

INTELLIGENCE ENVIRONNEMENTALE

L'Extension d'Euroméditerranée menée par l'EPAEM est éligible à la démarche Ecocité qui se veut un modèle de développement urbain durable dans un objectif de valoriser le savoir faire et l'innovation française. Plusieurs études ont été réalisées permettant d'engager des stratégies environnementales fortes sur le projet de l'Extension d'Euromed. L'approche générale est celle d'une démarche étroitement liée au contexte méditerranéen et conçue concomitamment à toutes les échelles : le quartier, l'îlot, l'architecture.

Un des enjeux a été d'établir une stratégie énergétique efficiente en terme de consommation et d'émission de CO2, basée sur la spécificité méditerranéenne, de prendre en compte les caractéristiques géographiques, architecturales, climatiques, sociales et économique de la région méditerranéenne «low cost, easy tech». Pour ce faire il a été mené en amont un diagnostic des consommations énergétiques d'immeubles de logements à Marseille et en France et d'immeubles de bureaux en France. Les conclusions de ce diagnostic nous ont permis de mettre en évidence des postes énergivores sur lesquels il est important d'agir en priorité et de définir une stratégie énergétique locale, plus spécifique à Marseille (mais répondant aussi à la stratégie énergétique nationale de la RT2012).

D'autres études spécifiques au site, comme un diagnostic des sols, une étude hydraulique, une étude aéraulique ont aidé à la conception du plan d'aménagement futur. Enfin une étude en cours sur les effets d'îlot de chaleur urbain (décembre 2011) avec une équipe de climatologues (MétéoFrance) permettra de faire évoluer une partie du contenu du Cahier des Recommandations Environnementales.

Les principes mis en avant dans ce chapitre ont été regroupés selon 4 parties et leur contenu hiérarchisé selon différentes échelles : l'échelle urbaine, l'îlot et le bâti. La première partie est une introduction au climat particulier méditerranéen. Cela conduit à la deuxième partie laquelle traite des effets climatiques d'un urbanisme dense. La troisième partie aborde la conception environnementale à adopter sur le site de l'Extension. Enfin la dernière partie est consacrée à la stratégie énergétique à mettre en place.

Ces informations et ces données ont été rassemblées dans l'intention d'offrir aux acteurs de la construction et de l'aménagement des moyens d'aborder les futures interventions dans un cadre plus respectueux de l'environnement méditerranéen. L'objectif visé est de réussir des opérations d'aménagement durable, basé sur des enjeux environnementaux méditerranéens, des enjeux économiques et une dynamique sociale et culturelle.

Au delà de ces actions, il a été identifié plusieurs thématiques majeures pour faciliter la prise en compte des grands enjeux environnementaux sur le site. Ces thématiques sont présentées dans le présent chapitre du CRAUPE.

Légende :

-  **Règlementation**
-  **Prescriptions**
-  **Recommandations**
-  **Notes pour Boîte à Outils**
-  **Cf. Boîte à Outils**

INTRODUCTION

A INTRODUCTION AU CLIMAT MÉDITERRANÉEN

- 1 – Température, ensoleillement et lumière
- 2 – Le vent
- 3 – L’eau de pluie

B L’ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

- 1 – La problématique de l’îlot de chaleur urbain
- 2 – La végétalisation
 - 2-a Le parc des aygalades
 - 2-b Dans les quartiers
 - Espace public
 - A l’intérieur des îlots
- 3 – La brise marine
- 4 – Le rayonnement solaire
 - 4-a L’albédo des matériaux
 - 4-b La géométrie urbaine
 - 4-c La géométrie des rues et l’albédo
 - 4-d Les surfaces de toiture
 - 4-e Les surfaces au sol
 - 4-f Inertie thermique
 - 4-g Combinaison inertie thermique et albédo
- 5 – Source de chaleur anthropique
 - 5-a Pollution
 - 5-b Rejet de chaleur du bâti

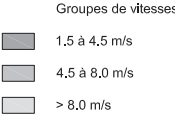
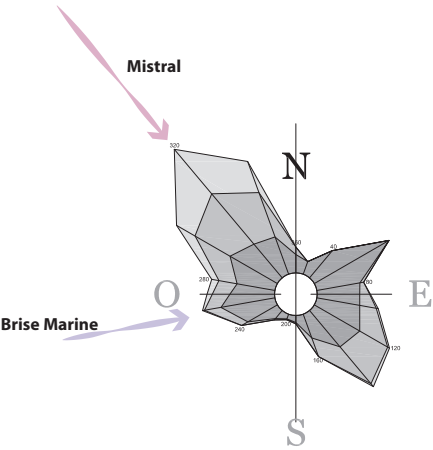
C CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE

- 1 – Soleil & lumière
 - 1-a A l’échelle urbaine
 - Etude des prospects méditerranéens
 - 2-a A l’échelle du bâtiment
 - FLJ - facteur lumière du jour
 - Dispositifs de brise-soleils en façade
 - Dispositifs architecturauxv
 - Le confort d’été
 - Une classe d’inertie à choisir selon les programmes
- 2 – Air & vent
 - 2-a A l’échelle urbaine
 - 2-b A l’échelle de l’îlot
 - 2-c A l’échelle du bâtiment
 - Le vent
 - L’orientation des appartements
 - Qualité de l’air intérieur
- 3 – Eau & terre
 - 3-a Gestion de l’eau à l’échelle urbaine
 - 3-b Gestion des eaux pluviales à l’échelle de l’îlot
 - Les objectifs
 - contexte reglementaire
 - Contraintes liées à la pollution des sols
 - Traiter les eaux usées dans les coeurs d’îlots
 - La méthodologie de conception de l’aménagement hydraulique
 - Assainissement pluvial
 - secteur Cap Pinède
 - Parc des Aygalades
 - 3-c Gestion des terres polluées
 - Principes généraux de décontamination
 - Cartographique historique des terres polluées
 - Terres polluées à l’échelel de l’îlot
 - Coût économique & environnemental
 - Mutualisation des moyens de traitement
 - Mutualisation entre maîtres d’ouvrage
 - Mutualisation d’un îlot à l’autre
 - Plan de gestion des terres polluées
 - Méthodologie durant les travaux
 - Phase travaux
 - Lors de la réception des travaux
 - Suivi et retour d’expérience

D STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE

- 1 – Le contexte
 - 1-a Le contexte mondial
 - 1-b La France et le Grenelle de l’environnement
 - Objectifs et orientations des politiques françaises
 - 1-c La problématique du bâtiment et de l’énergie
 - La réglementation thermique (RT)
 - La RT 2005 et le label BBC
 - La RT 2012
 - Vers le Bâtiment à Energie Positive (BEPOS)
 - Comment répondre aux futurs objectifs BEPOS ?
- 2 - Les objectifs de consommations et de confort en réponse aux objectifs nationaux
 - 2-a Les exigences de résultats
 - 2-b Les objectifs de confort pour les bureaux et les logements
 - 2-c Les objectifs de consommations pour les bureaux et les logements
- 3 - Rafraîchir et chauffer avec la BAEM

E UN NOUVEAU RÉFÉRENTIEL MÉDITERRANNÉEN



VENTS / AIR

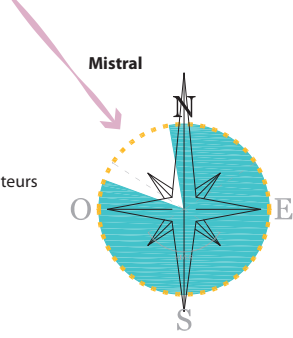
Mistral

- Engouffrement du Mistral
- Bâti contre le vent: Socle continu et rvariation des hauteurs
- Bâti accompagnant le vent: Socle continu et rugosité
- Retombées du Mistral
- Tourbillons

Brise Marine

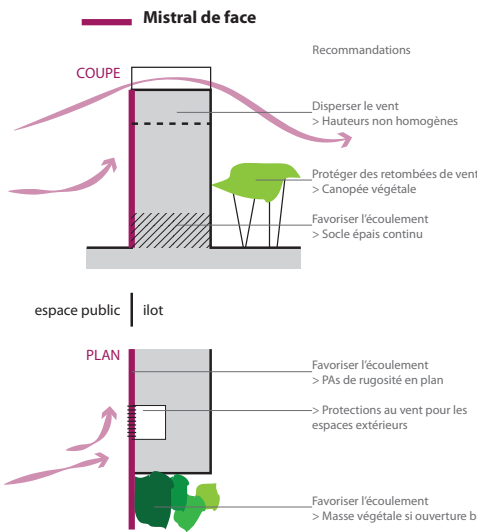
- Passage de la brise
- Faillies à constituer
- Linéaire bâti laissant entrer la brise

VENTS / AIR : Recommandations sur les façades

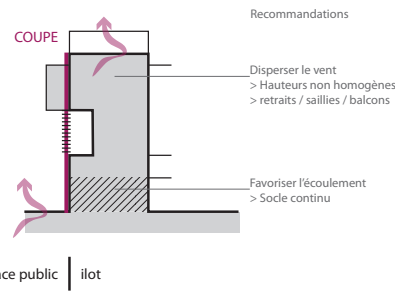


Dispositif architecturaux vis-à-vis du vent

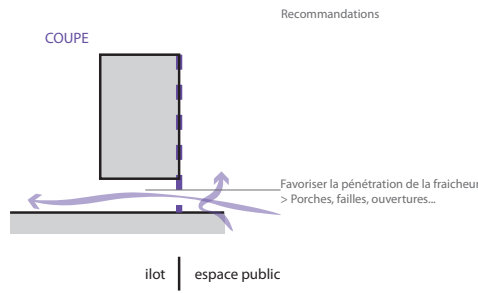
- Balcon, loggia, décroché...
- Jardin d'hiver



Rue ventée / écoulement du Mistral

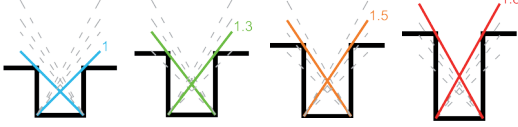


Faire entrer la fraîcheur de la Brise Marine



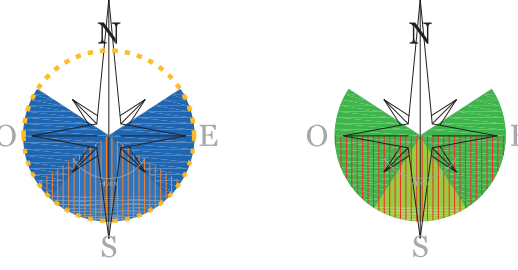
SOLEIL / LUMIERE

Prospects



Apports et protections

Dispositifs architecturaux vis_à_vis du soleil



- Loggia
- Patio
- Balcon
- Jardin d'hiver

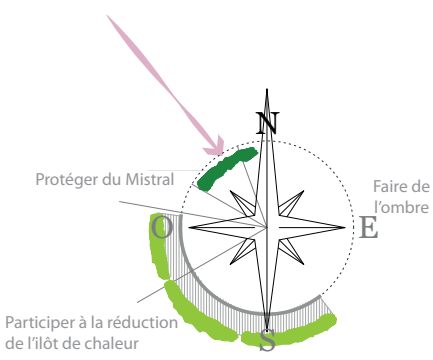
- Brises soleil horizontaux rapprochés
- Brises soleil horizontaux espacés
- Brises soleil inclinés espacés

PLANTATIONS

Végétations

- Impact du parc sur l'îlot de chaleur

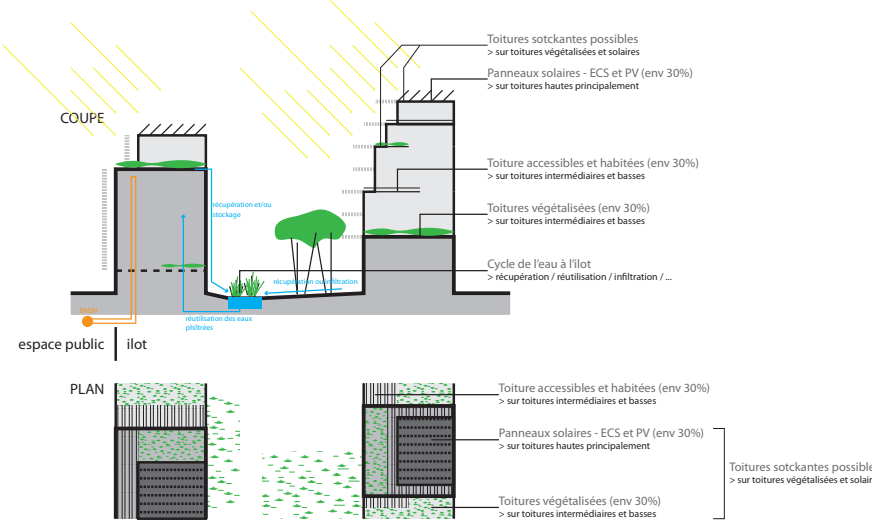
Fonctions diverses de la végétation dans l'îlot



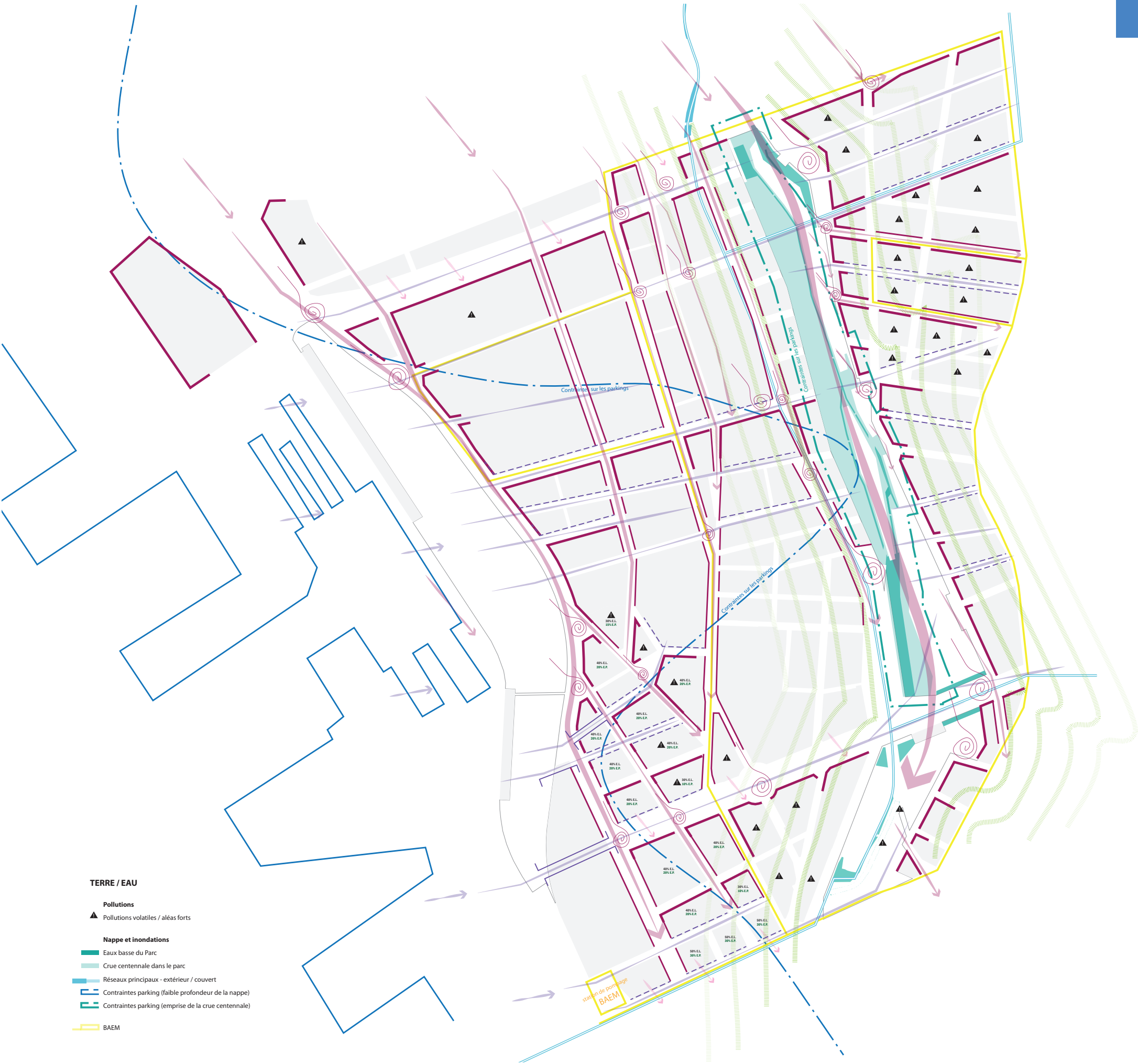
- Végétation faisant protection au vent (persistantes)
- Végétation faisant ombrage (caduques)
- Ombre portée de la végétation

BATIMENTS

Utilisation des toitures



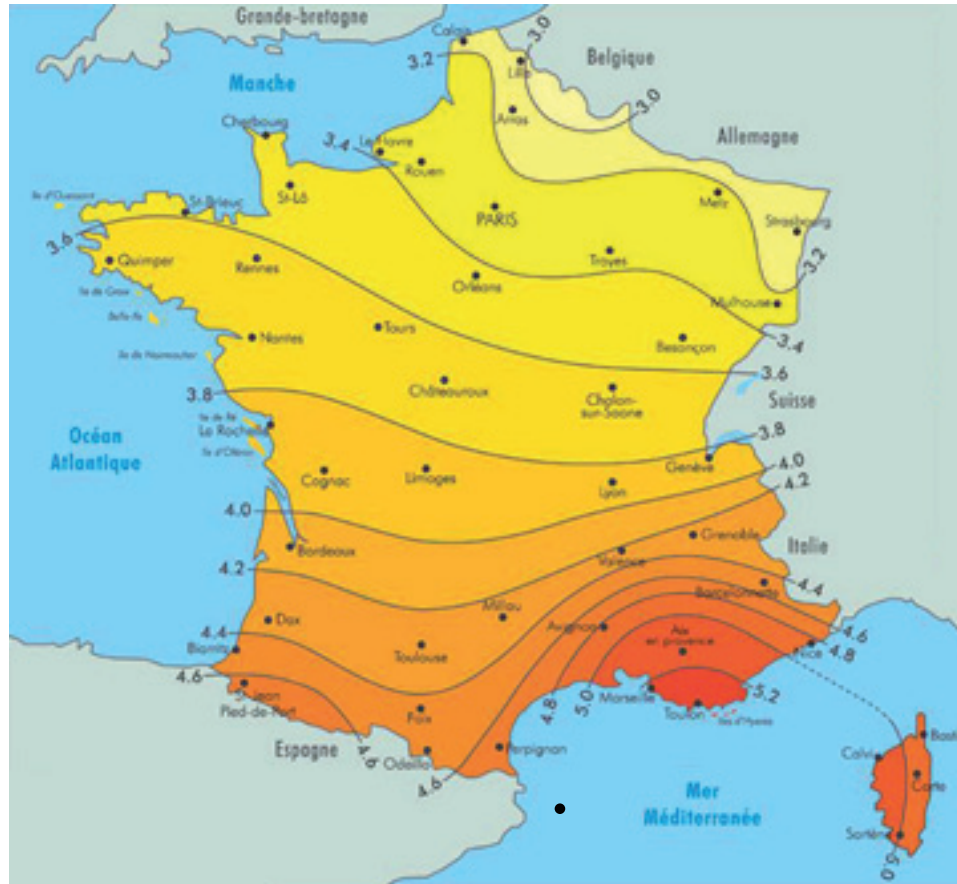
La carte de l'intelligence environnementale ci-contre, dressée à l'échelle de l'extension synthétise et superpose les principales orientations qui doivent faire de ce futur quartier un lieu sobre en énergie, soucieux de son empreinte énergétique et confortable pour ses habitants.



Le projet de l'Extension, de par sa situation en bordure de la Méditerranée, doit prendre en compte un climat typiquement méditerranéen.

1_Température, ensoleillement & lumière

La ville de Marseille bénéficie d'hivers doux et d'étés chauds et ensoleillés. Mai, Juin, Juillet et Août sont les mois où le taux d'ensoleillement est le plus élevé. Pendant les mois d'hivers, le soleil se fait plus discret tandis que les températures fléchissent, la moyenne d'ensoleillement sur les trente dernières années est comprise entre 2800 et 2900 heures par an. Une moyenne très confortable permettant à cette région de pouvoir bénéficier des meilleurs rendements en France pour les énergies solaires.



Source TECSOL : 2004. Carte solaire en France Métropolitaine

Mois		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Durée d'insolation	h	145.3	180.1	243.5	238.0	297.6	315.6	359.0	322.1	250.8	177.6	144.7	126.5

h : Nombres d'heure moyen d'ensoleillement

Source Météo France : 2004. Statistiques entre 1971-2000

A l'abri des Alpes, la Côte d'Azur est la région la plus protégée du littoral méditerranéen, les jours de gel y sont quasiment inexistant, ainsi que les jours de fortes chaleurs, les températures dépassant rarement 30 degrés. La proximité de la mer modère les effets climatiques, tout en augmentant l'hygrométrie. Ce climat clément assure une saison de chauffe réduite.

Pour valoriser ce climat particulièrement tempéré, une attention particulière sera portée sur la durée de chauffage et les hypothèses de calculs pour optimiser les puissances des machines.

Le gel est rare mais possible ; les plantations devront donc tolérer le froid. Il sera préférable de choisir des plantations rustiques.

Mois		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Minimum	°C	3.0	3.9	6.0	8.5	12.6	16.0	18.7	18.7	15.5	11.6	6.8	4.1
Moyenne	°C	7.1	8.2	10.7	13.1	17.4	21.1	24.1	23.9	20.4	16.0	10.7	8.0
Maximum	°C	11.2	12.6	15.3	17.7	22.2	26.1	29.5	29.2	25.3	20.3	14.7	12.0
Maximale enregistrée	°C	19.9	22.1	25.4	29.6	32.4	37.6	39.7	39.2	34.3	30.4	25.2	20.3
Année		2002	1990	1989	1947	1922	2003	1983	1922	1949	1997	1924	1989

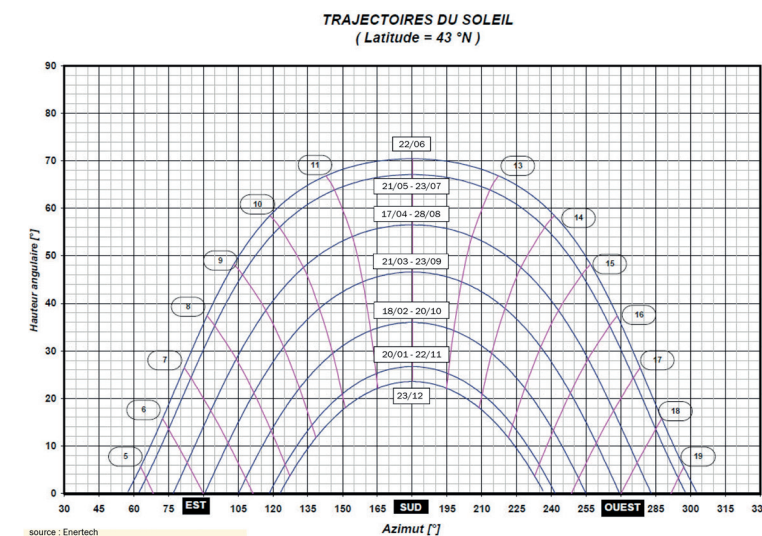
Source Météo France : 2004. Statistiques entre 1971-2000

En parallèle, la ville compte environ 10 jours par an de brouillard en moyenne et moins de trois jours par mois. La moyenne nationale, elle se situe à environ 40 jours de brouillard par an. C'est le vent qui est responsable de l'exceptionnelle clarté des ciels marseillais en dégageant rapidement les nuages au dessus de la ville.

Mois		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Durée brouillard	J	2.1	1.5	0.9	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	0.6	0.7	1.5	2.4

Source Météo France : 2004. Statistiques entre 1971-2000

La situation géographique (latitude 43°N) offre donc à Marseille une forte intensité lumineuse comparativement aux villes du Nord et peu de brouillard comparativement à d'autres villes du sud. Cette caractéristique pose la question de la méthode à utiliser pour les calculs de facteur lumière jour (FLJ) lesquels sont normalement réalisés à partir d'un temps gris. Il faut savoir que la valeur prise par défaut à l'extérieur, par temps gris, est cinq à dix fois inférieure à la valeur d'un ciel par temps dégagé. Une hypothèse qui pourra être prise en compte pour l'optimisation des dimensionnement des baies.



§ SOLEIL & LUMIÈRE

> Voir l'étude comparative du facteur lumière jour entre paris et marseille

> Voir l'étude sur les prospects vis-à-vis du rayonnement solaire et de l'intensité lumineuse

2_Le vent

Le vent est une donnée essentielle à Marseille. Le mistral qui souffle depuis le Nord Ouest est un élément très important dans la ville et les modes de vie.

Les vents dominants

De la Terre vers la Mer : le Mistral, du provençal : « maître ».

Il s'agit d'un vent frais et sec, soufflant souvent en rafales (au-dessus de 10 m/s). Il est orienté nord-ouest et associe immédiatement un temps clair, lumineux et bien ensoleillé. Les rafales chassent les pollutions de l'air. Très rarement on observera le "mistral noir" accompagné de nuages sombres. Le mistral n'a pas de saison et souffle tout au long de l'année. C'est un vent violent dont on cherche plutôt à se protéger.

De la Mer vers la Terre : Les vents d'Est et du Sud-est.

