres postes.

La solution la plus simple à mettre en place consiste à placer des interrupteurs centralisés pour les prises. Ainsi, l'utilisateur peut lui-même éteindre ce dont il n'a pas besoin de façon plus simple ou laisser l'horloge piloter les alimentations.

Suivi du bâtiment :

La stratégie énergétique a montré qu'il est possible de réduire d'un tiers les consommations de chauffage grâce au réglage et à l'optimisation des équipements après réception du bâtiment. Le suivi des bâtiments doit donc être obligatoire durant deux ans minimum.

C) Bilan

Enveloppe :

- isolation type laine de verre 15cm en façade et 20cm en toiture, 12cm sur les planchers bas ;
- Double-vitrage avec $U_w=1,5\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$;
- le taux d'ouverture est réglementaire, c'est-à-dire 1/6 de la surface habitable correspondant à environ 20% de la façade ;
- les infiltrations sont réduites à 0,2vol/h (avec prise en compte du vent à Marseille).

Chauffage :

- consigne à 21 °C la journée, 16 °C la nuit avec arrêt du chauffage lors de l'ouverture des fenêtres ;
- ouverture des fenêtres 1h par jour ;

Gestion de l'eau :

- équipement totalement hydro-économiques ;
- 70% des besoins en ECS sont produits par des panneaux solaires thermiques ;
- Complément selon choix production énergétique.

Eclairage :

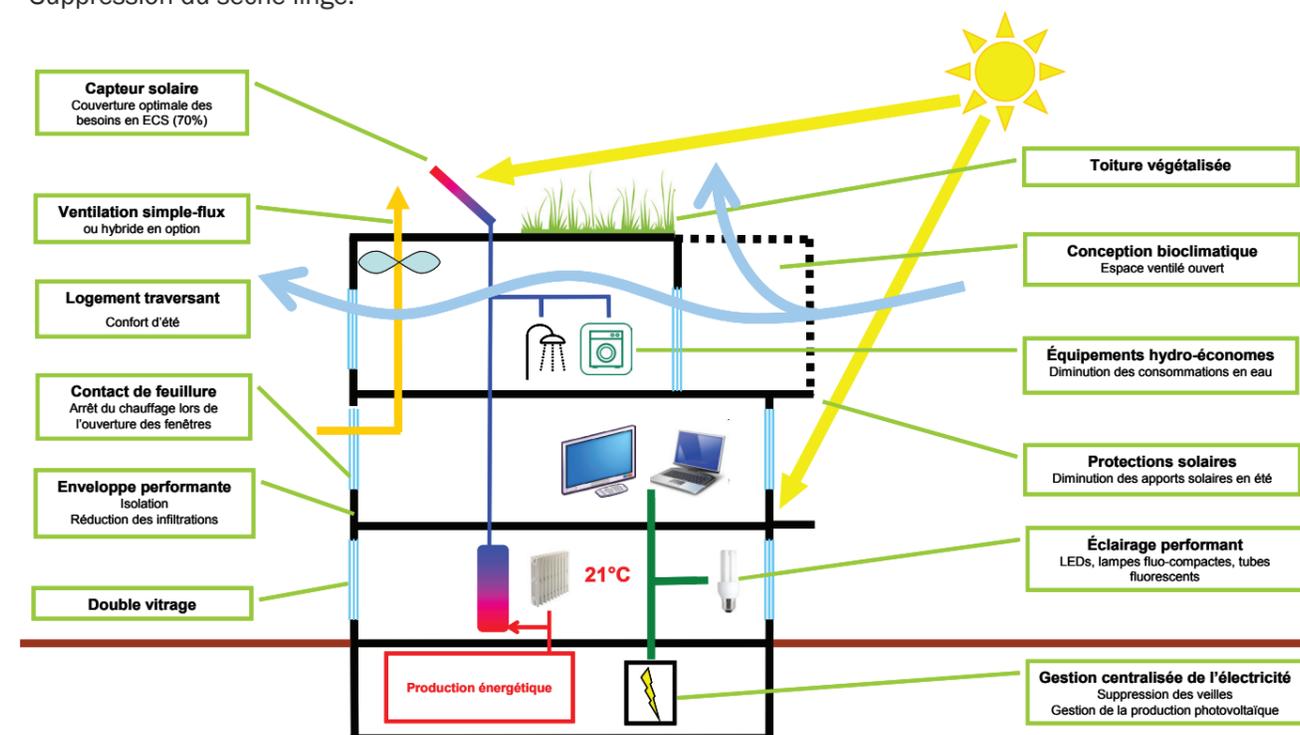
- Suppression de la moitié des consommations de nuit grâce à la gestion centralisée ;
- Equipement performant à base de lampes LED, tubes fluorescents, et lampes fluo-compactes.

