Plan Local d'Urbanisme intercommunal de Rennes Métropole

C - ORIENTATIONS D'AMÉNAGEMENT ET DE PROGRAMMATION

C-1 Échelle intercommunale et métropolitaine

C-1-3 Santé, climat, énergie

Élaboration approuvée par délibération du Conseil de Rennes Métropole du 19/12/2019

Sommaire

Introduction 5

Ce que dit le PADD 5

Objectif 1 : Vers un urbanisme favorable à la santé et au bien-être 6

Objectif 2 : Vers un urbanisme qui prend en compte les enjeux climatiques et énergétiques 8

Orientation "Santé, risque, nuisance et sécurité" 11

Orientation 1 : Limiter l'exposition des populations aux pollutions atmosphériques et aux nuisances sonores 11

Orientation 2 : Prévenir des risques et nuisances / Assurer la gestion du réseau des lignes Hautes Tensions (HT) – Très Hautes Tensions (THT) dans les zones de vigilance 13

Orientation 3 : Prendre en compte la pollution des sols dans les projets d'aménagement et de construction 15

Orientation 4 : Limiter les risques / Appliquer des dispositions constructives adaptées aux différents mouvements de terrain 18

Orientation 5 : Limiter les émissions de radon dans les constructions 27

Orientation 6 : Développer les démarches d'Urbanisme Favorable à la Santé dans les projets d'aménagement 29

Orientations "Climat / Energie" 31

Conception bioclimatique 31

Ambition Carbone 32

Recommandations à l'échelle du quartier ou de l'opération d'aménagement 33

Recommandations à l'échelle de l'îlot 35

Recommandations à l'échelle de la parcelle ou du bâtiment 37

Glossaire G 39

Boîte à outils BO 47

Introduction

Ce que dit le PADD

Partie C : Inscrire la métropole dans une dynamique de transition
Orientation 7 : Valoriser l'armature agro-naturelle pour structurer le développement du territoire
Orientation 8 : Construire une métropole du "bien être" au service de ses habitants, intégrant la santé et la gestion des risques dans les projets et limitant les nuisances
Orientation 9 : Engager le territoire dans une dynamique de transition pour relever les défis énergétiques et du changement climatique

La santé, le climat et l'énergie sont étroitement liés dans l'objectif d'améliorer la qualité du cadre de vie et le bien-être des populations. La Métropole rennaise est résolument engagée dans cette voie, à tous les niveaux, dans toutes les politiques publiques.

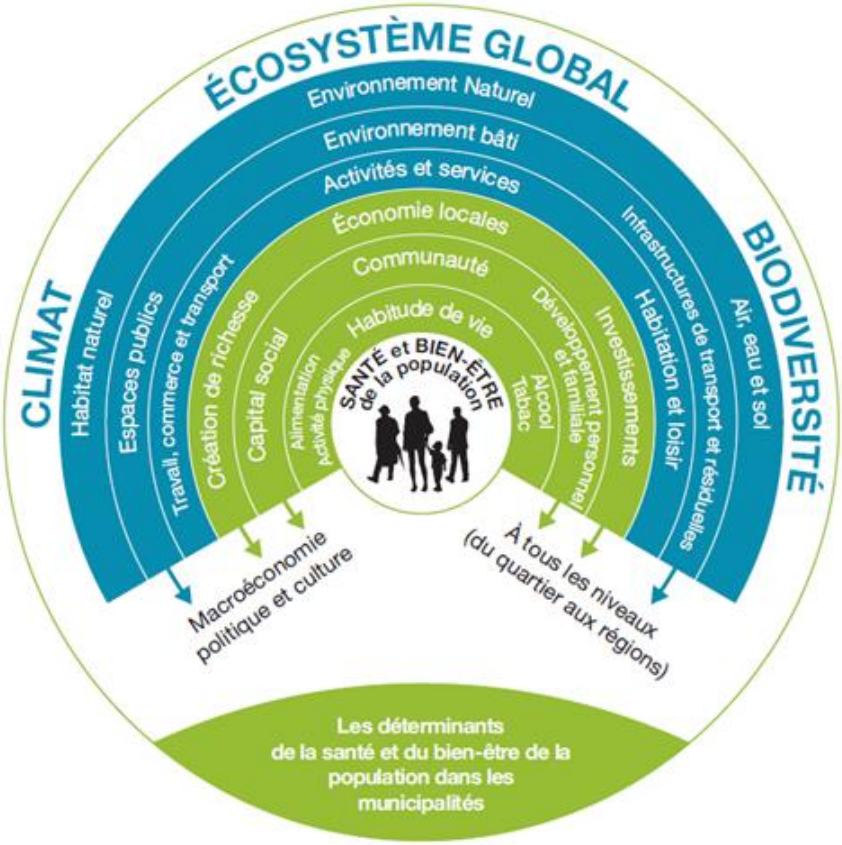


Figure (adaptée de Barton 2006 par Tremblay, 2012) extraite du guide EHESP/DGS "Agir pour un urbanisme favorable à la santé", 2014.

Objectif 1 : Vers un urbanisme favorable à la santé et au bien-être

Selon la définition de l'OMS (1946), "La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. La possession du meilleur état de santé qu'il est capable d'atteindre constitue l'un des droits fondamentaux de tout être humain...".

Une approche globale de la santé

La santé ne dépend pas seulement des facteurs biologiques ou des comportements individuels ; elle est également influencée par les déterminants économiques, sociaux et environnementaux. Les déterminants de santé sont des "facteurs définissables qui influencent positivement ou négativement l'état de santé des individus et des groupes. Ils interagissent entre eux et engendrent des conditions de vie qui influent sur la santé".

Une approche positive de la santé

Une approche "positive" de la santé vise à ne pas se focaliser sur la réduction des risques ou sur l'occurrence de pathologies mais accorde une importance majeure à la promotion de la santé, à la qualité du cadre de vie et au bien- être.

Famille de déterminants	Exemples de déterminants	Principales caractéristiques
Biologie humaine *facteurs individuels*	génétiques et biologiques (âge, sexe, caractéristiques héréditaires)	Facteurs généralement non modifiables.
Environnements *Facteurs environnementaux*	**Etat des milieux:** *air, eaux, sols,...* **Cadre de vie:** *habitat, transports, équipements, paysage, ambiance sonore,...* **Entourage social:** *famille, amis, soutien social, emploi...*	Facteurs non modifiables individuellement mais qui constituent des leviers d'action pour promouvoir la santé via des politiques publiques adaptées.
Habitudes de vie *Facteurs comportementaux*	comportements à risque, sécuritaires, addictions, alimentation, travail, culture, éducation, activités physiques,...	Facteurs qui relèvent de décisions individuelles mais fréquemment influencées par l'environnement socio-culturel et le cadre de vie
Organisation des soins *Facteurs liés au système de soins*	accessibilité et qualité de l'offre de soins tant préventifs que curatifs Soins de santé primaire, services spécialisés,...	Facteurs influencés par les politiques de santé et l'environnement socio-culturel.

Classification des déterminants de santé (selon Lalonde, 1974) et leurs principales caractéristiques. Tableau extrait du guide EHESP/DGS "Agir pour un urbanisme favorable à la santé", 2014.

Pour aider à structurer et visualiser l'ensemble de ces facteurs de santé, plusieurs modèles de représentation des déterminants de santé sont aujourd'hui disponibles parmi lesquels:

- "le cadre de référence pour une conception globale de la santé" proposé par Lalonde (1976) et qui confère une importance égale à chacune des 4 familles de déterminants (biologie humaine, environnements, habitude de vie & organisation des soins de santé).

- Le modèle de Whitehead et Dahlgen (1991) qui a la volonté de représenter la notion d'inégalités de santé via une structuration des déterminants selon 4 niveaux d'influence (sphère individuelle, sphère des influences sociales et locales; sphère des facteurs matériels et structurels et la sphère des conditions socio-économiques, culturelles et environnementales.)

- Le cadre conceptuel de la santé et de ses déterminants du Ministère de la santé et des services sociaux du Québec (2010) qui a la particularité d'inscrire la santé comme une variable susceptible d'évoluer au cours du temps et des lieux et qui rappelle que l'état de santé peut s'apprécie à travers différentes dimension (physique, mentale & psychologique).

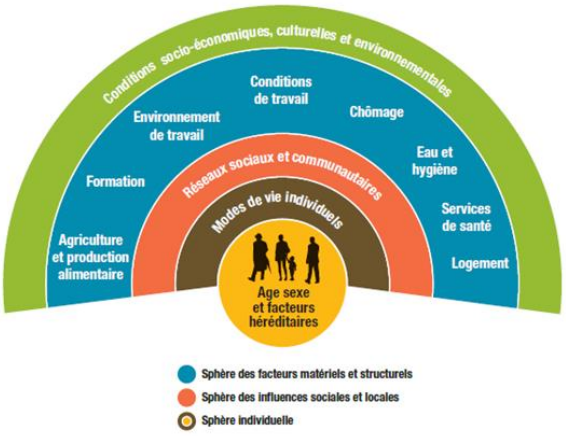


Figure de gauche: Représentation graphique des déterminants de santé selon Whitehead et Dahlgen (1991)
Figure de droite: Cadre conceptuel de la santé et de ses déterminants selon le Ministère de la santé et des services sociaux du Québec (2010)

<u>Le PADD</u> exprime ainsi une orientation forte : **"Construire une « métropole du bien-être" au service de ses habitants intégrant la santé et la gestion des risques dans les projets, et limitant les nuisances".**

Il s'agit de lutter contre les inégalités de santé, sociales et environnementales, de prendre en compte les risques en limitant leurs impacts et en les intégrant dans les projets d'aménagement et enfin d'améliorer la qualité du cadre de vie en limitant les nuisances.

- Garantir la cohésion sociale et l'équité en concevant et promouvant, à l'échelle de la Métropole, des projets :
  - Favorisant la mixité sociale et générationnelle,
  - Tenant compte de la diversité des caractéristiques socio-économiques des habitants du territoire et notamment des personnes en situation de vulnérabilité,
  - Intégrant les problématiques du vieillissement et du handicap.

- Promouvoir un habitat sain :
  - Construire et / ou réhabiliter qualitativement le bâti: luminosité et ventilation naturelles, qualité de l'air intérieur, isolation thermique et acoustique, matériaux sains,
  - Lutter contre l'insalubrité et l'habitat indigne,
  - Favoriser l'adaptation du bâti et des espaces aux évènements climatiques.

- Garantir la qualité et la ressource en eau et renforcer le respect du cycle de l'eau dans les différents projets d'urbanisation :
  - Inscrire le territoire dans une dynamique de limitation de la consommation de la ressource en eau potable et de la sécurisation de son approvisionnement (limitation de l'étalement urbain, protection des captages, interconnexions, diversification des zones de prélèvement…).

- Éviter ou réduire l'exposition des populations aux nuisances sonores et pollutions atmosphériques et aux risques naturels, technologiques et industriels :
  - Améliorer la qualité de l'air extérieur,
  - Diminuer l'exposition des populations aux nuisances sonores, à la pollution des sols et sous-sols, aux champs électromagnétiques,
  - Prendre en compte les risques naturels, notamment les mouvements de terrain, et les risques industriels,
  - Anticiper les évolutions liées au changement climatique, notamment les risques induits par celui-ci (phénomènes de forte chaleur, fréquence des précipitations…).

- Poursuivre la dynamique en cours de réduction des déchets à la source et de leur valorisation maximale.

- Promouvoir des projets et aménagements permettant et facilitant des activités favorables au bien-être et à la santé.

- Valoriser des espaces de ressourcement dont les qualités paysagères, naturelles ou urbaines sont propices au bien-être de tous les publics, favorisant ainsi des lieux de rencontre et de convivialité mais aussi d'apaisement.

Il est en effet aujourd'hui largement reconnu, que les choix de planification et d'aménagement du territoire influencent la santé, la qualité de vie et le bien-être des populations.

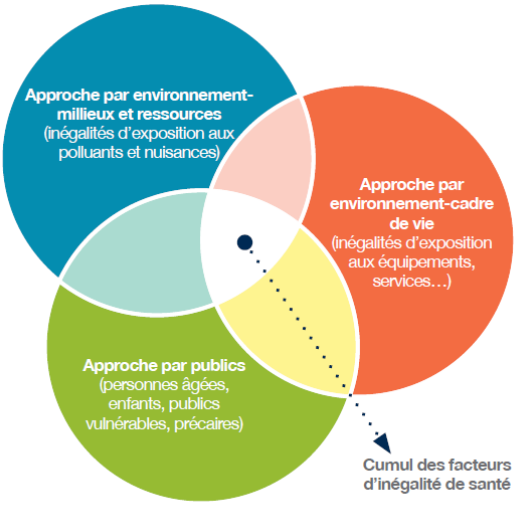
Les problématiques de santé telles que l'obésité, l'asthme, les inégalités de santé, les troubles de la santé mentale (stress, dépression…), l'exposition aux agents délétères (substances nocives, bruit,…), constituent autant d'enjeux contemporains de santé publique étroitement conditionnés par la qualité de l'environnement urbain.

Cette orientation exprime de manière détaillée un certain nombre d'objectifs et de perspectives qui visent à la fois la réduction à la source des polluants et la limitation des expositions des populations aux nuisances et risques :

- **Limiter les expositions aux polluants** (air, eau, sol, gaz à effet de serre…), les nuisances (bruits, ondes électromagnétiques…) et autres agents délétères (composés chimiques des matériaux de construction…).

- **Assurer la sécurité des populations et des constructions** (mouvement de terrain, retrait-gonflement des argiles…).

- **Lutter contre les inégalités de santé et les vulnérabilités** (entre les différents groupes socio-économiques, personnes sensibles…).



Représentation du cumul d'inégalités - Extrait du guide EHESP/DGS "Agir pour un urbanisme favorable à la santé", 2014.

