be sustainable.brussels

Memento PHY

Environnement physique

NOVEMBRE 2021

Be Sustainable est une initiative de la Région Bruxelles-Capitale, sous l'impulsion des Ministres de l'Aménagement du territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement. Elle est soutenue par cinq institutions régionales actives dans le domaine de l'Aménagement du territoire et de la Revitalisation urbaine à Bruxelles.

La plateforme besustainable.brussels est gérée et hébergée par le service Facilitateur Quartiers Durables de Bruxelles Environnement

info@besustainable.brussels

www.besustainable.brussels

urban.brussels

sau-msi .brussels

bruxelles environnement .brussels

bma.brussels

perspective .brussels

Contenu

08 ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

DEFIS ET AMBITIONS 4

DIAGNOSTIC : PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE 6
PHY 01 - Le projet prend-il en compte l'environnement physique dans lequel il s'insère ? 6

CONCEPTION : MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE D'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE 14
PHY 02 - Le projet de quartier contribue-t-il à une utilisation raisonnée, adéquate et qualitative des sols ? 14
PHY 03 - Les impacts physiques du quartier sur l'environnement sont-ils minimisés ? 19
PHY 03.01 - Le quartier assure-t-il le confort thermique ? 20
PHY 03.02 - Le quartier assure-t-il la qualité de l'air ? 24
PHY 03.03 - Le quartier limite-t-il les mouvements de l'air ? 26
PHY 03.04 - Le quartier assure-t-il un confort visuel ? 30
PHY 03.05 - Le quartier assure-t-il un confort acoustique ? 35
PHY 03.06 - Le quartier limite-t-il l'exposition aux champs magnétiques émis par les installations électriques ? 40

CHANTIER – PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE 41
PHY 04 - Le chantier est-il durable pour l'environnement physique ? 41

GESTION : INFORMER/SENSIBILISER LES USAGERS VIS-A-VIS DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE 44
PHY 05 – La gestion du quartier permet-elle l'information et la sensibilisation des usagers à leur environnement physique ? 44

RÉFÉRENCES 46

Environnement physique

PHY

Le quartier vise une utilisation parcimonieuse et efficace du sol ainsi qu'une limitation des impacts physiques sur la qualité de vie (sol, air, bruit, chaleur, vent, vue, odeurs…).

DEFIS ET AMBITIONS

La ville, sa densité, son organisation peuvent avoir des impacts sur l'environnement en matière de qualité des sols, de confort thermique, de qualité de l'air, de mouvements d'air, de confort visuel, de confort acoustique, magnétique…Ces éléments se répercutent sur le confort de vie, ainsi que sur la santé des usagers.
La prise en compte des paramètres de l'environnement physique dès les premières étapes de la conception permet d'accéder à un meilleur niveau de confort physiologique et psychique.

Habiter en ville présente certains avantages en matière de qualité de vie (vie sociale, services, commerces, mobilité…), et constitue dans certains cas un mode de vie plus durable que l'habitat en milieu rural ou péri-urbain. La surface cadastrée bâtie totale en Région de Bruxelles-Capitale a toutefois augmenté de 30% entre 1980 et 2003. Cette croissance s'est opérée au détriment de la surface non-bâtie, et par conséquent, s'est avérée défavorable à l'adéquation, en termes de taille et de fonctions, des espaces ouverts avec les besoins croissants des habitants.
Par ailleurs, si le développement immobilier ne prend pas suffisamment en compte les impacts de l'environnement physique sur la qualité de vie, soit par méconnaissance, soit par désintérêt, cette négligence peut avoir un impact important sur la perception des habitants, consciente ou inconsciente, de leur qualité de vie. Lorsque la perception des inconvénients prend le pas sur celle des avantages, elle finit par mener à un exode urbain, temporaire (seconde résidence) ou définitif (développement péri-urbain).
La surexposition à ces impacts peut également engendrer des problèmes de santé publique, dont le plus connu est sans doute l'impact des particules fines. Ces impacts portent à la fois, sur les microclimats[1] locaux (îlots de chaleur[2], vent, lumière naturelle…) et sur la santé (qualité de l'air, risques technologiques, …).

---

1. Microclimat : Conditions climatiques limitées à une région géographique très petite, significativement distinctes du climat général de la zone où se situe cette région.
2. Ilot de chaleur : Phénomène reflétant l'élévation de température de l'air en milieu urbain dense. Cette augmentation de température est causée par les surfaces imperméabilisées non réfléchissantes, le chauffage des bâtiments en période hivernale, la densité du trafic automobile, la pollution atmosphérique, la réduction de la vitesse du vent et la faible présence ou l'absence d'espaces végétalisés et de plans d'eau.

Le présent chapitre du mémento propose des outils de diagnostic et de conception intégrant les paramètres de l'environnement physique. Une prise en considération de ces paramètres dès les premières étapes de conception permettra de développer les quartiers de manière plus durable avec un meilleur niveau de confort et de qualité de vie.

Il s'articule autour de plusieurs axes de réflexion :

- La bonne compréhension des conditions environnementales au sein du périmètre ;
- L'appréhension des contraintes liées à une utilisation raisonnée des sols ;
- Les impacts potentiels du projet sur l'environnement dans lequel il s'insère ;
- L'anticipation des contraintes liées à l'organisation du chantier ;
- L'information et la sensibilisation auprès des usagers.

ON ATTEND D'UN QUARTIER DURABLE

- Qu'il préserve les sols de bonne qualité de toute construction ou dans le cas contraire qu'il développe une densité optimale de manière à occuper le sol de façon raisonnée et qualitative ;
- Qu'il encourage la désimperméabilisation ;
- Qu'il prévoit la restauration des sols dégradés en ce compris l'assainissement des terrains pollués ;
- Qu'il minimise son impact sur le microclimat pour un confort thermique, visuel et au niveau des mouvements d'air ;
- Qu'il préserve au mieux l'accès à l'ensoleillement[3] et à la lumière naturelle pour tous les futurs usagers de l'espace ;
- Qu'il se prémunisse contre d'éventuelles sources de nuisances (sonores, magnétiques) pour assurer le confort des usagers sur le site ;
- Qu'il améliore les conditions de vie de façon à impacter positivement la santé des usagers du quartier.

3. Ensoleillement : Le degré d'ensoleillement à un endroit donné dépend de la position du soleil (hauteur et azimut), et donc de l'intensité du rayonnement solaire. Le rayonnement solaire est constitué d'un flux de photons, dont l'énergie se répartit selon différentes longueurs d'ondes (spectre solaire). Le rayonnement solaire comprend une part réfléchie, une part diffuse, une part absorbée…le reste étant le rayonnement direct. Cette dernière composante est nulle si le soleil est caché par des nuages ou un obstacle. Par ciel couvert, le rayonnement diffus peut donc correspondre à l'entièreté du rayonnement reçu.

PHY

DIAGNOSTIC : PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

PHY 01 - Le projet prend-il en compte l'environnement physique dans lequel il s'insère ?

Ambition : Connaître les contraintes pour mieux agir !

L'étude de la situation existante et de ses difficultés est un point de départ pour la bonne prise en compte de l'environnement physique dans la conception du quartier. Une première approche transversale peut apporter une vision globale de la situation de départ sur le site. Elle vise à mettre en avant les contraintes mais également les potentiels offerts par l'environnement du quartier.

Le contexte urbanistique et ses bâtiments présents ou futurs engendre(ro)nt des impacts microclimatiques qui nécessitent d'être examinés de plus près afin d'assurer le confort physiologique, et par-delà psychologique également, des habitants et passants.
Le Plan Régional de Développement Durable (PRDD 2018) traduit le projet de ville défini par le Gouvernement bruxellois et fixe notamment les balises des politiques qui seront mises en œuvre à l'horizon 2040, notamment en matière de préservation des sols, d'énergie, d'amélioration de la qualité de l'air, et de climat. Les lignes directrices données peuvent être affinées sur le terrain par l'analyse de la situation existante par rapport à l'ensemble des éléments repris ci-dessous.

Caractéristiques du Sol

Sols vivants

Un sol sain et vivant rend des services irremplaçables à la ville, mais les sols de bonne qualité sont une denrée rare dans une région urbanisée comme la nôtre. De plus, il n'est pas facile de restaurer un sol dégradé et le processus naturel de formation d'un sol pédologique est long. Les sols constituent en ce sens des ressources non renouvelables à l'échelle d'une vie humaine. Or, jusqu'à présent, dans le cadre de projets urbains, le sol était vu comme un simple support ou une matière inerte à évacuer, et non comme une ressource à préserver pour ses qualités propres.
La stratégie régionale Good Soil[3] a été développée pour changer cette perspective, garantir la préservation, la restauration et la gestion intégrée des sols bruxellois.
L'objectif est d'essayer autant que possible de préserver les sols existants de bonne qualité, ceux qui peuvent soutenir des fonctions importantes (ou services écosystémiques) dans la ville durable telles que l'agriculture urbaine, la gestion des eaux de pluie, la biodiversité, la résilience au changement climatique ou tout simplement la nature, si essentielle à la qualité de vie des Bruxellois.
Dans le cas d'un aménagement, la stratégie Good Soil s'appuie sur un ordre de priorité pour le traitement des sols :

1. Préserver les sols sains, vivants existants ;
2. Remédier les sols dégradés ;
3. En dernier recours, compenser les sols perdus/bâtis et/ou désimperméabiliser.

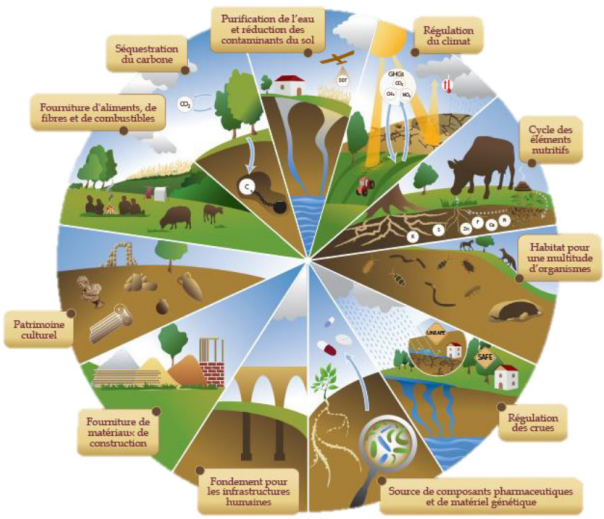
3. https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/la-strategie-good-soil

Il est nécessaire de réaliser un état des lieux des sols non bâtis du périmètre affecté au projet afin d'identifier les sols de bonne qualité à préserver. Les nouvelles constructions et infrastructures seront de préférence placées sur des zones déjà bâties ou artificialisées, ou sur des sols de qualité moindre.

Pour objectiver la qualité des sols, Bruxelles Environnement a développé l'indice IQSB (Indice de Qualité des Sols Bruxellois[4]). Cet outil se décline en une version citoyenne, qui peut être mise en œuvre par un particulier sans matériel spécialisé, et une version professionnelle destinée aux porteurs de projets. Cette deuxième version nécessite l'intervention d'un expert agréé pour sa mise en application.
L'expert identifie sur le terrain des zones homogènes de sol et y mesure les paramètres physiques, chimiques et biologiques permettent de caractériser la qualité du sol en attribuant un score à chacune des zones. Les résultats sont cartographiés selon la qualité du sol de chacune des zones et le cas échéant de services pouvant y être rendus par le sol (par exemple : zone favorable à la biodiversité du sol, à l'agriculture, à l'infiltration). Le concepteur peut ainsi tenir compte de ces données pour le projet. Il est à noter que Bruxelles Environnement met à disposition un service « Facilitateur Sol[4] » pour accompagner les utilisateurs dans la prise en main de ces outils.

Il est intéressant de combiner cet outil avec le CBS+ (coefficient de potentiel de biodiversité par surface)[5] afin de déterminer le potentiel écologique d'une parcelle et d'analyser si elle favorise le développement de la biodiversité.

Enfin, soulignons qu'il peut être judicieux de penser à des aménagements temporaires éventuels dès la phase de diagnostic : identifier les sols à préserver et en fonction préparer le projet à venir en plantant, cultivant, restaurant…



Fonctions du Sol - FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Les sols fournissent des services écosystémiques essentiels à la vie sur terre.

4. https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/indices-de-qualite-des-sols-bruxellois
5. https://environnement.brussels/thematiques/sols/facilitateur-sol
6. https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/1-evaluation-du-projet-via-le-cbs.html?IDC=7291

PHY

Sols pollués

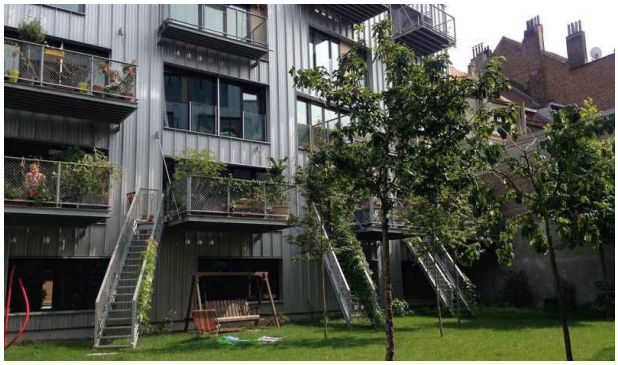
Nombre de terrains bruxellois sont en effet victimes de pollutions historiques, surtout dans la zone du Canal. A l'échelle d'un quartier, les pollutions du sol ou de l'eau souterraine sont potentiellement nombreuses et disparates. Leur localisation est déterminante en termes de coûts et dès lors, à terme, pertes ou bénéfices. Il faut donc également tenir compte de la présence de pollutions chimiques éventuelles, dues à des activités impliquant des produits polluants ou à des remblais historiques de mauvaise qualité. Une législation concernant la gestion des sols pollués existe depuis 2004. Cette matière est maintenant bien connue des professionnels.

Lorsqu'un projet immobilier naît sur une parcelle polluée, l'assainissement du terrain constitue une étape préalable (surtout si le terrain est répertorié dans la catégorie 0 (catégories de 0 à 4) « parcelles potentiellement polluées » (cf. ordonnance « sols »)). Du point de vue du foncier, il existe ainsi des parcelles polluées ayant pris une valeur « négative ».
Si une activité polluante a été documentée (voir carte de l'état du sol[7]), la législation impose la réalisation d'une reconnaissance de l'état du sol avant d'obtenir un permis d'urbanisme . Si des excavations avec évacuations de terre sont prévues, des analyses de sol seront obligatoirement réalisées, même si aucune activité polluante n'est connue sur le site. Cependant, il faudrait idéalement connaitre les pollutions éventuelles bien avant que la demande de permis ne soit introduite. En effet, cela permettrait d'optimiser le projet en combinant d'éventuelles opérations de traitement des pollutions avec les travaux nécessaires au projet (par exemple, prévoir l'excavation d'un sous-sol à l'endroit où une excavation de la pollution est de toute façon nécessaire).
Afin de minimiser les coûts, il est également judicieux de tenir compte des limitations d'usage qu'engendre la présence d'une pollution, même quand il n'est pas nécessaire de l'assainir. Par exemple, ne pas prévoir un jardin là où justement une pollution superficielle est présente, car il sera alors obligatoire de mettre en place des mesures de gestion coûteuses pour éviter tout contact entre les usagers et le sol.
Il est donc toujours judicieux de faire réaliser les études de la pollution du sol le plus en amont possible. Bruxelles Environnement a mis en place un outil en ligne pour aider les porteurs de projets à prendre en compte la pollution dans leurs projets (voir outil des techniques innovantes de traitement du sol[8]).