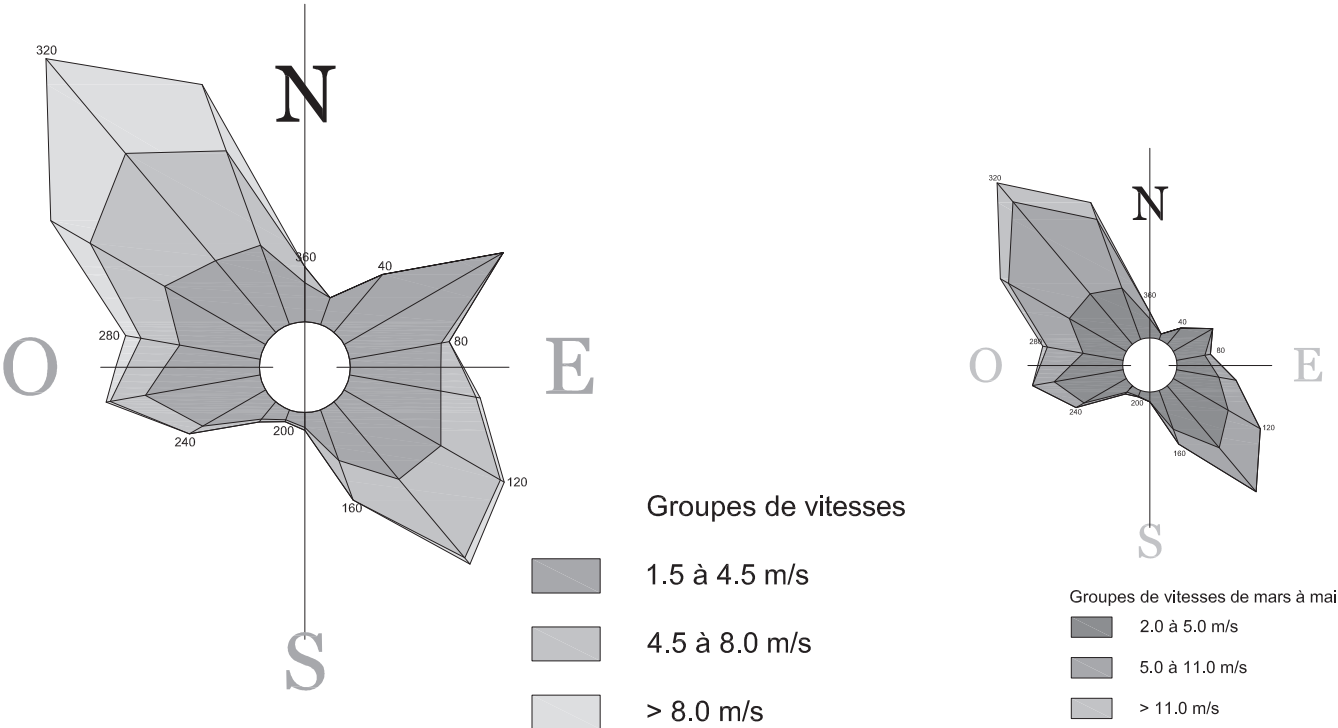
Le premier, le vent d'Est, est un phénomène particulier qui provoque un adoucissement du climat. Moins fréquents que le mistral, mais néanmoins très violent, les vents du Sud-est.

Mois		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Rafale > 16m/s	j	9.2	9.0	10.7	11.7	6.2	7.3	8.5	6.3	7.1	8.1	8.7	9.1
Rafale > 28m/s	j	0.8	1.0	1.1	0.8	0.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.4	0.7	0.9

Source Météo France : 2004. Statistiques entre 1971-2000

Les brises marines

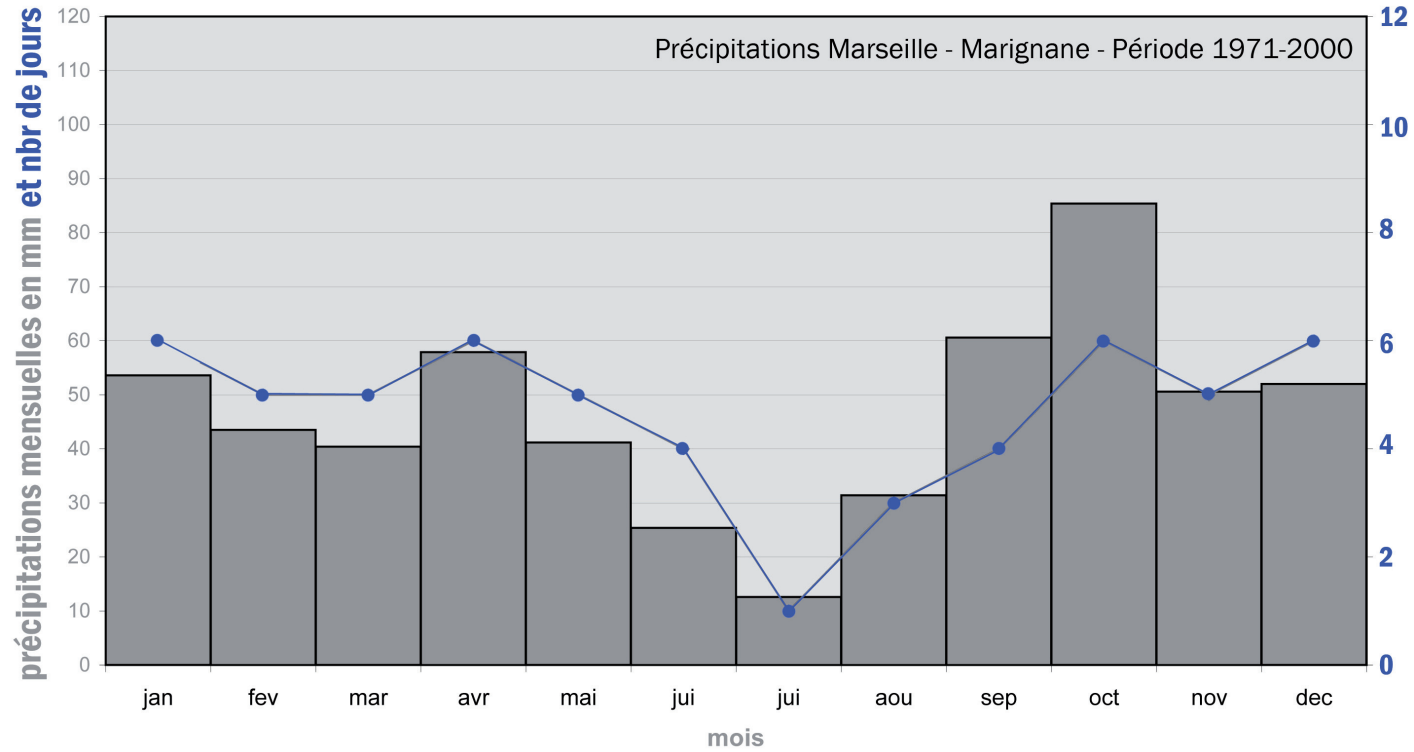
Les brises marines de Marseille sont favorables à l'augmentation de la teneur en eau contenue dans l'air. En effet, c'est un vent léger venu de la mer, durant la saison chaude, qui humidifie l'air et le rafraîchit . Refroidi, l'air du sud augmente la sensation de confort en été. Il est intéressant de remarquer que si la brise marine ne pouvait abaisser la température de l'air, alors la sensation d'inconfort serait ressentie, car dans ce cas l'évaporation de la sueur qui régule notre température de peau serait ralentie. Si l'air est chaud et humide, pour assurer la sensation de confort, la solution est de créer des mouvements d'air. Contrôler les brises marines c'est donc assurer un meilleur confort d'été.



3_L'eau de pluie

Le régime pluviométrique de Marseille est très particulier : seulement 70 à 80 jours de pluies supérieures à 1 mm irrégulièrement répartis dans l'année. À des étés très secs succèdent des automnes très arrosés (40% du total annuel en 3 mois). Ces précipitations orageuses peuvent quelquefois apporter en quelques heures 4 fois plus que la moyenne mensuelle en un lieu donné.

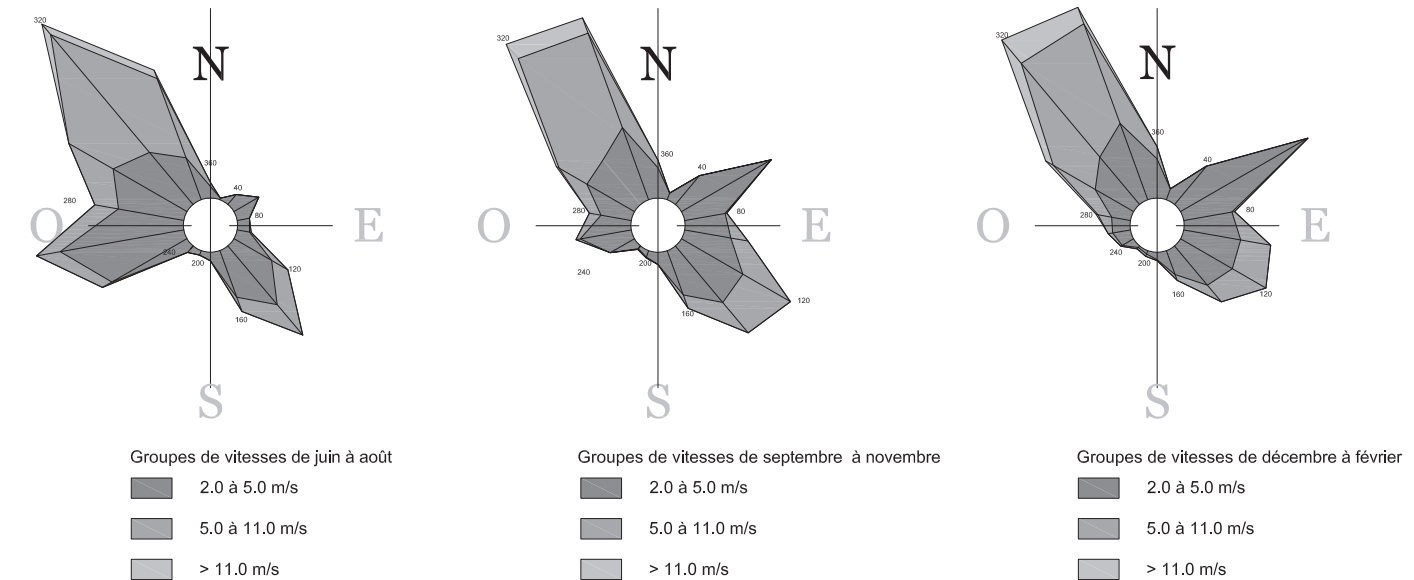
Il est important de souligner que, du fait de cette irrégularité, la rétention d'eau est un sujet important qui devra être traité afin de ne pas engorger les réseaux (à l'image de la conception du parc des Aygalades).



Source Météo France

Rappel : 1 mm équivaut à 1 litre d'eau par m2

Source Météo France



Sous un climat méditerranéen, la réduction de l'îlot de chaleur urbain est un enjeu de confort auquel peuvent concourir de nombreux interventions à toutes les échelles.

1_La problématique de l'îlot de chaleur urbain

L'effet appelé «îlot de chaleur urbain» correspond à l'observation d'une température plus élevée dans les villes que dans les campagnes environnantes. Par exemple, une étude a montré qu'une variation de température de 4°C à 6°C avait été relevé entre Paris et sa banlieue au même moment en début de soirée notamment.

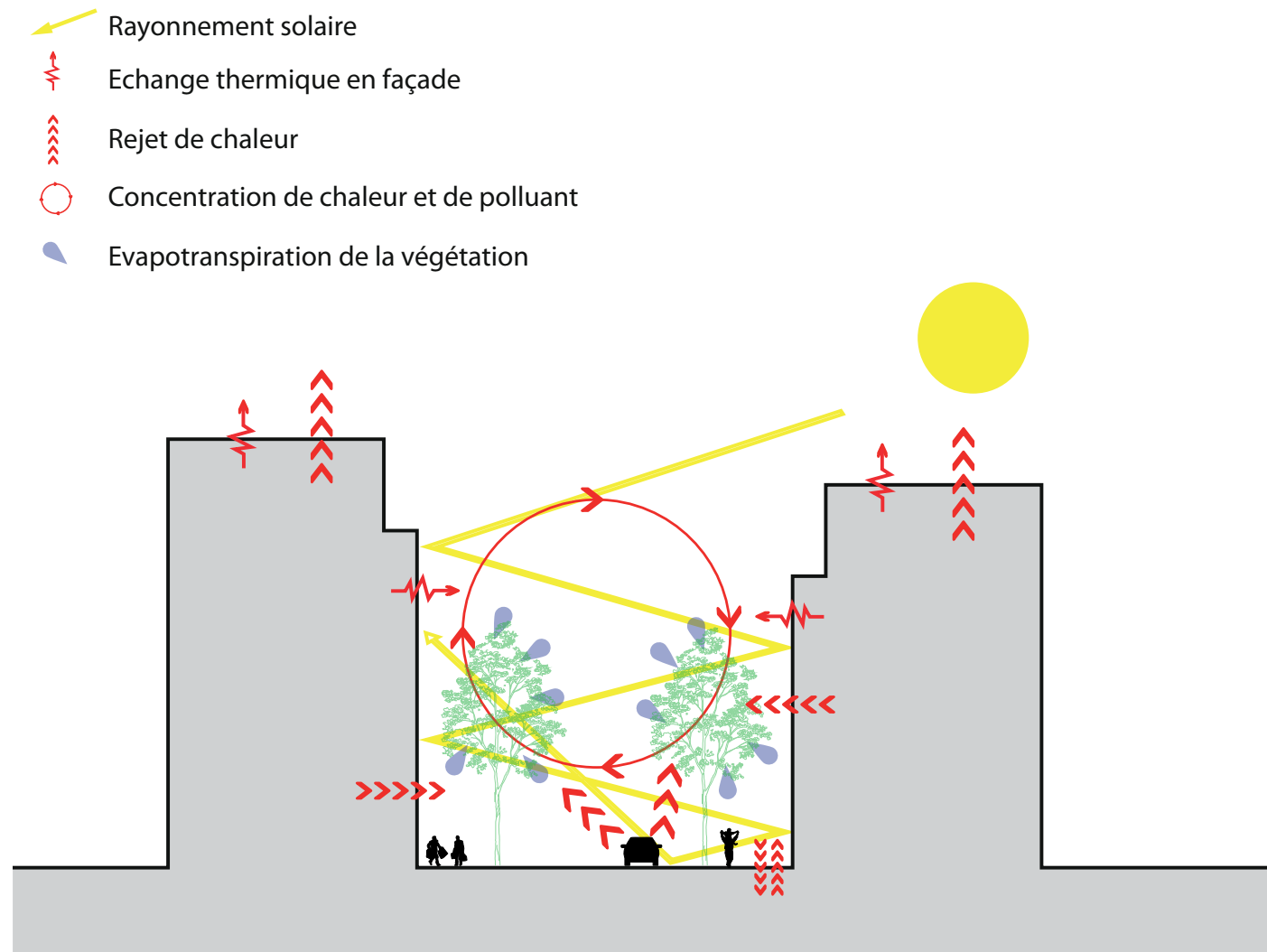
Le rafraîchissement nocturne est souvent fortement atténué en milieu urbain. Plusieurs préconisations sont donc à prendre dès la conception de la parcelle : valoriser végétalisation, les effets bénéfiques du vent, limiter les productions de chaleur due à l'activité humaine, réduire l'inertie des matériaux de surface urbaines, ...

Aujourd'hui, l'îlot de chaleur urbain s'inscrit dans nos préoccupations environnementales. Nos actions ne se limitent pas à l'échelle du bâti, mais visent une réflexion globale, notamment sur la forme urbaine. Rappelons nous par ailleurs que la plupart des scientifiques qui travaillent sur le changement climatique annoncent une hausse de la température générale d'environ 2 à 4°C dans moins de quarante ans. Cet hypothèse aura un effet significatif sur la qualité de vie et le confort des habitants.

Une étude est en cours avec Météo france, sur les effets d'îlot de chaleur. L'étude porte sur une projection de l'Extension finalisée. Plusieurs hypothèses seront réalisées afin de permettre aux concepteurs de se rendre compte du potentiel climatique des différentes préconisations.

Les hypothèses réalisées pour le moment sont :

- les effets climatiques du Parc à l'échelle du territoire
- l'intérêt de se brancher sur la boucle à eau de mer (chauffage + climatisation)
- le choix de matériaux de construction



L'îlot de chaleur urbain

Agir sur l'îlot de chaleur, une synthèse des actions possibles

2_ La végétalisation

Si la ville de Marseille dispose d'un paysage naturel très fort, il n'en reste pas moins que la ville souffre d'un manque d'espaces verts. On recense 6.5 km² d'espaces verts publics pour une superficie de la ville d'environ 240 km². Cette disproportion dans le dessin urbain de la ville amplifie les effets d'îlots de chaleur que les habitants de Marseille ressentent en été. Parmi les dispositifs urbains qui permettent d'atténuer le réchauffement climatique, les espaces verts et les plantations dans les espaces publics et privés offrent une puissance de refroidissement opportune. Ces derniers réduisent le phénomène d'îlot de chaleur grâce à l'ombre et à l'évapotranspiration qui rafraîchit l'air ambiant. La végétation favorise ainsi la dissipation d'énergie thermique en chaleur latente.

Son influence, avant tout localisée au niveau de l'espace vert, peut se sentir au-delà par le biais des mouvements d'air.

L'effet «oasis» provoqué par les espaces verts a par exemple été mis en évidence dans les mesures effectuées à Valence en Espagne où une diminution de 2,5° C au sein du parc Viveros de 20 ha, et par rapport au maximum mesuré en milieu urbain.

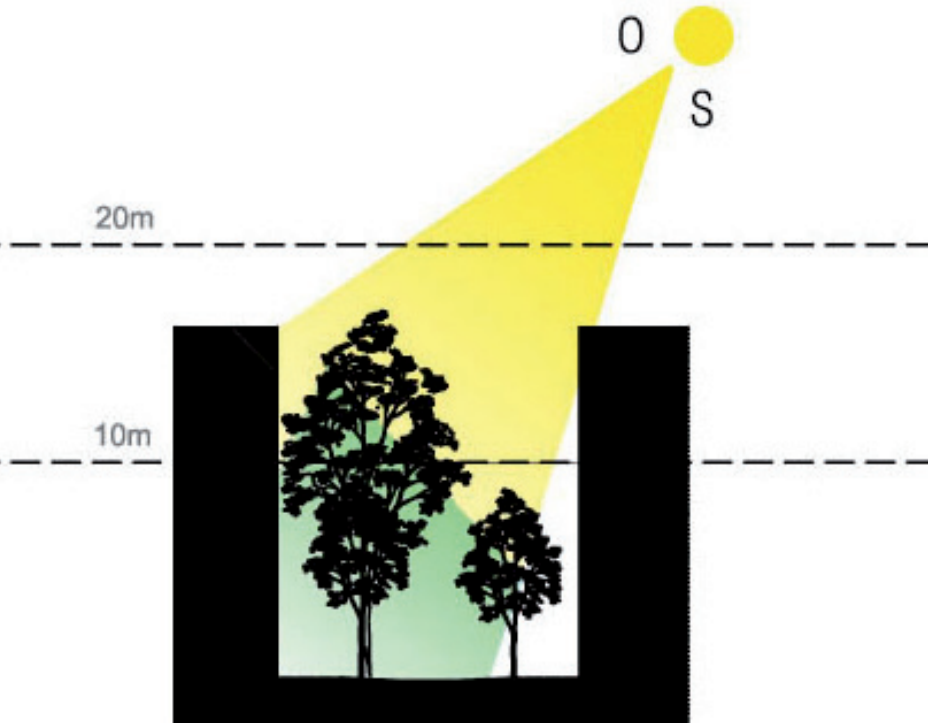
2-a Le Parc des Aygalades :

Le Parc des Aygalades qui représente environ 9 % de l'Extension (14 hectares) possède un capital fraîcheur renforcé par la traversée du ruisseau des Aygalades. Il impacte les quartiers riverains en profondeur grâce à la diffusion sensible des vents dans la trame urbaine et relaie ainsi les effets bénéfiques de la brise marine.

2-b Dans les quartiers :

Espace public :

Il a été décidé de mettre en œuvre une stratégie locale. L'espace public est largement planté, l'ombre portée des arbres apportant une baisse de température immédiate et diminuant la quantité de chaleur emmagasinée par les façades et les sols.

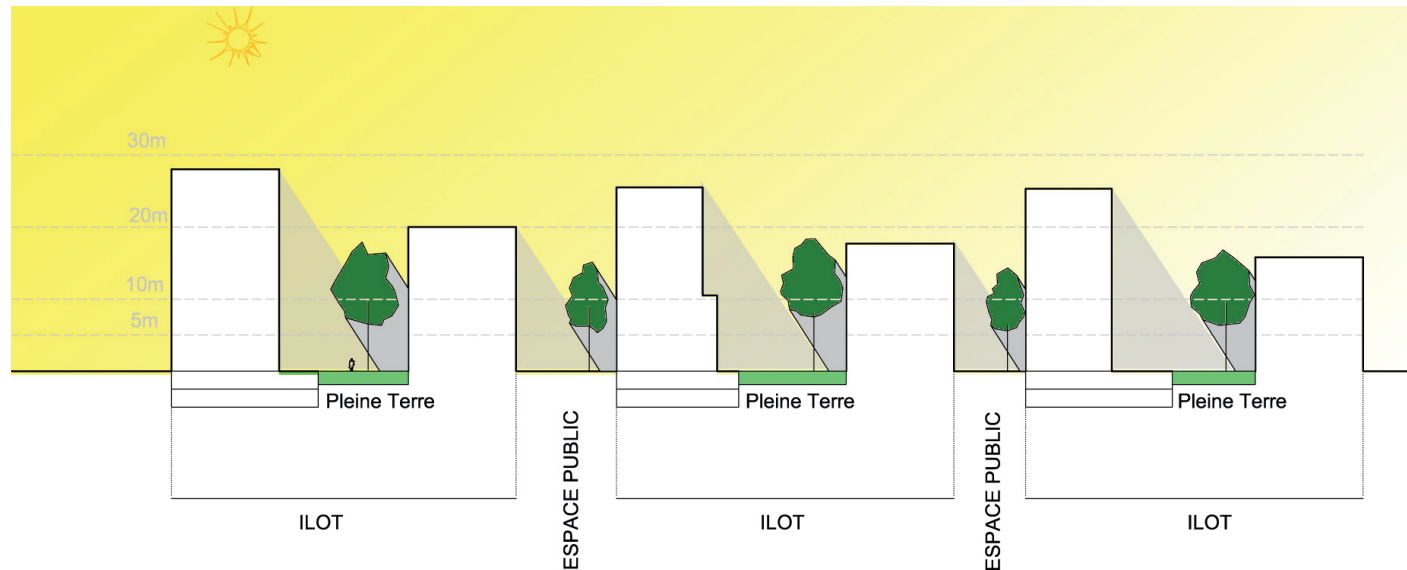


Le Parc des Aygalades, et son effet rafraichissant sur l'urbanisation voisine



A l'intérieur des îlots

Dans le PLU, il est imposé de planter au minimum 1 arbre de haute tige et feuillus par 80m² d'emprise au sol. L'idée est de maximiser les surfaces végétales que ce soit sur dalle ou en pleine terre afin de créer une canopée végétale. Les arbres seront choisis pour créer de l'ombre, plus particulièrement sur les surfaces minérales et réfléchissantes.