Mais elle vise aussi à inscrire les projets d'aménagement du territoire dans des démarches de prise en compte plus systématique et explicite de la santé :

- **Développer les démarches d'Urbanisme favorable à la santé** dans les opérations d'aménagement, notamment les Évaluations d'Impact sur la Santé (EIS) et autres méthodologies (ex : projet Isadora).

Objectif 2 : Vers un urbanisme qui prend en compte les enjeux climatiques et énergétiques

Le territoire post-carbone suppose et envisage des transformations profondes dans les modes d'habiter, de se déplacer, d'aménager le temps, de travailler, de vivre ensemble et de concevoir la ville.

La recherche d'un modèle de développement équitable et pérenne est à l'origine des politiques qui ont structuré le territoire de la métropole depuis une trentaine d'années. Une des ambitions du projet métropolitain est de "*conforter la qualité de vie en renforçant la cohérence territoriale et en engageant le territoire dans la transition énergétique et écologique*". La vision portée est celle d'un territoire dont l'aménagement contribue au bien vivre et qui s'engage dans une transition énergétique et écologique.

La limitation de la consommation énergétique et de l'émission de Gaz à Effet de Serre (GES), le développement de la conception bioclimatique et du recours aux matériaux bio-sourcés, l'adaptation au changement climatique, la production d'énergies renouvelables, l'optimisation des réseaux énergétiques et le développement des mobilités décarbonées font partie intégrante des objectifs exprimés dans le PADD.

En s'appuyant sur ses habitants et acteurs, ses atouts, son histoire, ses communes et son mode de développement volontariste, la métropole rennaise définit les conditions lui permettant de devenir une « éco métropole » au service de ses habitants.

A l'horizon 2030, la métropole, qui accueillera 500 000 habitants, prévoit de réduire ses émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) de 40%, malgré la progression des émissions liée à l'augmentation de la population et à la demande individuelle.

Le cap donné par le projet de PCAET vise, pour 2024 pour les constructions neuves au sein des opérations d'aménagement, la généralisation des constructions passives ou positives (niveau BEPOS ou E3 selon le référentiel E+C-) et pour 2030 le triplement de l'usage des énergies renouvelables et de récupération sur l'ensemble du territoire.

Pour atteindre cet objectif, et en cohérence avec les objectifs du PADD, différentes réflexions relatifs à la santé, à l'énergie et au climat sont intégrées, visant à :

- Développer une **conception urbaine et architecturale bio-climatique** (sobriété énergétique, énergie positive)

- **Affirmer une ambition carbone** (mobilité décarbonée, énergie grise)

L'orientation d'aménagement comporte deux volets complémentaires :

Orientations d'aménagement : Santé, risque, nuisance et sécurité

Orientation 1 : Limiter l'exposition des populations aux **pollutions atmosphériques** et aux **nuisances sonores**

Orientation 2 : Prévenir des risques et nuisances / assurer la gestion du réseau des **lignes Hautes Tensions (HT) – Très Hautes Tensions (THT)** dans les zones de vigilance

Orientation 3 : Prendre en compte la **pollution des sols** dans les projets d'aménagement et de construction (pollution avérée et suspectée, pollution des sols miniers)

Orientation 4 : Limiter les risques / Appliquer des dispositions constructives adaptées aux différents **mouvements de terrain** (retrait gonflement des argiles, affaissement–tassement des sols, effondrement liés aux carrières souterraines)

Orientation 5 : Limiter les **émissions de radon** dans les constructions

Orientation 6 : Développer les démarches **d'Urbanisme Favorable à la Santé** dans les projets d'aménagement

Orientations d'aménagement : Climat-Énergie

Orientation 7 : améliorer le **confort d'hiver** (réduction des consommations énergétiques par optimisation des apports solaires des bâtiments, bâtiments économes, confort thermique et qualités sanitaires intérieurs),

Orientation 8 : améliorer le **confort d'été** (limitation du phénomène d'Ilot de Chaleur Urbain, réduction des besoins de rafraîchissement artificiels des bâtiments),

Orientation 9 : renouveler les **modes d'approvisionnement et de production énergétique** (renforcement de la production énergétique renouvelable et des filières locales, maîtrise des émissions polluantes, optimisation de l'équilibre production / consommation),

Orientation 10 : intégrer la **végétalisation** (amélioration des conditions de confort thermique des espaces urbains et des logements, renforcement de la présence du végétal) et prendre en compte le **cycle de l'eau** (lutte contre l'imperméabilisation, gestion des eaux pluviales à la parcelle, économie de la ressource en eau, confort thermique des espaces urbains),

Orientation 11 : améliorer la qualité de vie et la **santé** et réduire les **nuisances urbaines** (exposition des populations aux polluants atmosphériques, réduction de l'exposition des populations aux nuisances sonores),

Orientation 12 : réduire l'**impact carbone** des aménagements et des bâtiments, à la construction et tout au long de leur durée de vie, par le développement de l'emploi de matériaux faiblement émissifs et issus de filières locales (circuit court).

Orientation "Santé, risque, nuisance et sécurité"

Orientation 1 : Limiter l'exposition des populations aux pollutions atmosphériques et aux nuisances sonores

La pollution atmosphérique urbaine constitue un véritable problème de santé publique. De nombreuses études épidémiologies et toxicologiques mettent en évidence le rôle de plusieurs polluants de l'air dans la genèse ou l'aggravation d'un grand nombre de pathologies notamment des maladies respiratoires et cardiovasculaires, l'asthme et certains cancers.

Les effets sanitaires humains varient selon les expositions à court terme (exposition aigüe) ou à long terme (exposition chronique).

La qualité de l'environnement sonore est également une problématique forte des contextes urbains en raison des sensibilités et des pathologies que des niveaux élevés de bruit engendrent (stress, insomnie, problème de mémorisation et des performances notamment chez l'enfant).

Certaines personnes sont en effet considérées comme plus sensibles à la pollution de l'air que d'autres. Il s'agit en particulier :

- des enfants (système respiratoire encore immature)
- des personnes âgées (leur hypersensibilité serait due à la diminution de leurs capacités anti-oxydantes locales et à la réduction de la capacité d'adaptation de leur système de défense)
- des enfants et adultes souffrant de pathologies respiratoires ou cardio-vasculaires chroniques.

La préservation de la qualité de l'air et du niveau sonore est un enjeu urbain majeur sur la métropole rennaise. Plusieurs documents-cadre et de planification (PPA, PDU, PCAET, PPBE…) fixent des mesures destinées à lutter contre ces nuisances, notamment en limitant les sources polluantes (transports, activités, agriculture…).

En complément de ces orientations et actions, le PLUI intègre un dispositif visant à limiter les expositions des personnes, notamment des publics sensibles, de ces sources polluantes et nuisantes par la mise en place d'un ensemble de recommandations et des dispositions réglementaires.

Principes d'aménagement

Des principes généraux de vigilance en matière d'aménagement et de construction sont formulés à l'attention des pétitionnaires afin de limiter l'exposition des populations aux polluants atmosphériques et aux nuisances sonores aux abords des grandes infrastructures de circulation (reportées au plan de synthèse des voiries concernées).

Des zones de vigilance sont ainsi instaurées sur certains axes routiers issus du classement sonore des voies de l'État :

- Voies de catégorie 1 : zone de vigilance de 100 m de part et d'autre de l'axe
- Voies de catégorie 2 : zone de vigilance 75 m de part et d'autre de l'axe
- Voies de catégorie 3 : zone de vigilance 50 m de part et d'autre de l'axe

Sont concernés les projets d'aménagement et de construction à destination :

- d'habitation dans le cadre d'opération d'aménagement
- d'équipements de plein air
- d'équipements accueillant des publics sensibles notamment les hébergements destinés aux personnes âgées et aux personnes handicapées, les établissements d'enseignement des premiers et seconds degrés, les établissements de santé hospitaliers (publics et privés) et les établissements d'action sociale à destination de la petite enfance.

- Des principes d'évitement :
  - Éviter d'exposer de nouvelles populations, en particulier les personnes sensibles dans des zones où la qualité de l'air est dégradée et où le niveau sonore est élevé.
  - Éviter de construire de nouveaux équipements sources d'émission de polluants, à proximité immédiate de zones habitées ou sensibles

- Des principes d'éloignement :
  - Éloigner voire interdire les constructions accueillants des publics sensibles
  - Étudier les conséquences pour toutes les populations de ces constructions à proximité de voies où la qualité de l'air est dégradée et où le niveau sonore est élevé.

- Des principes d'organisation urbaine et architecturale et des dispositions constructives :
  Il s'agira de favoriser l'écoulement des masses d'air et la dispersion des polluants atmosphériques :
  - En jouant sur la morphologie urbaine (géométrie des rues, rapport largeur de rue sur hauteur des bâtiments…)
  - En travaillant sur l'organisation des bâtiments les uns par rapport aux autres
  - En travaillant sur l'organisation du bâtiment en lui-même (positionnement des pièces de vie et des dortoirs éloigné des axes de circulation), sur la configuration et le dimensionnement des dispositifs de ventilation (positionnement des prises d'air des VMC notamment éloigné des axes de circulation). Il est en effet rappelé que la qualité de l'air extérieur influe sur la qualité de l'air intérieur
  - En utilisant des matériaux de construction sains (bâtiments et sols)
  - En utilisant des végétaux susceptibles de capter certains polluants, tout en évitant les essences allergènes.

Les porteurs de projet de ces aménagements et constructions pourront engager toutes les études nécessaires afin de mesurer les niveaux de nuisances et prendre les dispositions utiles afin de limiter l'exposition des populations aux polluants atmosphériques et aux nuisances sonores.

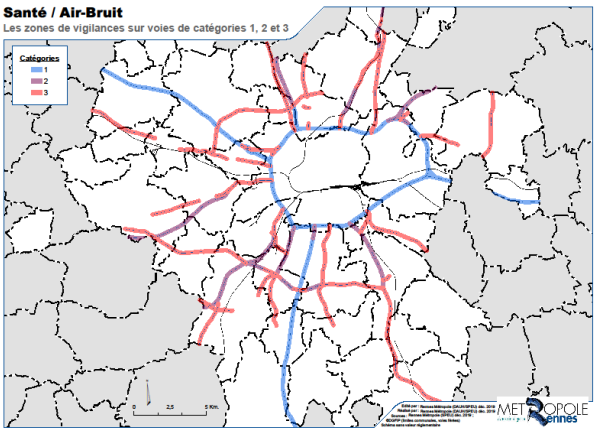
Dispositions réglementaires (rappel)

Des dispositions réglementaires s'appliquent sur les zones de vigilance suivantes :

- Voies de catégorie 1 (zone de vigilance de 100 m de part et d'autre de l'axe)
- Voies de catégorie 2 (zone de vigilance de 75 m de part et d'autre de l'axe)

Les créations de construction d'équipements recevant des publics sensibles ainsi que les changements de destination vers ces équipements sensibles, sont interdits, notamment :

- Les hébergements destinés aux personnes âgées et aux personnes handicapées
- Les établissements d'enseignement des premiers et seconds degrés, les établissements de santé hospitaliers (publics et privés) et les établissements d'action sociale à destination de la petite enfance



Orientation 2 : Prévenir des risques et nuisances / Assurer la gestion du réseau des lignes Hautes Tensions (HT) – Très Hautes Tensions (THT) dans les zones de vigilance

En collaboration avec RTE (Réseau de Transport d'Électricité), gestionnaire du Réseau Public de Transport d'Électricité, Rennes Métropole a défini plusieurs dispositions visant à faciliter la lecture, la compréhension et les instructions qui s'appliquent de manière homogène le long et aux abords des lignes Haute Tension (63 et 90 KV) et Très Haute Tension (225 et 400 KV) sur l'ensemble du réseau présent sur le territoire métropolitain.

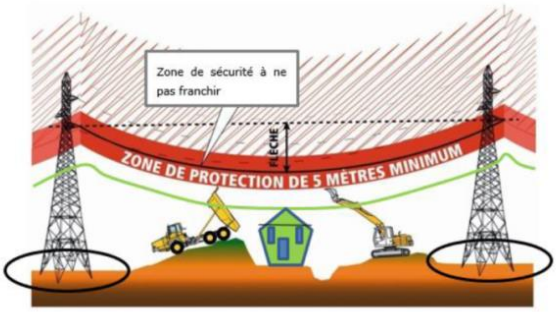
Trois enjeux sont pris en compte :

- La gestion et la maintenance du réseau
- Le risque électrique
- Les ondes électromagnétiques

Outre la servitude d'Utilité Publique I4 qui confère à RTE des droits et obligations, des recommandations et des prescriptions réglementaires sont portées au PLUi établies sur la base des textes ci-dessous :

L'Arrêté du 17 mai 2001 fixant les conditions techniques des distributions d'énergie prévoit des distances minimales d'éloignement entre les ouvrages électriques et le sol, une personne, une installation ou un objet quelconques. Ces distances varient en fonction du domaine de tension, des conditions d'exploitation, de l'environnement.
Le code du travail précise les distances minimales de sécurité à respecter entre les ouvrages aériens ou souterrains et les travailleurs et les outils, appareils ou engins qu'ils utilisent.

Zone de protection de la ligne dans le plan vertical



Les opérations ci-dessous ne peuvent être entreprises que dans la mesure où leurs modalités de réalisation ont été définies en accord avec RTE :

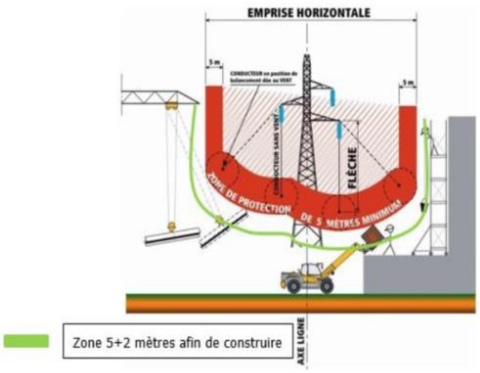
- Travaux en élévation à moins de 5,00 m du câble.
- Terrassement à moins de 20 m des pieds de pylônes.
- Modifications des accès aux pylônes.
- Modifications du niveau du sol sous la ligne et au pied des pylônes.