Carte inventaire des sols pollués à Bruxelles

Informations indicatives sur l'état des parcelles par rapport à leur de degré de pollution éventuel

7. Carte de l'état du sol – Bruxelles Environnement
8. Outil de traitement innovant du sol – Bruxelles Environnement



Projet Batex Brutopia (2009)

L'ensemble est implanté à Forest, entre la rue de Mérode et l'avenue van Volxem au cœur d'un îlot étroit et peu verdurisé. Le site a dû être dépollué et désamianté. Diverses activités à risques ont en effet eu lieu sur la parcelle (stockage de matières dangereuses, véhicules…).

Caractéristiques lumineuses et thermiques

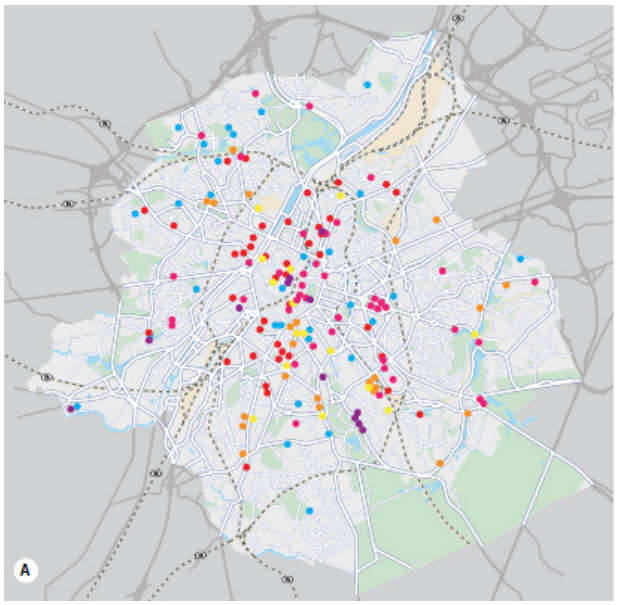
L'implantation, l'orientation et l'agencement des bâtiments déterminent le potentiel solaire du site. Une étude d'ensoleillement[9] permet de situer les bâtiments neufs ou existants dans leur contexte et de visualiser l'impact des bâtiments les uns par rapport aux autres. Le calcul des ombrages théoriques en toute saison permet de tenir compte des obstacles à l'ensoleillement tels des arbres hauts ou des bâtiments élevés à proximité. La composante diffuse doit également être prise en compte dans l'étude, les situations de ciel couvert étant assez courantes en Belgique. Sur base de la situation existante, le projet peut ensuite viser l'optimisation des gains solaires et de la luminosité.
Ces informations permettront également d'impacter l'orientation au sein des bâtiments : pour bénéficier au mieux des potentialités d'éclairage naturel, les fonctions avec demande de lumière naturelle plus importante seront favorisées là où il y a le plus de lumière disponible. Les sources de pollution lumineuse peuvent être identifiées en parallèle.

Le Plan Lumière[10] traduit la volonté politique globale en matière d'éclairage naturel[11] et artificiel[12] pour la collectivité. Il s'agit d'un outil de référence par rapport aux progrès technologiques spécifiques de l'éclairage. Il présente une vue d'ensemble de la problématique et des réponses aux fonctions et besoins de chaque espace et composant urbain.

---

9. Etude d'ensoleillement : Il s'agit pour commencer de connaître à tout instant la position du soleil dans le ciel (hauteur et azimut). Cette information permet de calculer les apports solaires et d'en tenir compte dans le projet d'aménagement, en connaissant l'impact en termes d'ombrage du bâti, de la végétation, etc. Les résultats sont souvent représentés sur un diagramme stéréographique, intégrant la course solaire annuelle et la silhouette des éléments environnants.
10. Voir également le Plan Lumière de Bruxelles Mobilité
11. Eclairage naturel : Eclairage directement dépendant de la localisation du site et de la pollution de l'air à cet endroit. La quantité de lumière naturelle disponible à un endroit donné dépend du type de ciel, du moment de l'année et de la journée, des orientations et inclinaisons des ouvertures pour un bâtiment, et dans l'espace non bâti, des bâtiments voisins, du type de sol, de la végétation…
12. Eclairage artificiel : Complément à l'éclairage naturel permettant de maintenir le niveau de confort requis dans les bâtiments. Dans les espaces publics, il s'agit de tous les moyens d'éclairage mis en œuvre pour assurer la sécurité des usagers mais aussi l'agrément des espaces.

PHY



Plan Lumière

Carte des temps de la nuit entre 17h et 21h (Bruxelles Mobilité)

Mediapark Reyers, BUUR
Exemple d'étude d'ombrage sur un nouveau quartier – à 10h, 14h et 18h un 21 juin, 21 septembre et 21 décembre

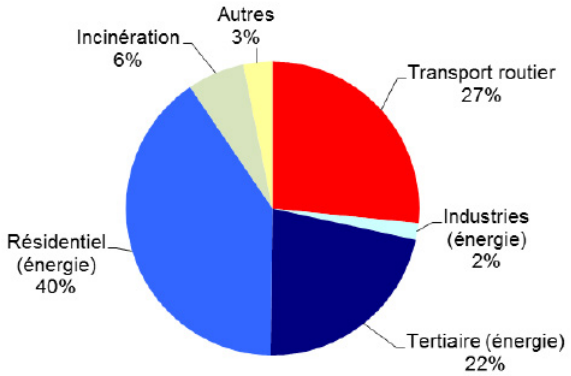
Qualité de l'air

La qualité de l'air se mesure par le taux des concentrations de polluants tels celles des particules PM10 ou PM2,5, le dioxyde d'azote NO2, l'ozone O3, le dioxyde de soufre SO2, le monoxyde de carbone CO ou des métaux lourds. Cette analyse est d'autant plus importante lorsque le site se situe à côté d'une voirie à haute fréquentation automobile ou sous le vent (suivant la rose des vents locale) d'une activité productrice de polluants atmosphériques et/ou olfactifs.
Le Plan Régional Air-Climat-Energie[13] retranscrit la politique environnementale et énergétique régionale, qui a servi de base au PRDD et précisant les grands axes, à savoir les bâtiments, les transports, l'économie, la planification urbaine, la surveillance de la qualité de l'air, les mécanismes de participation aux objectifs climatiques et de production d'énergie renouvelable, et la dimension sociale. Le plan définit aussi les grands principes mis en place par la région (mesures) pour chaque axe et renseigne des données et des documents de référence appuyant les mesures.

La qualité de l'air peut être améliorée en stockant le carbone dans le sol, s'il est sain. L'aménagement peut optimiser ce potentiel de stockage, notamment grâce à la mise en application des principes suivants :

- restaurer les terres dégradées pour obtenir un sol sain : amendement du sol, phytoremédiation… ;
- maintenir la végétation existante ou végétaliser et maximiser le facteur arbres : un sol planté est un sol plus riche qu'un sol nu ;
- favoriser le couvert végétal sous toutes ses formes : plantation de haies, de bandes enherbées, procéder à des fauches tardives (voir aussi Memento NAT sur la gestion différenciée[14]) ;
- maintenir l'humidité du sol de manière à conserver l'effet d'îlot de fraîcheur.

Plus le sol stocke du carbone, plus la terre devient fertile et adaptée aux effets du changement climatique[15].



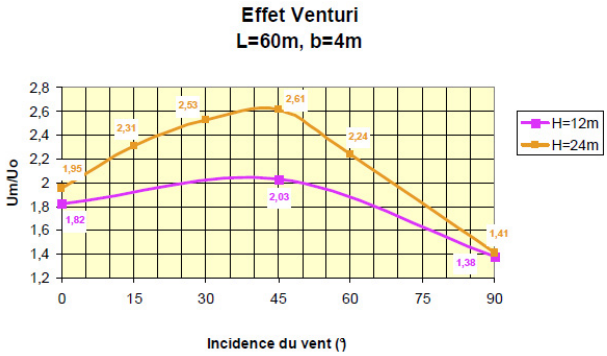
Gewestelijk Lucht-Klimaat-Energieplan: broeikasgase-missies per sector (2016)

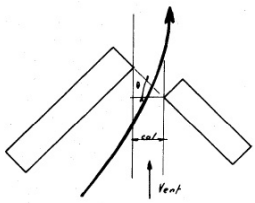
13. Voir également le Plan Régional Air-Climat-Energie
14. Memento NAT Be Sustainable
15. https://agriculture.gouv.fr/infographie-le-4-pour-1000

Mouvements d'air

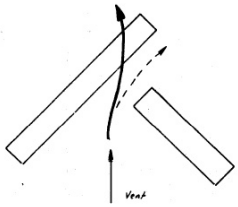
En termes de mouvements d'airs, il est intéressant d'identifier si le site souffre de grandes perturbations aérodynamiques. Ces données alimenteront la réflexion pour une conception de quartier assurant le confort respiratoire et thermique[16] des usagers. Le degré de ventilation dans le quartier donne une information importante à prendre en compte : un quartier peu ventilé souffrira plus facilement d'îlots de chaleur et d'une mauvaise qualité de l'air. Dans le cas de grandes constructions (projetées ou à proximité), les effets Venturi[17] (voir plus loin) sont à prendre en compte.

Effet Venturi – Conception des ambiances urbaines - Gandemer & Barnaud (1975)
Le graphique présente l'influence de l'incidence du vent couplée à la hauteur des bâtiments pour comprendre l'effet Venturi. Ici, les bâtiments ont une hauteur de 12 et 24m et le passage entre les deux mesure 4m. La conclusion est que l'effet Venturi est maximal pour une incidence du vent à 45°, c'est-à-dire pour un vent parallèle à la bissectrice de l'entonnoir. D'autre part, l'effet Venturi augmente avec la hauteur des bâtiments quel que soit l'orientation du vent. La prolongation de l'entonnoir par un couloir augmente l'intensité de l'effet Venturi alors qu'un prolongement important d'un des bâtiments au-delà de l'ouverture supprime l'effet critique.





Le Venturi peut fonctionner
(Gandemer & Barnaud 1975)



Le Venturi ne fonctionne pas

Environnement sonore

Un diagnostic acoustique est vivement conseillé, surtout dans une ville dense comme Bruxelles. Pour cela, le recours à un acousticien est recommandé dès la phase de conception du projet. Il identifiera les niveaux de bruit[18], les sources de bruit existantes et potentielles en évaluant les données disponibles, en récoltant d'éventuelles plaintes, en utilisant les cartes de niveaux sonores ou en réalisant des mesures in situ, permettant d'évaluer les bruits d'ambiance et les niveaux de bruit.

---

16. Confort thermique : Le confort thermique est atteint lorsqu'un équilibre est établi entre l'homme et l'ambiance. Celui-ci est lié aux paramètres suivants : le métabolisme (production de chaleur interne du corps humain), l'habillement, la température de l'air (et des parois dans un local), l'humidité relative de l'air et sa vitesse.
17. Effet Venturi : Concentration du vent dans de faibles ouvertures, générant un inconfort pour les usagers de l'espace public.
18. Niveau de bruit : La variation de la pression sonore est représentée par une onde sinusoïdale dont l'amplitude correspond au niveau de pression acoustique, à savoir le niveau sonore. Il s'agit de la pression exercée par l'onde sonore sur le récepteur. On la représente en effectuant une analyse spectrale, permettant d'établie le spectre sonore du bruit. La mesure du niveau de bruit s'effectue selon une échelle logarithmique. Le niveau de bruit dépend du milieu entourant la ou les sources sonores et de la position de mesure

En première approche, la « Cartographie du bruit »[19] peut être consulté. L'établissement d'une carte des sources et de leur zone d'influence est un bon point de départ à confronter avec les autres contraintes. Selon la nature du projet à implanter sur le site, il peut également être utile de s'assurer qu'il n'y a pas de zones ou bâtiments sensibles au bruit.

Le Plan « Quiet.brussels »[20], plan de prévention et de lutte contre le bruit et les vibrations en milieu urbain, comprend un ensemble de prescriptions dont le but est d'offrir aux citoyens un environnement sonore sain, tout en prenant en compte la réalité technico-économique. Le document fait référence à des normes et à des valeurs guides pour garantir un certain niveau de protection.

A noter également que l'effet d'un revêtement de sol poreux ou un sol laissé en pleine terre et végétalisé a un impact sur la réverbération et l'absorption des bruits.

Projet Batex Bruyn West (2009)

Le quartier est notamment délimité au Nord par le Ring, et toutes les voiries en périphérie du site sont encombrées, ce qui génère un certain niveau de bruit. Les nuisances sonores principales sont cependant dues aux avions.

Risques technologiques

La localisation du projet et des différentes affectations en son sein doit tenir compte des risques technologiques potentiels sur le site (proximité de lignes à haute tension, etc.).
En vertu du principe de précaution[21], du principe de proportionnalité[22], et en vertu de l'évaluation des connaissances scientifiques actuelles, les permis d'environnement prescrivent une valeur de champ magnétique maximum à ne pas dépasser de 0,4 µt (microtesla) sur une période de 24 h en exposition permanente, dans les lieux où peuvent séjourner des enfants de moins de 15 ans (habitations, écoles, crèches, hôpitaux). En pratique, pour que cette norme soit respectée, il faut que les transformateurs statiques soient installés à minimum 8 mètres de distance des lieux où peuvent séjourner des enfants de moins de 15 ans.

19. Voir également la Cartographie du Bruit de Bruxelles Environnement
20. Voir le Plan Quiet.brussels
21. Principe de précaution : En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.
22. Principe de proportionnalité : Dans le cadre qui nous intéresse, il s'agit de la balance entre la protection de l'environnement et les intérêts du demandeur

PHY

CONCEPTION : MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE D'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

PHY 02 - Le projet de quartier contribue-t-il à une utilisation raisonnée, adéquate et qualitative des sols ?

Ambition : Préserver les sols sains grâce à une densification qualitative selon les principes d'utilisation parcimonieuse du sol. Améliorer l'environnement grâce à la désimperméabilisation, la restauration des sols et à la réalisation de travaux d'assainissement des sols lorsque cela s'impose.

Le point de départ d'une densification qualitative est avant tout la préservation des sols sains. La qualité du sol s'appréhende dès les premières étapes de la conception afin de viser à améliorer la structure du sol, le nourrir[23], désimperméabiliser, maximiser l'humidité du sol[24], maintenir les végétaux existants, revégétaliser… Le territoire de Bruxelles étant très minéralisé, tous les projets urbains doivent donc être pensés comme des opportunités de désimperméabilisation pour renforcer les services écosystémiques des sols. L'outil IQSB[25] permettra de cibler les opportunités de désimperméabilisation. Dans le cas de terres polluées, le traitement de la pollution sera calibré en modulant spatialement le projet au regard, notamment, des affectations envisagées, de leur localisation et de la mise en place de solutions de remédiation. Si le projet est amené à densifier l'existant, il sera qualitatif si les sols sains sont préservés et si la densification vise un équilibre entre espaces bâtis et espaces ouverts, pour éviter toute forme de saturation: reconstruire la ville sur elle-même permet de limiter l'étalement urbain. En gérant la mixité verticale, la mitoyenneté, la minimisation de l'emprise bâtie, la ville compacte libère des espaces ouverts pour d'autres usages. Les sols ainsi libérés et restaurés contribueront à limiter les impacts sur l'environnement physique.

Utilisation raisonnée, adéquate et qualitative des sols

Une intensification qualitative de l'occupation du territoire passe par une densification équilibrée qui réponde aux besoins croissants de la ville (logements, équipements et services, lieux d'emplois…). Comme expliqué précédemment, elle nécessite également un usage parcimonieux du sol pour préserver les espaces et terrains non construits et laisser « respirer » la ville. La notion de qualité des sols, soutenue par la stratégie Good Soil de Bruxelles Environnement, doit guider les décisions des espaces à préserver. L'idée est d'adapter au mieux l'équation entre l'utilisation du sol avec son état qualitatif. La qualité des sols est l'état du sol qui permet à ce dernier d'assurer l'ensemble des fonctions écosystémiques qu'il supporte. Cette qualité intègre les aspects chimique, physique et biologique.