sous les houpiers



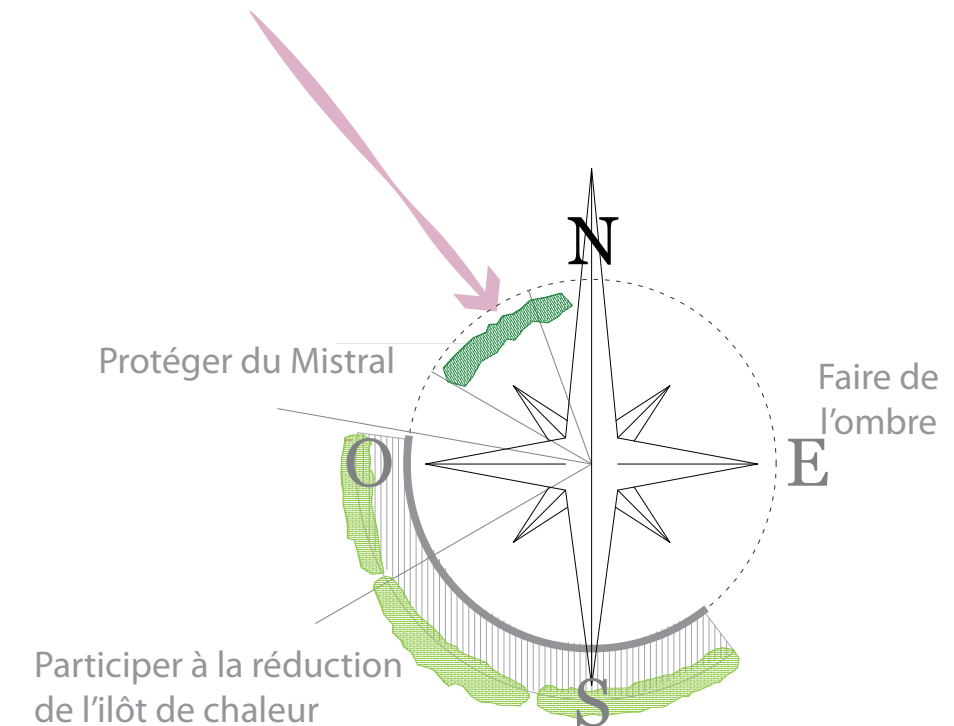
ombre en été



soleil en hiver



Fonctions diverses de la végétation dans l'îlot



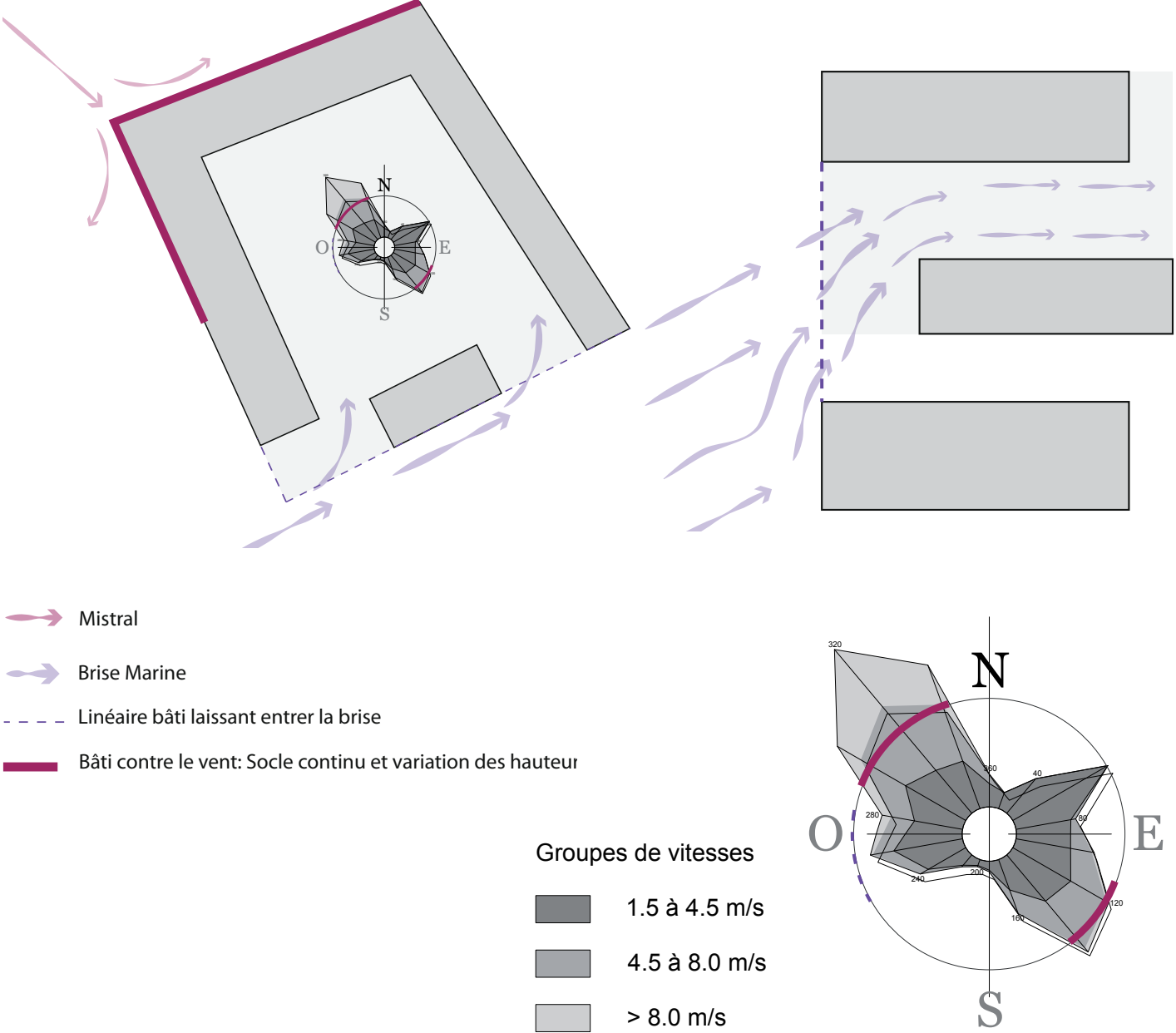
-  Végétation faisant protection au vent (persistantes)
-  Végétation faisant ombrage (caduques)
-  Ombre portée de la végétation

- > Article 13 / 1 arbre haute tige par tranche de 80m² de surface de pleine terre imposée
- > 40% minimum des arbres hautes tiges devront atteindre 20m ou plus à l'âge adulte
- > 1 petit sujet par 80m² de surface de pleine terre imposée
- > Préférer des sujets ayant une force d'au moins 20cm (circonférence du tronc à 1m du sol)
- > Préférer des plantations caduques afin de maintenir l'ensoleillement en hiver (sauf lorsque celles-ci offrent une protection contre le vent)
- > Planter abondamment lorsque l'opération est proche d'un trafic important
- > Privilégier les arbres en protection solaire aussi grands que le gabarit le permet
- > Afin de respecter la biodiversité locale et réduire les besoins d'arrosage, les essences seront des espèces locale et méditerranéennes, résistantes à la sécheresse et au gel (rusticité -5) ; pas ou peu consommatrice d'eau.
- > Le choix des essences s'effectue prioritairement parmi les espèces méditerranéennes
- > limiter les pelouses au profit de gazons de substitution : zoyza, cynodons, frankenia Laevis, Lipia nodiflor (moins demandeur d'eau)
- > Privilégier les couvre-sols pour les mêmes raisons

3_La brise marine

Si à Marseille, le nombre de jours de pluie est très faible, nous pouvons compter sur les brises marines pour augmenter la sensation de confort en été.

Il a été montré qu'à Marseille l'effet d'atténuation de la température grâce à la brise marine agit depuis la côte sur quelques kilomètres. Il a été mesuré une élévation de la température d'environ 0.2 °C tous les 2,5km.



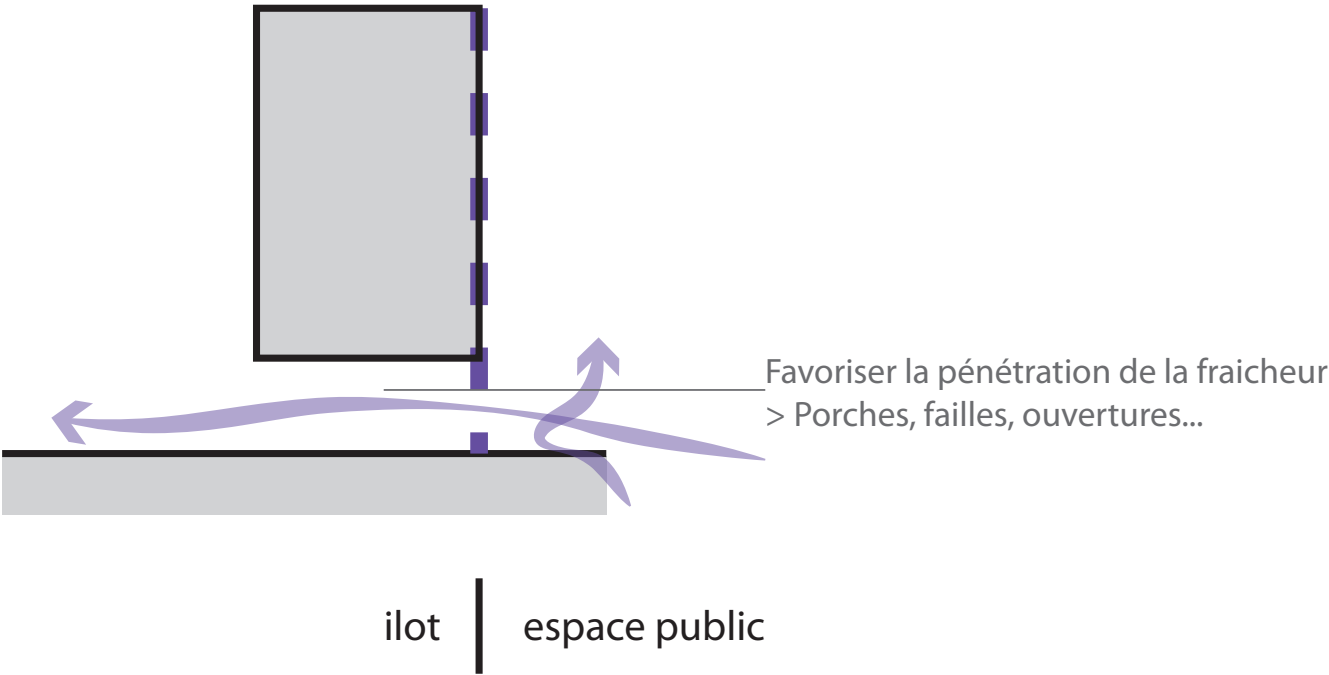
Il est important d'adopter une stratégie pour faire pénétrer les brises marines (et assurer un meilleur confort d'été) à l'intérieur de l'îlot. Rendre les îlots poreux aux brises marines, apporter une discontinuité du socle bâti au Sud-ouest favorise l'écoulement de cet air frais d'été en cœur d'îlot. Les turbulences en aval des bâtiments, phénomène dont il faut se protéger dans le cas du Mistral, sont à valoriser dans le cas de la brise marine. Les distances inter-bâtiment dans l'axe Sud/Ouest doivent être choisies de façon à favoriser les re-circulations au sein de l'îlot.

L'îlot de chaleur disparaît lorsque le vent est > 11.1 m/s-1 ; A Marseille, l'effet d'îlot de chaleur est atténué sur à peu plus un tiers de l'année.

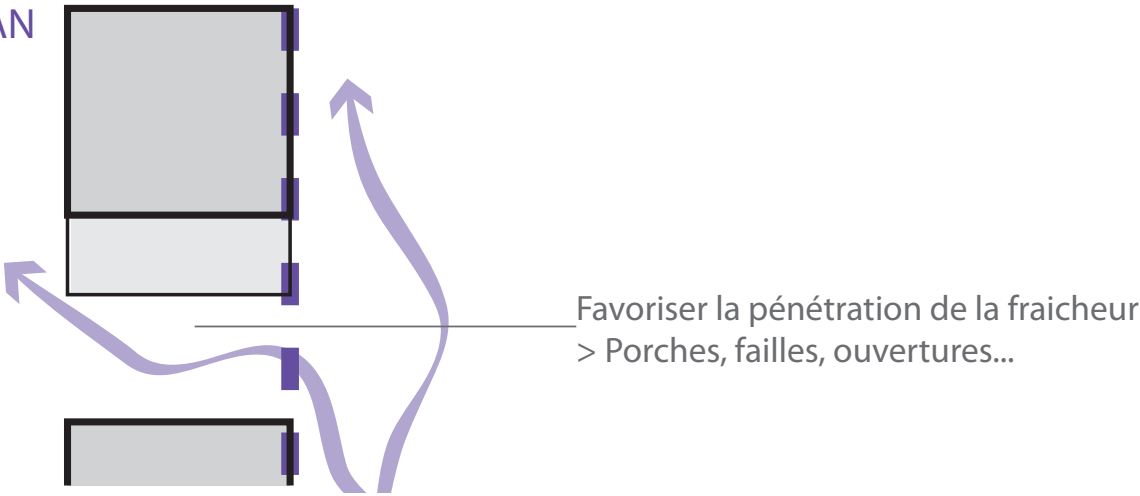
Faire entrer la fraîcheur de la Brise Marine

Recommandations

COUPE



PLAN

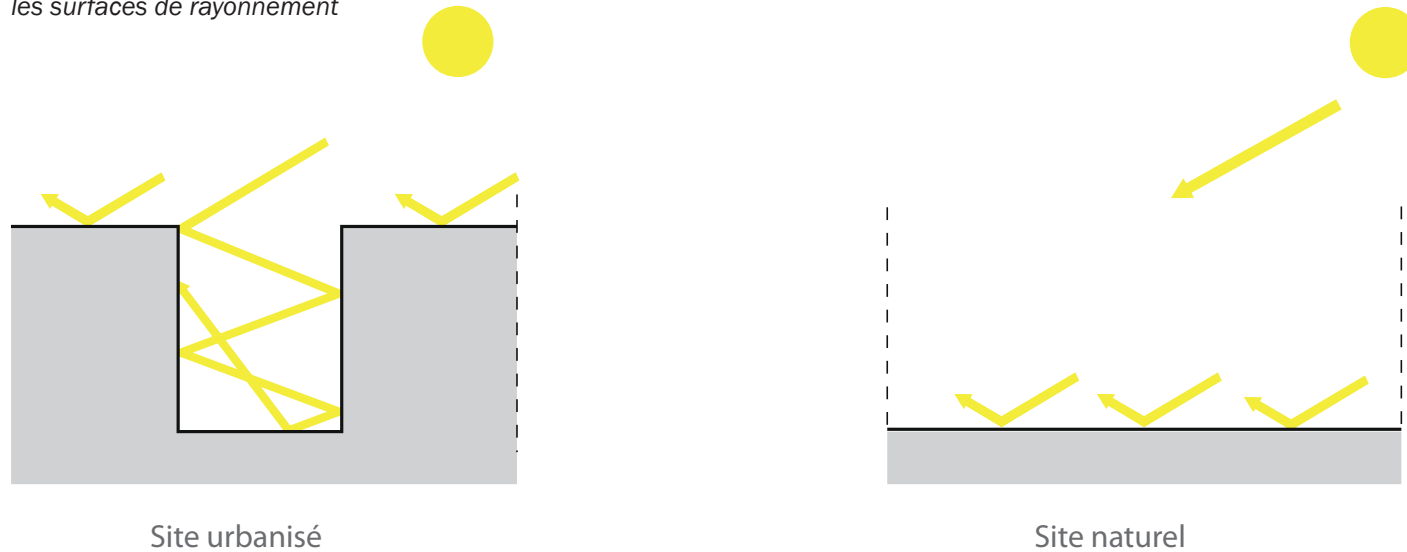


> Mettre en œuvre une stratégie de discontinuité du bâti orienté Ouest Sud-ouest au niveau de l'îlot
> mettre en place un système équivalent telle qu'une fontaine ou un système de brumisateurs. (Attention à la qualité sanitaire de l'eau et au risque de légionnelle)

4_Le rayonnement solaire

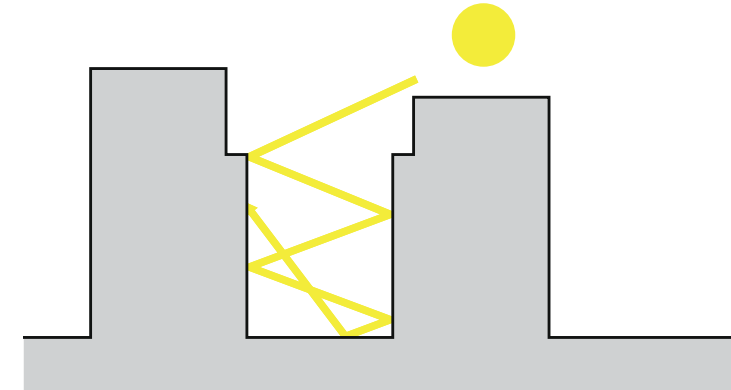
Dans une étude d'Aida (1982) sur les phénomènes du rayonnement global en site urbain, l'absorption du rayonnement global dans une rue de prospect égale à 1 est d'environ 20% plus forte qu'une surface plane au matériau identique. L'urbanisation est donc un assemblage de géométrie tridimensionnel qui multiplie les surfaces d'absorption radiative. L'augmentation du rayonnement global n'est pas seulement affecté par la géométrie de l'urbanisation, mais aussi sur les propriétés radiatives des matériaux urbains. Les propriétés physiques, la couleur (albédo) et l'émissivité des matériaux notamment jouent un rôle tout aussi déterminant. Une implication forte entre le parti urbain et architectural limitera l'accroissement du rayonnement solaire et les effets d'îlots de chaleur urbain.

les surfaces de rayonnement

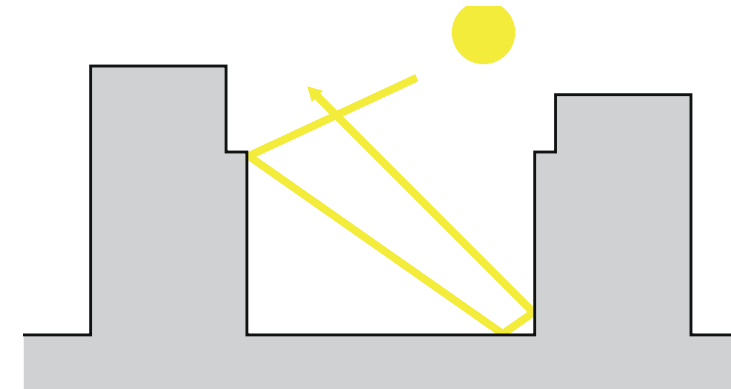


4-c La géométrie des rues & l'albédo :

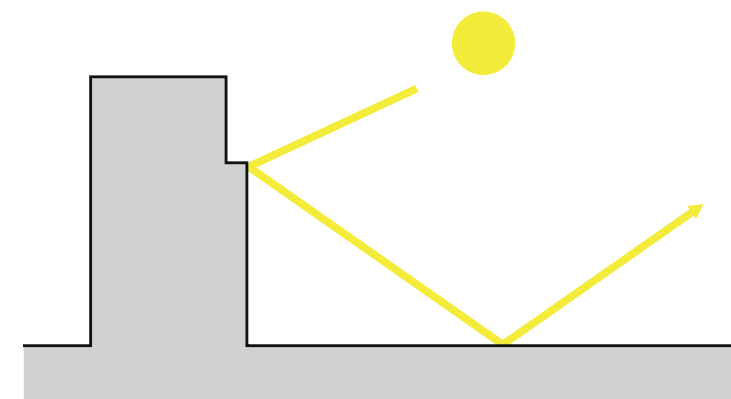
Un lien s'opère donc entre la géométrie de la rue (ou du cœur d'îlot) et les matériaux. Trois situations sont à prendre en compte, dans le projet d'Extension : la rue « canyon », la rue intérieure et la rue ouverte.



Dans le cas des rues canyons, la géométrie des constructions urbaines piège les rayonnements solaires la journée, et accroît les effets d'îlots de chaleur en augmentant le rayonnement mutuel entre les façades des bâtiments. Les revêtements de façade, leur couleur et leur matérialité sont très donc importantes. L'albédo recherché en façade sera très clair.



Dans le cas d'une rue intérieure ou d'un boulevard, lorsque le prospect est bas, les surfaces au sol et en façade sont de mêmes importances. Dans le cas de la rue intérieure à l'îlot, l'albédo recherché au sol et en façade sera clair.



Dans le cas d'une rue ouverte (face au parc ou face à la mer), la surface au sol est plus importante que la surface de la façade. Par corrélation, un fort albédo au sol est recommandé.

BAO 4-a L'albédo des matériaux :

De manière général, on remarque dans les villes d'Afrique un albédo moyen sur la ville >0.45 alors que dans les villes d'Europe, l'albédo urbain est entre de 0.15 à 0.3. L'albédo (rapport compris entre 0 et 1) représente la part d'énergie solaire incidente qui est directement réfléchi par le matériau.

4-b La géométrie urbaine :

On appelle «rue canyons», les rues dont les surfaces verticales sont assez hautes pour piéger le rayonnement solaire. On retrouve à Marseille, dans le quartier du Panier par exemple, un exemple d'urbanisation en rue canyon. En journée il est agréable de s'y ballader car les rues offrent facilement de l'ombre. L'apparition de l'îlot de chaleur urbain intervient surtout en début de soirée car dans ces rues, la ventilation est limitée. Il est possible de limiter les effets de «rue Canyon» en apportant de la discontinuité au bâti, en favorisant la dispersion du rayonnement solaire, en favorisant la pénétration de la brise marine.

> favoriser les décrochements, dans les rues dites «canyons», denses et dont le bâti est aligné sur rue
> En cœur d'îlot, l'alignement des immeubles est déconseillé, la discontinuité favorise la dispersion du rayonnement solaire, limite les effets d'îlots de chaleur urbain et participe ainsi au confort de l'utilisateur

4-d Les surfaces de toiture :

Les toitures sont aussi des surfaces de rayonnement solaire ou d'absorption qu'il faut prendre en compte. Un fort albédo est recommandé lorsque celles-ci ne sont pas dédiées à la production énergétique ou à la rétention d'eau pluviale. La forme des toitures, plate, rayonne mieux vers le ciel par rapport à une toiture en pente qui réfléchit les rayons solaires dans les rues.

4-e Les surfaces au sol :

La réduction de l'imperméabilité des surfaces par la mise en place de surfaces poreuses (voiries sur structure alvéolaire, bassins de phyto-épuration, ...) permet de réduire l'inertie thermique de la parcelle et contribue donc à combattre l'îlot de chaleur.

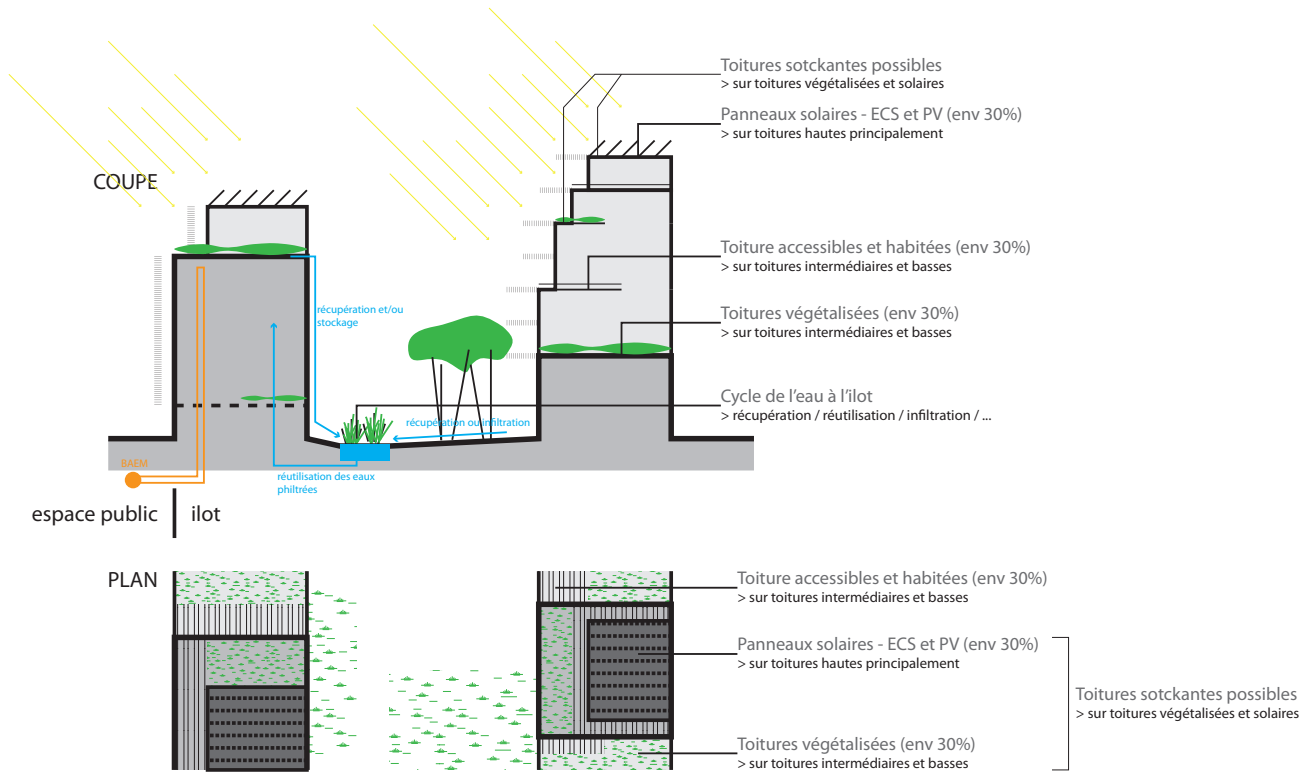
Inertie thermique :

C'est la capacité d'un matériau à accumuler puis à restituer un flux thermique. Plus le temps d'absorption est long, plus le matériau est thermiquement inerte. A titre d'exemple, le béton a une capacité thermique de 2400 KJ/M3.°C, la terre sèche de l'ordre de 1350 KJ/M3.°C. Lorsqu'il fait chaud, le béton aura tendance à se réchauffer plus lentement que la terre, mais dès qu'il fera frais (soir d'été), il mettra aussi beaucoup de temps à se refroidir.

Combinaison inertie thermique et albédo :

La situation spatiale doit influencer l'albédo des matériaux urbains. L'inertie thermique est un autre phénomène qui fait intervenir l'apparition des îlots de chaleur urbain, cela doit donc être pris en compte lors du choix des matériaux. Par exemple, un béton brut a une inertie thermique assez élevée et un albédo assez faible. Il absorbe près de 80% de l'énergie (albédo = 0.02) de l'énergie qu'il reçoit. Ainsi le béton va se réchauffer lentement mais sa capacité thermique et son albédo lui permettent d'emmagasiner beaucoup de chaleur. Le soir, il commencera à se refroidir tout aussi lentement alors que la température de l'air extérieure qui l'entoure a déjà beaucoup baissé.