Tous les mouvements possibles des pièces conductrices nues de l'ouvrage aérien doivent être pris en compte :

- le balancement (dû au vent par exemple),
- les fouettements
- et les déplacements dus à la dilatation ou rétractation des conducteurs.

cf schéma ci-contre

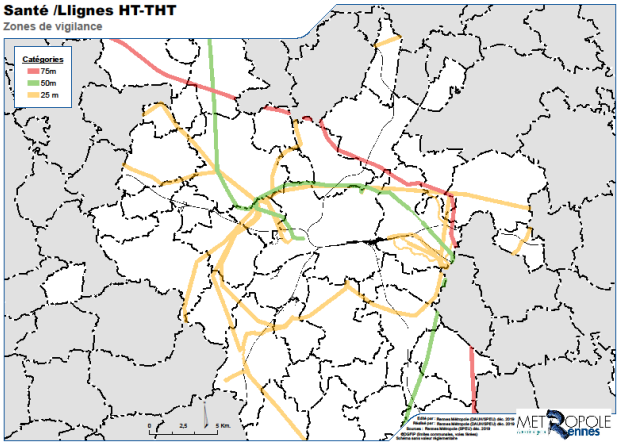
Zone de protection de la ligne dans le plan horizontal



En matière de champs électromagnétiques, le seuil réglementaire fixé par l'arrêté technique du 17 mai 2001 prévoit une valeur limite de 100 µT pour les lieux normalement accessibles au tiers.
De plus, une instruction ministérielle du 15 avril 2013 (Batho) issue de l'avis de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail), fixe une disposition relative à l'urbanisme à proximité des lignes de transport d'électricité :
"…Vous recommanderez aux collectivités territoriales et aux autorités en charge de la délivrance des permis de construire, d'éviter, dans la mesure du possible, de décider ou d'autoriser l'implantation de nouveaux établissements sensibles (hôpitaux, maternités, établissements accueillant des enfants tels que crèches, maternelles, écoles primaires etc.) dans les zones qui, situées à proximité d'ouvrage THT, HT ou jeux de barres, lignes aériennes, sont exposées à un champ magnétique de plus de 1 µT, cette valeur appliquée ne bordure de zone de prudence, apparaissant globalement compatible avec la valeur d'exposition permanente des occupants de bâtiments sensibles de 0,4 µT, proposée par l'avis de l'ANSES."

L'ANSES, dans un avis du 21 juin 2019, confirme ces recommandations notamment de ne pas installer ou aménager de nouveaux établissements accueillant des personnes sensibles (hôpitaux, écoles…) à proximité immédiate des lignes à très haute tension, ni d'implanter de nouvelles lignes au-dessus de tels établissements.

Dans le cadre de la convention AMF (Association des Maires de France) et RTE, signée en 2008, les projets d'aménagement et de construction peuvent faire l'objet d'un plan d'accompagnement permettant des actions de sensibilisation et d'information des citoyens, de soutenir des mesures d'insertion des ouvrages dans l'environnement et les paysages.



Principes d'aménagement

Des zones de vigilance sont instaurées autour des lignes intégrant l'ensemble des contraintes et risques dont la largeur a été établie en fonction des tensions des ouvrages avec une marge de sécurité pour prendre en compte les situations les plus contraignantes :

- 25 mètres (de part de d'autre de l'axe) sur les lignes de 63 et 90 KV
- 50 mètres (de part de d'autre de l'axe) sur les lignes de 225 KV
- 75 mètres (de part de d'autre de l'axe) sur les lignes de 400 KV

Les zones de vigilance ont pour but d'informer les pétitionnaires de la présence, dans ces zones, des contraintes, risques et nuisances auxquels ils s'exposent éventuellement.

En effet, la cohabitation des activités humaines avec les infrastructures de transport d'électricité impose des règles de sécurité et de vigilance qu'il s'agit de faire respecter. RTE et les collectivités s'emploient à diffuser une juste information auprès des tiers et mettre en place toutes les expertises et dispositions adéquates.

Dispositions réglementaires (rappel)

Toutes les destinations compatibles avec les zones dans les lesquelles elles se situent, sont autorisées sous conditions spéciales (art. R151.30 33 et 34 du CU) de respect :

- des attributs des servitudes I4 (accès, élagage…)
- des distances d'éloignement (arrêté technique du 17 mai 2001)
- du seuil réglementaire lié aux champs électromagnétiques (100 µT)

Il est de plus précisé que les créations d'équipements recevant des publics sensibles ainsi que les changements de destination (établissements d'enseignement du premier degré, les établissements de santé hospitalier, publics et privés, les établissements d'action sociale à destination de la petite enfance), sont interdits lorsque le seuil de 1 µT prévu par l'Instruction Batho du 15 avril 2013, est dépassé.

Dans ces conditions, tout projet (de construction nouvelle, d'extension ou de changement de destination) fera l'objet d'une analyse par RTE qui exprimera un avis lors de l'instruction des demandes d'autorisation de construire.

Orientation 3 : Prendre en compte la pollution des sols dans les projets d'aménagement et de construction

La pollution des sols n'est pas uniquement liée à la présence d'un site industriel : elle peut aussi être le fait d'activités artisanales, de la présence de décharges anciennes où étaient stockés des déchets polluants de toute nature, de fuite ou de l'épandage de produits chimiques (accidentels ou non), du remblayage ou bien des retombées atmosphériques passées accumulées pendant des années.

Un sol pollué peut avoir des conséquences sanitaires non négligeables sur l'être humain. Elles dépendent de la nature des polluants, des voies d'exposition (inhalation, ingestion,…), du temps d'exposition, des concentrations, des caractéristiques de la population…

Dans un contexte de réduction de la consommation des espaces agro-naturels et de renouvellement urbain, le changement d'usage de ces sols doit interroger sur leur compatibilité avec l'usage prévu.

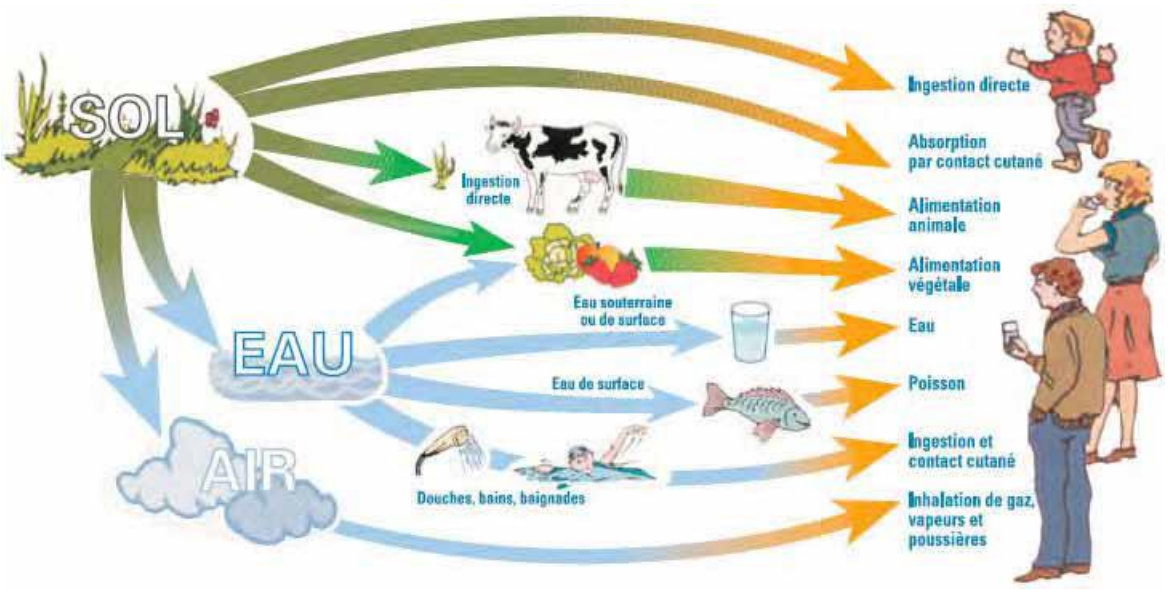
Principes d'aménagement

Des principes généraux de vigilance en matière d'aménagement et de construction sont formulés à l'attention de tous les pétitionnaires afin de limiter l'exposition des populations aux risques et nuisances sanitaires liés aux sols pollués.

Des recherches concernant la qualité des sols et des sous-sols sont donc à effectuer et, en cas de pollution avérée ou suspectées, des mesures de gestion (dépollution, excavation, dispositions constructives, servitudes imposant des restrictions d'usages…) doivent être éventuellement mises en œuvre.

Dans le cadre de l'élaboration des projets, il conviendra de :

- prendre connaissance des bases de données disponibles (BASOL, BASIAS, SIS, etc.),
- prendre en compte l'histoire du site dans la définition du projet.
- le cas échéant, s'octroyer les services et les conseils d'un BET spécialisé en sites et sols pollués et engager les études nécessaires,
- pour le cas particulier des projets d'établissements sensibles (crèches, écoles etc…), respecter la circulaire de 2007 et associer la DREAL ou l'ARS.



Modèle conceptuel général des voies d'exposition humaines à la pollution des sols (Source: INERIS. Extrait guide EHESP/DGS "Agir pour un urbanisme favorable à la santé".

Les secteurs identifiés dans les bases de données BASOL et BASIAS

Ces bases de données nationales renseignent sur les secteurs pollués avérés ou suspectés.

Par ailleurs, le certificat d'urbanisme intègre ces informations lorsque le service instructeur en a connaissance.

En vertu de la compatibilité avec la sécurité publique au sens des articles R. 111-2 et R. 111-3 du Code de l'urbanisme, l'autorité compétente à délivrer les actes d'urbanisme informe tous les demandeurs d'autorisations de construire de l'exposition au risque lorsqu'elle en détient la connaissance.

Il est rappelé que la responsabilité de la maîtrise des risques incombe, au regard des dispositions du code civil, au maître d'ouvrage.

Les Secteurs d'Information sur les Sols (SIS)

La Loi ALUR a prescrit l'inventaire sur le plan national de SIS et de mesures adéquates. Sont qualifiés de SIS, des terrains sur lesquels une pollution des sols est présente et avérée.

Ces secteurs comprennent les terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesure de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publique et l'environnement.

Ce dispositif a pour objectif une meilleure prise en compte des pollutions des sols et une responsabilisation des maîtres d'ouvrage dans les futurs aménagements.

La qualification de SIS induit les conséquences suivantes en matière d'urbanisme :

- annexion des SIS au plan local d'urbanisme,
- mention des SIS dans les Certificats d'Urbanisme,
- pour les demandes du permis de construire ou d'aménager sur un SIS, production d'une attestation (par un bureau d'étude certifié dans le domaine des sites et sols pollués) garantissant la réalisation et la prise en compte d'une étude de sol dans la conception du projet,
- complément d'information aux acquéreurs/locataires sur l'état des risques naturels, miniers et technologiques par une information sur la pollution des sols pour les terrains répertoriés en SIS (article R125-6 du code de l'environnement).

Cet inventaire a été établi en collaboration avec les communes et Rennes Métropole. Il a donné lieu à un arrêté préfectoral le 19 octobre 2019 créant des SIS sur 16 communes : Bruz, Cesson-Sévigné, Chantepie, Chavagne, La Chapelle-des-Fougerez, Laillé, Miniac sous Bécherel, Noyal Chatillon sur Seiche, Orgères, Le Rheu, Saint-Gilles, Saint-Grégoire, Le Verger, Vern-sur-Seiche et Vezin-le-Coquet.

Ces SIS (périmètre et fiches) sont annexés au PLUi ; des mises à jours de celui-ci seront effectuées pour intégrer les prochains SIS portant sur les autres communes au fur et à mesure des prises d'arrêtés préfectoraux.

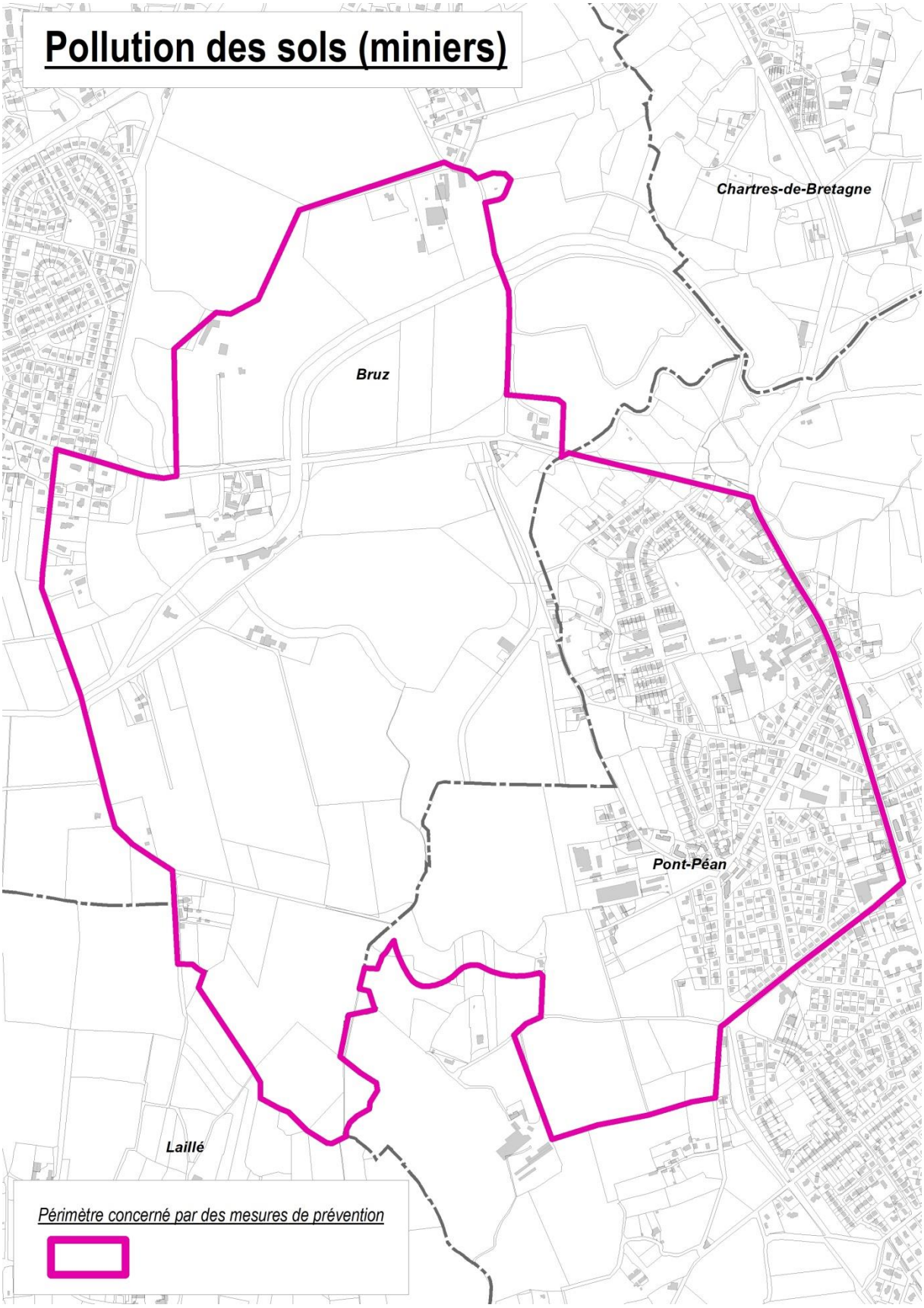
La procédure prévoit une actualisation régulière par le Préfet de l'inventaire opérant des adaptations, modifications, ajouts ou suppressions de SIS.