---

23. https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/conseils-pratiques-sols-vivants/guide-jardin/nourrissez-et-ameliorez
24. https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/conseils-pratiques-sols-vivants/guide-jardin/lhumidite-de-votre-sol-une
25. https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/indices-de-qualite-des-sols-bruxellois

Vu la rareté de ces espaces en Région de Bruxelles Capitale, il convient d'être conscient de l'importance de la préservation de suffisamment d'espaces ouverts et de qualité. L'usage parcimonieux de l'espace non construit offre des opportunités en matière de ventilation de la ville (cf. plus loin), de préservation des sols et environnements de qualités de mise en valeur du paysage, de développement de la nature et de la biodiversité, d'infiltration et gestion des eaux de pluie, d'activités et loisirs, et d'agriculture (cf. Memento NAT). La désimperméabilisation doit aussi être considérée dans le principe d'usage parcimonieux de l'espace.

Une utilisation judicieuse des réserves de terrains bruxellois s'allie donc aux principes décrits ci-dessous:

- La **densité** minimale (ou maximale) à atteindre : Fixer cet objectif implique la maitrise de la consommation foncière et de la modification des modes d'urbanisation. L'évaluation du coefficient d'occupation du sol (rapport entre la surface de plancher et la surface de la parcelle) et d'emprise au sol (surface construite au regard de la surface de la parcelle) contribuent à la définition de cet objectif.

- La **compacité**[26] adéquate : l'objectif est d'optimiser le nombre total d'habitants par rapport à la superficie du quartier, ainsi que le volume bâti par rapport à la surface bâtie au sol. Il y a également une proportion idéale à trouver entre surface bâtie au sol et superficie du quartier. La compacité est aussi une manière d'occuper le territoire, de créer des liens en limitant les vides et les discontinuités, en somme de créer des milieux de vie à la fois denses et conviviaux

- **L'utilisation raisonnée et adéquate des sols**, en conciliant les usages, ou les services écosystémiques rendus (approvisionnement, régulation, culture et soutien[27]) et la qualité du sol: l'objectif est d'optimiser l'usage du sol en fonction de son état qualitatif d'un point de vue physique, biologique et chimique (voir Guide IQSB-PRO[28]). Grâce à ce principe, l'usage parcimonieux du sol permet d'affecter les sols de meilleure qualité en priorité au développement de la nature et la biodiversité, l'agriculture, la captation du carbone, l'infiltration des eaux pluviales… Les sols de moins bonne qualité sont au contraire mieux adaptés pour accueillir de nouvelles constructions et infrastructures… Cette approche vise bel et bien à préserver au maximum les terrains. La diminution du nombre de terrains non construits disponibles induit une fréquentation plus élevée des espaces ouverts restants. Ceci résulte, surtout dans les quartiers les plus densément peuplés, en une rapide saturation de ces espaces. Leur inadéquation en termes de taille et de fonctions se trouve donc rapidement en déséquilibre avec le nombre d'usagers concernés et leurs besoins.

- La possibilité de **régénérer le tissu urbain** existant : dans un souci de développement durable, reconstruire la ville sur elle-même est une priorité. Maintenir voire transformer des bâtiments existants permet de limiter l'empreinte du projet. Cela évite de consommer de nouveaux terrains vierges et contribue à apporter une réponse à l'étalement urbain.

---

26. Compacité : Rapport entre le volume protégé et la surface de déperdition d'un bâtiment.
27. https://environnement.brussels/thematiques/sols/le-sol-en-bref/les-services-rendus-par-les-sols
28. IQSB-PRO

- La **mitoyenneté** entre bâtiments : elle permet de réduire les besoins et le coût des bâtiments et de dégager les espaces non bâtis. Il s'agit également d'une opportunité de diversifier les formes urbaines et les typologies de logements, mais aussi d'assurer une qualité des espaces de vie au sein du quartier et un bon équilibre entre espaces privatifs et espaces collectifs (Teller et al, 2014).

Ces différents paramètres sont bien évidemment à considérer dans une logique plus globale de stratégie de densification et de rapport à la ville. En effet, la qualité de l'offre de service, la qualité de la desserte en transport en commun sont également déterminants pour justifier de la forme donnée à la ville. En garantissant une certaine quantité d'habitants, de logements ou d'activités, les investissements dans les infrastructures, équipements et services publics sont plus facilement rentabilisés. Un commerce ne sera pas localisé de façon adéquate s'il n'est pas à proximité d'autres commerces, mais surtout s'il n'a pas de proximité avec sa clientèle potentielle. De même, une desserte de transports en commun fréquente (passages toutes les 10 à 15 minutes) n'est rentable que si une densité suffisante est présente dans le quartier (Paradis, 2014). L'intensité d'usage donne ainsi du sens à l'implantation d'autres fonctions et au développement de services associés.

QUARTIER "'T PANDREITJE" A BRUGES, HH Architecten

Ensemble de 75 logements construits sur le site d'une ancienne prison.
Les images illustrent le principe de conception basé sur de petites parcelles et des constructions compactes et mitoyennes, ce qui permet de gagner en espaces publics.

Gestion de la pollution du sol

Grâce à l'étude de la qualité du sol en phase diagnostic, les caractéristiques du sol sont connues avant la recherche sur l'implantation. La coordination entre architecte et expert en pollution du sol permet d'évaluer les impacts ou les opportunités potentielles du terrain, bien avant de dessiner le projet. Le projet peut ainsi prendre en compte les résultats des études de sol pour que l'aménagement du territoire soit le moins couteux et le plus multi-usage possible.
Lorsque la future affectation du terrain est incertaine, il est préférable de permettre de multiples usages en assainissant le terrain au maximum. L'assainissement devient durable si l'aménagement du terrain est flexible. Lorsque le projet est cependant bien établi, la gestion du risque adaptée au projet paraît plus raisonnable financièrement et, permet l'usage spécifique du terrain en présence de pollution.
Une modulation spatiale peut être envisagée en vue d'optimiser les traitements nécessaires : la localisation du sol pollué peut être déterminante en termes de coûts et bénéfices : autant le creusement d'un parking dans un sol pollué peut générer des frais inutilement exorbitants, autant un système de pompage et le traitement d'une eau polluée, combiné à un échangeur de chaud-froid en bâtiment permet un gain substantiel sur l'investissement.

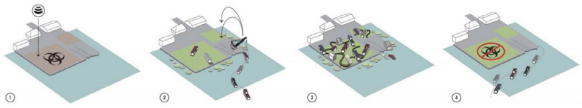
En cas de pollution avérée, il est important que l'aménagement :

- Limite si possible l'excavation de terres polluées ;
- Gère à moindre coûts les risques humains en positionnant judicieusement les usages : éviter a priori de bâtir où l'air intérieur peut être impacté, implanter le jardin-potager ou la plaine de jeu là où la qualité du sol en place s'y prête ;
- Analyse et réduise l'impact de la pollution du sol sur l'aménagement des réseaux vert et bleu…

Des techniques innovantes peuvent être mises à profit pour dépolluer les sols. En effet, dépendant de la temporalité de développement du projet, certaines approches plus douces peuvent se révéler particulièrement efficaces, tant sur le plan sanitaire que sur le plan économique. Parmi celles-ci, citons l'extraction de vapeurs du sol, la phytoremédiation, la bio-oxydation anaérobie, mais également l'excavation stratégique… Un moteur de recherche de traitements innovants du sol a été développé par Bruxelles Environnement[29].

La phytoremédiation peut être une approche intéressante lorsqu'elle s'inscrit dans une démarche de sensibilisation auprès des usagers. A Bruxelles, c'est une approche (encore) peu pratiquée car elle ne vise que certaines pollutions spécifiques et demande une gestion complexe encore peu appliquée sur le territoire.

Le recours à des techniques innovantes et le soutien octroyé par les primes (augmentées en cas d'assainissement) orientent la stratégie du projet pour la prise en compte de pollutions. Il est à noter que des mécanismes de financement sont également mis en place par la région pour couvrir une partie de ces frais[30].



DE CEUVEL - AMSTERDAM

Le projet De Ceuvel est situé dans le quartier des docks Buiksloterham à Amsterdam. Le site était caractérisé par une forte présence d'agents polluants dans les sols, qui en l'état ne sont pas dangereux pour l'homme, mais qui ne permettent pas, par exemple, de réaliser des plantations saines. Jusqu'ici, la technique de phytoremédiation n'avait été testée qu'au sein de contextes urbains de plus petite échelle. Le bureau néerlandais Delva, familier du contexte post-industriel amstellodamois, a tiré parti de la présente installation pour en faire un aménagement paysager intéressant, en harmonie avec le paysage des docks. Les plantes ont été sélectionnées pour leurs capacités à capter les agents polluants et métaux lourds présents pour ensuite les « digérer » ou les stabiliser (pour aller plus loin : lire le rapport Cleantech Playground : a cleantech utility in Amsterdam North, Metabolic, 2014 https://www.metabolic.nl/publications/cleantech-playground/)

29. Voir : http://app.bruxellesenvironnement.be/BIM/Questionnaire/TechniqueLinks
http://app.bruxellesenvironnement.be/BIM/Questionnaire/TechniqueLinks
30. https://environnement.brussels/thematiques/sols/les-aides-financieres

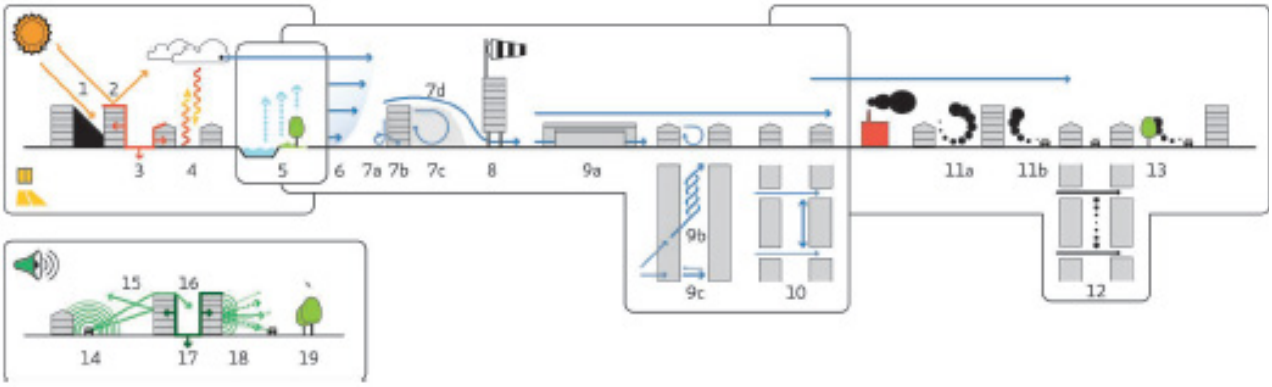
PHY

Dans la conception du projet, il est également important de prévenir tout risque de nouvelle pollution… Pour ce faire, quelques mesures préventives peuvent être intéressantes à considérer, notamment :

- Pratiquer une réutilisation sélective des terres excavées ;
- Prévoir des encuvements étanches pour le stockage de produits polluants ;
- Eviter le placement de citernes à mazout ;
- Prévoir le placement de de poubelles et parcs à conteneurs en suffisance ;
- Eviter les dépôts enfouis de matières polluantes et/ou prévoir un système permettant de détecter rapidement une fuite éventuelle ;
- Prévoir un sol étanche aux endroits où les produits nuisibles sont livrés ou manipulés ;
- Utiliser des technologies adaptées afin de limiter les rejets de produits dangereux ;
- Mettre un “kit d’intervention” à disposition, dans le cas de placement de dispositifs présentant un risque (produits absorbants...).

PHY 03 - Les impacts physiques du quartier sur l'environnement sont-ils minimisés ?

Les impacts sur l'environnement physique seront limités grâce à une conception et à une organisation spatiale qui assurent le confort thermique et visuel[31] des usagers, anticipent les mouvements d'air, privilégient la qualité de l'air, maximisent le confort acoustique, réduisent l'exposition aux champs magnétiques...



1. direct irradiation/shading
2. reflection
3. absorption
4. diffuse radiation

5. evapotranspiration

6. friction (boundary layer)
7. air flow around a single building
a. frontal vortex
b. corner streams
c. wake (recirculation)
d. shear layers

8. pressure short-circuiting
9. air flow in canyons
a. parallel
b. oblique
c. perpendicular
10. transverse flows

11. dispersion of air pollutants
a. from sources outside the canyon
b. from sources inside the canyon
12. concentrations in perpendicular streets
13. filtering through vegetation

14. geometrical spreading
15. reflection
16. diffraction
17. absorption
18. interference
19. sound masking

Vue d'ensemble des principes physiques caractérisant le microclimat urbain (Pijpers-van esch, 2015)

31. Confort visuel : Le confort visuel dépend de paramètres physiques (éclairement, luminance,..), de caractéristiques liées à l'environnement, mais aussi propres à la tâche à réaliser. Des facteurs physiologiques et psychologiques interviennent également.

PHY

PHY 03.01 - Le quartier assure-t-il le confort thermique ?

Ambition : Orienter les espaces bâtis et ouverts de manière à proposer une diversité d'ambiances et de températures pour se protéger de la chaleur en été et du froid en hiver

L'implantation des espaces bâtis et ouverts doit respecter, autant que faire se peut, une conception bioclimatique : apporter de la lumière en hiver mais aussi de la fraîcheur en été, proposer une diversité de zones ombragées et ensoleillées, le rafraîchissement par le vent ou la protection contre les vents froids, la relation à la nature, le rapport au ciel ou l'aménagement d'abris contre les intempéries… En ce sens, le confort thermique passe par la considération du quartier au fil des saisons. On évitera de recourir aux systèmes de refroidissement pour ne pas contribuer à la surchauffe urbaine.

Il sera fait usage de matériaux ou de couleurs à haut pouvoir de réflexion (albédo), ainsi que l'on recourra à la végétation et à l'eau dans l'espace public, pour procurer ombrage, fraicheur, et protection contre le vent.

Limiter l'échauffement de l'air

En milieu urbain dense, la température de l'air est localement plus élevée que la température de l'air mesurée au même moment en site dégagé : on parle alors d'« îlot de chaleur » causé par les surfaces minérales et absorbantes exposées aux rayons, le chauffage des bâtiments en période hivernale, la surchauffe estivale, le recours aux systèmes de refroidissement, la densité du trafic automobile, la pollution atmosphérique, la réduction de la vitesse du vent, la faible présence ou l'absence d'espaces végétalisés et de plans d'eau[32]… Les îlots de chaleur impactent la consommation d'énergie (recours au refroidissement actif), la qualité de l'air (augmentation de la quantité de CO2, d'ozone, de NO2), la biodiversité (y compris certains comportements animaux) et la santé.