Utilisation des toitures



5_Source de chaleur anthropique

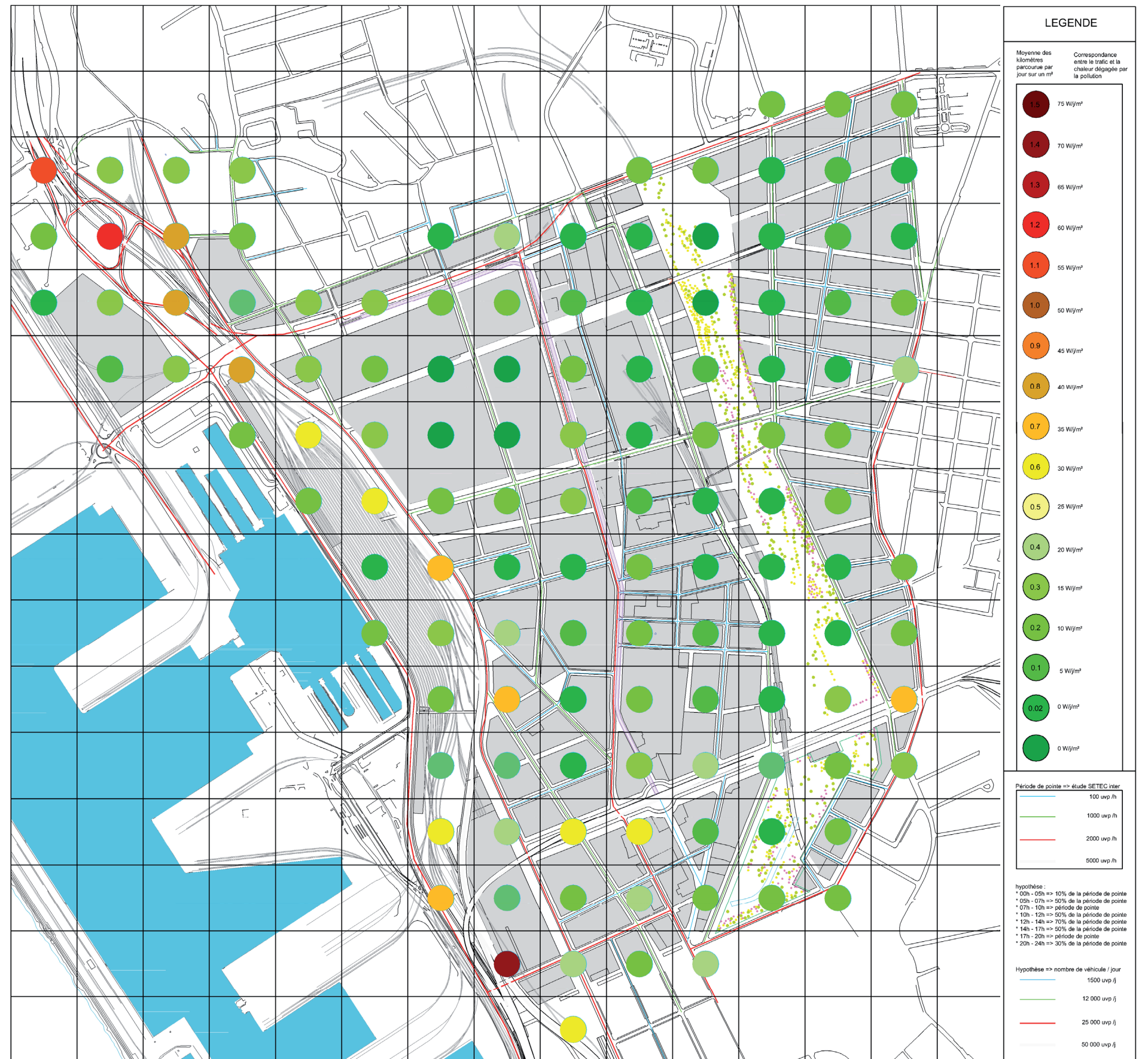
Les sources de chaleur anthropique recouvrent toutes les activités humaines qui apportent de la chaleur dans l'espace urbain. La pollution, les équipements techniques comme la climatisation sont des éléments qui augmentent la température.

5-a Pollution

L'une des raisons indirectes de l'augmentation de la température dans les villes est la pollution. Les particules limitent l'évacuation du rayonnement infrarouge et augmentent l'effet de serre. Dans le cadre d'Euromed, de nombreuses mesures ont été faites afin de promouvoir les transports propres et collectifs (métro + tramway + ligne de bus en site propre)

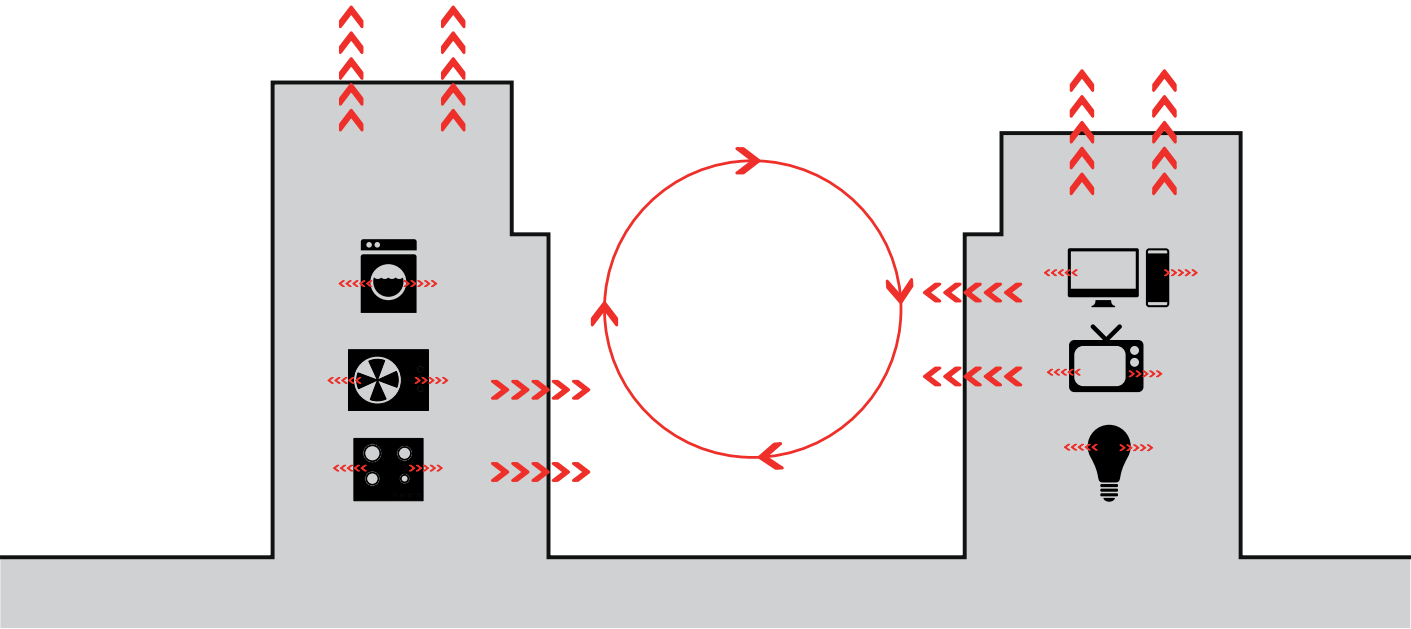
> Adapter l'albédo sur les façades selon la situation de la rue
> En ville, les toitures sont des surfaces de rayonnement solaire, préférer un fort albédo des matériaux en toiture lorsque celles-ci ne sont ni productrices d'énergie, ni stockantes (Il existe aujourd'hui des membranes d'étanchéité claires).
> Planter, augmenter les puits de fraîcheur lorsque l'on est dans des situations de forte pollution

La carte ci-contre met en avant l'influence du trafic voitures sur la température. Elle a pour but de se situer dans le projet de l'Extension et d'éviter de multiplier l'intensité du trafic dans les cœurs d'îlots. Les cœurs d'îlots ont vocation à être des sources de fraîcheur pour chaque parcelle.



5-b Rejet de chaleur du bâti

Le climat spécifique en méditerranée a souvent impliqué de se focaliser sur le confort d'été face à la chaleur ambiante en utilisant la climatisation. Or ces équipements, en rejetant des calories à l'extérieur sont responsables d'une augmentation de la température dans les rues en été. Un cercle vicieux est créé car plus il fait chaud, plus l'intérieur des bâtiments est rafraîchi, ce qui génère encore plus de charges thermiques à l'extérieur. A Marseille, l'absence de végétalisation amplifie d'autant plus le phénomène.



La situation géographique de l'opération de l'Extension permet d'utiliser les effets de la brise marine comme une climatisation «urbaine». Il faut donc s'attacher à réduire au maximum les modes actifs de production de froid et dans un second temps, de travailler avec des outils performants.

Une étude «CLU et Escompte» a été réalisé sur l'étalement de la brise marine dans Marseille.

- > Les appareils de climatisation rejetant les calories par voie aéraulique sont proscrits. Outre la ventilation naturelle, les pompes à chaleur air/air ou air/eau sont des alternatives possibles.
- > Limiter la place de la voiture dans l'îlot
- > Adopter des systèmes efficaces passifs pour la ventilation

1_Soleil & lumière

1_a À l'échelle urbaine : Les prospects

Étude des prospects méditerranéens

Une étude a été réalisée dans quelques villes du bassin méditerranéen. On retrouve dans l'urbanisme méridional des rues très serrées qui sont le fruit d'un raisonnement défensif et d'une protection contre le soleil. Le prospect classique que l'on retrouve dans les villes nouvelles n'a pas été repris. Le projet de l'Extension d'Euroméditerranée prévoit des prospects variés, allant pour de 1,2 à 2, et dont le prospect général est à 1.4.

BAO

1_b : À l'échelle du bâtiment : Le FLJ

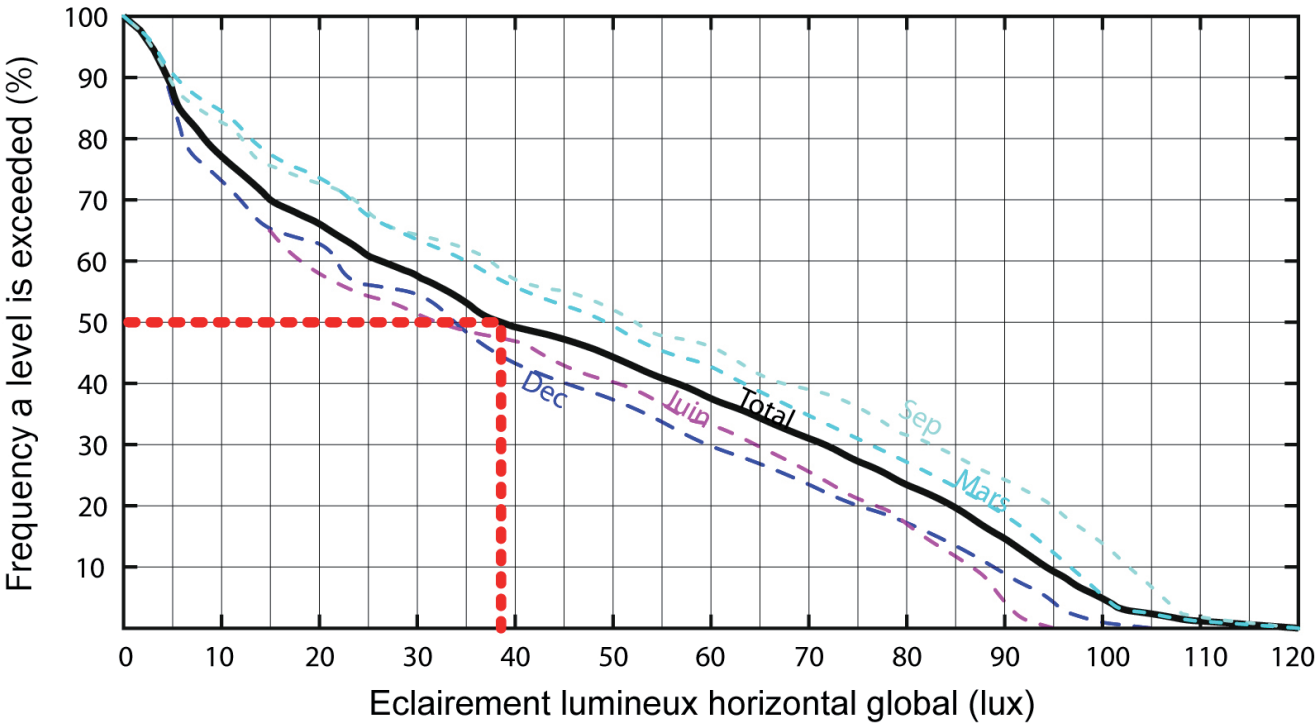
FLJ - facteur lumière du jour

Une étude comparative entre Paris et Marseille illustre le rapport de quantité de lumière reçu dans un même local. A Marseille, un pourcentage de 50% de vitrage sur la façade recevra environ 36 000 Lux à l'intérieur, alors qu'à Paris, le local ne recevra que 22 000 Lux. On note que selon la latitude, la quantité de lumière à l'extérieur est différente. Cela revient à dire qu'un facteur de lumière jour (FLJ) de 2% en région parisienne correspond à un FLJ 1.2% à Marseille pour le même confort visuel.

Le rapport est de $2 \times 22 / 36 = 1,2\%$

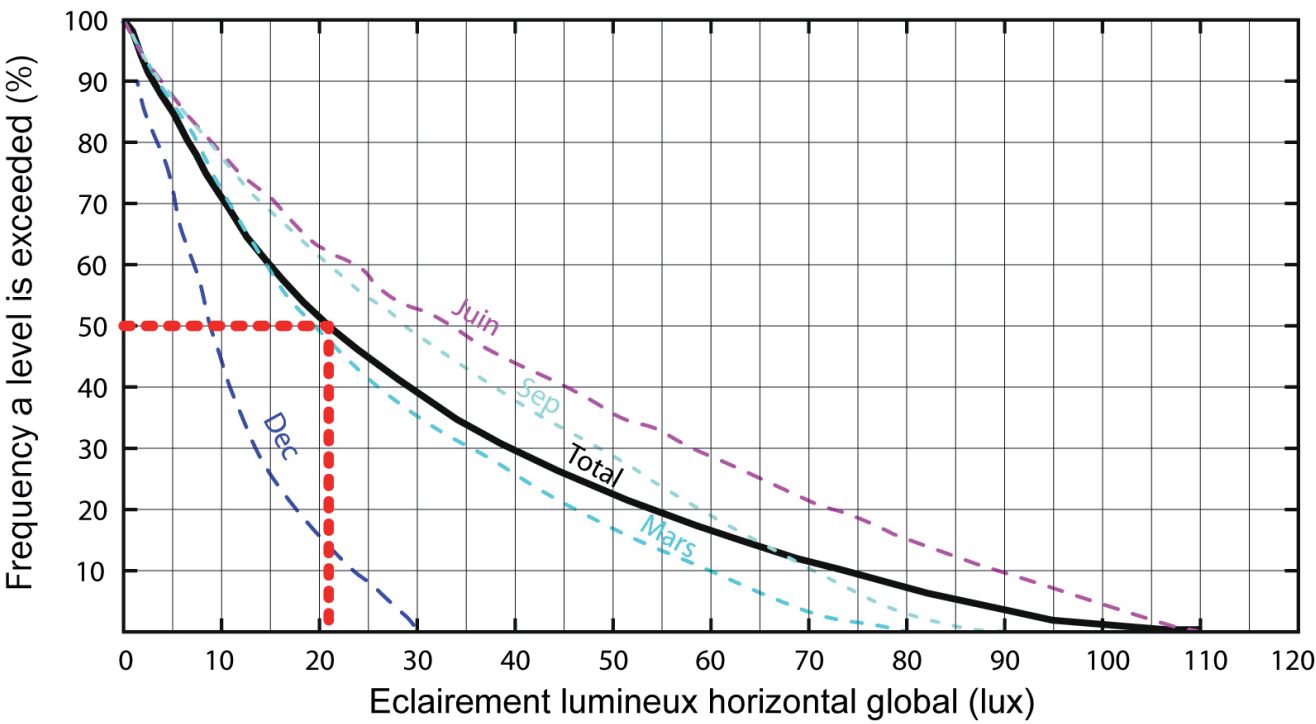
On remarquera aussi sur le graphique que les courbes de luminance sont particulières dans ces deux régions. A Paris, en décembre, il y a très peu de lumière alors qu'en Juin la courbe ressemble déjà plus à celle de Marseille. Dans la ville « soleil », les courbes sont très resserrées ce qui correspond à une luminance stable pendant l'année

Marseille



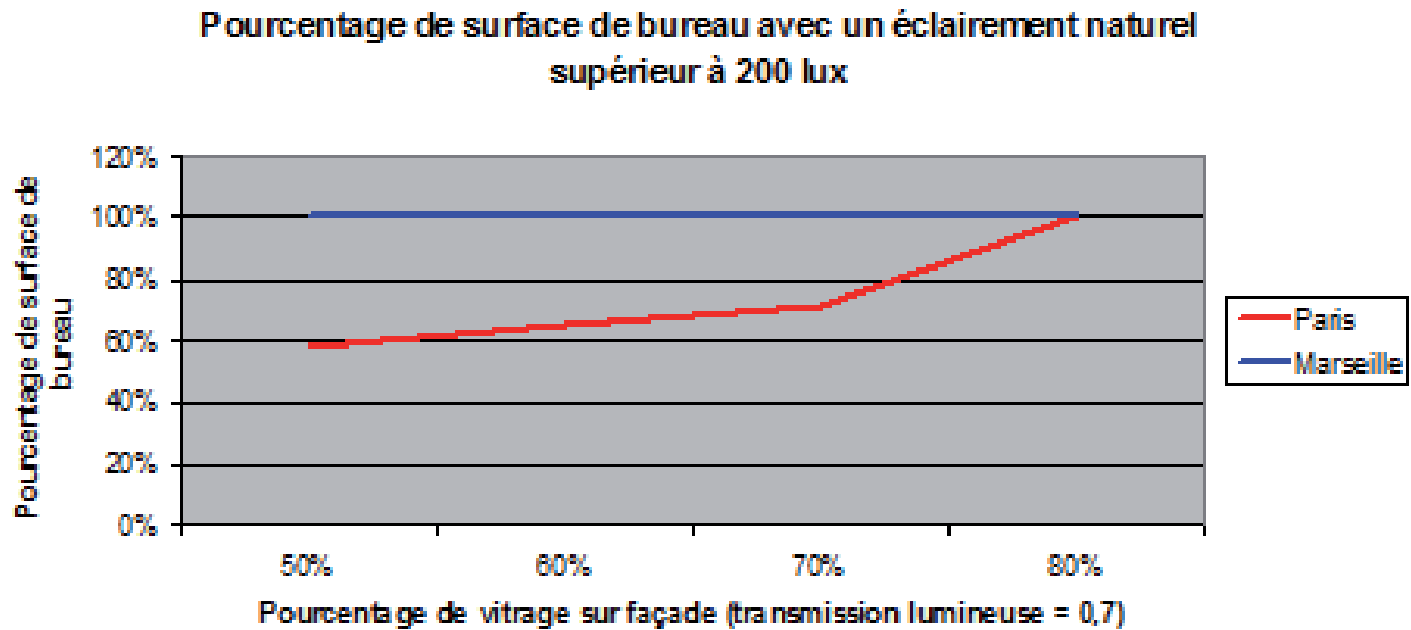
Marseille : Quantité de lumière reçue avec 50% de façade vitrée : 36 000 Lux
Source SETEC bâtiment

Paris



Paris : Quantité de lumière reçue avec 50% de façade vitrée : 22 000 Lux
Source SETEC bâtiment

Le graphique ci-dessous illustre le propos suivant : les bureaux à Marseille et à Paris n’ont pas besoin d’une surface de vitrage équivalente. Le facteur de lumière du jour résultant d’un même pourcentage de vitrage dans un bureau des deux villes citées n’est pas le même, une façade avec 50% de vitrage à Marseille est équivalente à une surface avec 80% de vitrage à Paris.

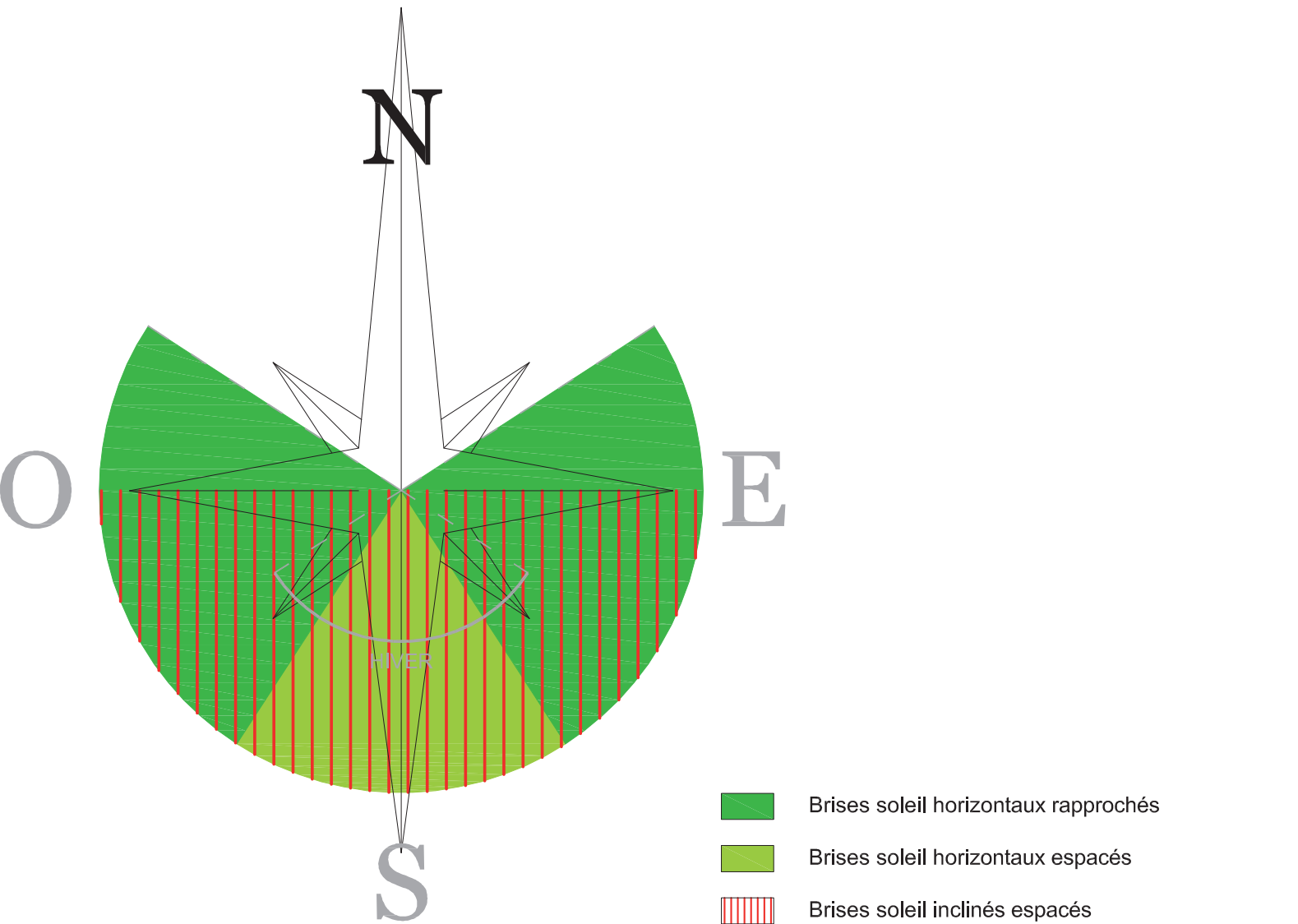


Source SETEC bâtiment

Dispositifs de brise-soleils en façade

Le soleil est un élément dont il faut savoir se protéger dès la mi-saison chaude mais s’en servir dès la période de froid. Selon l’orientation, nous savons que les dispositifs en façade sont différents. Le schéma présenté ci-dessous propose des systèmes de brise-soleils à utiliser. Le schéma ne représente pas les brises soleils verticaux qui sont possibles au sud ci ceux ci sont très resserrés et surtout utiles à l’ouest et à l’est lorsque ceux ci sont espacés. Néanmoins cette solution peut occasionner des bandes d’ombre et de lumière pouvant gêner les utilisateurs.

Règles sur les dispositifs de brise-soleils en façade



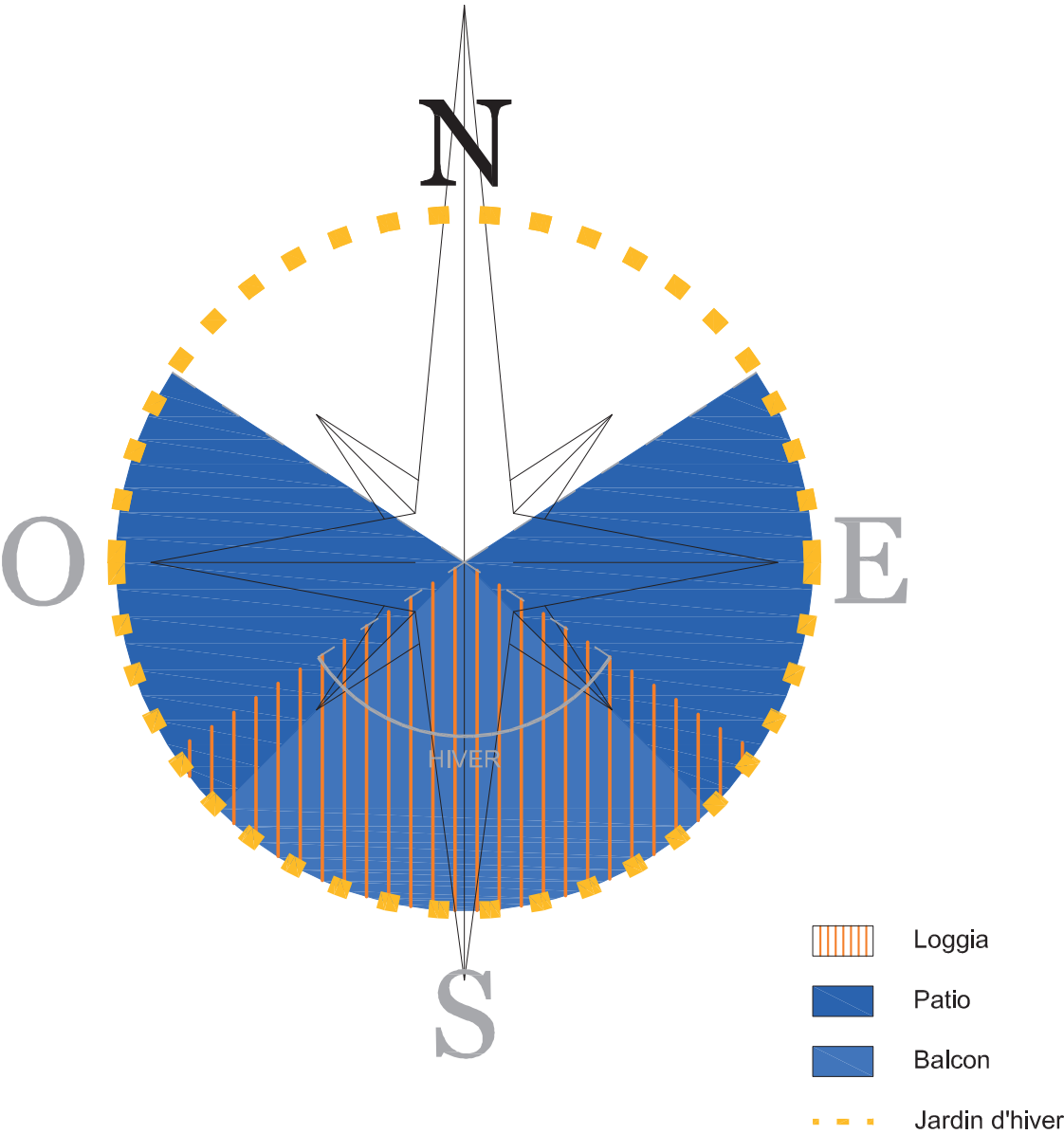
- > Toutes les baies exposées au rayonnement direct doivent faire l’objet d’une protection solaire
- > Adapter les protections solaires sur chaque façade en fonction de leur orientation
- > Considérer le climat méditerranéen et optimiser les surfaces d’ouverture pour chaque programme



Dispositifs architecturaux

D’après l’orientation du soleil, plusieurs dispositifs sont présentés et sont optimisés selon leur angle solaire.