Ventilation :

- Système simple-flux avec gaines de ventilation plus larges pour diminuer les pertes de charge et/ou ventilation hybride

Autres postes :

- Suppression des consommations de veille des appareils audio-visuels et informatiques ;
- Suppression du sèche-linge.



Les bureaux

Les moyens pour atteindre les objectifs énergétiques de consommation et de confort

A) Efforts individuels

Les consommations de la bureautique avec un matériel performant et une bonne gestion des veilles et des arrêts peuvent être réduite de 64% par rapport à de la bureautique installée en 2000.

B) Effort des professionnels de la construction

Enveloppe :

Nous retenons la configuration suivante :

- Isolation extérieure des parois verticales et de la toiture-terrasse ;
- Vitrages : double vitrage $U_w = 1,8W/m^2.K$, facteur solaire 0,4, protections solaires extérieures.

Un même niveau d'éclairement est constaté entre une façade vitrée à 50% à Marseille et une façade vitrée à 80% à Paris.

Il existe, de plus, un optimum entre 40% et 50% de vitrage qui minimise les consommations de chauffage, de rafraîchissement et d'éclairage, tout en assurant un confort visuel performant.

Nous retiendrons une valeur moyenne de 50% de vitrage sur l'ensemble des façades verticales.

Le free-cooling et la décharge énergétique nocturne :

La baisse de la consommation des postes ventilation, chauffage et rafraîchissement n'est pas due à des équipements supplémentaires mais à la gestion intelligente des appareils de régulation. Nous pouvons diminuer les consommations de rafraîchissement en utilisant l'air extérieur non traité thermiquement, notamment en mi-saison.

L'inertie du bâtiment peut être utilisée pour apporter un complément de rafraîchissement l'été. Les masses thermiques sont utilisées comme stockage de frigories la nuit.

La combinaison du free-cooling et de la décharge énergétique nocturne permet d'économiser 29% sur les consommations de chaud, et 48% sur les consommations de froid.

Dimensionnement des équipements de production énergétique :

Le dimensionnement des installations de chauffage et de rafraîchissement par simulation thermique dynamique permet une diminution de 45% ($37 W/m^2SHON$ contre $68 W/m^2SHON$) de la puissance installée en froid et une diminution de 39% ($35 W/m^2 SHON$ contre $57 W/m^2 SHON$) de la puissance installée en chaud, avec un impact immédiat sur l'investissement.

Gestion de l'éclairage :

La performance sur l'éclairage sera atteinte avec des gradateurs, des détections de présence, et une gestion par horloge. La puissance installée est de $9W/m^2$, ce qui peut être atteint avec un éclairage à base de tubes fluorescents et de lampe LED. L'éclairage LED est très bien adapté aux circulations, aux espaces réduits tels que les sanitaires et ascenseurs. Il est très bien adapté à une utilisation avec variateur de puissance (gradateur).

Suivi du bâtiment :

La stratégie énergétique a montré qu'il est possible de réduire d'un tiers les consommations de chauffage grâce au réglage et à l'optimisation des équipements après réception du bâtiment. Le suivi des bâtiments doit donc être obligatoire durant deux ans minimum.

C) Bilan

Enveloppe :

- isolation type laine de verre 15cm en façade et 20cm en toiture ;
- Double-vitrage avec $U_w=1,8W/m^2.K$;
- 50% de la façade est vitrée toute orientation confondue ;

Régulation et production énergétique :

- Régulation optimisée avec free-cooling ;
- Consigne de chauffage à $21^\circ C$ en journée, $13^\circ C$ minimum la nuit ;
- Consigne de rafraîchissement à $27^\circ C$, non contrôlée la nuit ;
- Décharge énergétique nocturne.