Nota : dans le cas d'une modification ou de nouveaux périmètres de SIS arrêtés par le Préfet, ils doivent être pris en compte même si l'OAP de quartier et le plan de gestion des eaux pluviales ne les ont pas encore intégrés. Les SIS sont en effet exécutoires dès la prise d'arrêté préfectoral.

La pollution des sols miniers

À la suite de l'étude après-mine, une zone présente sur les communes de Pont-Péan et Bruz a été définie (portée au règlement graphique). Elle fait l'objet de mesures de prévention du saturnisme infantile, par les services sanitaires de l'État.

- Porter une attention particulière aux mesures d'hygiène habituelles :
  - Se laver les mains et celles des enfants très régulièrement
  - Se couper les ongles courts et les brosser fréquemment
  - Laver régulièrement les jouets des enfants
- En cas de possession d'un jardin potager
  - Laver abondamment les fruits et légumes ;
  - Diversifier la provenance des légumes et fruits ;
  - Pas de commercialisation des végétaux produits.
- Sur le site minier et au niveau des puits miniers
  - Éviter l'accès des enfants à la zone de la friche n'ayant pas été confinée et aux ouvrages de la mine (puits et zones adjacentes).


Pollution des sols (miniers)
Chartres-de-Bretagne
Bruz
Pont-Péan
Laillé
Périmètre concerné par des mesures de prévention

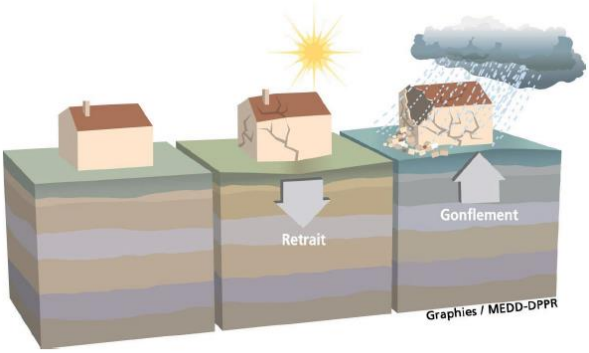
Orientation 4 : Limiter les risques / Appliquer des dispositions constructives adaptées aux différents mouvements de terrain

Les mouvements de terrain sont des phénomènes naturels divers. Ils regroupent un ensemble de déplacements plus ou moins brutaux, très lents ou très rapides, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique.

Le territoire métropolitain est confronté à certain d'entre-deux. Selon leur nature, des dispositions d'urbanisme ou constructives s'imposent ou font l'objet de recommandations, sur les projets d'aménagement ou les constructions.

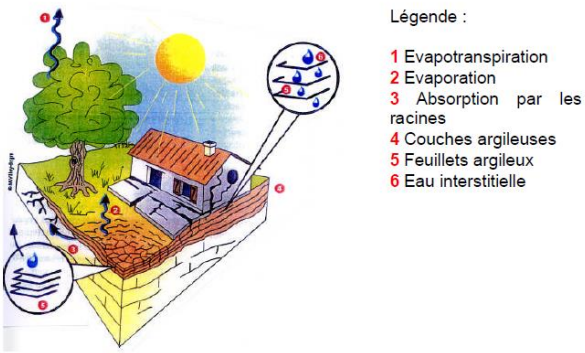
Retrait-gonflement des argiles

Le phénomène de retrait-gonflement des argiles se caractérise par des variations de volume sous l'effet de l'évolution de teneur en eau. Les variations de volume entraînent des mouvements différentiels de sol. Ainsi lors des périodes de sécheresse, le manque d'eau entraîne un tassement irrégulier du sol en surface (retrait) ; à l'inverse, un apport d'eau dans ces terrains produit un phénomène de gonflement.



Les désordres observables sont éventuellement des fentes de dessiccation à large échelle sur les sols nus en période de sécheresse et des fissurations sur le bâti. En effet l'apparition de mouvements différentiels du sol peut avoir des conséquences importantes sur les bâtiments :

- fissuration des structures,
- distorsion des portes et fenêtres,
- décollement des bâtiments annexes,
- dislocation des dallages et cloisons,
- rupture de canalisations enterrées,



D'autre part, les facteurs suivants aggravent le phénomène :

- la végétation arborée, qui accentue l'assèchement des sols du fait de l'absorption de l'eau par le système racinaire, jusqu'à 3 voire plus de 5 m de profondeur suivant les essences,
- l'infiltration des eaux de ruissellement et les fuites de réseaux EU / EP (qui augmentent la teneur en eau des sols).

Principes d'aménagement

Définis à l'échelle nationale, une cartographie indique les zones concernée par les niveaux d'aléas

- 1 (aléa faible)
- 2 (aléa moyen)
- 3 (aléa fort)

Plusieurs communes de la métropole rennaise sont soumises à ce risque. Selon le niveau d'aléa, des mesures de prévention ou des dispositions constructives sont requises sur tout projet d'aménagement et de construction à partir d'études géotechniques.

Communes concernées par une information relative au Retrait/gonflement des sols argileux

Les études géotechniques

Les études géotechniques permettent notamment de définir les principes généraux de construction (fondations, terrassements, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants, etc.). Elles consistent entres autres à la réalisation de forages avec essais pressiométriques permettant de mesurer la résistance du sol.

Les objectifs de l'étude géotechnique propre au projet de construction seront les suivants :

- définir la nature géologique, le comportement géotechnique et la portance des terrains d'assises, (au minimum 5 m sous l'assise de fondation), par la réalisation de forages pressiométriques avec coupe de sols et prélèvements d'échantillons,
- en zone d'aléa moyen, ces études devront en outre caractériser le comportement du sol d'assise vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement (au minimum 5 m sous l'assise de fondation), par la réalisation d'essais en laboratoire spécifiques.

Les essais en laboratoire spécifiques avec un minimum de 2 par formations géologiques rencontrées, tels que définis dans les recommandations de l'Union Syndicale de Géotechnique, seront :

- granulométrie et sédimentométrie,
- et limites d'Atterberg,
- et profils hydriques,
- et éventuellement essais de diffraction au rayon X,
- et éventuellement essais de gonflement et de dessiccation (suivant la nature et l'importance du projet),
- etc.
- analyser les résultats des essais en laboratoire et des forages,
- définir les dispositions constructives à respecter lors de la réalisation des fondations (type et profondeur requises pour les fondations) et des aménagements extérieurs en fonction des contraintes de la parcelle d'étude (contextes géotechnique, topographique, hydrogéologique et végétation, etc.) et des caractéristiques du projet.

Cette étude géotechnique préalable (G1) sera réalisée dans le cadre des missions normalisées par la norme AFNOR NF P 94-500, étude d'avant-projet géotechnique G12 éventuellement précédée par une étude préliminaire de site G11. La classification des missions types d'ingénierie géotechnique est jointe en annexe du présent document.

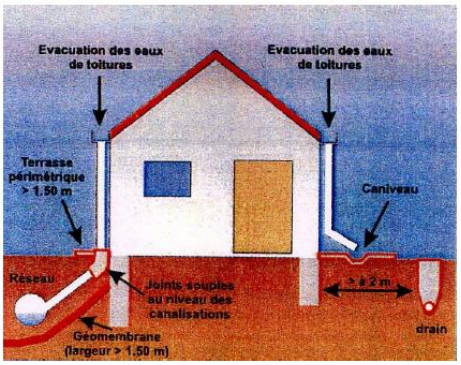
Exemples de dispositions constructives spécifiques au phénomène de retrait-gonflement à retenir (aléa fort)

Les projets implantés au droit d'argiles sensibles au phénomène de retrait-gonflement à faible profondeur devront respecter des dispositions constructives sur la base du principe suivant : Le phénomène de retrait-gonflement étant activé par les modifications de l'état hydrique des argiles, la règle d'or est d'éviter les variations différentielles de teneur en eau sous la construction ainsi qu'à son voisinage immédiat.

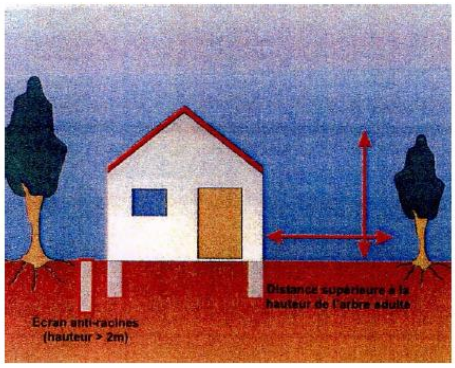
Le sol situé sous un bâtiment est protégé de l'évaporation estivale et il se maintient dans un équilibre hydrique qui varie peu au cours de l'année. Le sol situé en périphérie extérieure du bâtiment est par contre exposé à l'évaporation et à la réhydratation. Les façades se situent donc au niveau d'une zone de transition entre 2 sols présentant de fortes différences de teneur en eau engendrant des mouvements différentiels.

Ces tassements différentiels sont de plus amplifiés en cas d'hétérogénéité du sol ou lorsque les fondations présentent des différences d'ancrage d'un point à un autre du bâtiment lorsque celui est construit sur un terrain en pente ou avec un sous-sol partiel. En effet la teneur en eau des sols varie notamment avec la profondeur, suivant la nature des terrains et suivant le ruissellement (sur les terrains en pente).

SUPRESSION DE TOUTE ARRIVEE OU RETRAIT D EAU :

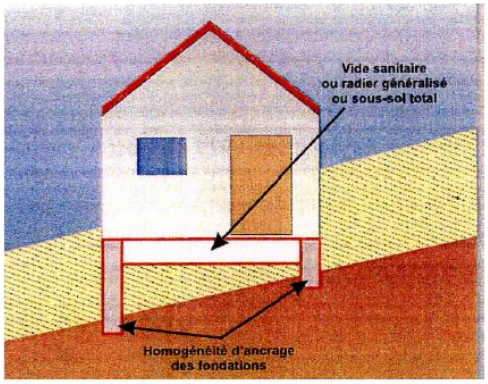


- Trottoir imperméable périphérique avec contre pente vers l'extérieur et relié de façon souple à la construction
- Proscrire l'infiltration des eaux pluviales à proximité des fondations
- Joints souples au niveau des canalisations EU, EP, AP : pour éviter rupture puis fuites et infiltration ayant pour conséquence d'augmenter les mouvements
- Eloigner les drains des fondations



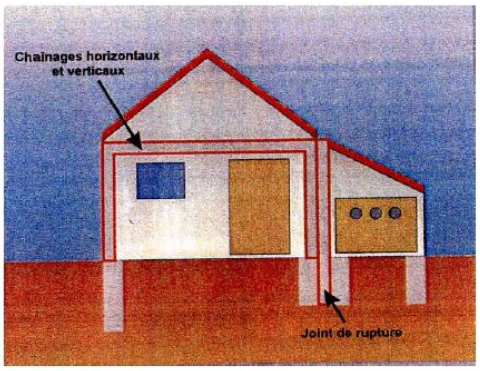
- Eloignement des arbres
- Forme de protection étanche si arbre à proximité (écran anti-racines) dont la profondeur d'encastrement dans le sol doit tenir compte de la profondeur d'influence du système racinaire de l'arbre adulte
- Attendre le retour à l'équilibre du sol sur un terrain récemment défriché

CONSTRUCTION



- Plancher bas sur vide sanitaire, (ne pas poser les dallages directement sur le sol)
- Proscrire les sous-sols partiels
- Ancrage homogène des fondations (notamment sur les terrains en pente).
- Radier sur remblai de substitution de qualité avec une épaisseur minimum conseillée de 1,2 à 1,5 m.

Remarque : la création d'un sous-sol total, bien que favorable, ne permet pas de s'affranchir des autres recommandations.



- Semelles de fondation continues rigidifiées
- Profondeur minimum conseillée : 1,2 à 1,5 m
- Coulage des fondations pleines fouilles
- Chainages soignés des constructions (chainages horizontaux et verticaux)
- Joints complets (joint de rupture) rapprochés sur les bâtiments allongés et à chaque aile de bâtiment.