Règles sur les dispositifs architecturaux en façade vis-à-vis du soleil



Le confort d’été

Il est important dans un climat méditerranéen, où la période chaude est longue de résister aux variations thermiques extérieures, même sur le littoral, bien que l'amplitude de température entre le jour et la nuit soit plus faible qu'à l'intérieur des terres.

A l’époque, les maisons traditionnelles étaient réalisées au moyen de matériaux lourds, comme la pierre par exemple. On retiendra l’image des maisons de Provence dont les murs en pierre calcaire avaient une profondeur de 40 à 60 cm d’épaisseur. La température à l’intérieure était fraîche même en plein été.

Actuellement, les nouveaux immeubles ont diminué la masse volumique des murs extérieurs pour des raisons économiques. Or, une inertie moyenne à très lourde suivant les cas programmatiques est indispensable pour assurer le confort d'été et ainsi d'éviter les dépenses inutiles, notamment de la mise en route de la climatisation.

Une bonne inertie d'un immeuble associe les 3 caractères suivants :

- une forte capacité thermique (murs et planchers lourds en contact avec l’air intérieur)
- une conductivité élevée (murs en matériau “absorbant”)
- une grande surface d’échange

Une classe d’inertie à choisir selon les programmes

Chaque programme n’a pas évidemment besoin de la même classe d’inertie, que l’on pourrait mettre en corrélation avec le temps d’occupation du programme et le nombre d’occupants. C’est par exemple le cas d’un logement et d’une salle de restaurant. Dans un logement, il conviendra de déterminer une classe d’inertie «lourde» à «très lourde», car l’utilisation peut être continue. Dans le cas d’une salle de restaurant, l’utilisation est temporaire, seules quelques heures seront remplies de gens, il n’est donc pas nécessaire de déterminer une classe d’inertie lourde.

Plus la classe d’inertie est lourde, plus les murs se réchaufferont avec le temps. L’inertie doit être étudié en parallèle de la période de chauffe, pour que cela ne nuise pas non plus avec une surconsommation de chauffage en hiver.

Pour déterminer la classe d’inertie, on se réfèrera au tableau suivant :

La définition d’une paroi lourde et d’un plancher lourd est donné par le CSTB.

CLASSE D'INERTIE	plancher BAS	Plancher HAUT	Paroi VERTICALE
TRES LOUD	X	X	X
LOUD	X	X	.
	X	.	X
	.	X	X
MOYENNE	X	.	.
	.	X	.
	.	.	X
LEGERE	.	.	.



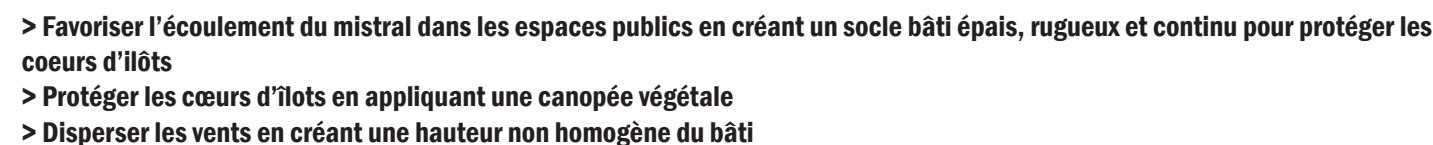
> Adapter la classe d’inertie pour chaque programme

> Adopter une stratégie sur ventilation naturelle nocturne lorsque le programme le permet.

> Favoriser les dispositifs architecturaux et la récupération de chaleur selon les règles énoncées ci-dessus

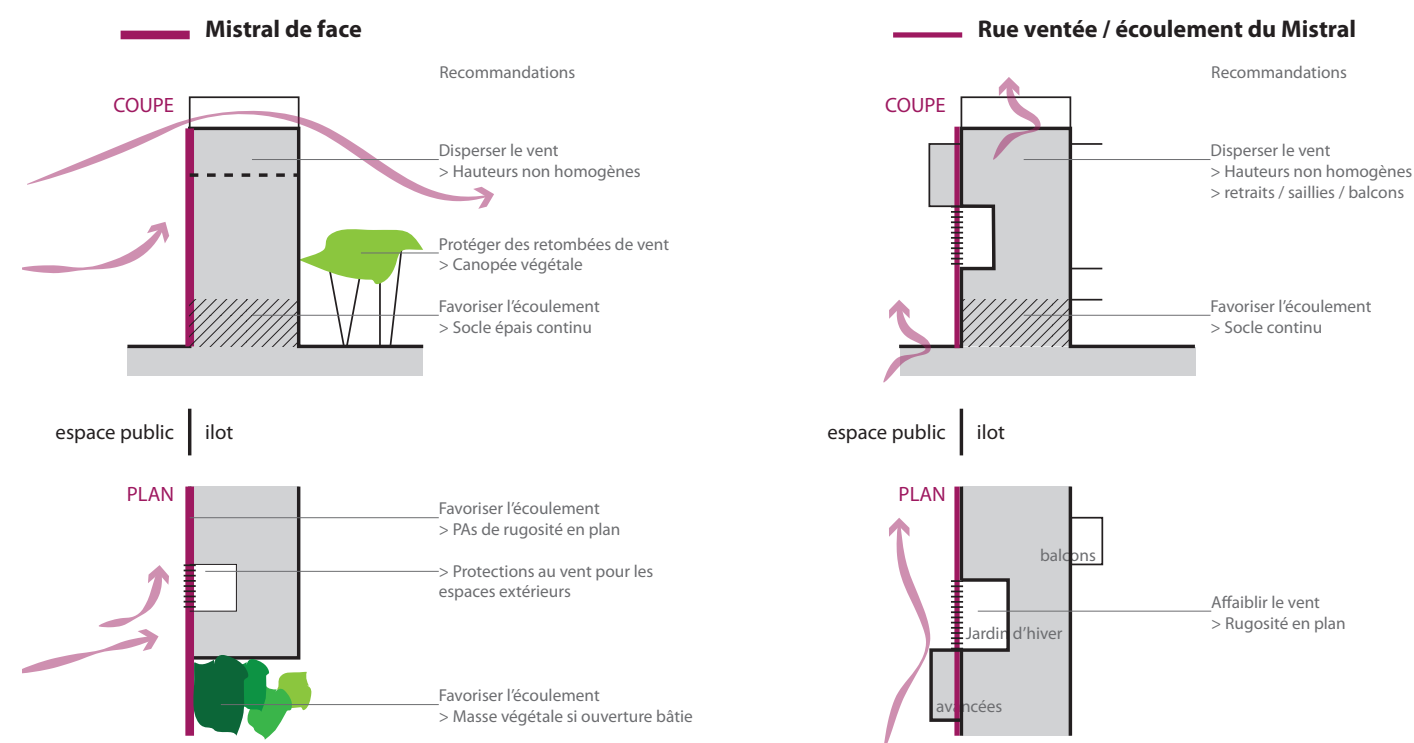
2_a À l'échelle urbaine : Le mistral

Rappel : Le mistral souffle en rafale et tout au long de l'année. La brise marine souffle quant à elle en été.



2_b À l'échelle de l'îlot : La canopée végétale

L'aménagement d'une canopée végétale au cœur de l'îlot permet une bonne protection aux retombés de vents. Les logements s'ouvriront donc sur un jardin intérieur calme.



BAO 2_c À l'échelle du bâtiment : Des dispositifs architecturaux

Le vent

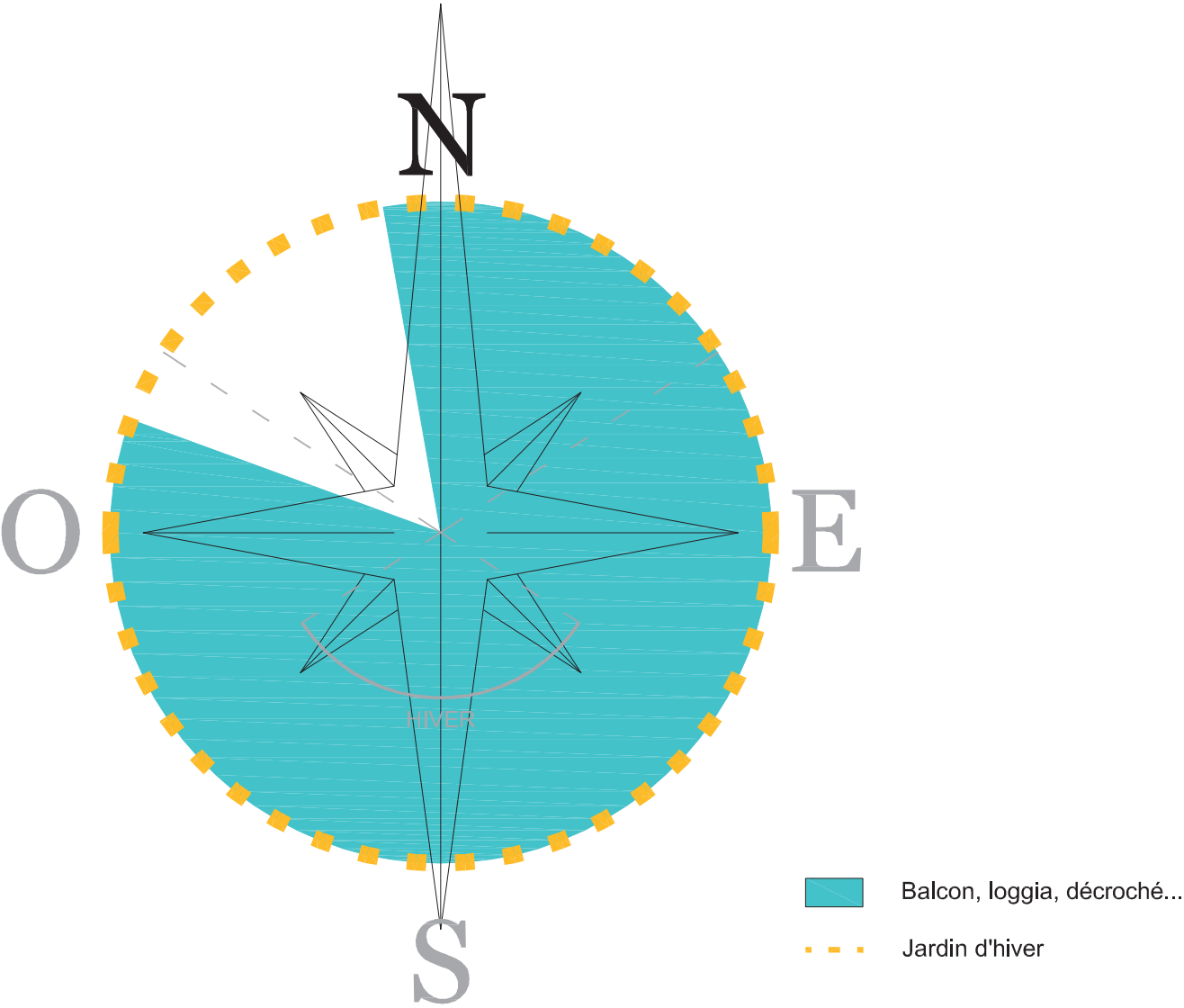
Saillies et décrochements sont des éléments de prise aux vents. Ils créent des zones tourbillonnaires augmentant les pertes par convection. Dans certaines constructions les saillies constituées par les balcons peuvent même être comparées aux ailettes de refroidissement d'un moteur. Il est donc important que ces espaces extérieurs puissent être fermés, lorsque ceux-ci sont exposés aux vents dominants.
Préférons donc le jardin d'hiver au balcon lorsque l'orientation est nord-ouest.

L'orientation des appartements

Nous savons que les mouvements d'air accentuent la sensation de confort lorsqu'il fait chaud. Cela est dû au phénomène de convection, échange de chaleur plus important avec l'air. Le premier principe est de favoriser les appartements traversants.

Qualité de l'air intérieur

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.



Règles sur les dispositifs architecturaux en façade vis-à-vis du vent

- > offrir aux logements un espace extérieur ventilé naturellement pour sécher le linge
- > double flux proscrit dans les logements, pour favoriser l'utilisation de la ventilation naturelle assistée dans les logements. Toutefois, l'utilisation de la ventilation double-flux dans le logement est limitée à des cas particuliers (ex : pollution de l'air extérieur ou pollution sonore).
- > Limiter les décrochements, les saillies en façade face au Mistral
- > Adapter des dispositifs architecturaux vis-à-vis du vent en fonction de l'orientation
- > Le choix des typologies des logements devront favoriser les appartements traversants ou double-orientés pour permettre les courants d'air
- > Il est possible de ventiler naturellement certains programmes comme le plateau d'un gymnase par exemple. Il devra en parallèle être étudié le confort acoustique : Chaque percement dans la façade est un passage d'air et un couloir sonore.), dans d'autres cas, il peut être intéressant d'appliquer un pourcentage d'espaces à ventiler naturellement sur un programme

3_Eau & terre

1-a Gestion de l’eau à l’échelle urbaine

La stratégie hydraulique mise en place à l'échelle urbaine associe plusieurs sujets afin de soulager les réseaux, de réduire les inondations des quartiers connexes et de bénéficier de la présence changeante de l’eau dans le parc.

Ouvrage hydraulique à l’échelle de la vallée, le parc sert de réceptacle à des crues bien au-delà du périmètre du projet mais ses inflexions les plus fréquentes sont liées à la gestion des eaux pluviales du site. La présence de l’eau, permanente ou temporaire permet d'autre part d'offrir une plus grande biodiversité : les milieux naturels préétablis évoluent selon leurs préférences, dans les creux, les berges et autre relief. La conception du parc prend en compte la gestion du passage des crues centennales, sans débordement et en minimisant l’impact destructeur sur le parc.

Le parti pris de gestion de l’assainissement pluvial de l’ensemble des espaces publics est la mise en séparatif des eaux usées et des eaux pluviales. Ce principe est d’abord guidé par la volonté de pouvoir utiliser certains espaces en surface pour stocker l’eau de pluie provisoirement en cas de forts orages (période de retour supérieure à 10 ans) sans polluer la ville.

La gestion des eaux pluviales sur l’opération suivra la règle de limitation imposée par la ville de Marseille en la matière, à savoir :
« Pour les aménagements connectés sur un réseau pluvial aboutissant à un cours d’eau ou à la mer, le débit de rejet autorisé sera le débit décennal originel, sous réserve que le réseau puisse l’accepter. C’est en fonction de ce dernier que sera calculé le volume de rétention nécessaire ».

1-b La gestion des eaux pluviales à l’échelle de l’îlot

Les objectifs :
La gestion de l’eau pluviale sur l’opération de l’Extension vise deux objectifs :
- Eviter la saturation des réseaux pour limiter les risques d’inondation,
- Préserver les ressources en eau et les milieux naturels des risques de pollution.

En mettant en place une gestion de l’eau intégrée à la parcelle lorsque celle-ci est possible et en privilégiant les solutions alternatives, les espaces aménagés pour la gestion de l’eau peuvent jouer un rôle structurant et paysager et participer à l’amélioration du cadre de vie,
Le caractère simple, local et visible des ouvrages contribue à l’éducation environnementale des citoyens. Ils tendent à modifier la perception de l’eau dans la ville et rappellent le risque inondation tout en montrant qu’il est maîtrisé, Pour un même niveau de protection les solutions alternatives se révèlent être moins onéreuses en investissement que les solutions traditionnelles. De plus, la plurifonctionnalité des équipements permet d’optimiser le coût global des opérations et d’entretien.

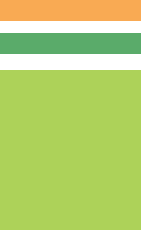
Contexte réglementaire :
La gestion des eaux pluviales sur l’opération suivra la règle de limitation imposée par la ville de Marseille en la matière, à savoir :
« Pour les aménagements connectés sur un réseau pluvial aboutissant à un cours d’eau ou à la mer, le débit de rejet autorisé sera le débit décennal originel, sous réserve que le réseau puisse l’accepter. C’est en fonction de ce dernier que sera calculé le volume de rétention nécessaire. La qualité des eaux pluviales rejetées devra satisfaire, jusqu’à la pluie biennale, aux normes suivantes : MES <30mg/l, DCO<25mg/l, hydrocarbures<5mg/l ».

La règle imposée par la vielle de Marseille se traduit par les chiffres suivants :
- Débit de fuite autorisé : 31 l/s/ha (débit spécifique par hectare total),
- Volume de rétention nécessaire : compris entre 400 et 600 m3/ha imperméabilisé soit une lame d’eau de 58 mm

Contraintes liées à la pollution des sols :
Infiltration dans le sous-sol à proscrire dans certaines zones pour ne pas disperser la contamination soit au droit de la parcelle soit sur les parcelles situées plus en aval : pas de puits d’infiltration directement connecté à la couche de remblai anthropique contaminée, pas de dispositif de transfert ou de stockage non étanche sur ces zones sensibles.

La mise en place d’un bassin de stockage enterré sur les sols les plus fortement pollués peut impliquer un décaissement important et permettre de retirer les sources de contaminations les plus préjudiciables pour le projet sous le niveau minimum des fondations.

§ EAU & TERRE / Gestion de l’eau
> Article 4 du PLU sur l’assainissement
Préconisations : BATIMED
> Assurer dans les programmes nécessitant de l’eau chaude sanitaire solaire, 30% des surfaces de toitures avec de la végétalisation (sauf dans le cas d’un bâtiment BEPOS).
> Assurer dans les autres programmes 50% des surfaces de toitures avec de la végétalisation (sauf dans le cas d’un bâtiment BEPOS).



Traiter les eaux usées dans les coeur d'îlots

L'eau récupérable issue de la consommation des ménages et traité par phyto-restauration est quinze fois supérieure en volume à celle issue de la récupération des eaux de pluie sur des surfaces imperméabilisées. Elle est de plus constante en volume.

Si dès la conception, les maîtres d'œuvre conçoivent un réseau différencié eau grise / eau vanne / eau pluviale, cela permettra de collecter facilement l'ensemble des eaux à réutiliser. (voir la circulaire du 21 août 2008, sur les cas d'utilisation de l'eau par programme).

La méthodologie de conception de l'aménagement

Cerner les potentialités et les contraintes du site

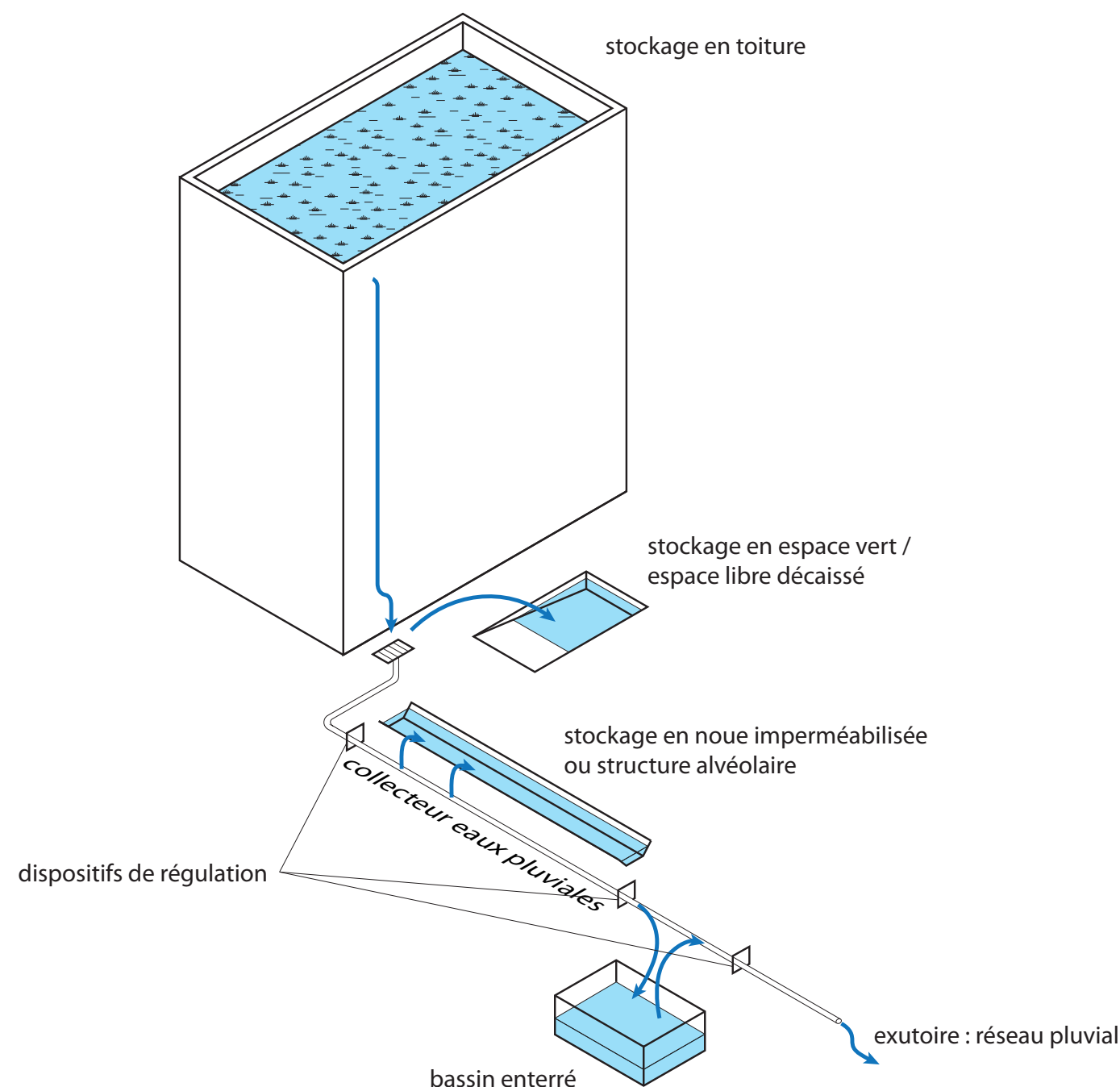
- 1.- Identifier le degré de contamination du sol et de la nappe (Etude sanitaire réglementaire),
- 2.- Evaluer la position du terrain naturel par rapport à la nappe : une nappe à moins de 2 m de profondeur rend le projet d'infiltration très hasardeux,
- 3.- Apprécier la perméabilité des sols susceptibles de participer à l'infiltration des eaux,
- 4.- Quantifier l'espace disponible pour implanter les dispositifs de gestion de l'eau : espaces collectifs, privés, toiture, sol, sous-sol...
- 5.- Identifier les aménagements urbains auxquels peuvent être couplés les dispositifs de gestion de l'eau : place, voirie, jardins, parkings...

Proposer une solution pour la gestion de l'eau

- 1.- Combiner les dispositifs pour mieux les intégrer à l'aménagement urbain,
- 2.- Evaluation des impacts des ouvrages : quantitatifs, qualitatifs, sur l'activité humaine,
- 3.- Optimisation de l'aménagement : coûts et fonctionnalités, y compris coût de dépollution des terres de déblais.

Concevoir le projet

- 1.- Etude hydraulique de dimensionnement des ouvrages : alimentation, régulation du débit, vidange, sécurité, traitement de la pollution, intégration dans l'environnement hydraulique global (réseau d'assainissement),
- 2.- Définir les procédures d'entretien,
- 3.- Intégrer les ouvrages dans la conception globale de l'aménagement urbain.