Eclairage :

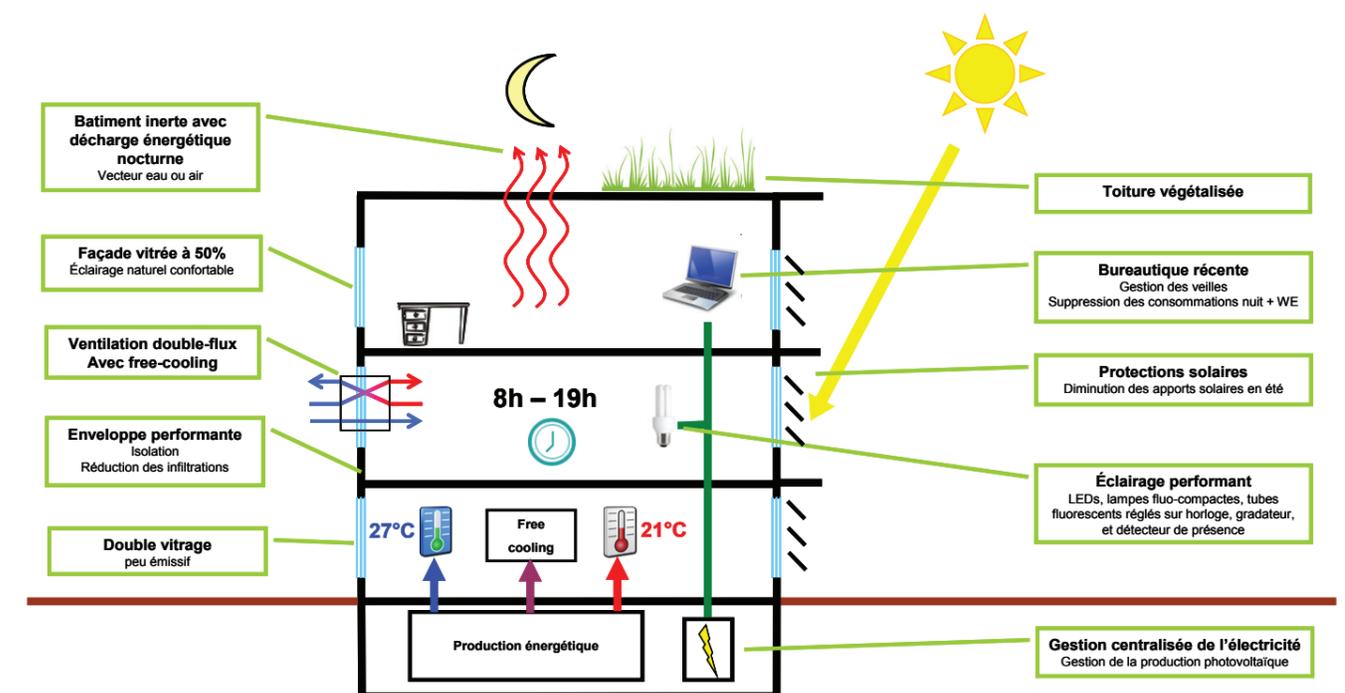
- Réduction des consommations de nuit grâce à la gestion centralisée ;
- Equipement performant à base de lampes LED, tubes fluorescents, et lampes fluo-compactes (environ $9W/m^2$);
- Utilisation de gradateur et d'horloges

Ventilation :

- Système double-flux avec récupération de chaleur à 50% ;
- Gains larges
- Arrêt des systèmes hors utilisation

Autres postes :

- Equipement informatique récent à base d'ordinateur portables
- Gestion par horloge avec suppression des consommations inutiles la nuit et le weekend ;
- Ascenseurs performant, éclairage naturelle des escaliers pour inciter leur utilisation



La boucle à eau de mer

Les efforts collectifs

Les efforts collectifs ont pour but de développer des productions d'énergie alternatives dont la portée dépasse le bâtiment seul. La mutualisation des équipements et le foisonnement de la demande énergétique sont des points clés de ces types d'équipement pour la diminution des consommations, et des coûts d'investissement propres à chaque bâtiment.

La boucle à eau de mer :

La boucle à eau de mer est un réseau industriel d'eau douce dont la température est régulée par un échange avec l'énergie contenue dans la mer. Une première station permet d'échanger de l'énergie entre le réseau primaire relié à la mer et le réseau secondaire délivrant l'énergie aux échangeurs des thermofrigopompes.