Recommandations particulières liées à la présence d'arbres sur sols argileux

Des arbres situés à proximité d'un bâtiment sont susceptibles, dans certaines conditions, en particulier sur certains types de sols argileux, de contribuer à des dommages aux fondations par assèchement du sol en profondeur. Plusieurs maisons ont été victimes de dégâts (fissurations et autres dislocations…) dont la présence d'arbres à proximité laisse supposer qu'ils ont aggravé les dégâts provoqués par le phénomène de retrait-gonflement des argiles.

Ce risque mineur et non systématique appelle certaines recommandations constructives et des mesures préventives, notamment lorsque des grands arbres (hauteur > 10 m et diamètre de houppier > 8 m) se situent dans un périmètre de 20 mètres du bâti.

Pour tout projet :

- éviter toute construction à moins de 10 m,
- sinon envisager l'aménagement de "stop-racines".
-

Lorsqu'il s'agit de bâti existant situé entre 0 et 20m, des mesures préventives peuvent être prises :

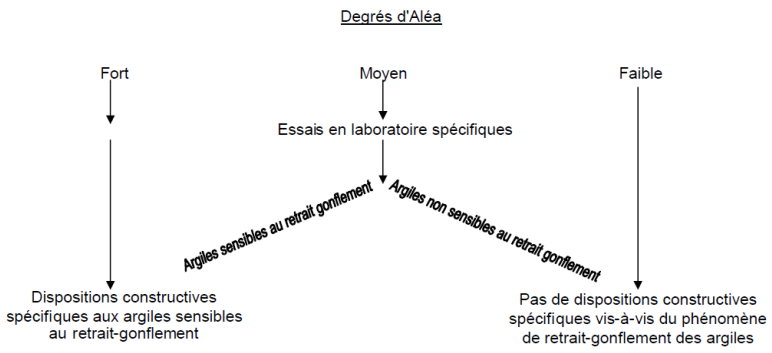
- renforcer la fondation selon les normes en vigueur en cas de risque lié au retrait gonflement des argiles
- mettre en place une taille cyclique des branches tous les 5 à 10 ans afin de limiter le volume aérien, et par conséquent racinaire,
- surveiller l'apparition de fissures : au besoin, tenter une réduction drastique et l'assortir d'une mise sous surveillance rapprochée dans les années de réaction post-traumatique et le cas échéant procéder à l'abattage.

D'une manière générale, ces préconisations ont pour objectif d'assurer la survie de l'arbre et de limiter les risques de chute de branche ou pire de chablis (arbre entier).

Dispositions réglementaires (rappel)

Des dispositions constructives spécifiques au phénomène de retrait-gonflement des argiles sont à respecter :

- en zone d'aléa fort,
- en zone d'aléa moyen lorsque la présence d'argiles sensibles au phénomène de retrait-gonflement à faible profondeur sera confirmée grâce à la réalisation d'essais en laboratoire spécifiques,
- A l'inverse, en zone d'aléa faible et en zone d'aléa moyen lorsque la présence d'argiles sensibles au phénomène de retrait-gonflement à faible profondeur sera infirmée grâce à la réalisation d'essais en laboratoire spécifiques, les projets ne feront pas l'objet de dispositions constructives particulières.



Effondrement liés aux carrières souterraines

La présence de calcaires sur les communes de Bruz et de Chartres-de-Bretagne (roche plutôt rare dans le secteur rennais) a favorisé, durant les siècles derniers, son exploitation relativement intensive sur un secteur restreint ; exploitations semi industrielles ou artisanales d'extraction de chaux ou d'amendements calcaires pour l'agriculture. L'exploitation de ces matériaux se faisait à partir de carrières à ciel ouvert ou de puits et de galeries souterraines. Ces exploitations sont aujourd'hui abandonnées, partiellement comblées pour certaines et le plus souvent non repérables sur le terrain, les cultures ou pâturages (ou les zones urbanisées) ayant reconquis les parcelles. La présence de cavités souterraines (plus ou moins remblayées) couplées à des circulations d'eau et la proximité de zones de fracturation entraîne un risque avéré d'effondrements en cas de travaux de fondation (habitations, infrastructures routières, zones d'activités industrielles…).

En fonction de l'occurrence du risque élaboré par des études de sols, 3 niveaux d'aléa ont été définis : fort, moyen et faible. Plusieurs principes dispositions s'appliquent.

Principes d'aménagement

Des dispositions techniques constructives sont à entreprendre :

- Les techniques "actives" qui consistent, au sein de la cavité, à s'opposer au phénomène d'instabilité en lui-même, pour minimiser ou supprimer définitivement le risque.

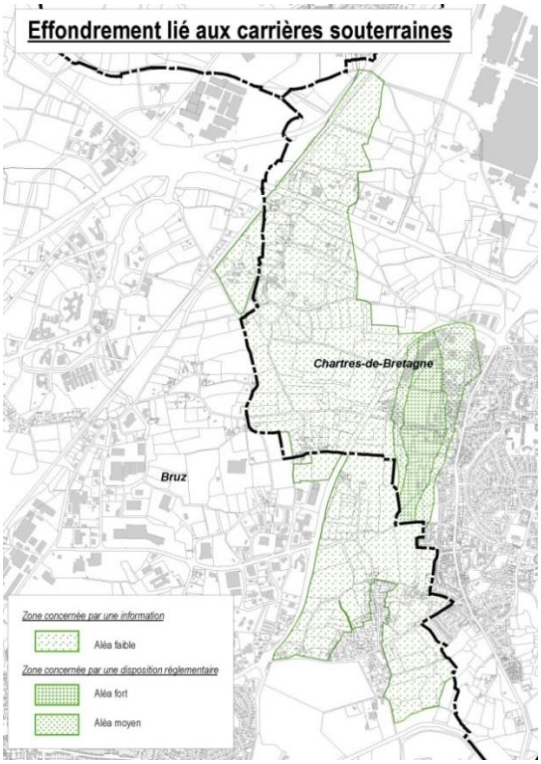
- Les techniques "passives" qui consistent à adopter des dispositions constructives particulières au niveau de bâtiments ou d'ouvrages neufs par un renforcement de la structure ou la réalisation de fondations spéciales.

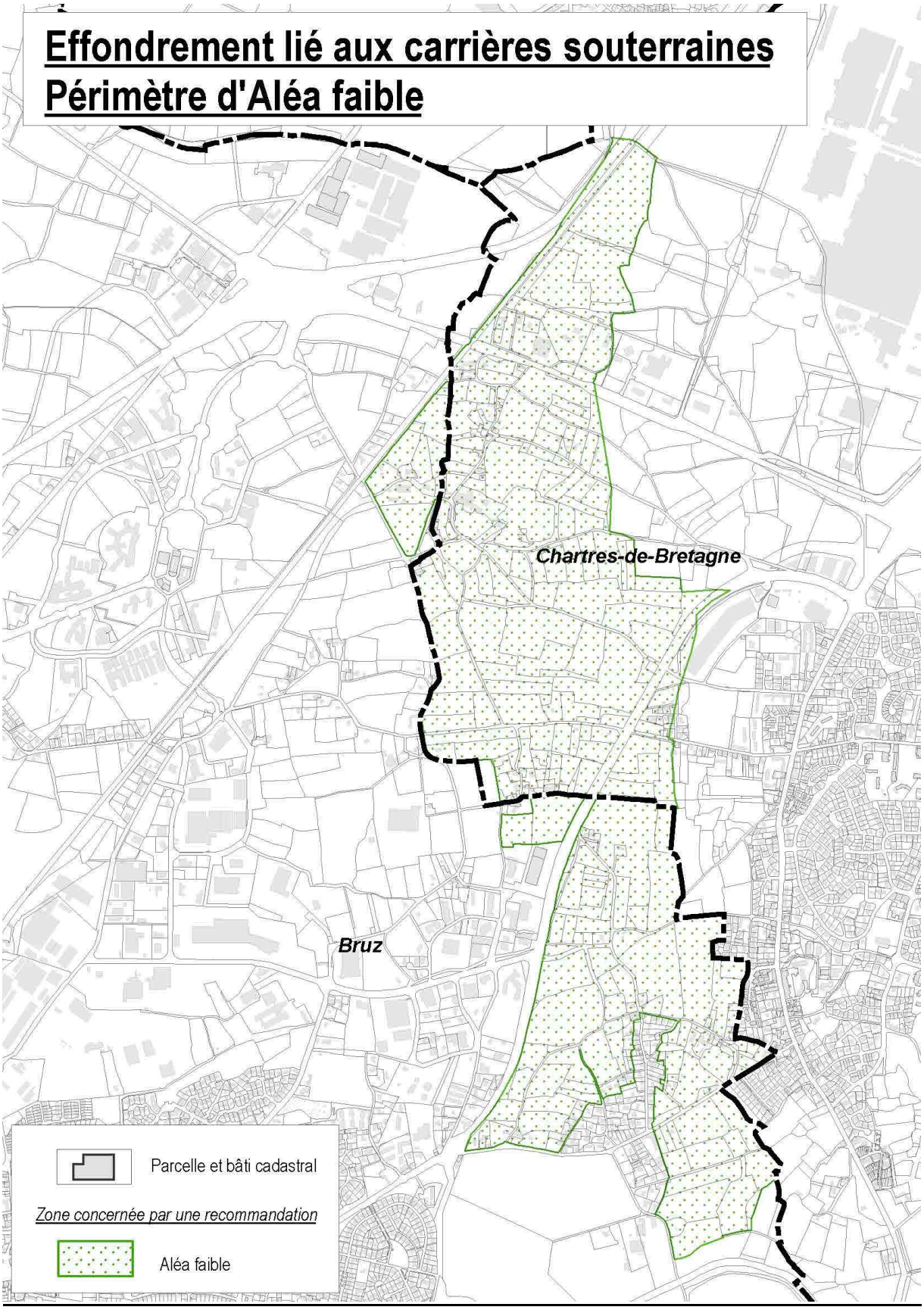
À l'intérieur du périmètre d'aléa faible, ces principes d'aménagement et des dispositions constructives sont recommandées.

Dispositions réglementaires (rappel)

Le risque d'effondrement est présent sur certains secteurs sur lesquels s'appliquent des prescriptions pour tout projet d'aménagement et de construction.

- À l'intérieur du périmètre d'aléa moyen : les terrains sont inconstructibles sauf si les conclusions d'une étude géotechnique intégrant une reconnaissance par sondages supérieurs ou égaux à 20 m permettent de déterminer l'aptitude des sols à supporter de nouvelles constructions.
- À l'intérieur du périmètre d'aléa fort : les terrains sont inconstructibles sauf si les conclusions d'une étude géotechnique intégrant une reconnaissance par sondages supérieurs ou égaux à 20 m permettent de déterminer l'aptitude des sols à supporter des extensions des constructions existantes.




Effondrement lié aux carrières souterraines
Périmètre d'Aléa faible
Chartres-de-Bretagne
Bruz
Parcelle et bâti cadastral
Zone concernée par une recommandation
Aléa faible

Affaissement – Tassement des sols

L'étude après-mine (2006-2008) menée sur la concession minière de Pont-Péan où se situe l'ancienne activité d'extraction polymétallique (Plomb, Zinc, Argent), a identifié deux types d'aléas induits par l'arrêt de l'exploitation : l'aléa « affaissement localisé » et l'aléa «tassement ». Les travaux ont en effet eu une ampleur significative et étendue en profondeur jusqu'à 600 m.

L'aléa « affaissement localisé » est présent à l'aplomb des travaux à faible profondeur et en tête d'ouvrage. Le niveau le plus élevé (estimé à « moyen ») est attribué à l'aplomb des travaux situés entre 0 et 50 m de profondeur et dont la présence est attestée par des plans.

L'aléa « tassement » est présent sur les dépôts de surface ainsi qu'à l'aplomb des secteurs exploités à faible profondeur (jusqu'à 50 m de profondeur).

Principes d'aménagement

L'objectif des dispositions vise à assurer un maximum de sécurité des biens et des personnes.

Niveau de simple information

Lorsque le terrain relève du niveau d'une simple information, le risque est considéré comme faible. Toutefois, une étude de sols est recommandée.