> Dans un immeuble de logement, le traitement des eaux usées apparaît être la bonne réponse pour une réutilisation ultérieure dans le bâtiment

Assainissement pluvial

Les possibilités d’infiltration des eaux pluviales dans le sol sont limitées sur les différents lots d’aménagement par les contraintes suivantes :

- > Préservation de la ressource souterraine : l’infiltration des eaux pluviales ne doit pas induire d’effet d’entraînement, lessivage, diffusion et remobilisation de contaminants d’origine anthropique (métaux lourds, composés organiques) déjà présents dans les sols et les nappes, que ce soit au droit de la parcelle d’infiltration ou sur les parcelles adjacentes situées en aval, dans le respect d’une logique de bassin versant qui doit intégrer, à cette échelle, l’enveloppe globale des impacts potentiels ou mesurés des différents ouvrages, installations, activités et travaux actuels ou futurs. Le principe de cumul des effets sur les sols et la nappe doit être examiné,
- > Maintien des niveaux de sous-sol hors nappe : l’infiltration des pluviales, ne doit pas entraîner d’inondation incontrôlée, temporaire des structures enterrées (sous-sol, cave, réseaux enterrés), par un effet de saturation locale des sols ou de gonflement de nappe sous les ouvrages, puis de remontée capillaire à l’intérieur de ceux-ci.

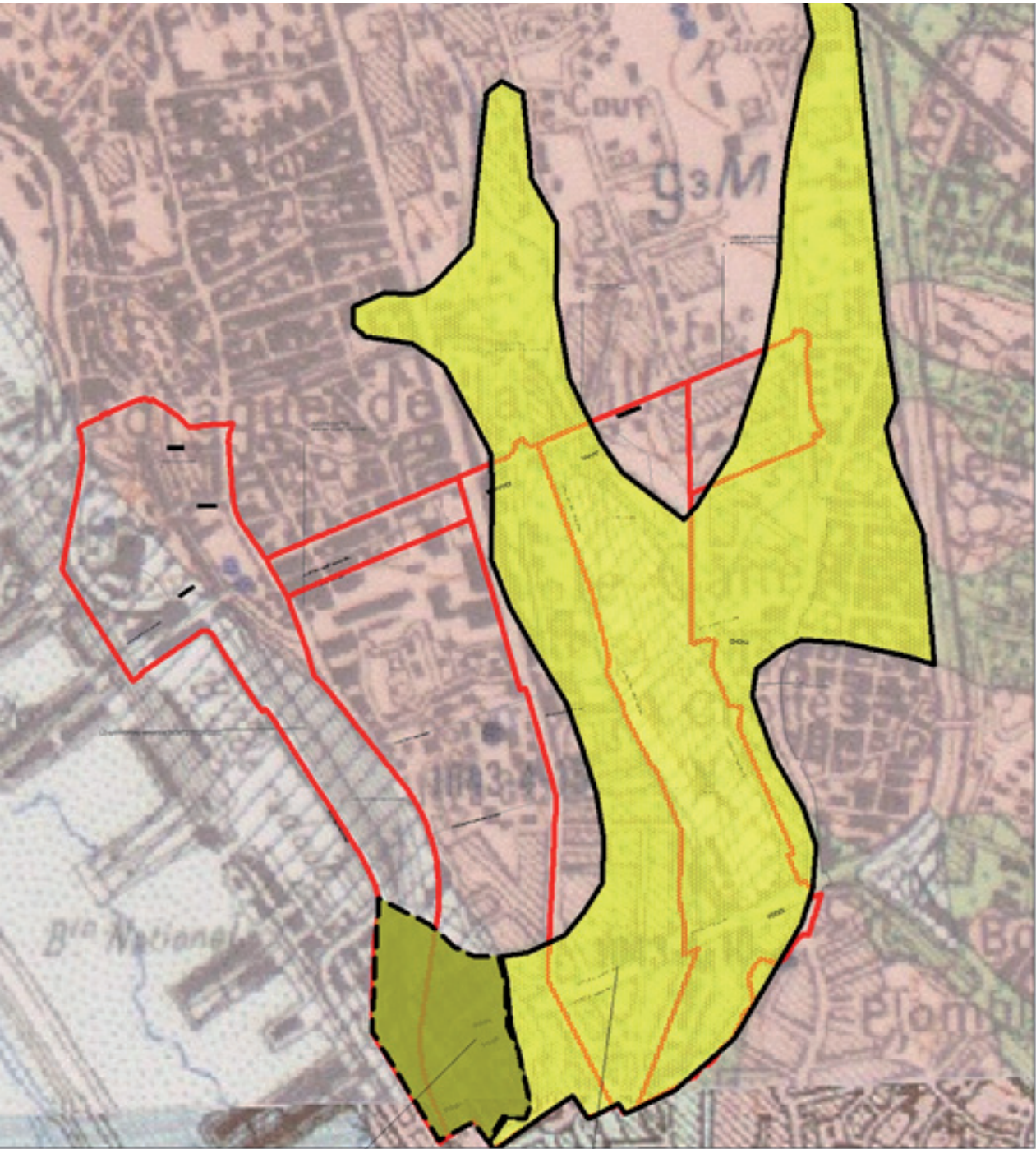
Les cotes de sous-sol sont calées à + 2 m au-dessus du toit de la nappe, telle que reconnue sur la base des données bibliographiques qui devront être précisées.

En complément, l’infiltration des EP n’est pas recommandée-sans dispositif permettant une constructibilité conforme aux exigences sanitaires, techniques et environnementales, dans un périmètre d’au moins 10 m autour des structures enterrées.

- > Pérennité du dispositif
Dans le contexte de l’Extension, et hors secteur de la gare du Canet et de l’ancienne vallée des l’Aygaldes, la totalité des sols de remblais limono-argileux reposent sur un substratum de poudingue induré marneux à marno-argileux. Cette configuration de sol peu perméable rend aléatoire les possibilités d’infiltration.

Par contre, les secteurs de la gare actuelle du Canet et Bougainville, se situent dans l’ancienne vallée, remblayée, du cours d’eau des Aygalades, où des dépôts alluvionnaires perméables sablo graveleux sont susceptibles d’être rencontrés sous la couche de remblais.

De même plus en aval, dans le secteur Sogaris correspondant à l’ancien débouché du cours d’eau en mer, des dépôts fluviomarins perméables, sableux à gravo-sableux, recouverts par l’horizon de remblais, peuvent présenter potentiellement de bonnes dispositions à l’infiltration des EP –cf figure ci-après.



zone sur recouvrement potentiel d'alluvions grossières fluviales

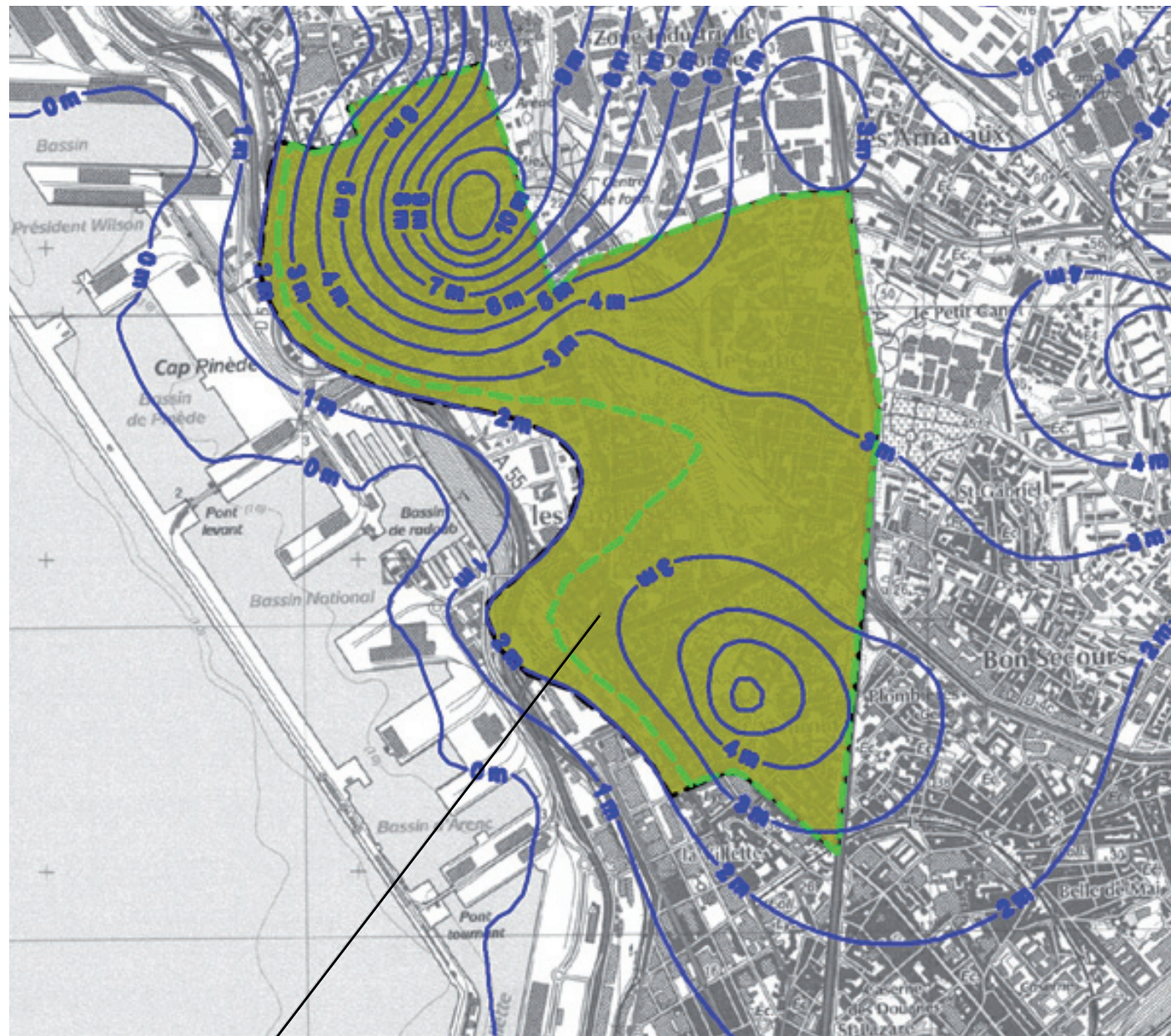
zone sur recouvrement potentiel d'alluvions grossières fluviomarines

- > Limiter l'infiltration de l'eau de pluie dans les zones dites fortement polluées
- > infiltration si dépollution des terres / utilisation du puits étanche pour rejeter l'eau dans la nappe

> Secteur du Cap Pinède

Sur le secteur du Cap Pinède, le poudingue rocheux pourrait présenter une perméabilité de fissure qui resterait à vérifier.

En tout état de cause, il est convenu qu'une nappe située à moins de 2 m du « niveau du sol », rend très aléatoire les possibilités d'infiltration massives des EP. Par « niveau du sol », il faut retenir la cote projet après aménagement, soit une côte remblayée, soit une côte de déblais. Ce dernier point est à souligner particulièrement pour le secteur du Canet – futur Parc des Aygalades, et plus en aval Parc Bougainville, où les travaux en déblais sous des hauteurs parfois significatives de quelques mètres vont positionner, de fait, la nappe plus proche du sol, sans que celle-ci ne soit mise à l'affleurement.



limite des 25m à l'intérieur de laquelle
les côtes de sous-sols doivent être
calées à NPHE Parc (100 ans) +0,5m

> Parc des Aygalades

Infiltration

En bordure des futurs parcs paysagés des Aygalades et de Bougainville, et compte tenu des hauteurs de décaissés prévus qui vont reprofiler la vallée, l'infiltration contrôlée et mesurée des EP pourrait être privilégiée dans la mesure où elle pourrait participer à la ré-humidification des sols et à la recharge de la nappe alluviale sous les parcs.

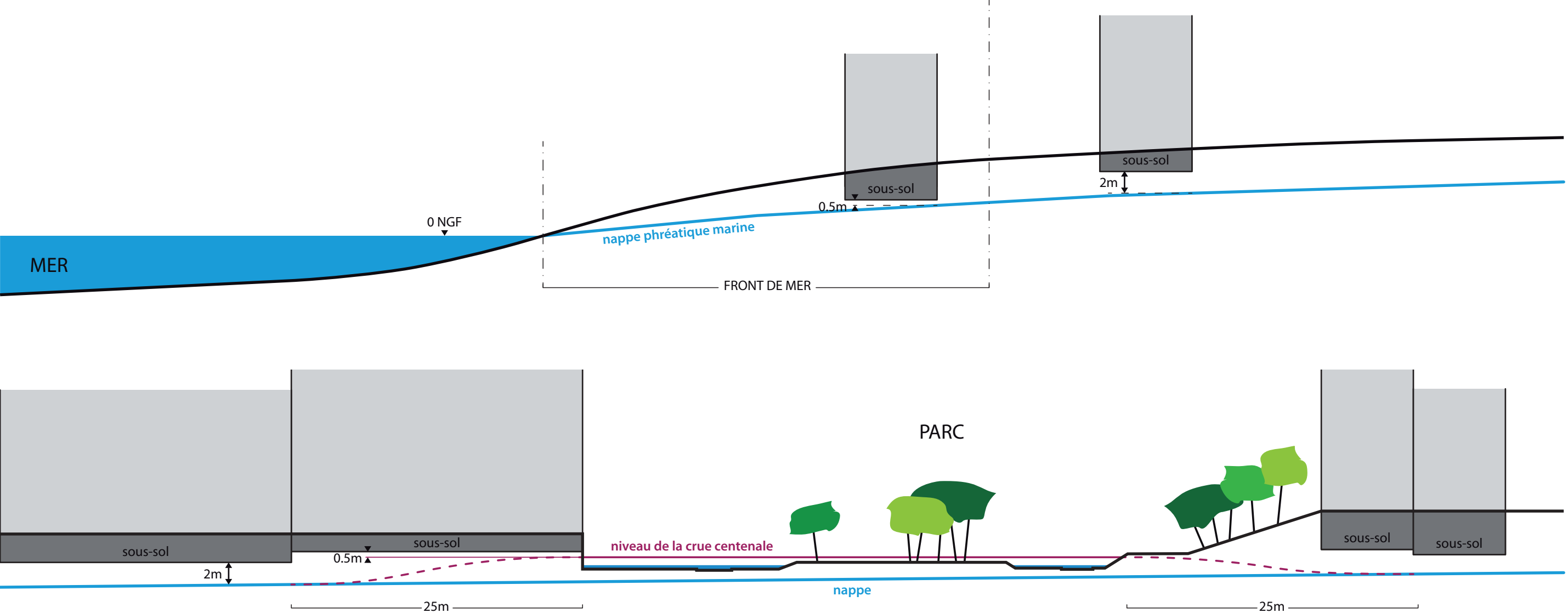
Les conditions de drainage de nappe, au droit du parc, devront alors être précisées afin de s'assurer d'un contrôle des niveaux de nappe – hors période de crue et d'inondation du site.



En bordure des Parcs des Ayalades et de Bougainville, les sous-sols et structures enterrées devront se prémunir des remontées locales de nappes induites lors de l'inondation volontaire des parcs.

Dans un périmètre de 25 m le long de la zone inondée pour une crue de période de retour centennale, les derniers sous-sols devront être calés à la cote NPHE + 0.5 m (hauteur de remontée par capillarité), ou adopter des dispositifs d'étanchement en conséquence sans drainage ou pompage, permanent ou temporaire de nappe en phase aménagée, afin de respecter les conditions d'établissement du bilan énergétique à l'échelle de l'OIN.

Il en sera de même en front de mer où le niveau de nappe est en correspondance avec celui de la Méditerranée : les sous-sol seront calés à la côte NPHE maritime + 0.5 m, la garde de 0.50 m intégrant dans ce cas une remontée attendue du niveau général de la Mer consécutive au réchauffement climatique, ou équipés en cuvelage étanche, sans drainage ou pompage temporaire ou permanent, exception faite pour les ouvrages, installations, activités, travaux sensibles : stations et sous-stations de la bouche géothermale, où, par nécessité de service et d'entretien, les installations doivent être en permanence rendues visitables et hors d'eau.



- > Pas de parking en rez-de-chaussée (ou demi-enterré) quand l'immeuble est à l'alignement sur rue
 - > Retraits sur rue en pleine terre, hors accès éventuel au parking
 - > Privilégier les parkings enterrés quand la nappe le permet
 - > Utiliser les excavations des parkings pour dépolluer la parcelle
 - > Utiliser le retrait en rez-de-chaussée combiné au parking enterré pour optimiser la pleine terre de l'îlot
 - > Dans un périmètre de 25 m le long de la zone inondée pour une crue de période de retour centennale, les derniers sous-sols devront être calés à la cote NPHE + 0.5 m (hauteur de remontée par capillarité), ou adopter des dispositifs d'étanchement en conséquence sans drainage ou pompage
- § OCCUPATION DES Rdc / problématique de stationnement à l'îlot

1-b Gestion des terres polluées

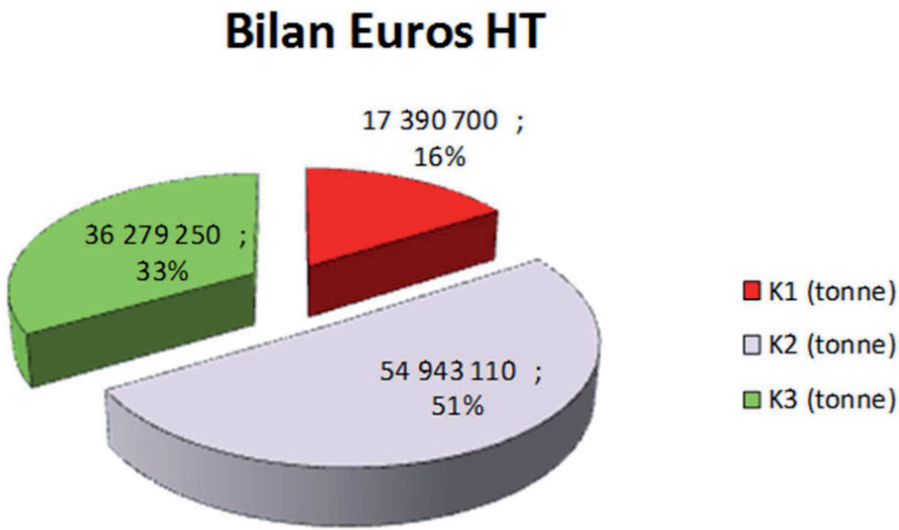
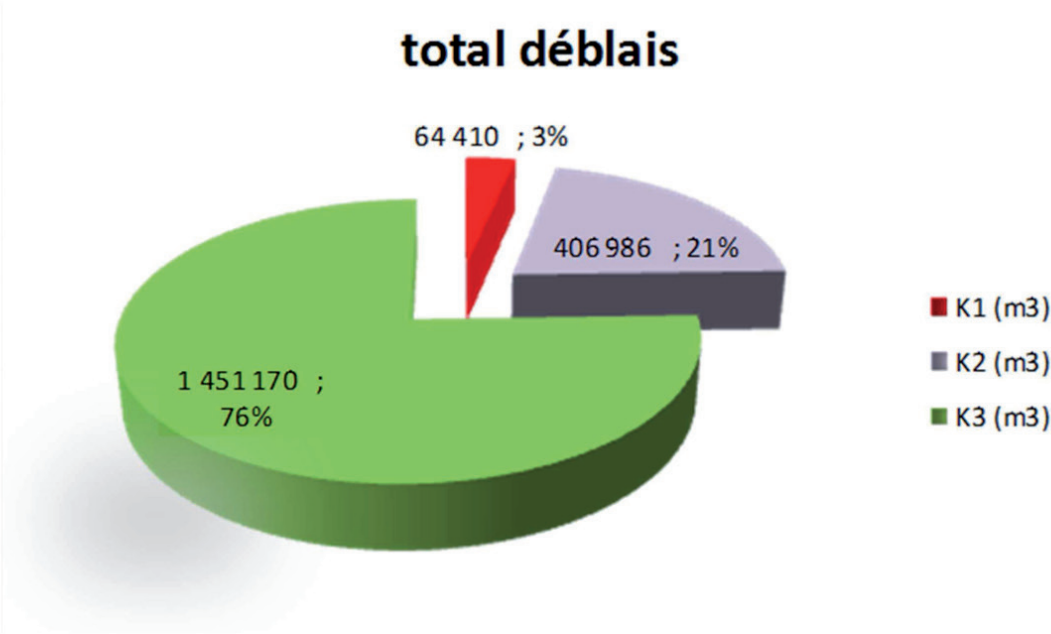
Principes généraux de décontamination

Les travaux de décontamination de chaque îlot doivent s’intégrer à une gestion globale des mouvements et traitement des terres à l’échelle du périmètre de l’OIN, afin de respecter la problématique d’ensemble et de garantir la cohésion d’ensemble à laquelle chaque opérateur et concepteur doit adhérer.

Cette problématique d’ensemble est synthétisée comme suit :

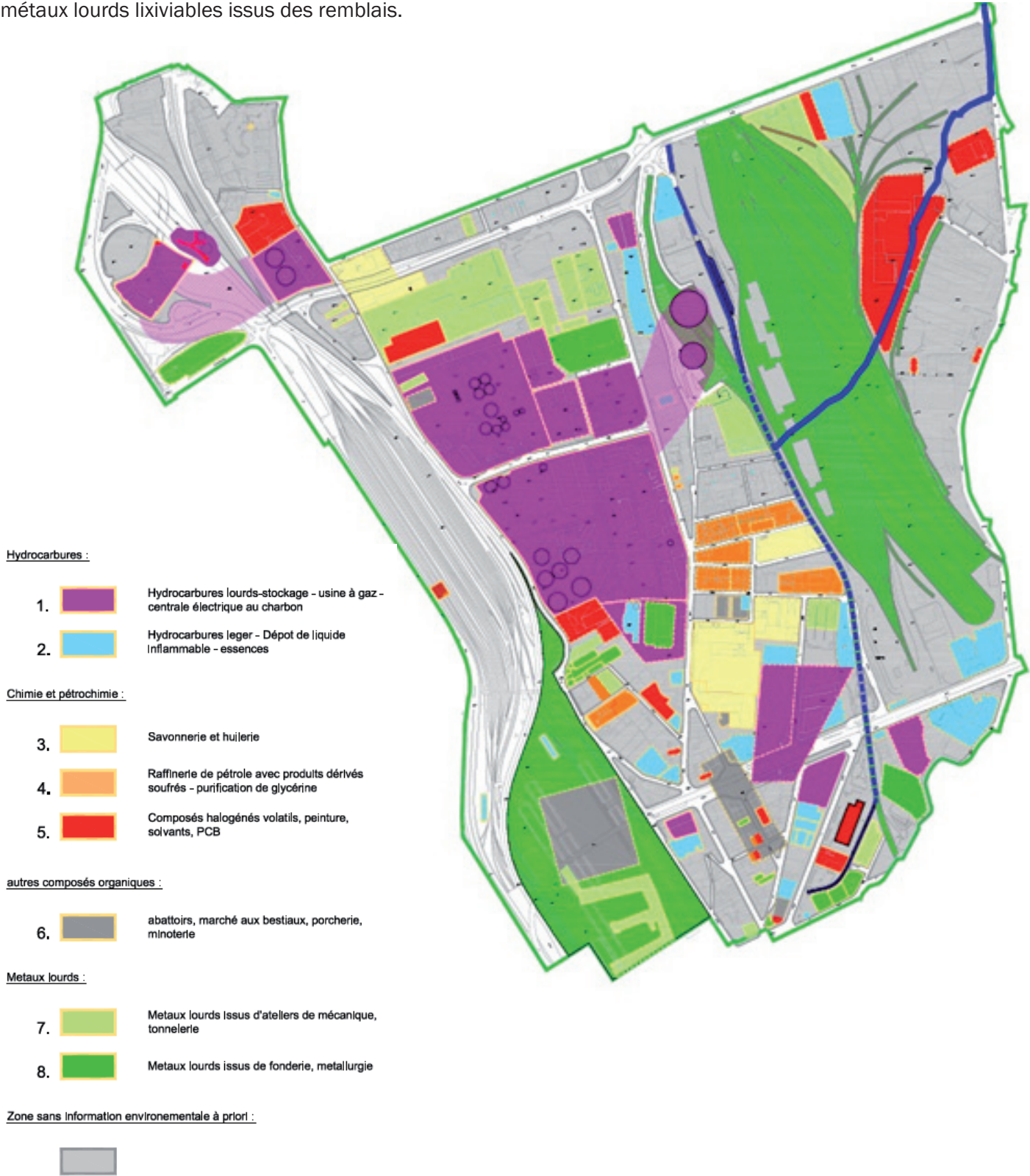
- > A l’échelle des 170 ha de l’OIN, et compte tenu des orientations urbaines prises sur les nouveaux profils des espaces publics, sur les COS, surfaces de parkings et donc profondeurs des niveaux de sous-sols enterrés, l’aménagement est excédentaire en déblais :
- > Un million de m3 de remblais, principalement affectés aux espaces publics et accessoirement pieds d’immeuble et cours intérieures,
- > 1.9 millions de m3 de déblais, dont 0.900 millions apportés par le terrassement des sous-sols, avec en moyenne, de 0.8 niveau de sous-sol par îlot.
- > La qualité des déblais, en terme environnemental, suit la répartition suivante, estimée sur la base de la cartographie historique des secteurs sensibles (anciennes ICPE) –cf figure page suivante, et du retour d’expérience apporté par les travaux de dépollution réalisés pour des sites comparables sur Euromed I :
- > 76 % en volume de terre inerte (K3),
- > 21 % de terre de classe moyennement contaminée (K2 à K2bio),
- > 3 % de terre très impactée (K1).

BILAN VOLUMIQUE					
	K1 (m3)	K2 (m3)	K3 (m3)	m3	
mise en plateau	46 182	288 499	676 447	1 011 128	
terrassement sous sol	18 228	118 487	774 723	911 438	
total déblais	64 410	406 986	1 451 170	1 922 566	remblais/déblais
total remblais				1 034 921	0.54



Cartographique historique des terres polluées du site d’Euromed

Compte tenu des éléments d’étude, aucun site ne peut être, à priori, être plus favorable qu’un autre pour l’infiltration, sur le seul critère de contamination : les sites peuvent être contaminés en composés organiques mobilisables ou en métaux lourds lixiviabiles issus des remblais.