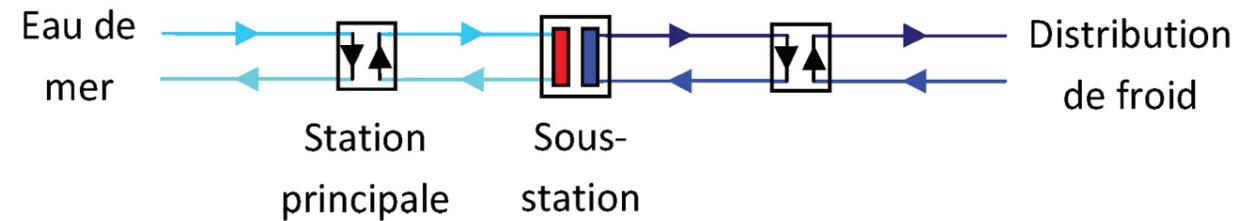
Des sous-stations équipées de thermofrigopompes transforment l'énergie contenue dans le réseau secondaire en énergie exploitable par les équipements terminaux des bâtiments. Une sous-station dessert un îlot, composé de logements et de bureaux entre autres (mixité programmatique).

La température de la boucle est compatible avec un rafraîchissement direct de type free-cooling, dans les bureaux.

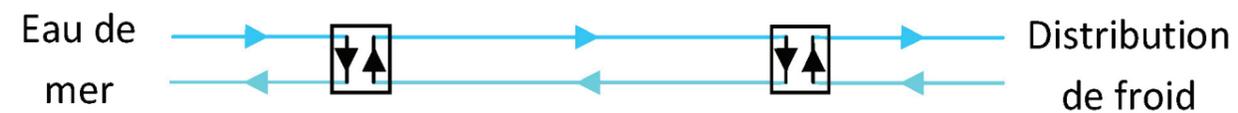
Un des avantages de la boucle à eau de mer est de « foisonner » les appels de puissance : les équipements de production énergétique sont dimensionnés en intégrant le fait qu'ils ne vont pas fonctionner à pleine puissance au même instant, mais décalés dans le temps.

La boucle à eau de mer permet d'une part de diminuer les consommations énergétiques en réalisant des transferts d'énergie au sein des îlots et en mutualisant les équipements, et d'autre part de disposer d'une source énergétique d'origine renouvelable (la mer), hormis les consommations électriques des pompes et des thermofrigopompes.

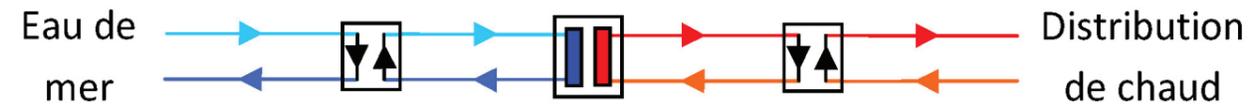
Production de froid :



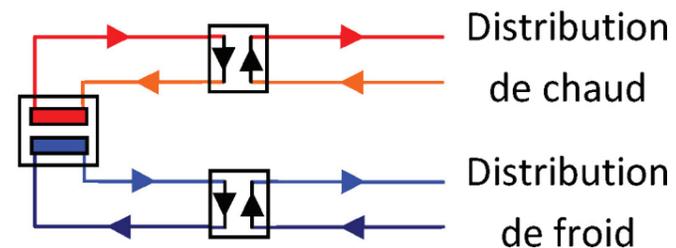
Production de froid en free-cooling :



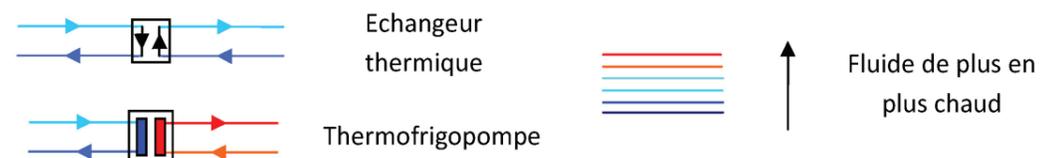
Production de chaud :



Transfert d'énergie entre différents programmes :



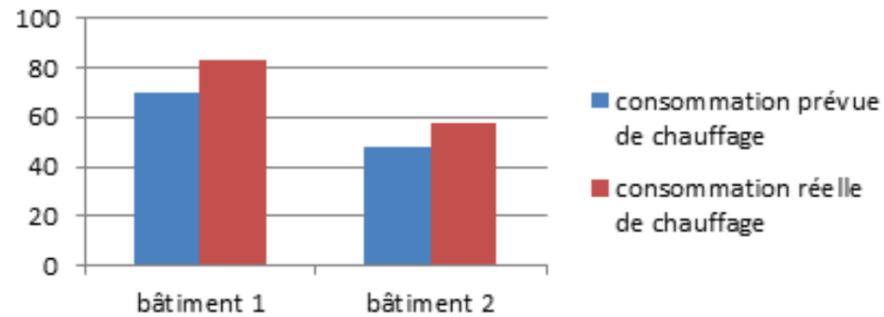
Légende :



Suivi des bâtiments

Les graphes suivants représentent la comparaison de données de prévisions et de mesures de chauffage collectif sur des projets de construction de bâtiments qui ont été instrumentés.