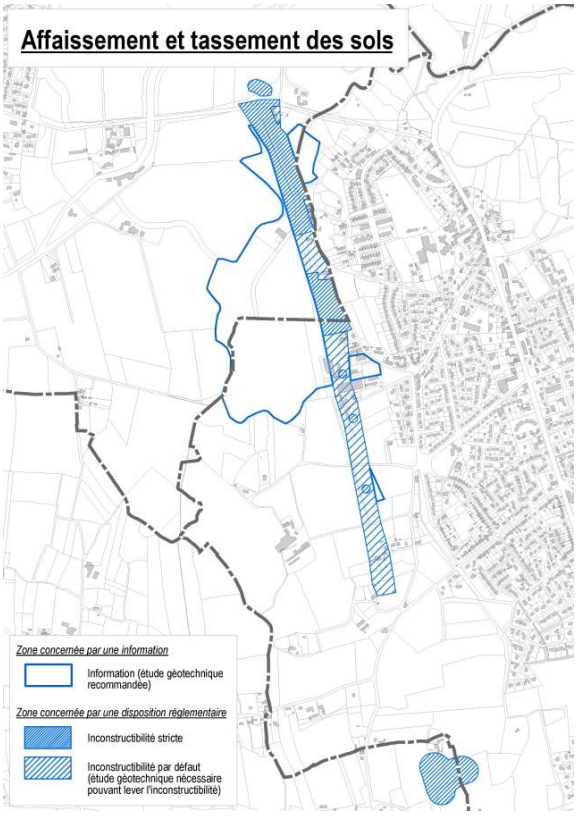
Dispositions réglementaires (rappel)

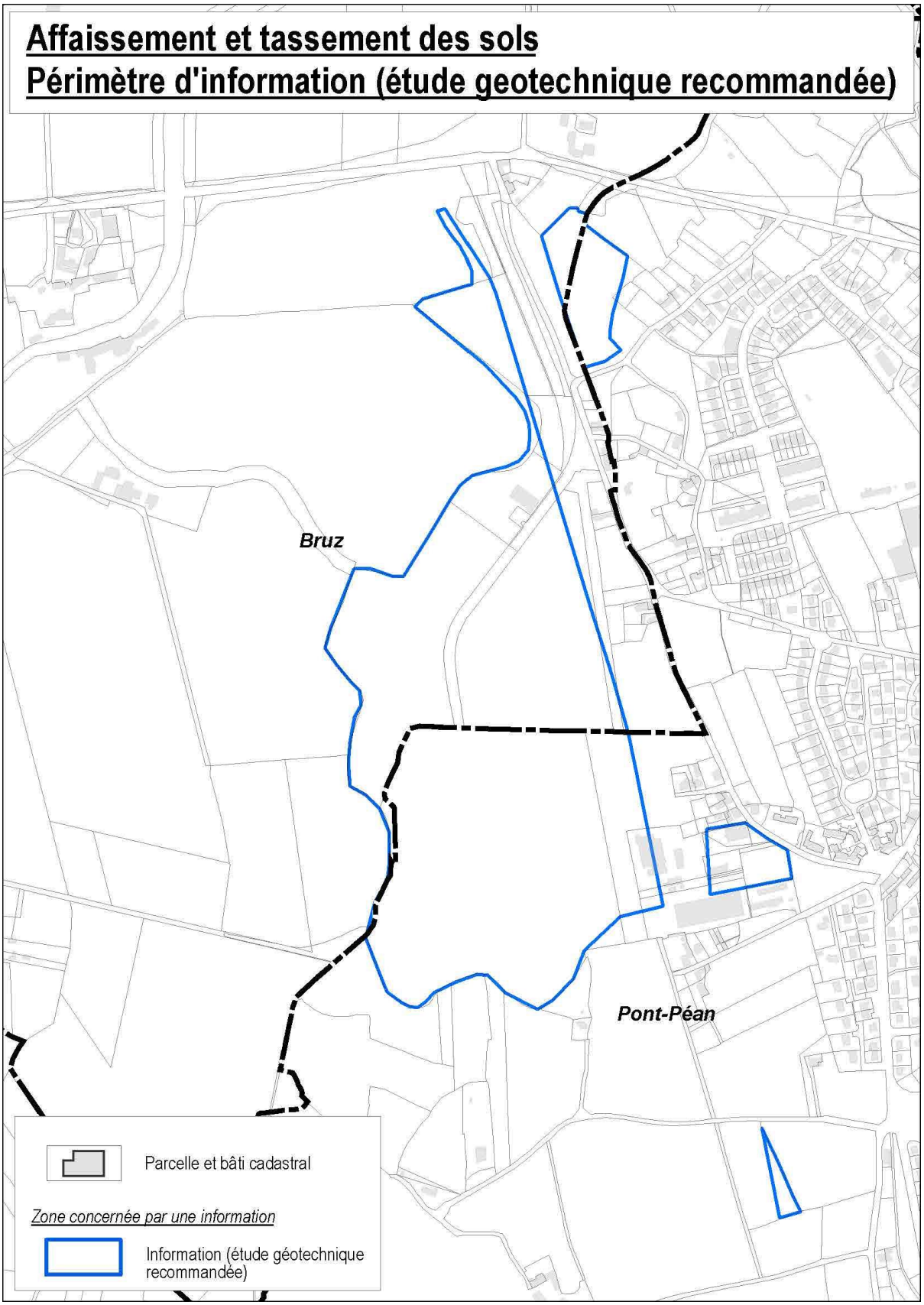
Sur certains secteurs, les projets de construction ou d'extension font l'objet de prescriptions selon 2 niveaux :

Niveau d'inconstructibilité stricte en raison du potentiel d'aggravation du risque liée à toute construction nouvelle

Niveau d'inconstructibilité par défaut basé sur la présence de risque non négligeable mais dont la réversibilité est potentiellement envisageable dès lors que des études de sols préalables le démontrent. La "conditionnalité" se fait sur les terrains et non sur les demandes d'autorisations induites.

Ainsi, l'autorité compétente à délivrer les actes d'urbanisme peut exiger, en vertu de la compatibilité avec la sécurité publique au sens de l'article R. 111-2 du Code de l'Urbanisme, toute étude nécessaire lui permettant de lever ou non l'inconstructibilité. Les annexes sont autorisées sans études préalables.




Affaissement et tassement des sols
Périmètre d'information (étude geotechnique recommandée)
Bruz
Pont-Péan
Parcelle et bâti cadastral
Zone concernée par une information
Information (étude géotechnique recommandée)

Orientation 5 : Limiter les émissions de radon dans les constructions

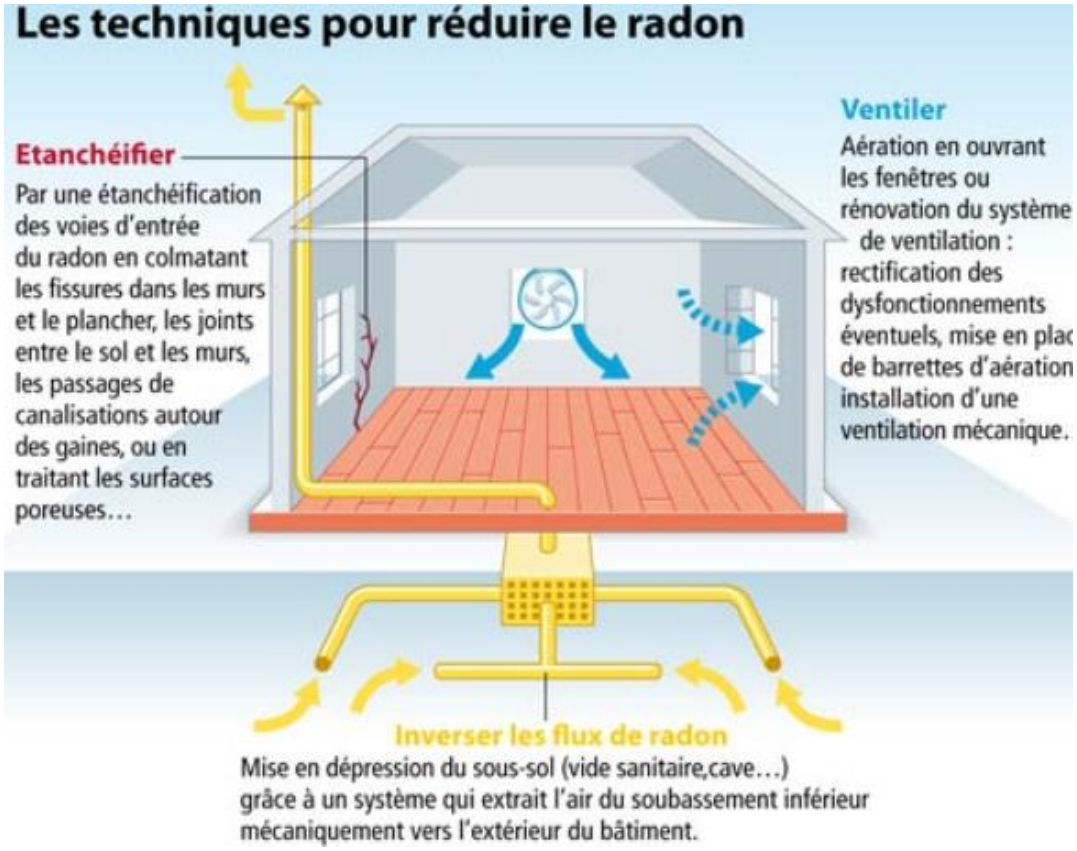
Le radon est un gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches, en particulier le granite. En se désintégrant, il forme des descendants solides, eux-mêmes radioactifs. Ces descendants peuvent se fixer sur les aérosols de l'air et, une fois inhalés, se déposer le long des voies respiratoires en provoquant leur irradiation.

Principes d'aménagement

D'une manière générale, les actions correctives consistent à limiter les remontées de radon.

Les projets d'aménagement et de construction veillent à :

- Assurer une étanchéité sol-bâtiment
- Favoriser le renouvellement d'air des locaux



Exemples de dispositions constructives

Plusieurs textes juridiques récents précisent la nature du risque et fixe des dispositions et mesures incombant aux communes et certains propriétaires ou exploitants, notamment d'établissements ouverts aux publics (établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance, sociaux, médico-sociaux, etc.)

Le décret de juin 2018 a établi un classement national en 3 catégories de communes exposées au risque du radon

- Zone 1 : faible
- Zone 2 : faible / facteurs géologiques
- Zone 3 : significatif

Les communes de Rennes Métropole sont concernées de façon différenciée selon les 3 types de zones (cf. carte).

Communes concernées par une information relative au radon

Une information plus complète est précisée par la Préfecture d'Ille et Vilaine, accessible sur le site Internet.

Orientation 6 : Développer les démarches d'Urbanisme Favorable à la Santé dans les projets d'aménagement

Principes d'aménagement

Il est recommandé que les acteurs urbains (collectivités, aménageurs, constructeurs et autres pétitionnaires…) développent la mise en œuvre d'approches intégrées de santé et de bien-être dans les nouvelles opérations d'aménagement.

Ils peuvent notamment s'appuyer sur le guide **"*Agir pour un Urbanisme Favorable à la santé*" de l'EHESP** (disponible en ligne sur le site de l'EHESP). Ce guide propose des outils pratiques permettant une meilleure prise en compte des déterminants de santé dans les projets urbains. Parmi ces outils, sont disponibles un référentiel d'analyse des projets structuré autour de 15 déterminants de santé et d'une série de fiches pratiques.

Déterminants de santé	Objectifs visés (*pour un Urbanisme favorable à la santé*) et quelques éléments d'appréciation
Famille I : modes de vie, structures sociales et économiques	
1- Comportements de vie sains	• Favoriser les déplacements et modes de vie actifs • Inciter aux pratiques de sport et de détente • Inciter à une alimentation saine
2- Cohésion sociale et équité	• Favoriser la mixité sociale, générationnelle, fonctionnelle • Construire des espaces de rencontre, d'accueil et d'aide aux personnes vulnérables
3- Démocratie locale/citoyenneté	• Favoriser la participation au processus démocratique
4- Accessibilité aux équipements, aux services publics et activités économiques	• Favoriser l'accessibilité aux services et équipements
5- Développement économique et emploi	• Assurer les conditions d'attractivité du territoire
Famille II : cadre de vie, construction et aménagement	
6- Habitat	• Construire ou réhabiliter du bâti de qualité (*luminosité, isolation thermique et acoustique, matériaux sains…*)
7- Aménagement urbain	• Aménager des espaces urbains de qualité (*mobilier urbain, formes urbaines, ambiances urbaines, offre en espaces verts…*)
8- Sécurité-tranquillité	• Assurer la sécurité des habitants
Famille III : milieux et ressources	
9- Environnement naturel	Préserver la biodiversité et le paysage existant
10- Adaptation aux changements climatiques	• Favoriser l'adaptation aux évènements climatiques extrêmes • Lutter contre la prolifération des maladies vectorielles
11- Air extérieur	• Améliorer la qualité de l'air extérieur
12- Eaux	• Améliorer la qualité et la gestion des eaux
13- Déchets	• Inciter à une gestion de qualité des déchets (*municipaux, ménagers, industriels, de soins, de chantiers,…*)
14- Sols	• Améliorer la qualité et la gestion des sols
15- Environnement sonore et gestion des champs électromagnétiques	• Améliorer la qualité sonore de l'environnement et gérer les risques liés aux champs électromagnétiques

A noter le projet ISadOrA (Intégration de la santé dans les opérations d'aménagement) - porté conjointement par l'EHESP, l'a'urba et la Fnau, et financé par les ministères de la santé, de l'environnement et l'Ademe. Ce projet met à disposition une série de fiches action permettant de guider, de façon pragmatique, les acteurs de l'aménagement pour intégrer la santé à toutes les étapes d'élaboration des opérations d'aménagement.

Les Évaluations d'Impacts sur la Santé (EIS), recommandée par l'OMS, peuvent utilement servir de méthodologie pour les maitres d'ouvrages de projet urbain.

Orientations "Climat / Énergie"

L'orientation "Climat / Energie", comprend des objectifs d'aménagement stratégiques et transversaux (orientations n°7 à 12) organisés selon les chantiers identifiés en introduction du présent document, lesquels sont déclinés par échelle d'intervention urbaine :

- "Quartier ou opération d'aménagement", intégrant espaces privés et publics,
- "Ilot", concernant des îlots ou des regroupements parcellaires, prenant en compte les parcelles voisines,
- "Parcelle ou bâti", échelle de la construction.

Ces recommandations s'appliquent à l'ensemble de la métropole et définissent un cadre d'intervention urbaine général dans lequel sont invités à s'inscrire tous les projets d'aménagement ou de construction à usage d'habitat ou d'activités.

Ces recommandations peuvent en outre être déclinées localement dans le cadre d'une OAP de quartier.

Certaines recommandations peuvent également trouver une traduction **réglementaire** (définitions, règles d'implantations, règles concernant les matériaux, coefficient de végétalisation, etc.) qui concernent certaines zones ou thématiques. Elles sont identifiées dans la présente orientation par le figuré Ⓡ.

Certains concepts ou vocabulaires sont expliqués et détaillés dans la partie **glossaire** de la présente orientation. Ils sont identifiées par le figuré Ⓖ.

Certains outils peuvent accompagner, à titre d'exemple ou d'outil, la mise en œuvre des principes déclinés dans cette orientation. Ils sont regroupés au sein d'une **boîte à outils** et identifiés par le figuré BO.

La présente orientation porte deux objectifs majeurs : la **conception bioclimatique** et l'**ambition carbone.**

Conception bioclimatique

La conception bioclimatique consiste à mettre à profit les conditions climatiques favorables tout en se protégeant de celles qui sont indésirables, ceci afin d'obtenir le meilleur confort thermique en :

- recherchant la sobriété énergétique,
- favorisant les apports et les modes passifs.