De manière plus spécifique, il est possible d'expliciter la formation d'îlots de chaleur par les composantes suivantes :

- Absorption de radiations de faibles longueurs d'ondes par des matériaux de faible albedo et multi réflexions entre bâtiments ;
- Radiation diffuse par ciel couvert, générant un échauffement si elle est bloquée au niveau du site, causé par l'obstruction d'arbres et autres obstacles. La chaleur est alors interceptée par ces obstacles et absorbée ou réfléchie par le tissu urbain ;
- Absorption et réémission de radiations de grande longueur d'ondes par l'air pollué dans l'atmosphère ;
- Rejet de chaleur anthropique par des processus de combustion (trafic, chauffage et industries) ;
- Réduction de transport de chaleur turbulente depuis la rue à cause de la réduction de la vitesse du vent ;

32. Cf. Chapitre « Energie » de ce Mémento, ainsi que la fiche MAT01-Choisir les matériaux de revêtement de sol en fonction de leur impact environnemental du Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables de Bruxelles Environnement

- Augmentation du stockage de chaleur par les matériaux des bâtiments absorbants ;
- Diminution de l'évaporation par manque de surfaces perméables et de végétation.

Ainsi, pour limiter ces effets lors de la conception de projets de quartiers, les mesures suivantes peuvent être mises en application.

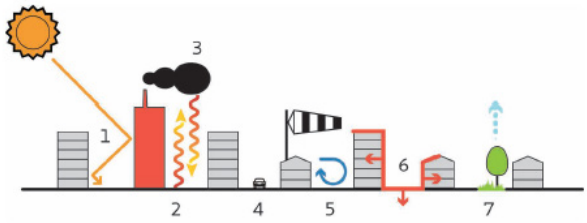


Figure 5.1
Causes Urban Heat Islands.

Causes des îlots de chaleur (Pijpers Van Esch, 2015)

Architecture bioclimatique[33]

Les choix d'implantations, d'orientation, d'isolation des bâtiments sont déterminants pour le microclimat à l'échelle du quartier. La prise en compte d'une architecture bioclimatique est une avancée significative vers une meilleure gestion de ce microclimat[34].

Mouvements d'air

Le fait de prévoir des échanges d'air naturels suffisants dans l'espace intérieur limite la formation d'îlots de chaleur. Les "zones mortes" peuvent être localisées au niveau d'un quartier grâce au CFD (Computerised Fluid Dynamics ou Mécanique des Fluides Dynamique). Il s'agit des emplacements où il n'y a pas ou peu de circulation d'air et où un risque important de surchauffe existe. Pour les quartiers existants, des mesures et/ou des historiques peuvent fournir des indications sur d'éventuels points difficiles. Cette analyse peut être effectuée plusieurs fois en cas de projet de quartier neuf dont l'implantation, la forme et l'aspect extérieur peuvent encore évoluer. Il convient toutefois d'éviter de créer des courants d'air désagréables, qui rendent l'espace extérieur moins confortable.

Choix des revêtements

La qualité du sol a toute son importance dans l'atténuation de l'effet d'îlot de chaleur donc de confort thermique. Un sol en pleine terre et végétalisé aura un impact sur l'atténuation des phénomènes de réverbération et l'absorption des bruits. Dans le cas d'un revêtement artificiel du sol, le recours à des matériaux poreux, mais également le choix de mises en œuvres réversibles permettent de préserver les qualités initiales du sol.

33. Conception bioclimatique : Conception adaptée au site et recherche d'un confort thermique intérieur naturel en utilisant au maximum les moyens architecturaux et les énergies renouvelables, et en mettant en place une stratégie hivernale et une stratégie estivale pour la gestion des apports solaires.
34. Voir également le chapitre « Energie » du Memento.

PHY

Les revêtements privilégiés en façade, la capacité de réflexion / absorption des différents revêtements choisi, l'albédo, jouent un rôle important dans l'accumulation et diffusion de chaleur. La notion d'albédo désigne le rapport entre l'énergie lumineuse réfléchie et incidente sur une surface, traduisant le pouvoir réfléchissant de cette surface. L'albédo est une valeur comprise entre 0 et 1 : un corps noir parfait, qui absorberait toutes les longueurs d'onde sans en réfléchir aucune, aurait un albédo nul, tandis qu'un miroir parfait, qui réfléchirait toutes les longueurs d'onde, sans en absorber une seule, aurait un albédo égal à 1. Ainsi, l'asphalte par exemple, retient davantage la chaleur que des chemins en graviers et renforce l'effet d'îlot de chaleur. Pour l'aménagement la prise en compte de ce facteur implique préférentiellement de :

- Prévoir des revêtements doté d'un albedo de plus de 0,30 ;
- Privilégier les toitures végétalisées ou avec en matériau de revêtement doté d'un albedo de plus de 0,30.

A New York une initiative pour limiter l'échauffement de la ville a consisté à peindre les toits de peinture blanche réfléchissante : cette mesure permet une baisse de température allant jusqu'à 15 degrés[35]. Un rapport estime que pour les blocs d'immeubles, peindre en blanc murs et trottoirs permettrait une économie d'énergie liée à la climatisation de 10 à 30 %[36].

Végétation

La présence de végétation a un effet non négligeable pour le rafraîchissement des espaces bâtis et non bâtis selon différents facteurs : ombrage, évapotranspiration, filtre, protection au vent...
Dans les environnements urbains denses, les espaces verts peu arborés peuvent contribuer à diminuer les effets de surchauffe la nuit, s'ils sont implantés à intervalles réguliers. Pour être réellement efficaces en minimiser la surchauffe en journée, ils doivent nécessairement comprendre des zones ombragées et maximiser la zone couverte par une canopée.
Les espaces verts de petite taille situés à proximité les uns des autres et qui sont bien irrigués constituent des îlots de fraîcheur. A l'inverse, les espaces verts plus généreux caractérisés par des rapports H/W < 6 et une couverture végétale clairsemée, plus espacés, interviendront dans le rafraîchissement la nuit.

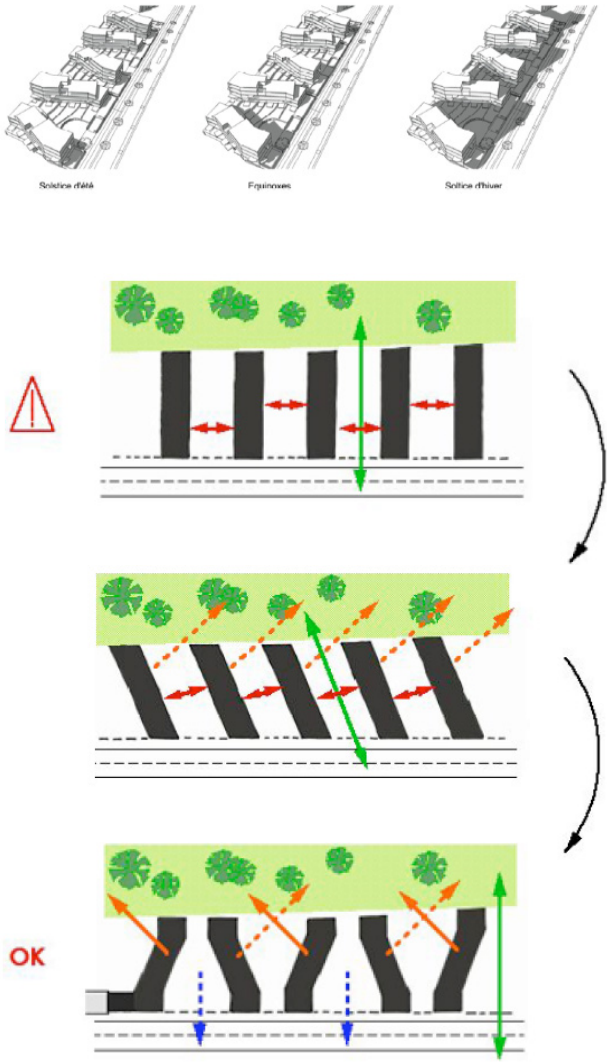
La désimperméabilisation des sols et leur végétalisation est donc à encourager pour accroître cet effet. Toutefois, il est à noter que cet effet positif reste tout à fait local. Ainsi, pour atteindre une véritable performance au sein des espaces ouverts, il conviendrait de réaliser un véritable réseau de fraîcheur au sein de la ville : dans cette optique, chaque nouveau projet (public ou privé) devrait contribuer à la constitution de ce réseau, dans l'intérêt de tous.

---

35. Audrey Chauvet, « Les toits de New York repeints en blanc » [archive], sur 20 minutes.fr, 20 octobre 2010
36. Dominique Pialot, « CO2 : supprimer les voitures, c'est bien, peindre les toits en blanc, c'est mieux » [archive], sur La Tribune, 16 avril 2012

Gestion des eaux

La présence d'eau et d'éléments naturels exerce une influence favorable sur les températures dans un contexte urbain et doit être prise en compte dans la conception d'un quartier afin de minimiser l'effet d'îlot de chaleur. Concevoir la stratégie de gestion des eaux comme une opportunité pour agir sur ce phénomène. La présence de l'eau est en effet un grand atout[37].



Projet Batex - Bruyn West (2009)

L'implantation des logements ainsi que la morphologie des bâtiments ont été étudiés de manière à privilégier les vues, l'éclairage naturel, et l'ensoleillement adéquat, non seulement des logements, mais aussi des espaces collectifs. Une étude d'ensoleillement a été menée pour appuyer l'implantation proposée.

37. Voir des pistes d'aménagement en ce sens dans le chapitre « Cycle de l'Eau » du Mémento

PHY

PHY 03.02 - Le quartier assure-t-il la qualité de l'air ?

Ambition : Contribuer à la qualité de l'air urbain en réduisant la place de la voiture, en organisant des espaces ouverts permettant la respiration de la ville et la dispersion des polluants, en orientant les fonctions selon leur niveau de sensibilité.

Plusieurs approches sont possibles pour contribuer à une meilleure qualité de l'air à l'échelle du quartier et, plus largement, de la Région.
Il convient tout d'abord d'agir à la source en réduisant le nombre et la vitesse des véhicules motorisés. Idéalement, il faudrait implanter les fonctions du quartier selon les sources de pollution : il est conseillé d'éloigner les fonctions sensibles, telles que les zones résidentielles ou les écoles, des sources de pollutions importantes comme les grands axes. De même, les zones industrielles ou les activités aux effets nocifs sur la qualité de l'air devraient idéalement être localisées sous le vent par rapport aux zones résidentielles ou du moins selon des configurations favorisant l'évacuation des flux. Enfin, il est à noter que le développement des maillages vert et bleu participe également à la qualité de l'air.

Les zones topographiques les plus basses sont à préserver comme couloirs naturels au stade de la planification pour permettre la pénétration d'un air frais et sain dans la ville qui favorise la dispersion des polluants. Enfin, il est à noter que le développement des maillages vert, bleu et brun participe également à la qualité de l'air.

Le confort respiratoire est directement lié à la qualité de l'air. Dans les bâtiments, celle-ci est tributaire de l'environnement extérieur, des matériaux de construction, de l'occupation du bâtiment et des équipements, y compris le mobilier.

A l'extérieur, la qualité de l'air dépend des substances en présence, naturelles ou émises par les activités humaines. La pollution atmosphérique reste difficile à caractériser car très diverse. La concentration de polluants varie selon le temps, l'espace, ainsi que les conditions météorologiques.
La qualité de l'air extérieur peut affecter la santé publique et plus généralement l'ensemble de la biosphère si la concentration des polluants nocifs est trop importante. Bruxelles fait partie d'un des territoires européens dont l'air est le plus pollué : l'aire AMNO, Aire Métropolitaine du Nord-Ouest qui est la plus urbanisée d'Europe.

De nombreuses mesures visant à améliorer la qualité de l'air extérieur d'un quartier sont décrites dans les points suivants.

Transports

Il est possible de réduire la pollution de l'air liée à la mobilité à la source. Pour y parvenir, le ralentissement des véhicules dotés de moteurs à combustibles fossiles constitue une première étape. Deuxièmement, réduire leur nombre permettra de réduire leurs émissions de polluants. Enfin, promouvoir les modes actifs et les transports en commun les moins polluants apparaît aujourd'hui comme une évidence[38,39].

Affectations

Pour assurer la qualité de l'air il est également souhaitable d'implanter les fonctions en tenant compte de sources de pollution existantes. L'objectif est de protéger le quartier, mais aussi de limiter la pollution vers les zones voisines. Ainsi, les zones industrielles devraient être localisées sous le vent par rapport à des zones résidentielles. Les lieux accueillant les populations les plus fragiles (comme les crèches et écoles) devraient être protégés en conséquence. De même, les zones où les usagers sont statiques (arrêts de bus par exemple) ne devraient pas être situées à proximité de routes trop fréquentées ou de sources de pollution importantes.

Maillages vert, bleu et brun

Un sol sain, en pleine terre et végétalisé permet d'absorber le CO2 émis, d'humidifier l'air, absorber les poussières et de rafraîchir l'atmosphère. A l'échelle de l'agglomération morphologique (correspondant à la continuité du bâti, au-delà des 19 communes de Bruxelles), l'inscription des espaces publics dans le réseau écologique et les maillages vert et bleu doit viser à favoriser la pénétration d'air frais et sain dans l'ensemble de la ville. Les zones topographiques les plus basses (fonds de vallée) devraient être préservées comme couloirs naturels au stade de de la planification. Par ailleurs, des aires naturelles périphériques permettent l'apport d'air frais grâce à l'effet des brises thermiques depuis des poches fraîches ou via des couloirs verdurisés.

Comme évoqué dans le chapitre *« PHY 01 - Le projet prend-il en compte l'environnement physique dans lequel il s'insère ? - Qualité de l'air »*, la qualité de l'air peut être améliorée en stockant le carbone dans le sol, s'il est sain. Cette action est efficace si elle intègre une stratégie globale à une échelle plus large que celle du quartier.

38. Voir également les chapitres « Développement spatial » et « Mobilité » du Memento
39. Voir également la fiche « TER03-Promouvoir le partage de l'espace » du Guide de la Conception des espaces publics des quartiers durables de Bruxelles Environnement

PHY

PHY 03.03 - Le quartier limite-t-il les mouvements de l'air ?

Ambition : Penser la morphologie urbaine en lien avec les flux d'air de manière à limiter les perturbations aérodynamiques

Réfléchir à l'impact des vents sur le quartier permet de minimiser les risques de perturbations de l'écoulement de l'air en orientant l'implantation et en adaptant la morphologie des bâtiments. Cette optimisation vise à limiter les perturbations aérodynamiques inconfortables pour les usagers de l'espace public (accélération, concentration des flux d'airs, etc.), tout en permettant la bonne ventilation du quartier (assurer la qualité de l'air, prévenir la formation d'îlots de chaleur…).

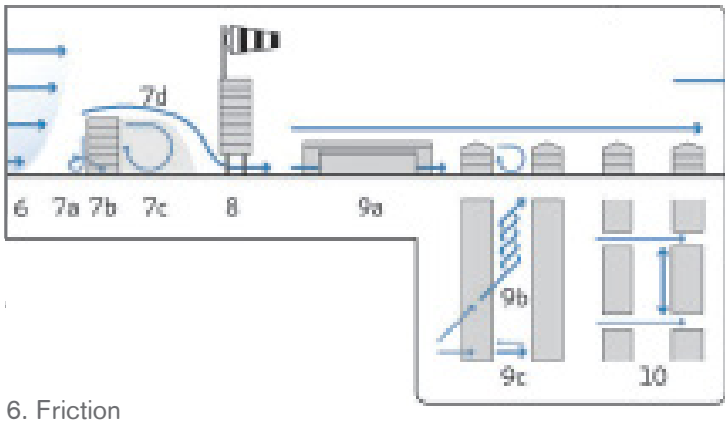
Le vent est un élément déterminant du confort et de la qualité de l'air extérieur. Les vitesses de vents sont globalement réduites en ville, mais peuvent connaître plus de turbulences et des accélérations locales en fonction des formes et des agencements des bâtiments. Ces effets génèrent des situations d'inconfort pour l'usager de l'espace public avoisinant.