Cartographie de l'occupation historique du site

Aléa environnemental affecté au degré de contamination des sols

Type d’occupation historique (d’après légende carte historique)	Aléa faible : empreinte environnementale faible et surcoûts limités des opérations de dépollution. Pas d’ICPE connue sur site. Classe de terre K3 majoritaire à priori	Aléa moyen : empreinte environnementale limitée et surcoûts marqués des opérations de dépollution, dans le cas d’exportation des terres impactées. Possibilités de confinement sur site des terres impactées de type K2	Aléa fort : Empreinte environnementale marquée et surcoûts significatifs des opérations de dépollution. Forte présomption de devoir purger les sources primaires de contamination et de traiter hors site, en centre spécialisé, les terres les plus impactées de type K1
1			X
2			X
3		X	
4			X
5			X
6	X		
7		X	
8		X	
autre	X		

Terres polluées à l'échelle de l'îlot

Coût économique & environnemental :

En terme financier, le coût de traitement hors site des terres K2 est estimé à 50 % du coût de l'opération globale de dépollution.

Dans ces conditions, il apparaît d'un intérêt majeur en regard du bilan global de décontamination des sites, de pouvoir réutiliser les terres de classe K2 après un traitement à moindre coût sur site ou sur site satellite. Par coût, il est entendu le coût économique et environnemental.

Cette orientation des travaux est en effet une réponse au contexte du traitement des terres à l'échelle de la région PACA :

- Les centres et plateformes de traitement sont peu nombreux et l'importance des volumes potentiels de traitement des terres hors site conduirait à un déséquilibre majeur du marché.
- Compte tenu de l'importance des volumes à traiter et de l'éloignement des plateformes hors site pour les terres de type K2bio (un seul centre de bio traitement des terres en 2011 en région PACA, un autre centre éloigné de plus de 300 km en région lyonnaise), le poste transport revêt un enjeu très fort sur le bilan carbone de l'opération. Un traitement sur site est à privilégier.

Mutualisation des moyens de traitement :

La mutualisation des moyens de traitement apparaît un levier fort, tant sur bilan économique qu'environnemental du projet :

- La mutualisation permet la rationalisation des moyens de traitement de dépollution,
- Le traitement local des terres facilite la traçabilité des terres,
- La plate-forme de traitement vise à être multifonctionnelle :

Une mutualisation peut être utilisée pour le concassage des bétons et faciliter leur réutilisation dans le périmètre du projet ; les travaux de concassage/tri utilisant des matériels identiques à ceux utilisés pour la dépollution (tri et ségrégation de la fraction fine des déblais contaminés),

Mutualisation entre maîtres d'ouvrage :

Permettre des stockages tampons, de terres inertes K3, ou de terres en instance d'analyse, de traitement ou de réutilisation.

Ce point est capital dans le cadre de la gestion de la dépollution des terres à l'échelle de l'îlot géré par les opérateurs où l'espace de stockage peut manquer et où les travaux de décontamination ne sont qu'une étape à enchaîner dans un calendrier le plus souvent très étroit avec les autres lots de travaux (gros œuvre, réseaux, ...).

Mutualisation d'un îlot à l'autre :

Sous réserve d'une traçabilité exemplaire, la mutualisation des moyens de traitement doit, dans le cadre de ce projet, se prolonger par une mutualisation des capacités de remblaiement notamment sous les espaces publics reprofilés : une terre issue du lot A et traitée sur la plateforme mutualisée (PFM) peut être réutilisée sur l'îlot B en zone privative ou publique.

Le maillage, mode d'échantillonnage des sols, gaz du sol, nappe, protocole de mesure, de conservation, d'analyses et de présentation des différents résultats analytiques devront suivre un format qui est en cours d'élaboration.

Les résultats d'analyses de sol, gaz du sol, nappe seront comparés aux seuils qui auront été définis par une étude générique par l'AMO d'Euromed, de calculs d'exposition en fonction des usages, modes de réalisation des ouvrages, fréquence et durée d'exposition type. D'autres calculs d'exposition devront être réalisés au besoin, selon les conditions particulières d'aménagement.

Plan de gestion des terres polluées :

Le plan de gestion des terres, lui aussi en cours de définition par l'AMO d'Euromed, doit permettre de donner clairement, à l'attention du promoteur, les différentes clés de traitement et/ou réutilisation des terres de déblais issus de son site, en fonction en particulier des capacités de stockage et de traitement de la plate-forme mutualisée mise à sa disposition.

Des règles incitatives, en cours d'élaboration permettant au besoin de recaler à l'échelle de l'OIN le bilan coût/avantage, doivent permettre d'accompagner le promoteur dans ses choix, en phase étude, de traitement/évacuation/réutilisation des terres.

Une attention particulière sera portée de la part de la Maîtrise d'ouvrage et ses conseils, sur les indicateurs suivants :

- Le bilan environnemental prévisionnel (bilan carbone et co2...) du mouvement des terres issues de son lot à construire,
- Le taux prévisionnel de réutilisation des terres, issues du site, employées sur d'autres lots de l'OIN (espaces publics, espaces privés),
- Le taux prévisionnel d'utilisation de la plateforme de traitement.

Le plan de gestion des terres, présenté par le promoteur, devra être validé par le Maître d'ouvrage (EPAEM) et ses conseils et au besoin adapté, afin de mieux répondre, aux objectifs généraux de réalisation de l'opération générale.

Les données analytiques d'études, notamment les résultats analyses de sol brut à présenter selon un format spécifique commun à la programmation Euromed, seront communiquées à la MO, afin d'alimenter une base de données bruit de fond ou autre.

Méthodologie durant les travaux

Phase travaux

En phase travaux, les principes de base suivants sont rappelés :

- La traçabilité des mouvements de terres doit être exemplaire, rigoureuse et transparente, de la zone de production (extraction) au point exutoire (zone de dépôt) en intégrant les étapes transitoires de stockage transitoire/traitement/stockage définitif, réutilisation – y compris réutilisation des sous-produits (mâchefer d'incinération, traitement des biogaz, recyclage des éluats),
- Dans le cas de construction par pieux, micropieux, colonne ballastée, pieux de berlinoise ou autre, les déblais de ces ouvrages doivent bien être pris en compte dans la gestion totale des déblais.

Au cours de la phase travaux, l'entreprise devra fournir un compte rendu hebdomadaire du suivi de ses travaux – dont le format est en cours d'étude, mais qui devrait intégrer à minima :

- Le bilan environnemental réactualisé cumulé de ses travaux déjà réalisés (traduction du nombre cumulé de camions utilisés pour l'évacuation des terres en bilan CO2, bilan carbone, entre autre),
- Le taux actualisé de réutilisation des terres issues du site (volume de terres réutilisées sur le périmètre de l'OIN sur le volume de terre terrassée),
- Le taux actualisé d'utilisation de la plateforme de traitement et de stockage (nombre de jours d'utilisation dans la semaine, le mois, l'année, volumes de terres traitées issues du site sur la capacité de traitement de la plateforme),
- Les tendances extrapolées de ces trois variables à l'échéance de la fin des travaux.

Concernant l'utilisation proprement dite de la PFM, il conviendra de s'assurer de la qualité des terres en entrée et sortie de stockage/traitement par la présentation contradictoire des bulletins d'analyse de sol, les uns issus du producteur des déblais, les autres issus du responsable de la PFM, à la réception des terres en entrée, puis à la sortie de celles-ci hors site. En entrée du site, les analyses devront être conformes à la plage de fonctionnement du dispositif de traitement des terres aménagé sur la plateforme.

En sortie du site, les terres traitées devront respecter les seuils de réutilisation, définis par l'étude sanitaire générique ou spécifique au site.

Les modalités d'utilisation de la PFM sont en cours d'analyse tant sur le plan technique, réglementaire, sanitaire, environnemental qu'organisationnel.

Dans le cas d'un défaut de paiement d'un utilisateur, une saisie sur garantie déposée préalablement pourrait être envisagée.

Des pénalités ou une plus-value sur loyer pourrait aussi être envisagée dans le cas de stockage de terres qui ne respecteraient plus un calendrier préétabli initialement sur la PFM.

Lors de la réception des travaux

- La réception des travaux sur site portera sur la qualité environnementale et sanitaire :
- des terres en fond de fouille,
 - des gaz du sol au droit de spots de contamination purgés et/ou traités,
 - de la nappe sous l'emprise du projet,
 - des terres réutilisées en remblais sous les ouvrages ou employées pour combler des purges de pollution.

Les analyses devront respecter les seuils sanitaires préalablement établis en phase étude et si nécessaire, réajustés en fonction du panel et classe de contamination effectivement observés en fond de fouille.

La réception des travaux portera aussi sur :

- les conditions de réemploi des terres hors site (après ou sans traitement), afin de s'assurer que les conditions sanitaires et environnementales ont été respectées jusqu'à l'exutoire ultime des terres et de leur sous-produits éventuels de traitement. Ce point sera traité sur la base des données renseignées sur les bordereaux de suivi des déchets, terres réutilisées dont la procédure de contrôle reste à ce jour à préciser,
- à la remise en état de la PFM et l'absence de stockage de traitement de terre issu du site sur la PFM.

- A l'issue des travaux, le quitus de travaux sera donné après fourniture du bilan final environnemental :
- bilan final carbone CO2,
 - taux final de réutilisation des terres,
 - taux final d'utilisation de la plateforme.

Les dérives par rapport au plan initial de gestion des terres seront explicitées.

Un point particulier sera porté sur :

- la cartographie finale de la qualité des terres de fond de fouille,
- la cartographie des zones de réception des terres de remblais, sur site ou hors site, avec définition de la qualité sanitaire des cellules de stockage et réception, mode de confinement réalisé, devenir des sous-produits de traitement et de dégradation.

Cette cartographie sera au format du SIG de l'OIN qui aura été établi.

Suivi et retour d'expérience

A l'issue des travaux, le retour d'expérience de l'opération sera demandé, dans le but de permettre de détecter les points sensibles dans l'organisation, conditions techniques qui nécessiteraient un réajustement ou une modification.

En fonction des conclusions de l'étude sanitaire, un bilan quadriennal de suivi du site pourra être conduit : l'échéancier des campagnes de mesure et de communication des résultats sera défini, ainsi que les modes opératoires de mesures de contrôles sur les sols, nappe, gaz du sol qui pourraient être demandés.

La base de données « bruit de fond géochimique » propre au site sera définitivement enregistrée dans la base de données générales établi et géo référencé à l'échelle de l'OIN.

- > Utiliser la plate-forme mutualisée de dépollution
- > Le mélange de terres de qualités différentes est proscrit
- > Prendre en compte tous les mouvements de terre y compris ceux des fondations
- > Assurer la traçabilité des mouvements de terre
- > Les analyses devront respecter les seuils sanitaires préalablement établis
- > Fournir un bilan environnemental des travaux comprenant : le bilan final carbone, le taux final de réutilisation des terres, le taux final d'utilisation de la plate-forme mutualisée
- > Fournir un retour d'expérience
- > Limiter la sollicitation des centres de stockage locaux ou régionaux
- > Traiter les terres impactées sur le site
- > Assurer la traçabilité des mouvements de terre

1_Contexte

La spécificité méditerranéenne a été l'occasion pour nous de réinterroger les normes et d'explorer plus précisément les besoins réels d'équipements énergétiques (puissance et énergie).

Il nous est apparu opportun de porter notre effort de réflexion sur les consommations réelles, relevées. L'analyse des consommations réelles, confrontées aux simulations thermiques nous a permis de comprendre les écarts entre le réel et le prévisionnel. L'objectif sera d'approcher au plus près les consommations en phase conception afin de changer les habitudes sur le dimensionnement des systèmes énergétiques. Comprendre comment on consomme, c'est se donner la possibilité d'agir et de limiter au plus près la consommation d'énergie dans une nécessité de confort mais pas de gaspillage.

1-a Le contexte mondial

La croissance démographique, la raréfaction des ressources naturelles, la dégradation de l'environnement et le dérèglement climatique sont générateurs de tensions et de conflits ; qui contraignent le modèle de développement actuel. Les trois principaux défis que l'humanité doit relever sont :

- absorber la croissance démographique mondiale ;
- accepter la capacité limitée de la planète ;
- donner à tous l'accès aux besoins fondamentaux.

Ces contraintes impliquent des changements profonds, dans la manière de produire et de consommer, un nouveau modèle de développement durable, capable de répondre aux besoins de progrès sociaux, de croissance économique tout en diminuant l'impact environnemental des activités humaines.

C'est dans ce cadre que plusieurs réunions internationales ont eu lieu afin d'obtenir des engagements :

- Le sommet de la terre à Rio en 1992 : objectif de stabilisation des gaz à effet de serre ;
- Le protocole de Kyoto en 1997 : objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'environ 5% par rapport aux émissions répertoriées en 1990. Ce protocole, valable jusqu'en 2013, a été ratifié par 175 pays ;
- Le sommet mondial sur le développement durable à Johannesburg en 2002 ;
- Le sommet de Copenhague en 2009 : pas de décision majeure ;
- Le sommet de l'ONU sur l'environnement à Cancun en 2010 : accord de limitation de la hausse de température à 2°C avant la fin du siècle par rapport au début de l'ère industrielle avec un engagement notamment des Etats-Unis, de l'Inde et de la Chine.

La France s'inscrit dans cette démarche mondiale et a organisé, pour ce faire, le Grenelle de l'environnement.

2-a La France et le Grenelle de l'environnement

Objectifs et orientations des politiques françaises

La dynamique engagée par l'état par le biais des grenelles de l'environnement vise à répondre à ces enjeux notamment sur les problématiques fondamentales que sont :

- Le bâtiment et énergie ;
- Le transport ;
- La biodiversité, agriculture, forêt et mer ;
- La santé, environnement ;
- La gouvernance, information, formation.

Les principes majeurs adoptés sont :

- Le facteur 4 : division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 ;
- Le 3X20 européen : réduction de 20% des gaz à effet de serre, baisse de 20% de la consommation d'énergie, 20% d'énergies renouvelables dans l'énergie consommée;

La loi Grenelle 2 promulguée le 12 juillet 2010 complète le grenelle 1 et identifie deux principes majeurs :

1. l'amélioration énergétique des bâtiments et harmonisation des outils de planification en matière d'urbanisme
2. la réduction des consommations d'énergie et de leur contenu en carbone.

L'application de ces principes passe notamment par :

- Incitation des collectivités territoriales à établir des plans d'action, dits «plans climat-énergie territoriaux», avant 2012 ;
- La contribution à l'objectif de réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre ;
- La diversification du bouquet énergétique, avec l'objectif de 23 % minimum d'énergie renouvelable en 2020 ;
- Le soutien aux réseaux de chaleur alimentés à plus de 50 % par des énergies renouvelables.

Les réseaux d'énergie « propres », à base de biomasse, de récupération d'énergie, de géothermie et de thalassothermie sont des leviers importants pour atteindre l'objectif de 23% d'énergie renouvelable. Le Fonds Chaleur de l'ADEME est une mesure concrète d'aide au développement de ces énergies.

1-c La problématique du bâtiment et de l’énergie

Le secteur du bâtiment est, parmi les secteurs économiques, le plus gros consommateur en énergie. Il représente 43% des consommations énergétiques nationales, soit 660 TWh, et près de 25% des émissions de CO2. Cela correspond à une tonne d’équivalent pétrole consommée, à une demi-tonne de carbone et près de 2 tonnes de CO2 émises dans l’atmosphère par an et par habitant (source MEDDM).

Compte tenu de l’augmentation du parc de bâtiments, la construction neuve représente un enjeu non négligeable. Elle est encadrée par la directive européenne du 16 décembre 2002, qui demande aux Etats membres de mettre en place des exigences minimales de performance énergétique pour les bâtiments neufs.

La contrainte de réduction par 4 des émissions de CO2 du secteur du bâtiment à 2050, qui est inscrite dans les objectifs de la loi n° 2005-781 de programme fixant les objectifs de la politique énergétique du 13 juillet 2005, se traduira par l’obligation d’une diminution par 6 des émissions de CO2 ramenées au m².

LA REGLEMENTATION THERMIQUE (RT)

Pour les constructions neuves, la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l’environnement a fixé comme objectif la généralisation des Bâtiments Basse Consommation (BBC) - consommation d’énergie primaire inférieure à un seuil de 50 kWh/m²/an (en moyenne) d’ici 2012 (RT 2012) et des bâtiments à énergie positive à l’horizon 2020 (RT 2020).

La RT 2005 et le label BBC

La RT 2005 répond à la stratégie énergétique nationale énoncée par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique du 13 Juillet 2005.

Plusieurs conditions sont à respecter pour le bâtiment à construire, notamment sur la consommation globale d’énergie du bâtiment pour les postes de chauffage, eau chaude sanitaire, refroidissement, ventilation, auxiliaires, ainsi que d’éclairage. Les consommations du bâtiment avec des usages conventionnels doivent être inférieure à une consommation de référence (Cep < Cepref).

Les valeurs de consommations de référence Cep et Cepref sont calculés à partir des coefficients Ubat et Ubatref qui mesurent les performances thermiques de l’enveloppe.

Le label BBC-Effinergie est une appellation visant à identifier les bâtiments neufs dont les très faibles besoins énergétiques contribuent à atteindre les objectifs de 2050 : réduire les émissions de gaz à effet de serre par 4 par rapport aux émissions de 1990.

Un bâtiment de logement respecte le label BBC à Marseille si les consommations réglementaires sont inférieures ou égales à 40 kWh/m²SHON.an.
Un bâtiment tertiaire respecte le label BBC à Marseille si les consommations réglementaires sont inférieures ou égales à Cepref/2.

Compte-tenu des consommations de références observées sur les bâtiments de bureaux respectant la RT2005 à Marseille, nous concluons que nous respectons le label BBC pour les bureaux si la consommation conventionnelle ne dépasse pas 75kWh/m²SHON.an.

La RT 2012

La méthode de calcul Th-B-C-E 2012 utilise comme données d’entrée tous les éléments descriptifs du bâtiment et de ses équipements. Les éléments apportés après la réception du bâtiment ainsi que les paramètres indépendants du bâtiment intervenant dans la méthode sont définis de façon conventionnelle : il s’agit notamment des données climatiques et celles relatives à l’occupation et l’usage des bâtiments.

La réglementation thermique 2012 est avant tout une réglementation d’objectifs et comporte :
- 3 exigences de résultats : besoin bioclimatique, consommation d’énergie primaire, confort en été ;
- Quelques exigences de moyens, limitées au strict nécessaire, pour refléter la volonté affirmée de faire pénétrer significativement une pratique (test d’étanchéité à l’air...).

Les exigences de résultats imposées par la RT 2012 sont de trois types :

1. L'efficacité énergétique du bâti
- L'exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti est définie par le coefficient « Bbiomax » (besoins bioclimatiques du bâti). Cette exigence impose une limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées à la conception du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage), imposant ainsi son optimisation indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre.
2. La consommation énergétique du bâtiment
- L'exigence de consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire se traduit par le coefficient «Cepmax», portant sur les consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs). Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la valeur du Cepmax s'élève à 50 kWhep/(m².an) d'énergie primaire en moyenne, modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO2.
- Ci-dessous, quelques résultats sur les exigences de la RT 2012 selon la zone géographique, le type de bâtiment, son usage et son raccordement ou non à un réseau d'énergie.

Consommation d'énergie conventionnelle maximale [kWh _{ep} /m²/an]	Paris	Marseille	Paris	Marseille
	Non connecté à un réseau d'énergie		Connecté à un réseau d'énergie performant	
Immeuble d'habitation non "climatisé"	60	40	75	55
Immeuble de bureau non "climatisé"	77	56	98	77
Immeuble de bureau "climatisé"	110	132	143	165

La RT 2012 tend à favoriser les réseaux d’énergie performants, en effet, un bâtiment raccordé à un tel réseau pourra consommer plus qu’un bâtiment non raccordé : 165 kWh/m²/an contre 132 kWh/m²/an pour un immeuble de bureaux « climatisé » marseillais. De plus, force est de constater que les exigences en terme de consommations pour un immeuble marseillais « climatisé » sont moins élevées que pour un immeuble en région parisienne : 132 kWh/m²/an contre 110 kWh/m²/an, ceci afin de prendre en compte la problématique du rafraîchissement actif en région méditerranéenne.

3. Le confort d’été dans les bâtiments non climatisés
- A l’instar de la RT 2005, la RT 2012 définit des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d’assurer un bon niveau de confort en été sans avoir à recourir à un système actif de refroidissement. Pour ces bâtiments, la réglementation impose que la température la plus chaude atteinte dans les locaux, au cours d’une séquence de 5 jours très chauds d’été n’excède pas un seuil.
- Nota : Cette méthode n’a pas pour vocation de faire un calcul de consommation réelle compte tenu des conventions retenues, notamment pour les apports, les températures de consigne et les horaires d’occupation.

Vers le Bâtiment à Energie Positive (BEPOS)

Afin de valoriser des bâtiments très peu consommateurs d'énergie voire des bâtiments passifs : l'énergie consommée par le bâtiment est inférieure ou égale à l'énergie renouvelable produite par le bâtiment, une définition d'un futur label "BEPOS" (Bâtiments à énergie positive) est en cours et notamment une réflexion sur les postes consommateurs d'énergie à intégrer dans ce label ainsi que sur l'éventuelle prise en compte de l'énergie "grise". Le cahier des charges relatif à l'action « Ville de demain » de la démarche Ecocités donne une définition du BEPOS pour la région nantaise. Par analogie avec la RT 2012, nous pouvons fixer les valeurs du BEPOS à Marseille. Sont présentés les points traitant des consommations énergétiques.

Les bâtiments de logements à énergie positive devront répondre aux critères suivants :

- La consommation d'énergie primaire doit être inférieure ou égale à 0kWhpep/(m².an) en moyenne sur les 5 usages (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, auxiliaires). A titre exceptionnel, elle pourra atteindre 15kWhpep/ m² par an sous réserve de justification de contraintes spécifiques dans la production locale d'électricité ;
- La consommation d'énergie primaire avant déduction de la production locale ne devra pas dépasser 35kWhpep/(m².an).

Pour les bâtiments de bureaux, la consommation d'énergie primaire doit être inférieure ou égale à 8kWhpep/(m².an) sur les cinq usages. A titre exceptionnel, elle pourra atteindre 24kWhpep/ m² par an sous réserve de justification de contraintes spécifiques dans la production locale d'électricité.

En 2009, le surcoût moyen d'investissement d'un bâtiment de bureaux BBC était de 12%. L'ADEME envisage que ce surcoût diminue entre 5 et 10% dès la mise en vigueur de la réglementation thermique 2012 qui stimulera la mise sur le marché de nouvelles technologie et nouveaux matériaux.

COMMENT REPONDRE AU FUTUR OBJECTIF BEPOS ?

La conception bioclimatique

A partir de quelle consommation peut-on faire du BEPOS ?

Nous distinguons bien ce qui est consommation de ce qui est compensation, l'action principale étant de diminuer les consommations. Dans un contexte urbain avec un COS de 3,6, la surface disponible de toiture pour l'installation de panneaux photovoltaïque est faible. Ainsi plus la densité de la parcelle augmente, plus les exigences sur les consommations doivent être fortes. Les bâtiments devront être à minima BBC/2 pour prétendre à avoir une compensation à hauteur des consommations.

L'approche développée est celle de l'innovation intelligente, sans recourir à des gadgets technologiques. L'objectif est de trouver une architecture bioclimatique reproductible dans une réalité économique. Le travail est porté sur la ventilation naturelle, l'inertie avec la décharge énergétique nocturne, la proportion de vitrage sur les façades en confrontant les apports solaires et les besoins d'éclairage, avec une enveloppe ajustée au climat comprenant des protections solaires efficaces.

Cette approche bioclimatique permet de réduire la part de rafraîchissement induite par le climat extérieur. Les sources de chaleur dans le bâtiment : apports internes des occupants et de la bureautique, représentent alors le double des apports solaires journaliers moyennés, avec une bonne protection solaire.

Les enjeux sur le rafraîchissement se portent donc également sur la réduction des sources de chaleur interne (éclairage, bureautique), la régulation de la ventilation, les récupérations d'énergie.

Mettre en œuvre des systèmes énergétiques utilisant les ressources renouvelables locales

Le sol et la mer sont les deux potentiels énergétiques naturels les plus pertinents sur le site (température quasi constante).

Le sol peut être exploité par la géothermie au travers de pompes à chaleur sur sonde ou pieux. Cette technologie à faible puissance doit être associée à une production locale telle qu'une chaufferie gaz pour les forts appels de puissance. L'investissement et l'exploitation incombe au propriétaire du bâtiment.

Les études préalables ont montré que la mer peut être exploitée au travers d'une boucle d'eau douce tempérée par la mer au travers d'échangeurs. La production de chaud et de froid est réalisée grâce à des thermofrigopompes connectées au réseau et desservant plusieurs immeubles. En mi-saison, les conditions de températures sont telles que l'on réalise un transfert gratuit de chaleur des bureaux vers les logements. De plus, la température de la boucle est compatible avec un rafraîchissement direct de type free-cooling dans les bureaux.

Les performances environnementales sont donc meilleures pour un système de boucle à eau de mer que pour des systèmes dédiés à chaque bâtiment.

Produire des énergies renouvelables locales

Les préoccupations sur la production d'énergie se portent sur les choix des technologies et des performances. Malgré un vent fréquent sur Marseille, le potentiel photovoltaïque est plus important que l'éolien. La spécificité méditerranéenne est ici un atout pour la production d'énergie photovoltaïque : la productivité d'un panneau installé à Marseille est supérieure de 20% à la productivité de ce même panneau installé à Paris.