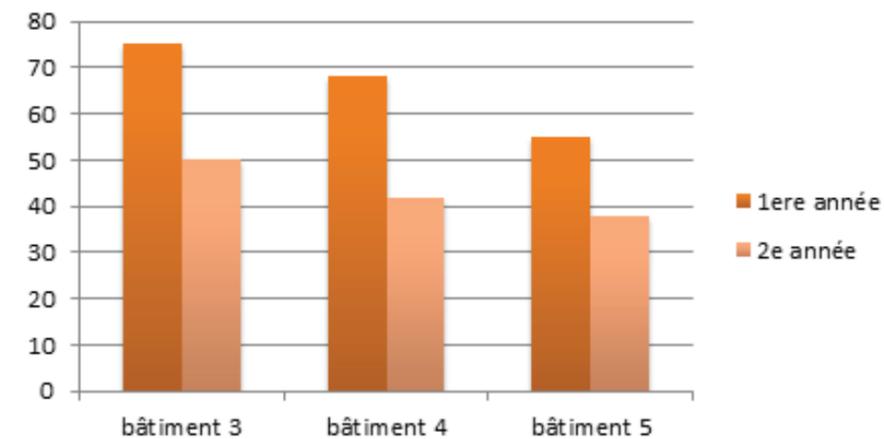
écart de consommation réelle avec les prévisions



Les différences sont dues à une régulation non adaptée aux comportements des usagers. Les hypothèses de calcul des simulations prennent souvent en compte un usage « parfait » des occupants ce qui n'est pas le cas. De plus un écart de consommation peut aussi être dû à un réglage des systèmes différent de ce qui a été conçu.

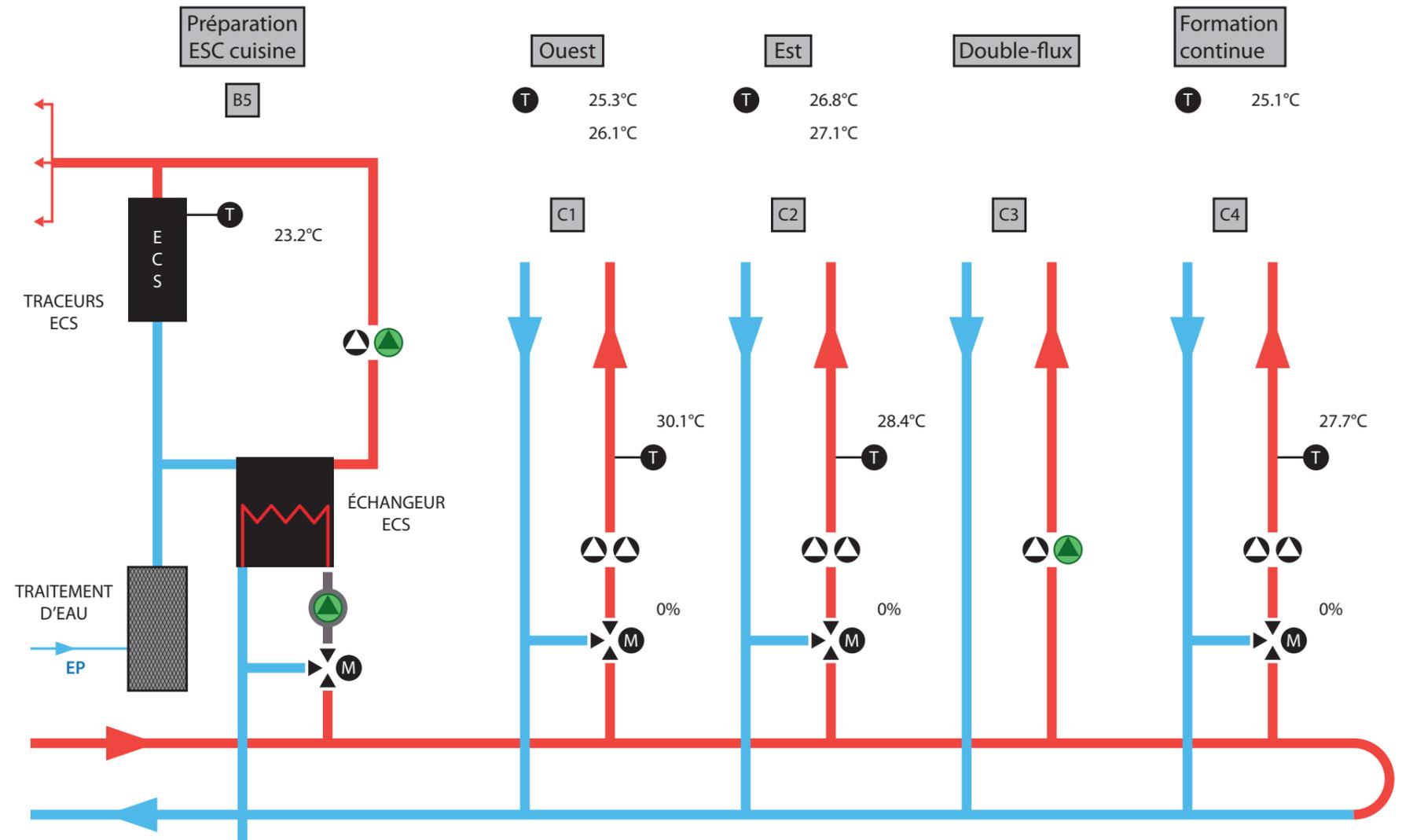
La figure suivante montre la réduction des consommations de chauffage qui ont été réalisées sur des immeubles de logement et qui ont été suivis par un exploitant. Les bâtiments ont été construits entre 1970 et 1980. Le chauffage est collectif au gaz naturel.