De nombreux effets de vent sont identifiés. Ils peuvent être étudiés dans des simulations spécifiques (tunnels à vent, simulations Computational Fluid Dynamics (CFD)) :

- Pour un bâtiment isolé haut (plus de deux fois la hauteur moyenne du tissu urbain de son environnement immédiat), les effets les plus rencontrés sont : effet de coin, effet de passage, tourbillons sur façades, effet de sillage, effet de barre... ;- Pour un groupe de bâtiments, on rencontre plutôt les effets de « double angle » (Reiter, 2010), les effets de maillage, mais surtout l'effet Venturi. Ce dernier consiste en la concentration du vent dans de faibles ouvertures, ce qui est très inconfortable pour les usagers de l'espace public.

- Dans une rue, on peut également rencontrer des effets de canalisation du vent, lorsque celui-ci s'engouffre parallèlement au front bâti.

Il est cependant à noter que ces effets d'accélérations et turbulences sont plutôt efficaces pour disperser les polluants : ils permettent d'élever les polluants par-dessus les toits, favorisant ainsi leur dilution et dispersion.



Les différents mouvements du vent en milieu urbain (Pijpers-van Esch, 2015)

6. Friction
7. Flux autour d'un bâtiment isolé
    a. Rouleau tourbillonnaire au pied de la face du vent
    b. Survitesses à proximité des coins de la face au vent
    c. Effet de sillage latéral à l'arrière du bâtiment
    d. Déviation en vrille due au franchissement oblique d'une barre
8. Survitesses au niveau des passages sous le bâtiment et leurs prolongements immédiats
9. Effet canyon
    a. Parallèle
    b. Oblique
    c. Perpendiculaire
10. Flux transversal

Sur base de ces notions, les recommandations suivantes peuvent être établies.

Orienter les rues favorablement

Dans le cadre d'un projet de grande échelle impliquant la création de nouvelles voiries ou le changement de voiries existantes, il est favorable que les rues donnent directement sur des terrains ouverts, pour éviter une trop grande vitesse du vent. Dans le cas d'un quartier quadrillé où les rues sont perpendiculaires à la direction du vent, deux problèmes peuvent se poser : certaines rues ont un haut niveau de protection au vent et donc une faible capacité à disperser les polluants alors que les autres présentent un inconfort important à cause de la survitesse du vent. Il est donc préférable d'orienter les rues de manière oblique par rapport à la direction des vents dominants (par exemple à 30°) (Ghasemia, 2015).

Faciliter la ventilation des espaces publics

Certaines configurations de bâtiments sont plus favorables que d'autres au rafraîchissement et à la dispersion des polluants. Le niveau de ventilation de l'espace public peut être suffisant, mais pas excessif. Pour atteindre ce juste milieu, le gabarit des bâtiments en relation avec la largeur des voiries joue un rôle important. Certains dispositifs permettent d'améliorer les échanges d'air entre la rue et la couche d'air située au-dessus des toits[40].

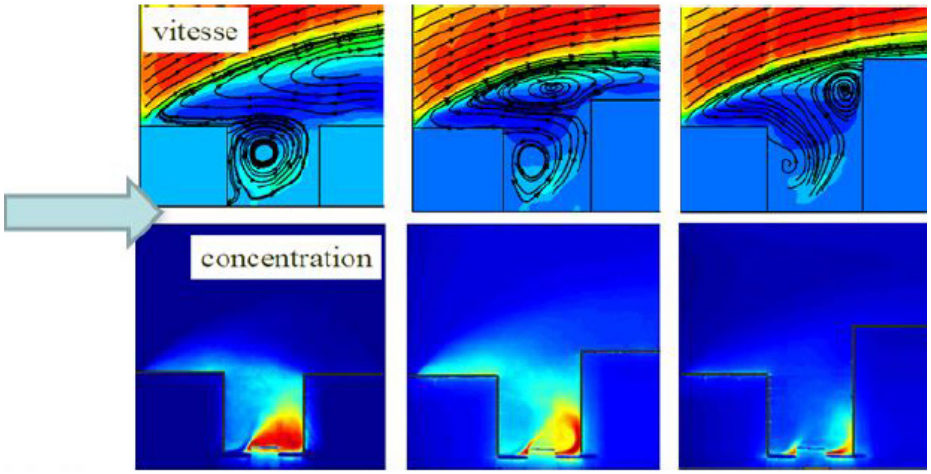
40. Voir la fiche « CSS02-Améliorer la qualité de l'air extérieur » du Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables de Bruxelles Environnement)

Diminuer l'exposition des bâtiments

Concernant les bâtiments délimitant l'espace public, il est important de prendre en compte certains points :

- L'exposition au vent est idéalement limitée durant l'hiver ;
- L'exposition au rayonnement solaire est idéalement limitée durant l'été[41] ;
- Des différences de hauteur trop importantes entre plusieurs bâtiments (hauteur deux fois plus importante ou différence de hauteur de plus de 15m) sont source d'inconfort et de déflexion , si la vitesse du vent est élevée ;
- Si ce type de configuration est inévitable, les bâtiments les plus hauts peuvent être orientés de manière parallèle et dans le sens de la longueur par rapport aux vents dominants ;

Cependant, en saison chaude, la ventilation naturelle des bâtiments peut être facilitée si ceux-ci sont implantés de manière perpendiculaire par rapport aux vents dominants.

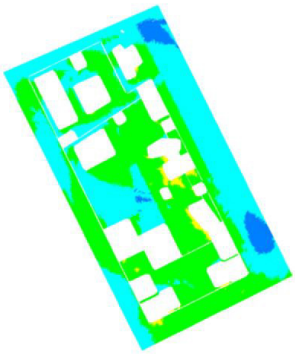


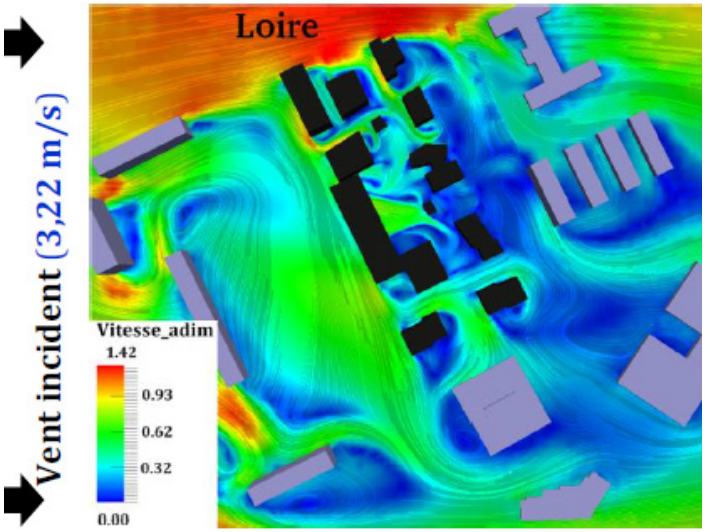
Fragment uit "Etudes d'impacts et grands projets: Quartier européen",

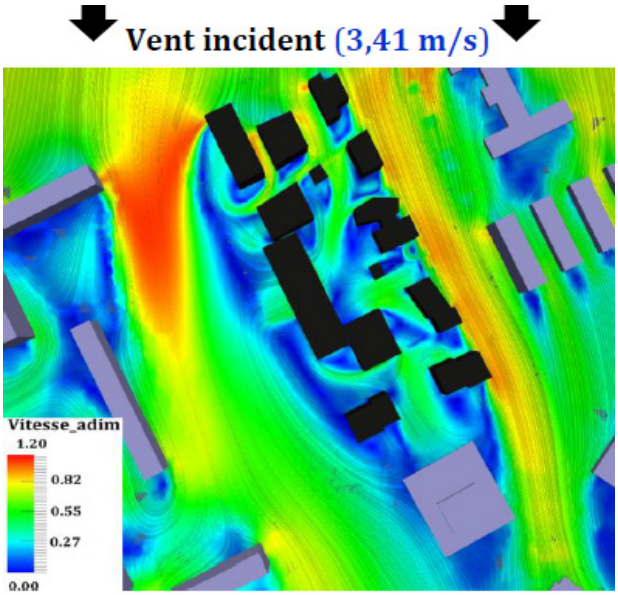
Gilles Ledent, Journées quartiers durables, 2013

En ce qui concerne la qualité de l'air intérieur des bâtiments, paradoxalement, elle est presque toujours moins bonne qu'à l'extérieur. La recommandation G_WEL04-Eviter les polluants intérieurs du Guide du bâtiment durable propose des solutions pour améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments. La recommandation G_WEL05-Assurer le confort respiratoire, quant à elle aborde les solutions à mettre en place pour assurer le renouvellement de l'air dans les locaux.

41. Voir également le chapitre « Energie » du Mémento







Quartier Tripode, Nantes (France)

Le projet se compose de deux îlots de formes distinctes. Le premier, caractérisé par une forme ouverte a été sélectionné pour l'étude. Il comprend dix bâtiments non mitoyens présentant chacun une façade plane alignée sur la rue. Sa forme urbaine fragmentée offre une variété de vues accentuées par les parties pleines et vides caractérisant les façades et le mouvement des volumes bâtis.

Le confort au sein du quartier a été étudié dans le cadre d'une thèse de doctorat (ATHAMENA, 2012) sous tous les angles (ensoleillement, matériaux des façades et des aménagements, température de surface, ...y compris les effets de vent). L'influence du vent a été analysée suivant deux directions de vents incidents.

Dans le premier cas, le flux est modifié par les obstacles formés par des barres de grandes hauteurs qui réduisent la vitesse du vent incident. Les zones fortement exposées au vent apparaissent au niveau des coins des bâtiments et des espaces longeant la Loire où les vitesses les plus élevées sont observées. L'intérieur du quartier est cependant bien protégé.

Dans le second cas, l'absence de masques et la porosité élevé côté Nord provoquent une surexposition au vent au Nord-Est et une faible exposition au Sud-Est. La porosité génère aussi différents flux en raison du contournement des bâtiments intérieurs par le vent.

En termes de confort global, un pic matinal de "confort" est atteint vers 8h. Les résultats restent assez bons tout au long de la journée. D'une part, la faible température de surface des plans d'eau participe au rafraichissement (albedo élevé). D'autre part, la présence d'un nombre important le bâtiments isolés permet de limiter les effets de dièdre. Dans le deuxième cas, l'effet de chaleur est moindre.

La forme urbaine ouverte que l'on retrouve dans ce quartier présente donc des résultats de confort satisfaisants, grâce à l'aménagement en bâtiments autonomes ouvrant les espaces intérieurs aux vents incidents. Cela permet de favoriser la ventilation des espaces, de limiter les effets de coin et de dièdre. L'organisation du quartier autour d'un espace intérieur ouvert relié à l'extérieur par des artères piétonnes favorise la dissipation de la chaleur accumulée durant la journée.

PHY 03.04 - Le quartier assure-t-il un confort visuel ?

Ambition : Maximiser l'apport de lumière naturelle dans le quartier. Minimiser la pollution lumineuse

L'implantation, l'orientation et l'agencement des bâtiments déterminent le potentiel solaire du site. La composante diffuse ou indirecte n'est pas à négliger : en situation urbaine la réflexion sur les bâtiments contribue à une part importante de la lumière de l'espace ouvert. Cette composante diffuse joue également en l'absence de lumière directe comme lors de ciels couverts.

La notion de pollution lumineuse vise les situations induisant un éclairage du ciel et/ou des espaces adjacents aux espaces à éclairer : outre le gaspillage d'énergie cela perturbe le sommeil des riverains et nuit à la faune et à la flore locales. Une réflexion sur l'orientation de l'éclairage, sa hauteur et sa temporisation permettra de limiter au maximum ces désagréments.

Ombrage et éclairage naturel

En milieu urbain, les facteurs d'obstruction solaire sont plus importants qu'en site dégagé, d'autant plus quand les bâtiments d'un quartier sont élevés et les espaces publics peu larges. L'accès à la lumière naturelle est pourtant essentiel, autant au sein du bâtiment que dans le domaine public : un jardin, un espace public situé dans l'ombre projetée d'un bâtiment pendant de longues heures au cours d'une journée, peut perdre en qualité d'usage et de confort.
Afin d'assurer le confort visuel entre ombrage et éclairage naturel, il est préférable d'éviter les ombrages néfastes pour la qualité des espaces extérieurs et intérieurs. La réflexion sera guidée par la lumière disponible sur le site. La qualité de la lumière naturelle dans les espaces publics peut être évaluée par une étude d'ensoleillement, permettant de situer les bâtiments dans leur contexte et de visualiser l'impact des bâtiments les uns par rapport aux autres, ainsi que sur l'espace non bâti. Une réflexion globale par rapport à l'implantation est nécessaire.

Du point de vue de la quantité de lumière, dans les espaces ouverts, la lumière naturelle est généralement suffisante (à l'exception des rues étroites et profondes). Dans tout projet de conception, certaines recommandations sont à prendre en compte :

- Les espaces publics seront orientés de manière à les rendre disponibles à l'ensoleillement (BREEAM, 2013) : la préférence des piétons est liée aux bonnes conditions d'ensoleillement. En Belgique, les immeubles générant un masque solaire[42] en hiver sont globalement considérés comme désagréables. La méthode de certification BREEAM recommande d'ailleurs un maximum de 25% d'un espace extérieur à l'ombre le 21 mars (altitude min 10°) pour éviter une perte de rayonnement solaire trop

42. Masque solaire : Il s'agit d'un dispositif permettant de générer un ombrage, par l'interception du rayonnement solaire direct.

significative. Par exemple, dans le cas d'une place rectangulaire, l'orientation du grand axe a son importance dans la pénétration des rayons solaires, l'orientation la plus favorable étant l'axe Nord – Sud. Cette recommandation va de pair avec un rapport H/W (hauteur/largeur) suffisamment bas (inférieur à ¼) (Pijpers Van Esch, 2015). Si un ensoleillement maximal est bénéfique en hiver, durant la saison chaude, les surfaces ensoleillées ne devraient pas dépasser 80% de la superficie totale des espaces publics de détente.

- La diversité des ambiances contribue également au confort (Reiter, 2007). Les espaces bénéficiant à la fois de zones à l'ombre et au soleil sont en effet plus utilisées. La variation des zones ensoleillées et des zones d'ombre constitue une source de diversité et de variabilité pour l'espace. En fonction de la saison ou du moment de la journée, les utilisateurs choisissent le soleil ou l'ombre, le rafraîchissement du vent ou la protection d'un vent froid, le contact avec le ciel ou un espace abrité. De manière générale, il est conseillé de prévoir une proportion ensoleillée de l'espace entre 20% et 80% de la surface du site (Nikolopoulou & al. 2004).

- Le choix de revêtements de sol clairs joue également un rôle sur la perception et la luminosité dans les espaces ouverts[43]. Le recours à des matériaux ou des couleurs à haut pouvoir de réflexion (albedo) est également recommandé dans des configurations de sites avec de grands rapports H/W, surtout pour des bâtiments orientés Nord/Sud, fortement ombragés en hiver (bâtiments parallèles) (Pijpers Van Esch, 2015).

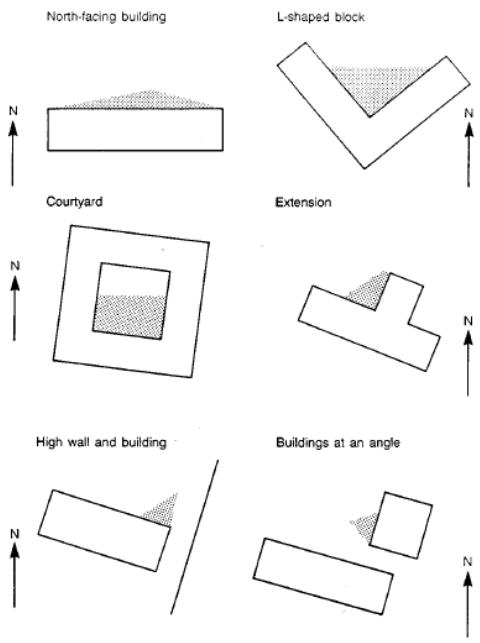
- Le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de l'espace (H/W) doit rester inférieur à ½. (Reiter, 2007)

- La création de variation de gabarits dans les profils de rue est également une manière de faire varier les facteurs de lumière du jour.