Le taux de couverture des toitures par des panneaux photovoltaïques a été évalué à 82% sans la boucle à eau de mer et avec une géothermie, et à 59% avec la boucle à eau de mer pour atteindre l'objectif BEPOS pour une programmation mixte bureau/logement.

De plus, la densité en site urbain diminue d'une part la surface de toiture disponible par rapport à la surface utile, et d'autre part augmente les besoins énergétique par m² au sol. Ces deux points illustrent justement l'utilité d'une production énergétique mutualisée efficiente pour diminuer les consommations que le photovoltaïque pourrait difficilement compenser au vu des surfaces de toitures.

CONCLUSION

Afin de pouvoir atteindre l'objectif BEPOS en méditerranée, il est nécessaire de s'atteler à minimiser les besoins de froid ainsi que les autres postes de consommations de la réglementation thermique. Le travail de conception doit traiter :

- *au niveau de l'ilot : la forme urbaine, la végétation, l'eau, les matériaux en contact avec l'extérieur ;*
- *au niveau du bâti : les protections solaires, l'inertie, matériaux en contact avec l'extérieur ;*
- *au niveau des apports internes : choix de l'éclairage, travail sur la bureautique ;*
- *au niveau des équipements : minimiser les consommations de la ventilation, favoriser les récupérations d'énergie, choix de production d'énergie ne rejetant pas de calories dans l'air extérieur.*

La production de chaleur et de froid par une boucle à eau de mer permet de minimiser le nombre de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments par rapport à une solution hors réseau et donc de minimiser l'investissement.

Ajoutons que la boucle à eau de mer permet de produire de l'énergie avec un taux de CO2 inférieur à 50 g/kWh (45 g/kWh en hiver et 5,3 g/kWh en été) et est donc classé, d'après la RT 2012, comme étant aussi faiblement carbonée que le bois énergie.

2_ Les objectifs de consommations et de confort en réponse aux objectifs nationaux

2-a Les exigences de résultats

L'extension d'Euroméditerranée menée par l'EPAEM est éligible à la démarche Ecocité qui se veut être un modèle de développement urbain durable dans un objectif de valoriser le savoir faire et l'innovation française. Un des enjeux est d'établir une stratégie énergétique efficiente en termes de consommation et d'émission de CO2, basée sur la spécificité méditerranéenne, de prendre en compte les caractéristiques géographiques, architecturales, climatiques, sociales et économique de la région méditerranéenne : low cost, easy tech.

Dans ce cadre, l'EPAEM se doit d'atteindre les objectifs BEPOS, mais également de les dépasser afin d'intégrer et d'agir sur les consommations non réglementaires, liées aux usages domestiques (bureautique, audiovisuel, cuisson...). De plus, les objectifs BEPOS doivent être atteints en garantissant le confort hygrothermique et visuel, sans quoi on observerait une dérive naturelle des consommations.

Distorsion entre les consommations conventionnelles et le mesuré

Bilan sur les consommations des postes réglementaires (RT)

La stratégie énergétique a rendu compte d'une distorsion entre le calcul réglementaire des consommations et les consommations réelles observées. Il y a donc une consommation plus importante sur les postes réglementaires :

- + 16% en moyenne sur les postes RT pour les immeubles de bureaux ;
- + 40% en moyenne sur les postes RT pour les immeubles de logements.

Cette dérive sur les consommations des postes de la réglementation est responsable d'une émission supplémentaire de CO2 de :

- + 40% pour des immeubles de bureaux BBC/2 ;
- + 60% pour des immeubles de logements BBC/2.

L'usage et les durées de fonctionnement sont les facteurs principaux d'écart entre les moteurs de calcul conventionnel et les consommations mesurées.

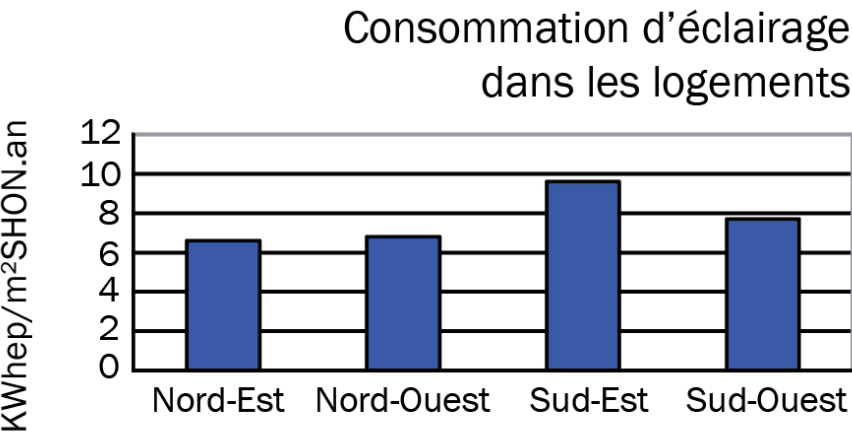
Les raisons des surconsommations en méditerranée

Le diagnostic des consommations réalisé dans la stratégie énergétique montre que d'une part les consommations réelles sont plus importantes que les consommations prévisionnelles pour les bureaux, et que d'autre part les consommations de chauffage des logements en méditerranée sont plus importantes que dans les autres régions de France en tenant compte de la rigueur climatique.

Pour les logements, cette distorsion de consommation de chauffage a été expliquée par des simulations thermiques dynamiques et une compréhension des modes de vie. Il y a tout d'abord un facteur local : le mistral. Le vent en méditerranée augmente de 63% les infiltrations d'air dans le logement. Les simulations ont prouvé une température de consigne de chauffage établie à 22 °C (la réglementation demande 19 °C) avec des surchauffes en mi-saison. Ces surchauffes peuvent augmenter la température à 25 °C conduisant à l'ouverture des fenêtres et à un gaspillage d'énergie. Les simulations et les mesures montrent que ces conditions augmentent de 120% les besoins de chauffage par rapport aux consignes conventionnelles sur un immeuble des années 80.

Cette analyse sur les infiltrations et sur les températures de consigne est valable pour les bureaux, dans une moindre mesure cependant du fait d'une meilleure régulation du chauffage.

La consommation d'éclairage est d'une part plus importante que celle calculée conventionnellement, et d'autre part plus importante que celle mesurée dans les autres régions, en dépit d'un ensoleillement plus important. Ceci peut être expliqué par un besoin plus important de luminosité (contraste avec le ciel clair).



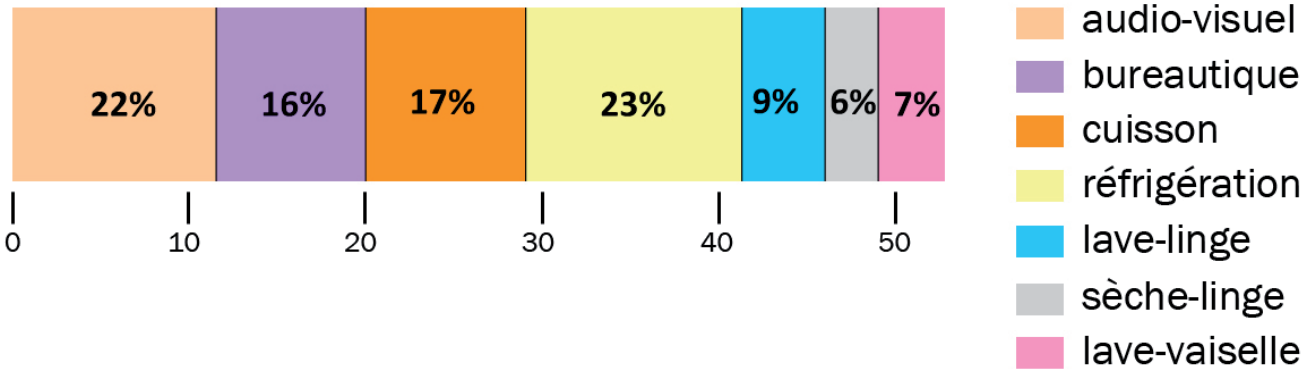
Les postes hors réglementation thermique (hors RT)

Identifications des postes de consommation

Les autres postes, hors réglementation thermique, concernent pour les logements :

- Les appareils audio-visuels
- Les appareils informatiques
- La réfrigération
- La cuisson
- Le lave-linge et le sèche-linge

consommation des autres postes en kWh/m²SHON.an



Les études des consommations des ménages montrent que les appareils deviennent de plus en plus économes, notamment sur la réfrigération, le lave-linge et le sèche-linge. Néanmoins, cette diminution des consommations s'accompagne par un équipement supplémentaire (box internet, ordinateur supplémentaire, machine à café), ou par un équipement plus grand (téléviseur grand écran, réfrigérateur plus grand). L'évolution de l'équipement des ménages tend au final vers l'augmentation globale des consommations sur les autres postes.

Les autres postes, hors réglementation thermique, concernent pour les bureaux :

- L'informatique ;
- Les ascenseurs ;
- L'éclairage extérieur et les parkings.

Les consommations d'informatique ont pu récemment être fortement réduites par l'utilisation des ordinateurs portables, qui consomment moins que les unités fixes (-45% sur les consommations). L'enjeu se porte sur la réduction des consommations de veille, et les consommations de nuit. Une étude sur un bâtiment public a permis d'observer la même consommation le jour que la nuit et le weekend, en dépit de l'inoccupation du bâtiment.

Poids global des postes hors RT en fonction de la performance énergétique

En parallèle, la prise en compte des autres postes, c'est-à-dire des postes hors réglementation thermique prennent d'autant plus de poids dès lors que les postes réglementaires diminuent. Ainsi, les consommations des postes non réglementaires peuvent représenter :

	Logements	Bureaux
RT 2005	50 % des postes RT	70 % des postes RT
BBC	100 % des postes RT	90 % des postes RT

Ce tableau illustre notre approche exhaustive des consommations, dans l'optique de réduire l'empreinte énergétique et environnementale globale du bâtiment tous usages confondus.

2-b Les objectifs de confort pour les bureaux et les logements

Les logements

Confort visuel :

- Les parties communes :

On préconise pour les circulations et les locaux de court séjour un niveau d'éclairement entre 100 et 200lux. Les luminaires seront asservi à un détecteur de présence au mieux, ou une horloge a minima. Les escaliers doivent bénéficier de la lumière naturelle si possible afin d'inciter les usagers à les prendre au lieu de l'ascenseur.

- Les parties privatives :

Le confort visuel général s'obtient en ménageant des vues et des perspectives agréables depuis le séjour. La proportion d'ouverture minimale réglementaire est de 1/6 de la surface habitable.

Confort hygrothermique :

Nous retenons la norme NF-EN 7730 pour le confort hygrothermique. La température de confort retenue en période de chauffage pour les logements est donc de 21 °C. Cette température sera appliquée en consigne de chauffage.

Pour atteindre le confort en été des logements, il suffit de les rendre traversant pour favoriser les courants d'air et éviter les surchauffes.

Les bureaux

Confort visuel :

L'éclairement naturel devra donc être au minimum de 200 lux sur 80% de la surface de premier jour avec le ciel marseillais.

Confort hygrothermique :

La température de consigne pour le chauffage est fixée à 21 °C.

Pour le confort d'été, on prendra une température de confort thermique estival de 27 °C (consigne de rafraîchissement), avec une vitesse d'air globale dans le bureau de 0,28m/s.

2-c Les objectifs de consommations pour les bureaux et les logements



Les chiffres en bleu représentent le total des consommations.
Les chiffres en orange représentent les postes RT.
Les chiffres en vert représentent les postes hors RT.

Les objectifs imposés sont les objectifs de BBC/2 pour les bureaux et les logements. Ces performances permettront d’atteindre l’objectif BEPOS dans le futur.

LOGEMENT

Objectif avec postes et usages réglementaires	Totalité des postes, avec usages conventionnels (RT + domestiques)		Totalité des postes, avec usages méditerranéens réels	
RT 2005 80 kWhep/m²SHON.an	RT 2005+ 135 kWhep/m²SHON.an		RT 2005+ MED 165 kWhep/m²SHON.an	
	80 RT	55 hors RT	110 RT	55 hors RT
RT 2012 BBC 40 kWhep/m²SHON.an	BBC+ 95 kWhep/m²SHON.an		RT 2012 BBC+ MED 110 kWhep/m²SHON.an	
	40 RT	55 hors RT	55 RT	55 hors RT
BBC - 55% 18 kWhep/m²SHON.an	BBC+ - 55% 63 kWhep/m²SHON.an		BBC+ - 55% MED 68 kWhep/m²SHON.an	
	18 RT	45 hors RT	23 RT	45 hors RT

BUREAU

Objectif avec postes et usages réglementaires	Totalité des postes, avec usages conventionnels (RT + domestiques)		Totalité des postes, avec usages méditerranéens réels	
RT 2005 150 kWhep/m²SHON.an	RT 2005+ 270 kWhep/m²SHON.an		RT 2005+ MED 325 kWhep/m²SHON.an	
	135 RT	135 hors RT	190 RT	135 hors RT
RT 2012 BBC 75 kWhep/m²SHON.an	BBC+ 140 kWhep/m²SHON.an		RT 2012 BBC+ MED 155 kWhep/m²SHON.an	
	75 RT	65 hors RT	90 RT	65 hors RT
BBC - 60% 30 kWhep/m²SHON.an	BBC+ - 60% 80 kWhep/m²SHON.an		BBC+ - 55% MED 85 kWhep/m²SHON.an	
	30 RT	50 hors RT	35 RT	50 hors RT



BATIMED
> Objectif : Un bâtiment BEPOS par opération
> Objectif : Tous les immeubles devront consommer la moitié de la consommation d’un bâtiment BBC.
Soit Cref=BBC/2 = BATIMED
> Se raccorder à la boucle à eau de mer est très efficace d’un point de vue des émissions de carbone (=idem bois énergie) et d’un point de vue de énergétique permet d’atteindre les objectifs fixés



3_ Rafraîchir et chauffer avec la BAEM

Le grand aménagement de la zone urbaine Euromed II prévoit la possibilité d'une alimentation en chauffage et climatisation par un système de pompe à chaleur, fondé sur l'exploitation de l'énergie thermique contenue dans l'eau de la mer. Une première étude a permis de mettre en avant la BAEM par rapport à d'autres solutions telles qu'une centrale de cogénération etc. Le fonctionnement de l'alimentation énergétique globale s'appuierait sur une boucle de mer, avec les principes suivants :

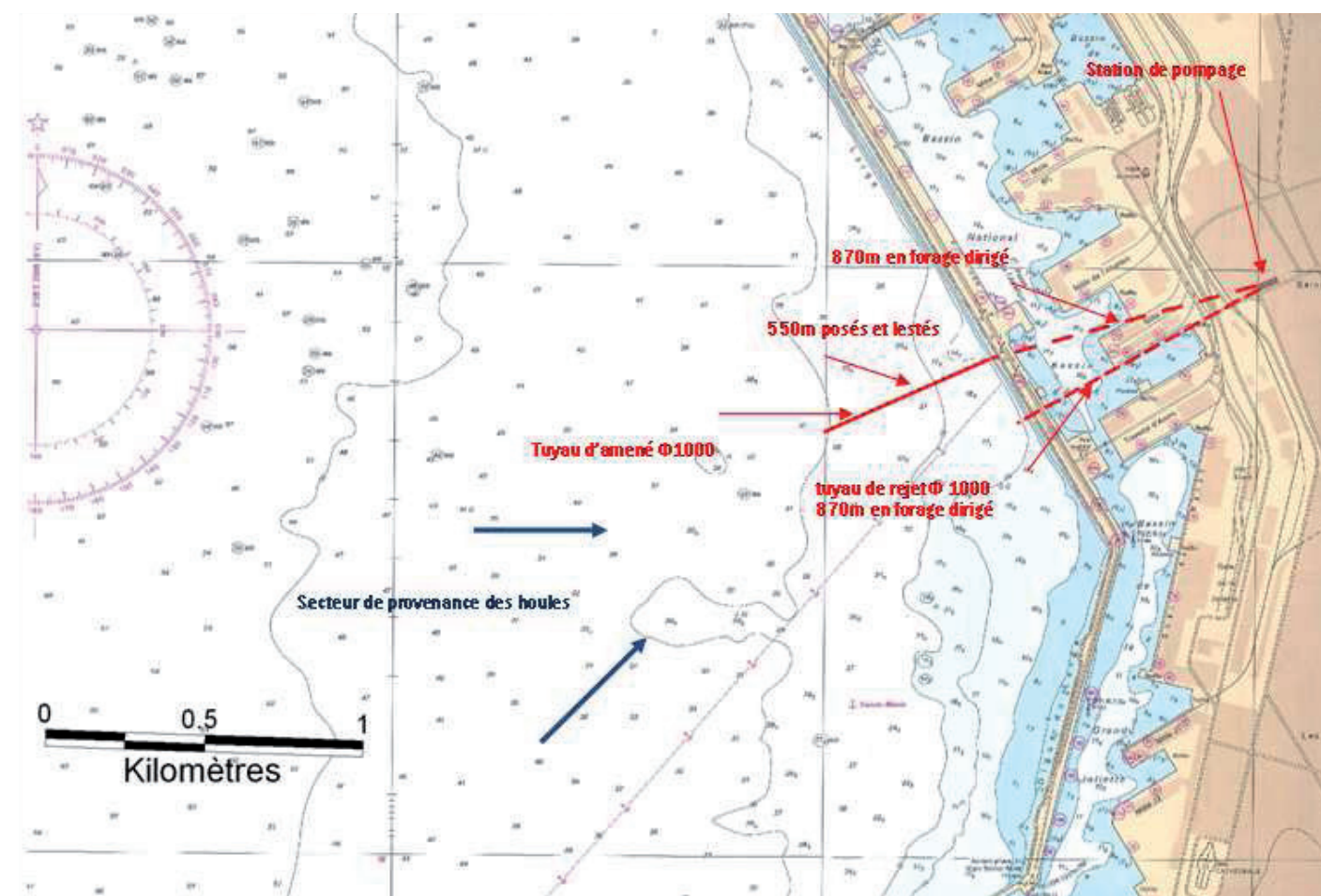
- Aspiration de l'eau de mer en grande profondeur de façon à pomper de l'eau relativement froide et limiter l'impact du rejet d'eau rendue plus chaude en été ;
- Exploitation d'un échangeur thermique proche de la station de pompage, permettant d'alimenter en énergie les réseaux de la zone urbaine ;
- Rejet de l'eau de mer après avoir été réchauffée en été et refroidie en hiver

La boucle à eau de mer est un réseau industriel d'eau douce, tempérée par l'eau de mer. Elle est prévue pour alimenter la totalité de l'Extension Euroméditerranéenne, avec une possible extension aux territoires voisins. Elle est financée en partie par le dispositif Eco-Cités et constitue un effort collectif significatif qui permet de réduire les consommations en énergie primaire de l'opération tout en maintenant un bon niveau de confort à l'ensemble des programmes de l'opération.

La mutualisation de tous les programmes de chaque îlot permet également de diminuer la puissance installée en intégrant le fait qu'ils ne fonctionnent pas tous à pleine puissance en même temps. De plus, la boucle à eau de mer est tout à fait adaptée au rafraîchissement direct de type free-cooling.

La boucle à eau de mer prévue est considérée comme une énergie renouvelable, classée d'après la RT 2012, comme étant aussi faiblement carbonée que le bois énergie.

Le grand Port de Marseille, et plus particulièrement les bassins de la joliette, s'intercalent entre la zone Euromed et la rade de Marseille. Le passage à travers le port est une contrainte quasi - obligée dans l'hypothèse d'une installation d'une station de pompage proche de la zone à alimenter. A ce stade, l'emplacement retenu pour la station de pompage se situe le long de la rue d'Anthoine.



§ Boucle à eau de mer

> Toutes les opérations desservies par la boucle à eau de mer doivent s'y connecter ou prévoir les mesures conservatoires pour s'y connecter si elle n'est pas en service à la livraison.

Une démarche

Des leviers d'action à l'échelle de l'individu, du professionnel et de la collectivité sont proposés avec pour objet de trouver le meilleur compromis environnemental, politique et économique. Ce chapitre a pour objectif de donner des pistes au niveau des préoccupations environnementales liées à Marseille et au site d'Euromed II.

La validation de la valeur de référence BATIMED sur le projet est une réelle ambition de part de l'EPAEM. Afin de rendre BATIMED possible, nous avons eu recours à un exercice de faisabilité que nous avons travaillé comme suit :

1. Etablir le projet architectural à partir de l'approche bioclimatique, c'est-à-dire prendre en compte les paramètres naturels et les atouts du site pour limiter les consommations d'énergies :

> Action à porter essentiellement sur les systèmes passifs de récupération d'énergie (loggias, vérandas, coursives extérieures etc...), sur les masques bâtie pour la protection solaire, sur les effets de dispersion des vents etc...

2. Se référer à la stratégie énergétique et prendre en compte les efforts individuels et les efforts des professionnels de la construction pour atteindre les objectifs techniques et énergétiques d'un immeuble BATIMED.

> Action à porter essentiellement sur l'enveloppe (isolation, taille et nature des surfaces vitrées, protections solaires etc...) et les équipements des immeubles ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour que les utilisateurs puissent comprendre le fonctionnement du bâtiment et des dépenses énergétiques.

3. Prendre en compte l'ensemble des consommations. Travailler à la réduction des postes réglementaires et des autres postes de consommations avec un objectif de réduction. Compenser par une production d'énergie renouvelable les consommations des postes réglementaires calculés avec usages conventionnels ; Dimensionner au plus juste les équipements techniques d'après les simulations thermiques dynamiques.

> Maximum des consommations énergétiques pour le bureaux : Cref < BBC/2 et ChorsRT < 50 kWhp/m².an

> Maximum des consommations énergétiques pour le logement : Cref < BBC/2 et ChorsRT < 45 kWhp/m².an

4. Instrumenter et suivre le bâtiment pendant les deux ans suivant sa livraison pour maîtriser la distorsion des consommations entre les usages réels et les usages réglementaires ;

5. Réduire les émissions de CO2 afin de répondre aux objectifs du Grenelle de l'environnement.

> Action sur le contenu de CO2 des systèmes de production de chaud et de froid < à 50 g/kWh d'énergie produite (en référence à la RT 2012) ;

Le BEPOS peut alors être atteint techniquement car toutes les consommations ont été optimisées. Economiquement, le projet trouve sa viabilité avec la boucle à eau de mer. De plus, le risque d'îlot de chaleur urbain est réduit du fait d'un nombre de panneaux photovoltaïques restreint et de l'absence de climatiseurs sur air. Ajoutons que la production énergétique de la boucle à eau de mer a un faible contenu carbone.

Il est possible d'aller encore plus loin : compenser toutes les consommations avec les usages réels et les postes hors réglementation avec une production d'énergie renouvelable locale mais centralisée au niveau de l'écocité. En effet, si les performances sur les consommations sont atteintes avec des systèmes de production énergétique centralisés, cette même démarche est alors à adopter pour atteindre une productivité optimale sur les énergies renouvelables.

Pour l'ensemble des projets, d'autres préoccupations environnementales doivent être menées en parallèle :

1. Décrire la stratégie de gestion des eaux / gestion des terres polluées

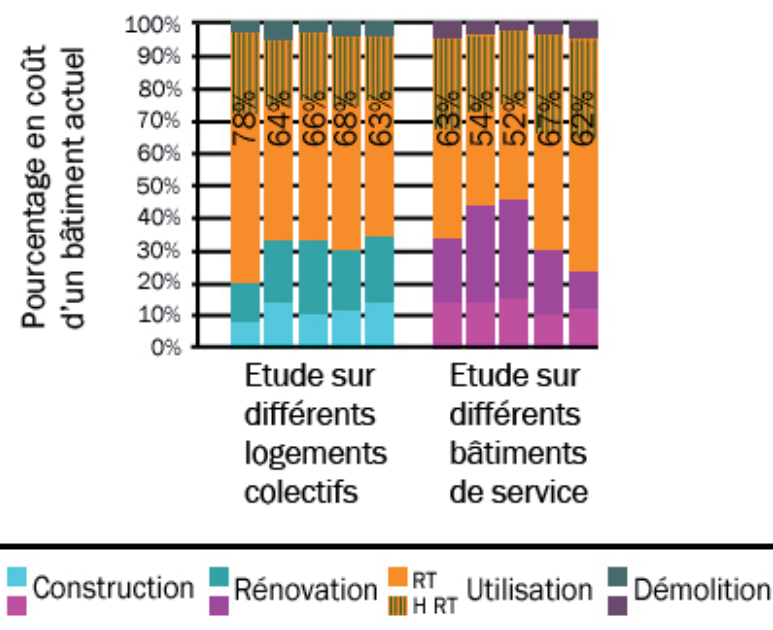
> Action à porter sur la récupération et la rétention des eaux pluviales, sur le traitement des eaux usées, sur les moyens mis en œuvre pour limiter le gaspillage d'eau potable.

2. Limiter les impacts du projet sur les effets de l'îlot de chaleur urbain.

> Action à porter sur le projet vis-vis de son environnement, sur la végétalisation des espaces, sur le choix des revêtements, sur la politique des transports etc...

3. Prendre en compte l'intégralité des consommations d'énergies dans un cycle de vie du bâtiment. Maintenant que le projet ne consomme plus beaucoup d'énergie pendant la phase d'exploitation, il devient important de regarder les consommations énergétiques (grises) liées à sa fabrication, sa rénovation et sa démolition.

> Action à porter sur les matériaux réutilisables, recyclables ou valorisables à la fin de vie du bâtiment, sur les matériaux locaux, les distances parcourues lors de la fabrication du projet, ainsi que sur la maintenance et le remplacement des matériaux.



Importance relative des différentes phases de la vie d'un bâtiment