Le meilleur moyen de répondre aux enjeux climatiques est donc d'intégrer ces principes à la conception des espaces urbains, de l'échelle du quartier à celle du bâti en passant par celle de l'îlot.

L'objectif principal de la conception bioclimatique est d'**obtenir le confort d'ambiance recherché de manière la plus naturelle possible** en utilisant les moyens architecturaux, la production d'énergies renouvelables et en utilisant le moins possible les moyens techniques mécanisés et les énergies extérieures au site. Ces stratégies et techniques urbaines et architecturales cherchent à profiter au maximum du soleil en hiver et de s'en protéger durant l'été. Il s'agit également d'architecture "solaire" ou "passive". Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable.

La conception bioclimatique est à favoriser dans la conception urbaine à la fois à l'échelle du quartier et de l'îlot ou de la parcelle.

La **conception bioclimatique urbaine** s'appuie sur :

- L'analyse physique du ou des terrains (topographie, vents, ensoleillement et masques solaires, nuisances sonores et ressources) permettant de dégager les atouts et contraintes physiques et climatiques.
- Les tracés de la trame viaire qui déterminent l'orientation des futures constructions.
- Le découpage des parcelles qui déterminent aussi l'orientation et la forme des constructions pour optimiser leur exposition.
- Les choix des volumétries et l'épannelage permettant d'optimiser les apports solaires des constructions.

La **conception architecturale bioclimatique** s'appuie sur :

- L'implantation et l'orientation permettant de maximiser les apports solaires et la ventilation naturelle (double exposition).
- L'architecture du bâti : compacité, maximisation des surfaces vitrées exposées sud, minimisation de celles orientées nord, optimisation et protection efficiente des surfaces Est et Ouest.
- La distribution intérieure pensée en fonction de l'exposition.
- Le choix des matériaux : privilégier l'inertie de l'enveloppe, les couleurs et les performances thermiques.

La **performance énergétique**

Au-delà de la performance du bâti, de l'efficience des équipements techniques, de la production d'énergies renouvelables, la performance énergétique passe par l'innovation et la transition énergétique en optimisant les réseaux énergétiques. Les maîtres d'ouvrage sont invités à organiser les bâtiments avec les infrastructures de données ("smart ready"). Celles-ci peuvent permettre l'intégration de la domotique et de réseaux électriques intelligents afin de pouvoir intégrer par exemple du stockage, des services de flexibilité, des outils de gestion de l'énergie et des équipements, des outils d'optimisation locale de l'offre et de la demande, ou encore le développement de l'auto-consommation / auto-production à l'échelle des quartiers.

Ambition Carbone

Sur un cycle de vie de 50 ans, la partie construction d'un bâtiment représente 40 à 60 % de son impact carbone total, le reste étant principalement issu de ses consommations énergétiques.

La réduction de l'impact carbone de la production de la ville est à favoriser dans la conception urbaine à la fois à l'échelle du quartier et de l'îlot ou de la parcelle notamment en :

- recherchant des alternatives aux **mobilités carbonées**,
- réduisant l'**énergie grise** consommée dans la construction urbaine par des modes constructifs et le choix de matériaux à faible impact carbone,
- favorisant des matériaux adaptés.

Les enjeux et objectifs du Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET)

Diviser par deux les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) par habitant à l'horizon 2030, améliorer la qualité de l'air et s'adapter au changement climatique par divers moyens :

- ⇨ **Mobilités** : engager la révolution des usages avec de nouvelles façons de se déplacer (covoiturer une journée par semaine, un parc 100% bus propre en 2030, 85% de voyages supplémentaires sur le réseau STAR, développer la logistique urbaine durable).
- ⇨ **Bâtiments** : franchir une nouvelle étape dans nos manières d'habiter, de construire et d'aménager (à partir de 2024, 6 000 logements rénovés par an et 100% de logements passifs ou à énergie positive dans les opérations publiques et à l'horizon 2030, rénover ¼ des surfaces de bâtiments tertiaires – publics et privés), aider au développement des éco-matériaux, intégrer un coefficient de végétalisation aux nouveaux projets.
- ⇨ **Energie** : Initier une nouvelle relation à la production et à la consommation d'énergie (diminuer de 40%la part des logements chauffés aux énergies fossiles, 25% d'électricité renouvelable achetée par Rennes Métropole à partir de 2024, multiplier par 3 l'usage d'énergies renouvelables et de récupération.
- ⇨ **Economie** : favoriser l'économie circulaire et collaborative avec de nouveaux modèles de production (soutenir l'économie circulaire et l'éco-construction, 100% des déchets valorisés en 2024, favoriser un système alimentaire plus durable et résilient, réduire l'impact environnemental des entreprises tertiaires et industrielles).

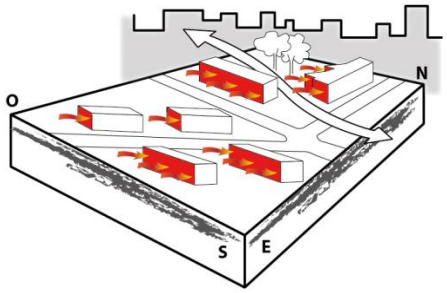
Fiches climat / énergie

- ⇨ La présente orientation propose des fiches-outils aux différentes échelles d'intervention urbaine.
- ⇨ Ces fiches proposent des manières d'aborder les projets urbains ou de construction en intégrant les objectifs bioclimatiques et l'ambition carbone.
- ⇨ L'articulation de tout ou partie de ces principes doit se faire dans le respect des règles édictées dans le règlement du PLUi et des objectifs de préservation du patrimoine.
- ⇨ Ces différents principes peuvent être cumulés en fonction de la situation urbaine de chaque projet.

Recommandations à l'échelle du quartier ou de l'opération d'aménagement

Principes d'aménagement en faveur du confort d'hiver :

- Favoriser les apports solaires passifs en recherchant les **façades** et les **ouvertures orientées au sud** (organisation trame viaire et bâtiments) et les doubles orientations des logements.
- Favoriser les **performances énergétiques renforcées** (secteurs de performances énergétiques (R)).
- Protéger les bâtiments des **vents hivernaux dominants** (BO).
- Prévoir des morphologies urbaines favorisant la **mitoyenneté** et la **compacité du bâti** (BO).
- Lors de travaux de rénovation lourde ou d'extension, favoriser une **rénovation thermique** des bâtiments.



Principes d'aménagement en faveur du confort d'été :

- Implanter les bâtiments en favorisant la **circulation des vents estivaux dominants** (BO),
- Concevoir des espaces publics et bâtis évitant le stockage de la chaleur en augmentant l'**albédo** (G) :
  - privilégier des couleurs claires et des matériaux renvoyant la chaleur,
  - favoriser l'hétérogénéité des hauteurs et les interruptions de bâti (failles) afin de limiter l'effet "canyon urbain" (R) (principes de failles).

Principes d'aménagement en faveur des modes de production énergétiques renouvelables et locaux :

- Privilégier la **mixité fonctionnelle** pour un meilleur équilibre local de l'énergie produite et consommée.
- En zones d'activités, développer les synergies entre entreprises pour favoriser la valorisation de la matière et encourager un **approvisionnement local**.
- Favoriser les **énergies renouvelables et de récupération** :
  - installation de dispositifs de production, notamment sur les espaces déjà imperméabilisés,
  - **mutualisation** de ces installations (chaleur ou électrique),
  - renforcement des études d'approvisionnement énergétique et de potentiel en énergies renouvelables (BO) dans les opérations d'aménagement.
  -
- Favoriser l'**innovation dans l'approvisionnement énergétique** (smart-grid, réseaux électriques intelligents, flexibilité, stockage, auto-consommation / auto-production).
- Étudier l'opportunité de récupération et de valorisation de l'**énergie fatale** (recensement des sources et débouchés à l'échelle du quartier / zone dans l'étude d'approvisionnement énergétique – rapport au coût global de la zone).
- Privilégier l'implantation de bâtiments à **proximité des réseaux de chaleur** et favoriser leur raccordement.
- Favoriser l'**auto-consommation** individuelle ou collective.
- Protéger la **ressource bois-bocage** (R) et favoriser son exploitation et sa consommation locale.

Principes d'aménagement en faveur de la réduction de l'impact carbone :

- ⇨ Privilégier le développement urbain ou l'intensification urbaine dans les secteurs bien desservis par les **transports collectifs**.
- ⇨ Favoriser les mobilités douces, életriques et GNV / bio GNV (Plan de Déplacements d'Entreprises, équipement des stationnements).
- ⇨ Favoriser la **mixité fonctionnelle** à l'échelle du quartier et de l'îlot.
- ⇨ Prévoir les **conditions de développement des véhicules électriques** (installation de bornes de recharges).
- ⇨ Préconiser la **mutualisation du stationnement** en aérien ou en superstructure (parking-silos) moins impactant que le stationnement souterrain.
- ⇨ Limiter la consommation d'**énergie grise** en :
  - évitant les démolitions et développant la réutilisation des matériaux sur place,
  - privilégiant les matériaux locaux,
  - incitant les circuits courts ou soutenant les filières de recyclage et le réemploi des matériaux de constructions,
  - recherchant à réduire les volumes de terrassement en utilisant la topographie naturelle.

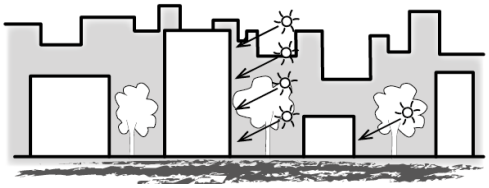
Principes d'aménagement en faveur de la végétalisation et du cycle de l'eau :

- ⇨ Favoriser la **perméabilité des espaces** (coefficient de végétalisation ®) en maximisant les surfaces permettant l'infiltration des eaux pluviales : pleine terre, aménagements avec surfaces de terre suffisante (minimum 60 cm, surfaces semi-perméables, toitures végétalisées), notamment pour les espaces accueillant du stationnement.
- ⇨ Renforcer la végétalisation du tissu urbain en intégrant les **trois strates de végétation** (herbacée, arbustive et arborée) afin de développer les ombrages.

Principes d'aménagement en faveur du bien-être et de la limitation des nuisances :

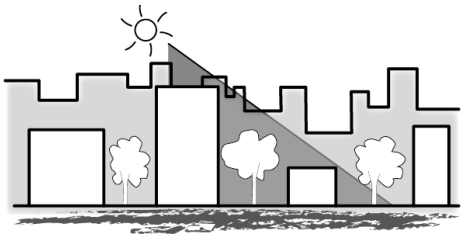
- ⇨ Promouvoir l'aménagement de **zones de ressourcement** à l'échelle du quartier ou de l'îlot (espaces partagés, cœur d'îlot, etc.),
- ⇨ Implanter le bâti de manière à favoriser la **dispersion des polluants et du bruit** (rupture d'alignements, largeur de bâti inférieures à la voirie, interdiction d'implantation de programmes sensibles dans les zones exposées ®.

Recommandations à l'échelle de l'îlot



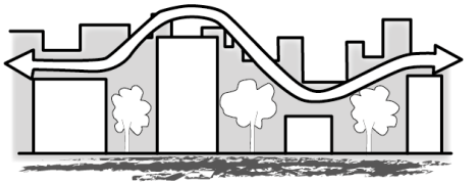
Principes d'aménagement en faveur du confort d'hiver :

- Favoriser les apports solaires passifs en recherchant les **façades** et les **ouvertures orientées au sud** (organisation trame viaire et bâtiments) et en **limitant les effets de masques.**
- Préconiser des morphologies urbaines favorisant la **mitoyenneté** et la **compacité du bâti** (BO).
- **Etudier la possibilité de favoriser une durée minimale d'ensoleillement du bâti et limiter les ombres portées** (BO).
- Lors de travaux de rénovation lourde ou d'extension, favoriser une **rénovation thermique** des bâtiments.



Principes d'aménagement en faveur du confort d'été :

- Favoriser la **circulation des vents estivaux dominants** en adaptant l'implantation des bâtiments de manière et en privilégiant les failles et l'hétérogénéité des hauteurs afin de limiter le stockage de la chaleur (effet "canyon urbain"),
- Privilégier des **revêtements de sol, toitures et façades** présentant un **albédo élevé** (G) ,
- Prévoir des **protections solaires d'été** (végétation caduque) ("Eléments architecturaux" (R)).



Principes d'aménagement en faveur des modes de production énergétiques renouvelables et locaux :

- Favoriser l'installation de dispositifs d'**énergies renouvelables et de récupération** (chaleur ou électrique) et rechercher la **mutualisation** de ces installations l'échelle de plusieurs bâtiments.
- Expérimenter l'**innovation dans l'approvisionnement énergétique** (smart-grids, réseaux électriques intelligents, flexibilité, stockage, auto-consommation / auto-production).
- Etudier l'opportunité de récupération et de valorisation de l'**énergie fatale** (G) (recensement par exemple des sources et débouchés à l'échelle du quartier / zone dans l'étude d'approvisionnement énergétique et coût global pour la zone).
- Favoriser l'**auto-consommation** individuelle ou collective.
- Privilégier des implantations bâties favorables aux dispositifs de **production d'énergies renouvelables** :
  - veiller à garantir l'ensoleillement des toitures **en limitant les ombres portées** par et sur les bâtiments voisins,
  - exploiter **les orientations de toitures** au sud (plus ou moins 35° par rapport au sud),
  - préconiser des **pentes de toitures** (entre 30° et 60°) adaptées aux dispositifs de production d'énergie renouvelable.
- En zones d'activités, inciter au développement des synergies entre les entreprises pour favoriser la valorisation de la matière et encourager un **approvisionnement local**.

Principes d'aménagement en faveur de la réduction de l'impact carbone :

- ⇨ Favoriser la **mixité énergie renouvelable / végétation.**
- ⇨ Inciter à la **mutualisation du stationnement** en aérien.
- ⇨ Limiter la consommation d'**énergie grise** en :
  - optimisant les démolitions et développant la réutilisation des matériaux sur place,
  - privilégiant le réemploi de matériaux locaux,
  - incitant aux circuits courts et en soutenant les filières de recyclage et le réemploi des matériaux de constructions,
  - recherchant à réduire les volumes de terrassement en utilisant la topographie naturelle.