- Afin de garantir une luminosité et un ensoleillement suffisants en hiver, il est conseillé d'orienter les bâtiments entre eux de manière à obtenir un angle non obstrué[44] de 25° pour au moins 60% des façades du quartier, c'est-à-dire qu'aucun masque ne peut intercepter une ligne fictive tracée à 25° d'un point situé à 2 mètres du sol et centré sur la façade du bâtiment concerné (Teller er al, 2014). Les bâtiments bénéficieront de plus de gains solaires en étant orientés au Sud, permettant de limiter les consommations d'énergie pour le chauffage. Les masques présents dans l'environnement, qui interceptent le soleil entre 9h et 15h (heure universelle), réduisent considérablement le bénéfice des gains solaires pour les bâtiments et l'utilisation des espaces publics pendant la saison hivernale(Reiter, 2007. En été, l'ombrage fourni par les bâtiments n'est exploitable que lorsque le soleil n'est pas trop haut dans le ciel (orientations Est et Ouest). La mise en place de protections solaires adéquates et de dispositifs de prévention de l'éblouissement est recommandée. La création de terrasses orientées au sud est privilégiée.

---

43. Voir également la fiche MAT01-Choisir les matériaux de revêtement de sol en fonction de leur impact environnemental du Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables de Bruxelles Environnement
44. Angle non obstrué : Soit l'angle nécessaire pour assurer l'ensoleillement de l'espace public pour les piétons. Selon le guide PEB, l'angle d'obstruction est déterminé par rapport à un axe vertical face à la fenêtre et défini à partir du centre du vitrage et en visant le point haut de tout obstacle, y compris les bâtiments environnants.



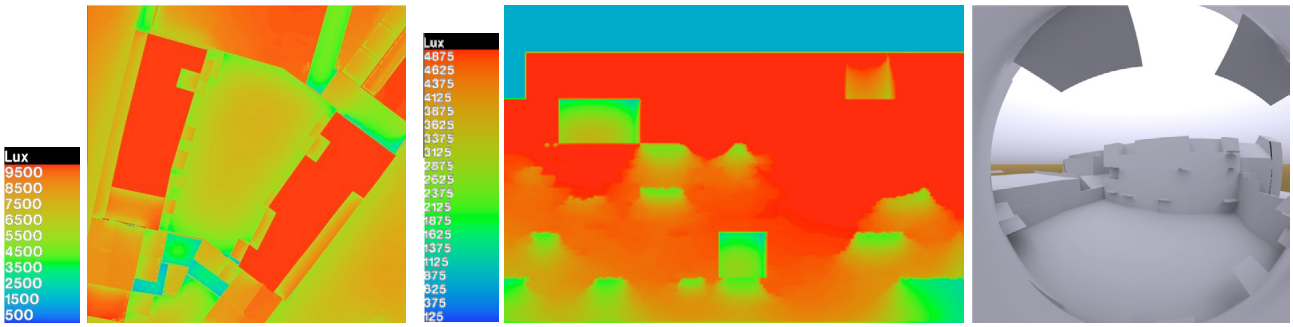
Exemples d'implantation où l'éclairage au sol peut être faible : les parties grisées ne reçoivent aucune lumière directe du soleil pendant 6 mois de l'année.

Au sein des bâtiments, les paramètres d'optimisation d'apport de lumière naturelle et d'ombrages peuvent être énoncés comme suit :

- La proportion d'ouverture des baies fait varier les apports de lumière naturelle.

- Le contrôle de la densité bâtie est un autre élément clé de l'ensoleillement d'un site et de ses bâtiments. En cas de faible densité, le potentiel pour le rayonnement solaire et lumière naturelle est plus important. Dans ces zones, la distance entre bâtiments permet une meilleure irradiation des façades (à contrebalancer avec les risques de surchauffe). Au contraire, dans les zones densément bâties, les toits constituent les premiers collecteurs d'irradiation solaire.

- La morphologie des immeubles influence également : entre des immeubles plus hauts et fins, et des immeubles plus bas mitoyens… Un équilibre est à trouver entre pénétration de lumière naturelle et qualité spatiale de l'espace public.



Projet Batex - Bruyn West (2009)

Les concepteurs ont étudié le projet de manière à optimiser les vues, l'ensoleillement et l'apport d'éclairage naturel. Une attention particulière a également été portée à la limitation de l'utilisation d'eau de ville, ainsi que la réduction des nuisances sonores venant du ring.

Les façades ont été conçues de manière à optimiser l'ensoleillement et l'éclairage naturel dans les logements, mais aussi à créer un microclimat agréable dans les jardins, et des terrasses aux étages.
L'étude d'éclairage était contrainte par le terrain étroit, les gabarits proposés, et l'orientation est/ouest.
La figure ci-dessous (gauche) illustre les résultats de l'étude pour les façades jardin, qui a guidé le pourcentage de vitrage d'un logement à l'autre et la distribution des terrasses et des protections solaires. Les couleurs des façades ont également été choisies pour maximiser l'apport d'éclairage naturel dans les logements. La profondeur des bâtiments a été limitée afin de maximiser la lumière du jour dans les jardins et les logements, comme le montre la figure ci-dessous (droite).

Enfin, les positions des terrasses extérieures ont notamment été guidées par des études de perspectives « fish-eye », voir figure ci-dessous à titre d'exemple.

Pollution lumineuse

Une réflexion est menée pour limiter les risques de pollution lumineuse au sein du quartier tout en offrant un éclairage urbain de qualité et adapté.

Il s'agit de définir correctement les besoins : quelles zones sont à éclairer (concentration de l'éclairage extérieur) ? A quel moment et avec quel système est-ce le plus approprié ?
Cette étape permet notamment de réduire les consommations d'énergie. Ensuite, la lumière doit être dirigée de manière pertinente. Eclairer le ciel ou des espaces adjacents est un gaspillage d'énergie et peut perturber le sommeil des habitants (nuisances vis-à-vis des propriétés voisines) et/ou le fonctionnement de la faune et de la flore autour. L'éblouissement est aussi à éviter. La régulation de l'éclairage doit également être intégrée à la réflexion, en privilégiant l'utilisation de minuteries ou de détecteurs de luminosité ou de présence. A titre d'exemple, l'éclairage peut être coupé automatiquement la nuit pour ne laisser que de l'éclairage de sécurité.
La réalisation d'une étude du système d'éclairage permet d'évaluer le niveau d'éclairement requis en fonction de l'usage projeté et de déterminer si une série de points lumineux « stratégiques » pourrait être suffisante : à quels endroits, avec quelle efficacité lumineuse, et avec quelle puissance ? Ainsi, la pollution

lumineuse potentiellement générée peut être évaluée en suivant la ligne directrice de la Commission Internationale d'Eclairage (CIE). Quatre recommandations y sont établies (BREEAM, 2013):

- Limitation de la proportion d'éclairement vers le ciel de l'éclairage public pour réduire la luminescence du ciel (rougeoiement excessif) ;
- Limitation de l'éclairement ;
- Limite de l'intensité de chaque source de lumière ;
- Limite de l'éclairage moyen du bâtiment s'il est éclairé (éclairage architectural des abords de nuit).

Des recommandations techniques sont également disponibles dans le Guide pratique pour la conception des espaces publics des quartiers durables, concernant l'éclairage public[45] et du Guide du Bâtiment Durable, concernant l'éclairage à l'échelle du bâtiment[46,47].

Exemples de façades respectant le critère d'angle non obstrué de 25° (oranges) et d'une façade ne respectant pas ce critère (verte) (Teller et al, 2014).

45. Guide de conception des espaces publics de Bruxelles-Environnement - Info-fiche ENE01 « Réduire l'impact environnemental de l'éclairage public »
46. Guide du bâtiment durable de Bruxelles-Environnement - Info-fiche ENE01 « Optimiser l'éclairage artificiel »
47. Guide du bâtiment durable de Bruxelles-Environnement - Info-fiche WEL03 « Assurer le confort visuel au moyen de la lumière naturelle »

PHY 03.05 - Le quartier assure-t-il un confort acoustique[48] ?

Ambition : Les sources de bruit et de vibrations existantes et projetées sont prises en compte dans l'organisation du quartier et dans l'implantation et la volumétrie des nouvelles constructions. Des dispositions sont prises pour compenser les nuisances, le cas échéant.

La réalisation d'un diagnostic acoustique[49] qui identifie les sources de bruit existantes et potentielles et anticipe les tendances d'évolution sonore, aidera à concevoir le quartier et son organisation d'une manière optimale. L'objectif est de prévenir les situations de conflit entre les différents usages au sein du quartier ainsi que de protéger ce dernier des sources de bruit extérieures.

Le repérage des situations à risques facilite la prise de mesures préventives, correctives ou compensatoires. Celles-ci se déclinent de multiples façon à l'échelle du quartier: la réduction du bruit (celui lié au trafic automobile, par exemple), l'éloignement des sources de bruit, le regroupement de fonctions peu bruyantes, la hiérarchisation des zones en fonction de leur exposition et de leur sensibilité au bruit, l'utilisation de matériaux et de revêtements absorbants[50], la mise en œuvre d'équipements et de techniques silencieuses l'agencement des bâtiments dans le but de proposer des intérieurs d'îlots calmes en bloquant le bruit extérieur, la création d'effets de masque permettant de couvrir un bruit désagréable par un autre, qui l'est moins...

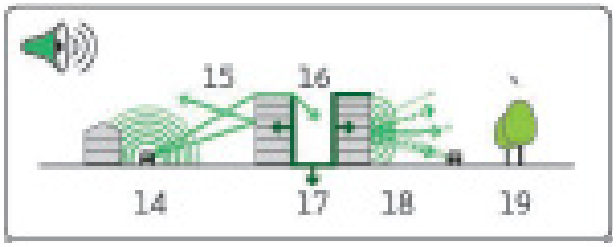
L'identification des zones bruyantes ou potentiellement bruyantes lors de la phase diagnostic permet de prévenir des situations de conflit, d'attirer l'attention sur un secteur potentiellement bruyant, d'anticiper des surcoûts éventuels pour de nouvelles constructions, d'aider à l'instruction des permis dans la prise en compte des problèmes de nuisances sonores, et enfin d'informer les riverains des nuisances potentielles.

---

48. Pour des informations complémentaires sur les solutions urbanistiques, le lecteur intéressé peut se rapporter au « Vademecum du bruit routier urbain (2002)» dont le chapitre 10 est consacré à l'étude acoustique dans l'urbanisme et l'architecture
Pour ce qui touche à l'échelle du bâtiment, voir également : fiches G_PHY03-Minimiser la contribution acoustique du bâtiment au quartier et G_WEL 01-Assurer le confort acoustique du Guide Bâtiment Durables de Bruxelles Environnement
49. Diagnostic acoustique : Etude identifiant les sources de bruit existantes et potentielles sur un site, en évaluant les données disponibles, en récoltant d'éventuelles plaintes, en utilisant les cartes de niveaux sonores ou en réalisant des mesures in situ, permettant d'évaluer les bruits d'ambiance et les niveaux de bruit.
50. Absorbant : Les matériaux situés à la surface des parois peuvent présenter un certain niveau d'absorption acoustique, mesuré par leur coefficient d'absorption alfa. Trois types de matériaux absorbants existent, suivant la fréquence : les matériaux poreux ou fibreux (fréquences élevées), les plaques et membranes (absorption sélective dont la fréquence d'absorption dépend des matériaux et épaisseurs mis en œuvre), et les résonateurs (fréquence d'absorption variant selon le volume d'air du résonateur, permettant l'absorption de très basses fréquences).

Dans l'analyse et la mise en perspective du confort acoustique, il conviendra de définir les tendances de l'évolution sonore en fonction de la situation actuelle et future des projets et de déterminer les zones où des conflits peuvent surgir. Au niveau des enjeux de l'aménagement du territoire, deux niveaux de réflexion sont proposés. Par rapport à la situation existante, des orientations en matière de lutte contre les nuisances sonores peuvent être définies lorsque l'environnement sonore est dégradé ou pour préserver un environnement de qualité. Par rapport au projet, une réflexion sur l'incidence sonore de celui-ci doit aussi être menée. Par exemple, si la mixité est souhaitée, il faudra « l'accompagner » d'une réflexion permettant une limitation des nuisances pour les résidents. Si la volonté est de densifier le centre-ville, il faudra protéger les constructions nouvelles des nuisances sonores existantes, encadrer l'installation d'activités bruyantes, etc.

L'élaboration du projet d'aménagement se fera par une série d'esquisses, d'aller-retour, d'évaluation de mesures préventives (choix des implantations, des affectations, etc.), correctives (déplacement du projet, recul, zone tampon, etc.) ou compensatoires (murs, merlons, aides à l'isolation, etc.) Les recommandations techniques pour agir sur la qualité de l'environnement sonore à l'échelle du quartier peuvent être récapitulées comme suit.



Vue d'ensemble des principes physiques caractérisant le microclimat urbain (Pijpers-van Esch)

14. Propagation géométrique
15. Réflexion
16. Diffraction
17. Absorption
18. Interférence
19. Masque sonore

Réduire le bruit du trafic

Une réduction de vitesse de 70 à 50 km/h entraîne, par exemple, une diminution de niveau sonore de 2 à 3 dB[51]. Pour parvenir à cette réduction, l'aménagement des voiries doit être adapté en conséquence : les aménagements locaux de voirie (ralentisseurs de vitesse, plateaux, dévoiements latéraux, etc.) ou les délimitations de zones à statut spécifique (zones 30, zones résidentielles, zone piétonne et réservée au jeu, etc.), mais surtout la configuration des profils de voirie ont un impact sur la mobilité et la vitesse de circulation donc, de façon indirecte, sur le niveau de bruit lié au trafic routier. Ces aménagements permettent également de réguler l'intensité du trafic. Les mesures en faveur de la mobilité active y participent également.

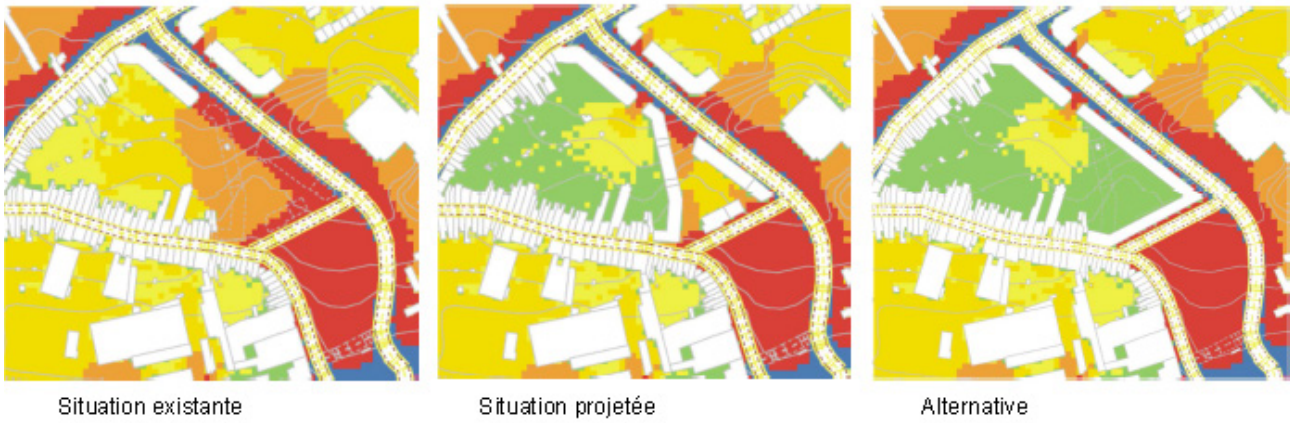
Eloigner les sources de bruit

Les sources de nuisances telles que les usines, ateliers, équipements sportifs, discothèques, salles polyvalentes devraient être tenues à l'écart des zones sensibles. A l'inverse, il peut également s'avérer judicieux d'éloigner les fonctions sensibles au bruit (enseignement, établissements sanitaires et sociaux, zones de détente et de loisirs calmes, espaces verts de détente et de ressourcement, zones résidentielles) des sources de bruit. Ainsi, il est recommandé de privilégier le regroupement de fonctions peu bruyantes entre elles, d'autoriser des fonctions moins sensibles dans les zones bruyantes, et de hiérarchiser les zones en fonction de leur exposition et sensibilité au bruit.