évolution des consommations sur 2 ans avec suivi du bâtiment



On constate que les consommations ont été réduites d'un tiers lors de la 2e année de suivi grâce à une optimisation du fonctionnement des systèmes énergétiques. Le suivi énergétique permet de mettre en évidence les améliorations les plus efficaces et de déceler rapidement un éventuel problème technique.

Le suivi des bâtiments durant deux ans minimum doit être obligatoire afin d'effectuer le réglage des équipements. Le concepteur doit accompagner le chantier et les premières années d'exploitation afin de s'assurer que le fonctionnement du bâtiment est conforme à ce qui a été prévu. Pour faciliter ce suivi, il est important que les bâtiments soient correctement équipés en instruments de mesure. Un contrat de suivi par le concepteur peut être prévu, aux côtés d'un exploitant.



Mutualisation des équipements de production énergétique

Le bâtiment et son environnement

Au-delà des consommations intrinsèques en énergie d'un bâtiment, il est possible de réduire encore son impact environnemental avec une vision plus globale au sein d'un îlot. Des bureaux, des logements, des commerces, sont autant de typologies qui n'ont pas les mêmes besoins énergétiques (chaud et froid), et surtout pas au même moment. La production de froid est systématiquement associée à un rejet de chaleur dans un milieu (air le plus souvent). Compte-tenu des usages, ces bâtiments ne sont pas occupés en même temps, voire peuvent avoir des besoins énergétique complémentaire : alors que des bureaux nécessite de la climatisation à la fin de l'hiver, les logements peuvent encore avoir besoin de chauffage.

La récupération d'énergie

La production énergétique peut être mutualisée au sein d'un îlot avec une programmation mixte afin de faire des récupérations énergétiques sur les rejets. Ces récupérations d'énergie diminuent les besoins énergétiques globaux du quartier, la puissance des équipements et les rejets de CO₂.

La boucle à eau de mer

La boucle à eau de mer est un réseau industriel d'eau douce tempérée, une source d'énergie renouvelable. Une sous-station au sein de l'îlot distribue l'énergie aux logements, aux bureaux et autres activités. Elle permet de réaliser des transferts d'énergie entre ces fonctions et intègre le smartgrid (foisonnement des appels de puissance) et est compatible avec un rafraîchissement direct de type free-cooling. Cette source renouvelable et infinie sert à évacuer le chaud ou le froid lorsqu'il n'y a pas adéquation des demandes. Les performances environnementales sont donc meilleures pour un système de boucle à eau de mer que pour des systèmes dédiés à chaque bâtiment.