51. Voir aussi le chapitre Mobilités du Mémento

Surface absorbantes

Les éléments constitutifs du milieu urbain (bâtiments, murs, revêtements de sol, mobiliers urbains, etc.) possèdent des qualités acoustiques plus ou moins réfléchissantes ou absorbantes selon les matériaux utilisés. Une réflexion est donc à mener sur la qualité des matériaux et leurs facultés absorbantes, ce à plusieurs niveaux. D'abord, dans l'espace public, des revêtements de sol peu bruyants et absorbants devraient être mis en œuvre (incluant la pleine terre). Selon leur nature, les matériaux placés en façades peuvent également jouer un rôle absorbant. La végétalisation des façades, la mise en œuvre de toitures vertes joue un rôle également. Si la végétation n'est pas un très bon absorbant, c'est cependant le cas du substrat qui lui est nécessaire.



Protéger les zones sensibles : exemples de logements (SLRB) à 1200 Woluwe Saint-Lambert

Protéger

Lorsqu'il n'est pas possible d'agir directement sur les sources de bruit, la mise en œuvre d'écrans (bâtiment, mur ou merlon) peut jouer un rôle. Leur efficacité sera essentiellement fonction de leur hauteur, de leur longueur et de la position respective de la source et du récepteur.
Ainsi, les bâtiments et équipements bruyants seront orientés par rapport aux bâtiments et zones sensibles au bruit en utilisant l'effet d'écran du bâtiment (vis-à-vis du bruit routier ou d'autres bruits existants). L'idée est donc d'agir sur l'agencement des bâtiments : fronts continus et façades mitoyennes, adaptation de la hauteur des bâtiments aux conditions de propagation du bruit… Les intérieurs d'îlots bénéficient dès lors de leur univers sonore propre et indépendant des bruits de la rue.

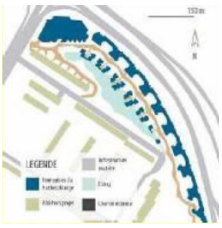
Il faut noter cependant qu'une haie ou un rideau d'arbres sont inefficaces pour faire obstacle au bruit. Seule une bande forestière de 100 mètres de profondeur pourrait apporter une atténuation supplémentaire de 3 à 5 dB(A) par rapport à l'atténuation liée à la distance. Ainsi, les espaces verts seront préférentiellement entourés de bâtiments.

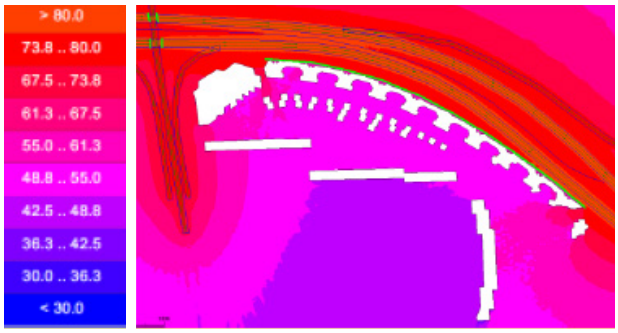
En présence de plusieurs bruits, l'effet de masque permet de n'en distinguer que certains d'entre eux, préférentiellement les plus agréables. Ainsi, la présence d'une fontaine (bruit blanc) ou d'un rideau d'arbres parcouru par le vent, peut atténuer voire faire disparaître le bruit d'une source plus désagréable, telle qu'une route. Les bruits naturels sont donc généralement perçus comme agréables et utilisés pour masquer des bruits désagréables.

PHY

Zone tampon

La création d'une zone tampon entre la source de nuisances et la zone sensible peut permettre de maîtriser les abords de la source de bruit et induire son éloignement des secteurs « à préserver ». Cette zone peut regrouper les équipements publics (installations sportives, square, jeux, voire zones d'affaires ou commerciales), des espaces naturels (coupure verte, zone paysagère, terrain d'aventure, sentier pédagogique, etc.) ou encore des activités diurnes non bruyantes de type tertiaire. Cette action devrait permettre aux activités de se pérenniser et d'éviter des conflits potentiels avec de futures habitations.



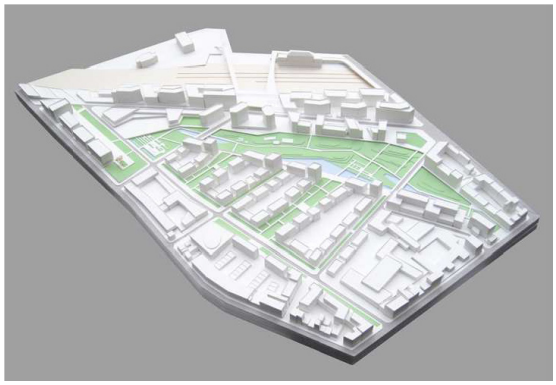


Nutheschlange, Potsdam (Allemagne)

Dans ce projet, la conception résout le problème des nuisances sonores locales, en privilégiant des solutions à l'échelle du quartier : plusieurs solutions ont été élaborées dès la conception pour créer un havre de calme malgré la forte proximité de l'autoroute. La forme, la hauteur et l'implantation des bâtiments constituent des mesures efficaces sur le plan acoustique. Les solutions qui ont été mises en œuvre sont de plusieurs types :

- Les bâtiments font office de protection grâce à un agencement stratégique : une frange de bâtiment est implantée le long de l'autoroute, créant ainsi un cœur de quartier protégé des nuisances ;
- Le projet fait également preuve d'une grande originalité dans la forme et la disposition des bâtiments ;
- La technique architecturale a été conçue en connaissance de cause : la façade exposée au bruit a été traitée de manière adéquate pour offrir une isolation sonore efficace ;
- Le traitement de détails architecturaux optimisent les protections : les ouvertures sont très étroites du côté de l'autoroute. Elles minimisent le contact (notamment visuel) avec le passage des voitures ;
- Les éléments topographiques ont été optimisés : le projet tire parti du relief pour l'aménagement du quartier et l'implantation des bâtiments ;
- Les pièces à vivre, balcons et terrasses sont orientées vers l'intérieur du projet ;
- Enfin, l'aménagement paysager fait partie intégrante de la qualité de vie ressentie sur le site et contribue à adoucir l'ambiance sonore du site.

L'ambiance y est créée grâce à la qualité paysagère du lieu, la présence naturelle à travers les bruits d'oiseaux, de l'eau, le bruissement des feuilles, l'absence de voitures à l'intérieur du projet.



Ecoquartier Pantin (France)

L'écoquartier de la gare de Pantin s'implante sur une friche de 35 ha à aménager et comprend 1500 logements, ainsi que des zones de bureaux, activités et commerces, mais aussi 2,5 ha d'espaces verts et des équipements publics (écoles etc.).

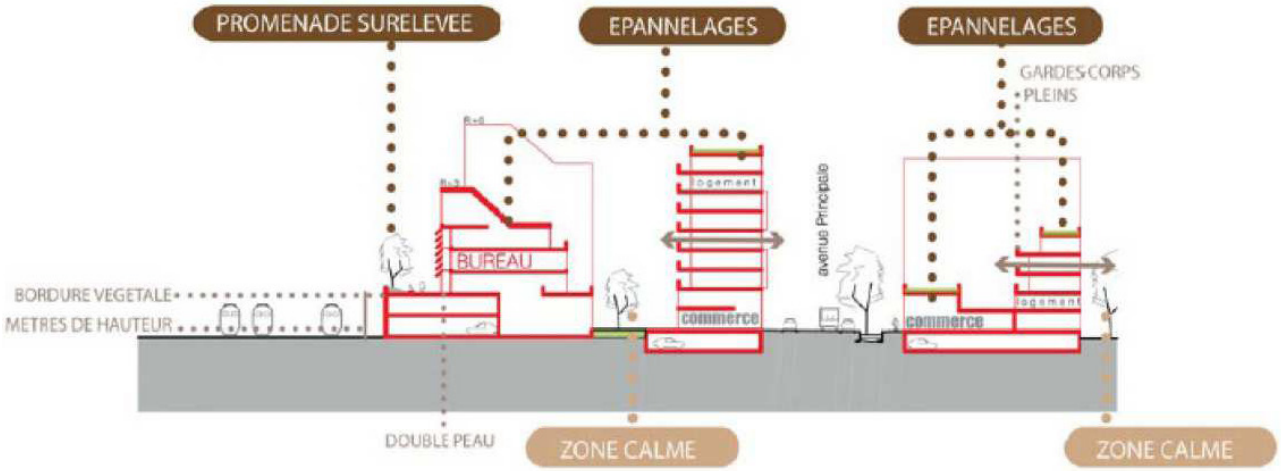
L'objectif de l'étude acoustique était de nourrir et orienter le cahier des charges pour la consultation des concepteurs urbains. Les enjeux retenus comprenaient la limitation du niveau d'exposition de la population à la pollution sonore. Une réflexion a également été menée sur les « zones calmes », et intégrée aux objectifs en phase concours. L'étude acoustique s'est déclinée en plusieurs phases :

- Phase 1 : Diagnostic acoustique et vibratoire
- Phase 2 : Définition d'objectifs et prescriptions /préconisations techniques
- Phase 3 : Simulation acoustique du projet des candidats et recommandations

Les prescriptions suivantes ont été établies :
- Création des zones calmes pour les logements et les espaces publics ;
- Bâtiments exposés au bruit dédiés aux activités peu sensibles ;
- Isolation renforcée de l'habitat situé le long des axes bruyants ;
- Modération de la vitesse des véhicules et fluidité de la circulation ;
- Cheminements doux, minimisation du bâti à proximité de la voie ferrée.

A cela s'ajoutent des préconisations :
- Ecrans et murs antibruit ;
- Eloignement de l'habitat des grands axes ;
- Epannelage des bâtiments le long des axes bruyants ;
- Habitat aux étages supérieurs ;
- Limitation des conflits d'usage ;
- Masques sonores.

La coupe ci-dessous illustre les mesures envisagées par le lauréat.



PHY

PHY 03.06 - Le quartier limite-t-il l'exposition aux champs magnétiques émis par les installations électriques ?

Ambition : Limiter la pollution électromagnétique et son impact potentiel sur la santé

On peut minimiser les risques représentés par les champs magnétiques pour la santé, en maintenant une distance suffisante entre les zones à forte intensité d'usage (en particulier le logement) et les transformateurs statiques. La minimisation de l'exposition électromagnétique à l'intérieur des bâtiments est également souhaitable.

Pour permettre une protection aux pollutions électromagnétiques et leur impact potentiel sur la santé, une distance suffisante est maintenue par rapport aux transformateurs statiques. Pour ce faire, il est préférable que les transformateurs statiques soient installés à minimum 8 mètres de distances des lieux où peuvent séjourner des enfants de moins de 15 ans.
Des mesures sont également d'application, pour la mise en place de solutions visant à limiter la pollution électromagnétique à l'intérieur du bâtiment[52].

A titre d'exemple, les études suivantes liées aux risques technologiques[53] apportent un éclairage alarmant sur cette question (non exhaustif) :

- 1979, étude épidémiologique (Wertheimer et Leeper) : impact des lignes à haute tension sur le risque de développement de leucémies infantiles.
- Etude effectuée ensuite au Royaume-Uni : moins d'un pour-cent des leucémies observées imputable aux champs magnétiques, dans le cas où la relation serait prouvée.
- Dans les années 80, des agriculteurs se sont plaints d'avoir observé des effets néfastes sur leur bétail à proximité d'une ligne à haute tension.
- Recherches récentes (thèse à l'ULg, 2014) : mise au jour des « courant de contact », consistant en l'induction du champ magnétique dans toutes les conduites métalliques d'un bâtiment (eau, chauffage, circuit électrique) se trouvant à proximité de la ligne à haute tension. Une personne peut donc toucher deux objets ou conduites à des potentiels différents et être parcourue par un « courant de contact » de quelques dizaines, centaines de microampères.
- Les courants de contact constituent un danger potentiel, étant capables d'induire un champ électrique interne 10 à 100 fois plus grand qu'un champ externe électrique ou magnétique typique à proximité d'installations à haute tension.

L'offre et la demande dans le domaine du numérique évoluent rapidement, tout comme les usages liés aux téléphones GSM. Ce chapitre doit donc faire l'objet, de recherches et de mises à jour régulièrement.

---

52. Voir le Guide du bâtiment durable de Bruxelles-Environnement, info-fiche WEL06 « Limiter la pollution électromagnétique »
53. Risques technologiques : Risques permanents ou accidentels, directement liés à l'activité de l'homme, qui peut les aggraver par son imprévoyance ou au contraire les limiter par des mesures de sécurité préalables. Ces risques peuvent avoir des conséquences graves pour la santé des individus, pour leurs biens ou pour l'environnement.

CHANTIER – PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

PHY 04 - Le chantier est-il durable pour l'environnement physique ?

Ambition : Les aspects environnementaux sont pris en compte et optimisés lors du chantier

Un monitoring permet de contrôler l'impact du chantier sur l'environnement physique, notamment en ce qui concerne les consommations en énergie, en eau ainsi que le transport résultant de tous les processus de construction impliqués…
Des mesures peuvent également être prises pour limiter les gênes potentielles du chantier et leur impact sur l'environnement. Il s'agit notamment de minimiser les ruissellements pour éviter la pollution des eaux de surface et des sols, de prévenir la compaction et la dégradation des sols par les engins lourds, de limiter au maximum les mouvements de terres et de conserver et réutiliser la couche de terre arable de surface sur place, de contenir la génération de poussière, de limiter les pollutions lumineuse et atmosphérique, de limiter la création de bruits et vibrations... Les activités les plus bruyantes pourront être regroupées durant les périodes creuses de l'année et l'on veillera à éviter au maximum le passage des poids lourds dans les zones résidentielles.

Protection des sols

Un chantier de terrassement ou de construction peut engendrer des détériorations importantes de la qualité des sols en place: compaction, érosion, exportation de terres… Or, il est capital de préserver les sols dans leurs composantes physiques, chimiques et biologiques.

La protection des sols passe par une gestion de chantier adaptée[54]:
- Planning de travaux réduits et flexible (ex : éviter de rouler sur des sols détrempés);
- Objectifs clairs de remises en état (réutilisation des terres, couvert végétal provisoire…) ;
- Réduction maximale des emprises et enherbement préalables ;
- Réduction des excavations et tri des terres excavées ;
- Réutilisation maximale des terres excavées sur place ;
- Utilisation d'engins adaptés et organisation de chantier réfléchie pour limiter les passages et la compaction de la terre (délimitation des zones à protéger, piste, installation, règle de circulation dans le chantier, technique d'excavation) ;
- Maintenir au maximum la végétation existante ;
- Gérer les plantes envahissantes ;
- Sensibiliser et former les entrepreneurs sur place à ces mesures sans compliquer ou multiplier les contraintes ;
- Penser aux mesures transitoires de dépollution et de préparation des projets. Un exemple intéressant à ce sujet, est la création de pépinières. Actuellement, il existe un enjeu (mondial) de production de plantes locales et écologiques (demande forte et marché saturé). Il est donc judicieux de penser à

54. Voir aussi Sols et constructions – état de la techniques et des pratiques et le guide de l'OFEFP « Construire en préservant les sols »

planter rapidement, dès la phase de chantier, voire avant en phase d'occupation temporaire afin de pourvoir disposer d'arbustes et végétaux assez tôt avant la livraison du projet.

Le Végétalab, Forest

Le Végétalab est une pépinière citoyenne installée près du parc du Bempt à Forest, qui a pour objectif notamment de produire localement et à petite échelle des plantes indigènes, être un lieu d'échanges et de rencontres et d'accompagner les citoyens dans leurs démarches de végétalisation. Elles s'adressent à tous les forestois qui auraient un projet de végétalisation dans l'espace public, en échange les plantes sont gratuites.

Gestion optimisée des terres[55]

De manière générale, avant tout terrassement ou excavation de terres en place, il est important de différencier la terre de surface (sombre, riche en matière organique, humus et vies du sol), aussi appelée communément terre arable ou terre végétale, de la terre sous-jacente, plus claire et minérale.

Cette terre plus profonde et plus pauvre est celle qui est structurante, et donc celle sur laquelle on agira pour modifier le relief, les formes du site, préparer des fondations, etc.
La couche supérieure arable, plus riche, est quant à elle mauvaise pour la structure physique du site de par les caractéristiques plus flexibles et « éponge » que lui confère la matière organique. Elle a en revanche une grande valeur et est indispensable pour les plantations.

Ainsi, il est important lors des chantiers de la gérer correctement. On évitera de la mélanger avec la terre minérale et structurante sous-jacente, ce qui est un gaspillage de cette bonne terre. Pour ce faire, il convient de « décaper » cette couche (le plus souvent sur 10-15cm, parfois jusque 30cm de profondeur) et de la stocker dans des bonnes conditions sur site avant de commencer à agir sur le relief. Une fois les travaux terminés, cette couche pourra ainsi être remise en place.

Cette méthode a plusieurs avantages :
- Pas de gaspillage de cette terre : la terre arable coute cher s'il faut en ramener sur site. Il vaut mieux éviter de la gaspiller
- Moins de déplacements de camions pour évacuer et/ou importer des terres si elles sont stockées sur site. Donc moins de couts de ce côté-là, un plan de déplacement simplifié, moins de risque de compaction des sols ou de dégradations de plantations en cours sur d'autre parties du site.

55. A suivre, l'adoption d'un guide de bonnes pratiques en région bruxelloise

Prévention des pollutions

Afin de minimiser l'impact du chantier sur la qualité du sol et des eaux souterraines, donc de l'environnement de manière générale, le premier point essentiel est la minimisation du ruissellement de l'eau[56].
Il s'agit d'éviter la pollution de l'eau liée à l'activité sur le chantier et de ne pas contaminer l'eau propre (ruissellement séparé). Il est également conseillé d'éviter le travail par pluies très fortes, ce qui est généralement le cas pour les corps de métier tributaires des intempéries. Pour aller plus loin, un plan de drainage peut être mis en place. Dans tous les cas, les zones exposées au ruissellement doivent être aménagées en pentes réduites et stabilisées. Ces zones devraient ensuite être re-végétalisées rapidement (BREEAM, 2013).
Le second point sensible par rapport au maintien de la qualité du sol concerne la gestion des matériaux dangereux sur le site (huiles, hydrocarbures…), en particulier le stockage et le transfert de combustibles. Ce type de matière doit être stocké de façon adéquate, et transféré sur des surfaces imperméables dans des contenants déplaçables (BREEAM, 2013).
Un troisième point, et qui rejoint les paragraphes précédents est la minimisation des déplacements de terre.

Préservation de la qualité de l'air

La préservation de la qualité de l'air durant le chantier passe notamment par la prise de mesures préventives par rapport à la poussière et à la génération de pollution atmosphérique, sur le chantier (travaux, mouvements des véhicules), et vers les zones voisines. Parmi ces mesures, il est nécessaire de prévoir l'utilisation de moyens de recouvrement et de stockage appropriés, ainsi que des équipements de contrôle (BREEAM, 2013).

Prévention du bruit

Les prescriptions relatives au bruit devraient être vérifiées par l'acousticien. Le bruit et les vibrations propres au chantier doivent aussi être contrôlés afin de prémunir la population locale. Ainsi, les activités les plus bruyantes seront planifiées au mieux lorsque cette population en est le moins incommodée. Les transports sont également évités dans les zones résidentielles. Sur le chantier, il est possible d'aller plus loin en utilisant des dispositifs de contrôle du bruit et en plaçant des barrières et des déflecteurs (BREEAM, 2013).

Monitoring

Enfin, pour contrôler l'impact du chantier sur l'environnement physique, un monitoring de la production de nuisances diverses telles que poussières, pollution lumineuse, sonores, vibratoires résultant de tous les processus de construction impliqués devrait être mis en place. Le développeur du projet peut également mettre en place un Système de Management Environnemental sur le chantier (suivant la méthode BREEAM par exemple).

---

56. Voir aussi chapitre « Développement de la nature » du Mémento

PHY

GESTION : INFORMER/SENSIBILISER LES USAGERS VIS-A-VIS DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

PHY 05 – La gestion du quartier permet-elle l'information et la sensibilisation des usagers à leur environnement physique ?

Ambition : Les aspects environnementaux sont rendus visibles et expliqués aux habitants et usagers du quartier

L'urbanisation, en particulier dans un milieu de forte densité de population, éloigne l'environnement physique des usagers. Il convient cependant de sensibiliser ces derniers à ce phénomène et de les amener à adopter des pratiques adéquates. Différents outils faciliteront cette prise de conscience: recourir à des modes d'entretien et de maintenance moins nocifs pour l'atmosphère, proposer un « guide de l'utilisateur » aux habitants pour favoriser une adaptation des comportements, mettre en place un monitoring urbain…

Au stade de l'exploitation, quelques pistes peuvent être exploitées pour sensibiliser les usagers, parmi lesquels :

- Recourir à des modes d'entretien et de maintenance les moins nocifs pour l'atmosphère[57];
- Proposer un guide utilisateur aux habitants ;
- Mettre en place un monitoring urbain.

Il est en effet essentiel de garder à l'esprit que notre santé pâtit directement d'impacts négatifs sur l'environnement. En effet, le microclimat urbain peut générer un inconfort plus ou moins important pour les habitants et les usagers d'un quartier, jusqu'à occasionner de véritables préjudices sur la santé, rendant d'autant plus importante la prise en compte de l'environnement physique dès les premières étapes de tout projet à l'échelle d'un quartier :

- Le manque ou l'absence d'accès à l'ensoleillement joue un rôle sur la santé (Pijpers Van Esch, 2015) : un déficit d'UV génère des carences en vitamine D et des effets psychologiques négatifs, et un apport inapproprié de lumière naturelle peut entraîner d'importantes perturbations du sommeil.

- Du point de vue thermique, une chaleur excessive peut entraîner syncopes, thromboses cérébrales, etc. L'inconfort thermique peut jouer un rôle sur l'aggravation de problèmes cardiovasculaires et respiratoires.

- L'exposition aux particules fines augmente le risque de maladies cardio-vasculaires, problèmes respiratoires, cancer des poumons, asthme, et maladies pulmonaires chroniques. En particulier, l'ozone peut générer une déficience des poumons, de même que l'exposition aux NOx, qui aggrave

57. Voir aussi chapitre « Cycle de l'Eau » du Mémento

les syndromes de bronchite chez les enfants, et la réduction de la fonction pulmonaire. La présence de SOx (dioxyde de soufre) participe également à la diminution des fonctions respiratoire et pulmonaire.

- Une exposition prolongée au bruit peut entraîner des troubles du sommeil, une irritabilité suraiguë de certaines personnes en cas de bruit intrusif, et des problèmes de stress.

- La proximité d'une ligne électrique dans un quartier augmente le risque de développement de leucémies infantiles. Les courants de contact constituent également un danger potentiel, étant capables d'induire un champ électrique interne 10 à 100 fois plus grand qu'un champ externe électrique ou magnétique typique à proximité d'installations à haute tension. Ces aspects ne sont pas à prendre à la légère. La prise de conscience de la population bruxelloise est importante pour contribuer à pousser les projets de quartier vers plus de durabilité.

- Concernant la qualité des sols, les usagers peuvent avoir recours à l'IQSB-Citoyen[58]. C'est aussi un outil de sensibilisation qui s'adresse à tous les citoyens désireux de mieux connaître le sol de leur parcelle. Il permet d'évaluer la qualité du sol du terrain (indice en %) et propose aussi quelques pistes pour améliorer l'état du sol. L'IQSB-citoyen ne requière pas de connaissance ou de matériel particulier, c'est un outil simple et rapide à mettre en œuvre.

58. https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/indices-de-qualite-des-sols-bruxellois/lindice-de-qualite-des-sols

PHY

REFERENCES

Général

Guide Bâtiment durable, Bruxelles – Environnement : http://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/accueil.html?IDC=1506

Guillaume BAILEY, Bruno BESSIS, Marc CALORI, Florent CHAPPEL, Delphine GAUDART, Elise MARION, Dossier de labellisation Eco-Quartier, Ministère du logement, de l'égalité, des territoires et de la ruralité, 2015

Sabine CORCY (Conseil général de l'Aisne), Carole PEUREUX (CAP TERRE), David PLUNUS (écorce), Magali VIANE (ELEA), Guide méthodologique Quartier Durable : Pistes de conception d'un quartier durable…de la réflexion à la réalisation…, Conseil général de l'Aisne, 2014

Jacques TELLER, Anne-Françoise MARIQUE, Véronique LOISEAU, Florence GODARD et Caroline DELBAR, Référentiel Quartiers Durables, SPW Editions, 2014

David PARADIS, Jeanne ROBIN et Christian SAVARD (organisation d'intérêt public « Vivre en Ville »), Objectif Eco-Quartiers : Principes et balises pour guider les décideurs et les promoteurs, Bibliothèque et Archives nationales de Québec, 2014.

BREEAM, BREEAM International New Construction : Technical Manual, 2013.

Sigrid REITER, Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes, UCL, 2007

Pierre-Paul BARBIER, Etude et justification des courants de contact induits par les lignes à haute tension dans le parc résidentiel belge et leurs incidences sur la population, ULg, 2014

Marjolein PIJPERS-VAN ESCH, Designing the urban microclimate : A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process, Technische Universiteit Delft, 2015

Khaled ATHAMENA, Modélisation et simulation des microcilmats urbains : Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers, Ecole Centrale de Nantes, 2012.

P J LITTLEFAIR, M SANTAMOURIS, S ALVAREZ, A DUPAGNE, D HALL, J TELLER, J F CORONEL, N PAPANIKOLAOU, Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas, BRE, 2000

Zahra GHASEMIA, Mahnaz ASEMI ESFAHANIA, Mona BISADIA, Promotion of Urban Environment by Consideration of Human Thermal & Wind Comfort: A literature review, Procedia - Social and Behavioral Sciences (201), 2015

Sigrid REITER, Assessing wind comfort in urban planning, Environment and Planning B : Planning and Design 37, 2010

Laurent TAPADINHAS (directeur de Publication), La modélisation de la ville : de la représentation au projet, Collection « RéférenceS » de la Direction de la recherche et de l'innovation (DRI) du Commissariat Général du Développement Durable (CGDD), 2012.

Céline BOUTIN, Zones calmes dans l'écoquartier de la gare de Pantin, Le Bruit dans la Ville, Bruxelles, 2013
http://web.mit.edu/cron/class/nature/archive/student_projects/2009/jcalamia/Frame/05_canyonwind.html
http://www.vedura.fr/actualite/5334-bruit-eco-quartier

IQSB pro et citoyen : outil « indice de qualité des sols bruxellois »
pour les professionnels : https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/indices-de-qualite-des-sols-bruxellois/lindice-de-qualite-des-sols-0 , qui comprend aussi un volet test infiltration des eaux de pluie, utile pour bien dimensionner les aménagements
et pour les citoyens : https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/indices-de-qualite-des-sols-bruxellois/lindice-de-qualite-des-sols

Guide des sols vivants (jardins, pour l'agriculture urbaine) : https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/conseils-pratiques-sols-vivants/jardin-sols-vivants
https://environnement.brussels/thematiques/sols/good-soil/conseils-pratiques-sols-vivants/guide-pratique-sol-vivant-et-agricultures

Facilitateur sol (aussi pour IQSB) : https://environnement.brussels/thematiques/sols/facilitateur-sol
Centrale de marchés (pour les pouvoirs publics) : pour mener des études sols (pollutions, mais aussi IQSB pro)
Au sein de la DEV : CBS+

Plans, Règlementation, Législation

Carte de l'état du sol : http://www.environnement.brussels/thematiques/sols/inventaire-de-letat-du-sol/consulter-la-carte-de-letat-du-sol.

Plan Nature : http://www.environnement.brussels/thematiques/espaces-verts-et-biodiversite/action-de-la-region/le-plan-nature

Ordonnances Sols : https://environnement.brussels/thematiques/sols/les-etudes-de-la-pollution-du-sol/quelles-normes-respecter

Plan lumière : https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/plan_lumiere_2018_-_actualisation_web_0.pdf

Plan régional Air-Climat-Energie : http://www.environnement.brussels/thematiques/air-climat/laction-de-la-region/air-climat-et-energie-vision-integree

PHY

Plan Régional de Développement Durable (PRDD) : http://www.prdd.be/

Directive 2008/50 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe : http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:FR:PDF

COBRACE – Code bruxellois de l'air, du climat et de l'énergie : http://urbanisme-bruxelles.hsp.be/node/202

Plan de lutte contre le bruit : https://environnement.brussels/thematiques/bruit/le-bruit-vue-densemble/plan-quietbrussels-laction-de-la-region-bruxelloise

Cartes de bruit, Atlas du bruit des transports, Valeurs guides de niveaux de bruit : http://www.environnement.brussels/thematiques/bruit/la-situation-bruxelles/cartographie-et-exposition-de-la-population

Directive européenne 2002/49/CE : http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0049
Ordonnance bruit et ses arrêtés d'exécution : http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=1997071764&table_name=loi

Conventions environnementales relatives aux bruits et vibrations engendrés par le tram et le métro, mais aussi par les chemins de fer : http://www.environnement.brussels/thematiques/bruit/laction-de-la-region/lutte-par-cible/bruit-des-transports-publics

Convention spécifique au tronçon de la ligne 50A entre le boulevard Industriel et la limite de la Région de Bruxelles-Capitale : http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/convention%20specifique%20avecSNCB%20L50A%20frnl

Cartographie des antennes émettrices : http://www.environnement.brussels/thematiques/ondes-et-antennes/ou-sont-les-antennes/carte-des-antennes-emettrices

Ordonnance relative à la protection de l'environnement contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les radiations non ionisantes : http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2007030138&table_name=loi

Ordonnance relative au permis d'environnement (OPE) : http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=1997060533&table_name=loi

08

be sustainable.brussels
Réalisons les quartiers durables
Werk maken van de duurzame wijken