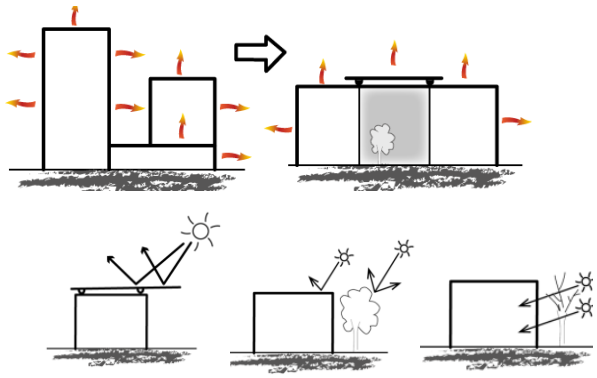
Principes d'aménagement en faveur de la végétalisation et du cycle de l'eau :

- ⇨ Favoriser la **perméabilité des espaces** (coefficient de végétalisation (R)) en maximisant les surfaces permettant l'infiltration des eaux pluviales : pleine terre, aménagements avec surfaces de terre suffisante (minimum 60 cm, surfaces semi-perméables, toitures végétalisées), notamment pour les espaces accueillant du stationnement,
- ⇨ Inciter à la végétalisation du tissu urbain et au développement des **trois strates de végétation** dans les projets (herbacée, arbustive et arborée) afin de développer les ombrages.
- ⇨ Privilégier des **clôtures végétales** permettant la circulation de l'air et favorisant la biodiversité.

Principes d'aménagement en faveur du bien-être et de de la limitation des nuisances :

- ⇨ Favoriser les espèces végétales fixant les polluants et/ou concourant à réduire la pollution (BO).
- ⇨ Éviter les espèces allergènes (BO).

Recommandations à l'échelle de la parcelle ou du bâtiment



Principes d'aménagement afin de favoriser le confort d'hiver :

- Favoriser les apports solaires passifs en :
  - recherchant des orientations Nord / Sud.
  - **maximisant** les surfaces vitrées et les pièces à vivre exposées au **sud,**
  - **minimisant** les surfaces vitrées et les pièces à vivre exposées au **nord,**
  - **optimisant les** surfaces vitrées orientées Est et Ouest**.**
- Préconiser un **éclairage naturel** (R) des espaces communs et des logements afin de limiter la consommation énergétique ; privilégier la lumière naturelle dans les logements monoexposés d'une profondeur supérieure à 10 m par des dispositifs spécifiques (puits de lumière, etc.).
- Étudier une **compacité optimale du bâti** (BO)**.**
- Développer la conception du bâti selon des modes passifs (méthodes de calcul "Passive House Planning Package" – PHPP (BO)).
- Rechercher l'**intégration de volumes non chauffés** pouvant assurer des fonctions de tampons thermiques (serres, vérandas, coursives, jardins d'hiver, atriums, doubles peaux, garages, celliers, etc.).
- Inciter à la **mutualisation des locaux** pour réduire la part des surfaces faiblement occupées.
- Privilégier l'**inertie thermique** de l'enveloppe du bâtiment et privilégier des **performances thermiques adaptées** à l'usage du bâti.
- Rechercher une **isolation thermique performante** et permettre une isolation par l'extérieur (R) (rénovation).
- Lors de travaux de rénovation lourde ou d'extension, favoriser une **rénovation thermique** des bâtiments.

Principes d'aménagement afin de favoriser le confort d'été :

- Privilégier la **double orientation des logements** (R) **a**fin de favoriser un rafraîchissement en été (limitation de l'impact de l'Ilot de Chaleur Urbain).
- Préférer des **revêtements de sol, toitures et façades** présentant un **albédo élevé** (G) .
- Privilégier, dans chaque projet, des **protections solaires** extérieures (façades sud et ouest) ("Éléments architecturaux" (R)).

Principes d'aménagement afin de favoriser des modes de production énergétiques renouvelables et locaux :

- Favoriser l'**innovation énergétique** (bâtiment compatible avec l'intégration de smart grids, bornes électriques, domotique, etc.).
- Envisager valorisation de l'**énergie fatale** (G) (recensement des sources et débouchés des process industriels).
- Privilégier des configurations de bâti favorables aux dispositifs de **production d'énergie renouvelable** et une structure capable de supporter de telles installations :
  - **orientations de toitures** au sud (plus ou moins 35° par rapport au sud),
  - **pentes de toitures** (entre 30° et 60°) adaptées aux dispositifs de production d'énergie renouvelable,
  - **surface dégagée** avec accessibilité maintenance et réserve locaux techniques,
  - **capacité de surcharge** adaptée à de tels équipements
- Approfondir les études d'approvisionnement et de potentiel d'énergies renouvelables en simulant plusieurs scenarios réalistes selon la méthode du **coût global**.
- Favoriser l'installation de dispositifs d'**énergies renouvelables et de récupération** (chaleur ou électrique) ; projets neufs ou rénovation lourde : par exemple production EnR > ou = à 27% de la chaleur ou électricité consommée ; optimisation des secteurs stationnement (> 400 m²), etc.
- Favoriser l'**auto-consommation** individuelle ou collective.
- Étudier l'opportunité de récupération et de valorisation de l'**énergie fatale** (G) (eaux grises).
- En zones d'activités, développer les synergies entre entreprises pour favoriser la valorisation de la matière et encourager un **approvisionnement local**.

Principes d'aménagement en faveur de la réduction de l'impact carbone :

- Concevoir des **bâtiments évolutifs** pour permettre les adaptations ultérieures (usages), et notamment :
  - une **hauteur de rez-de-chaussée** suffisante pour permettre l'installation de commerces ou des services Ⓡ.
  - une **organisation interne** permettant de réorganiser les espaces intérieurs,
  - un aménagement réversible **des pieds d'immeubles.**
  -
- Intégrer la **démarche Analyse du Cycle de Vie** Ⓖ BO (ACV) des matériaux dans les opérations d'aménagement.
- Limiter la consommation d'**énergie grise** en :
  - optimisant les démolitions et développant la réutilisation des matériaux sur place,
  - privilégiant le réemploi de matériaux locaux, bio-sourcés Ⓡ, à faible émission de Gaz à Effet de Serre et ayant un potentiel de stockage carbone (exemple : bois) et les matériaux nécessitant peu de transformations (exemple : terre crue, paille, chanvre) et disponibles à des distances raisonnables,
  - privilégiant les circuits courts et soutenant les filières de recyclage et le réemploi des matériaux de constructions,
  - recherchant à réduire les volumes de terrassement en utilisant la topographie naturelle.
  -
- Favoriser la **mutualisation du stationnement**.

Principes d'aménagement en faveur de la végétalisation et du cycle de l'eau :

- Favoriser la présence de végétation sur le bâti et notamment les **toitures et murs végétalisés**, ainsi que la **végétalisation des pieds d'immeubles**.
- Favoriser des gazons à croissance lente et des arbres et haies libres nécessitant peu de taille (limitation des déchets verts).
- Gérer les **eaux pluviales** de manière gravitaire et favoriser des modes de gestion des eaux pluviales à l'air libre permettant l'infiltration Ⓡ et l'irrigation des végétaux).

Principes d'aménagement afin de favoriser le bien-être et de limiter les nuisances :

- Tirer parti des **espaces entre les bâtiments** pour offrir des zones de fraîcheur (jardins, venelles, patios, terrasses, etc.) et offrir des lieux de ressourcement,
- Rechercher une **bonne ventilation des logements** par une orientation adaptée et prévoir des **systèmes de ventilation performants**,
- Privilégier **les logements traversants** permettant une meilleure circulation de l'air intérieur,
- Favoriser l'usage de **matériaux non polluants et non nocifs** Ⓖ.
- Favoriser les **matériaux biosourcés** Ⓖ limitant les polluants intérieurs.

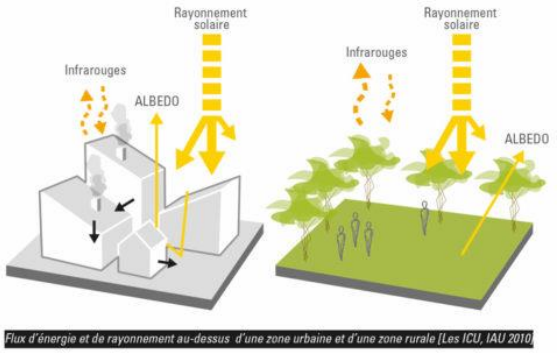
Glossaire Ⓖ

Albédo

C'est la quantité de rayonnement solaire réfléchi par la surface terrestre (ou facteur de réflexion). Plus le rayonnement absorbé par la surface est important et moins il est réfléchi, plus la surface chauffe.

Les objets noirs (tels que l'asphalte des routes) ont une valeur albédo faible, absorbent donc une grosse partie des rayons du soleil et se réchauffent fortement.

Les objets blancs ont un albédo élevé et réfléchissent les rayons du soleil beaucoup plus fortement, de sorte qu'ils se réchauffent moins rapidement.



Source : SPL Lyon-Part-Dieu

L'albédo désigne l'indice de réfléchissement d'une surface en fonction de sa couleur mais aussi de sa texture et porosité.

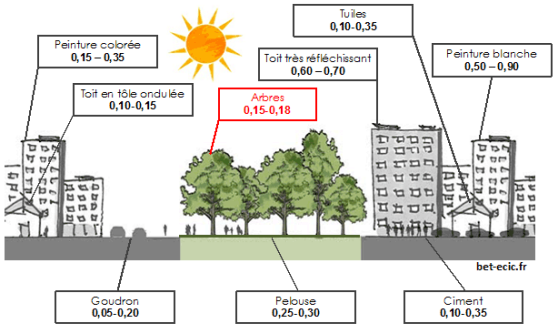
C'est une valeur comprise entre 0 et 1 : un corps noir a un albédo nul car il absorbe toute la lumière incidente et un miroir, un albédo de 1 car il réfléchit toute la lumière incidente.

Quelques chiffres :

Substance	Albédo (%)
Corps noir	0
Océans	7
Forêts	5-10
Sols	16
Champs	14-17
Béton	17-27
Sable	25-30
Chaux	36
Glace	30-50
Neige tassée	52-81
Neige fraîche	81-92
Miroir	100

Source : Albedo Ingénierie www.albedo-hqe.com "droits réservés"

Outre les couleurs, la nature des matériaux joue également un rôle dans l'absorption ou la réflexion de la chaleur et a donc de ce fait une influence sur le phénomène d'Ilot de Chaleur Urbain (ICU).



Analyse du Cycle de Vie des matériaux (ACV)

La méthode ACV permet d'évaluer les effets environnementaux de la vie d'un produit durant toutes les étapes de sa vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux déchets ultimes. Elle recense et quantifie, tout au long de la vie d'un produit, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines. Pour les produits, cette ACV est normalisée par les normes ISO (14040 à 14044) depuis 1994.

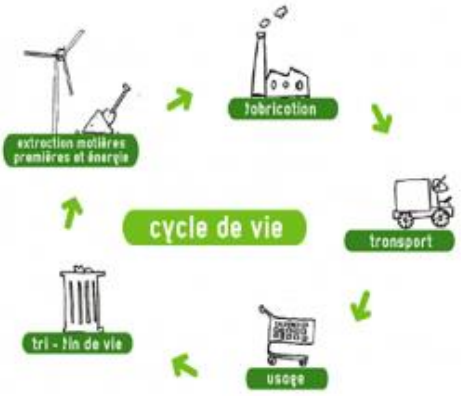


Schéma du cycle de vie des biens de consommation

Source : HESPUL

L'analyse ACV permet une évaluation globale et multicritère des impacts environnementaux. Elle est fondée sur une double approche :

- Une approche "cycle de vie", prenant en compte toutes les étapes de la vie d'un produit (extraction des matières premières énergétiques et non énergétiques nécessaires à la fabrication du produit, distribution, utilisation, collecte et élimination vers les filières de fin de vie, comprenant les phases de transport.
- Une approche "multicritères", fondée sur plusieurs critères d'analyse des flux entrants et sortants (= "flux"), comme par exemple :
  - les flux des matières et de l'énergie : ressources en fer, eau, pétrole, gaz, etc.
  - les flux sortants tels que déchets, émissions gazeuses, etc.

L'analyse de ces flux permet d'obtenir des indicateurs d'impacts potentiels sur l'environnement.

La méthodologie de l'analyse du cycle de vie s'articule autour de quatre étapes :

1- Définition des objectifs et du champ de l'étude (type et usages du produit, unité fonctionnelle définissant la pertinence environnementale du produit) ;
2- Analyse de l'inventaire du cycle de vie (activité du produit et émissions de polluants) ;
3- Evaluation des impacts ;
4- Interprétation : propositions d'amélioration, planification stratégique, politique publique, mercatique.

Ce type d'analyse, initialement prévue pour des produits de consommation, peut être étendu aux politiques d'aménagement, en intégrant les préoccupations déclinées dans la Boîte à outils BO ci-après.

Énergie fatale

Lors de la production d'énergie (transformation d'énergie en une forme utilisable pour l'homme), des dissipations d'énergie se produisent. Ainsi, le rendement d'une transformation d'énergie n'est jamais égal à 100%.

Si l'énergie produite est inutilisée ou inutilisable parce qu'elle est piégée dans des matériaux ou perdue dans des flux incontrôlés, elle est dite "fatale". Prenons les deux exemples suivants :

- Le moteur d'une automobile ne transforme que partiellement (35%) en énergie cinétique l'énergie chimique de son carburant. La chaleur dissipée dans l'atmosphère (65%) est fatale. On ne la récupère que très partiellement (chauffage, turbo compression) ;
- Ue partie de l'énergie injectée dans les bâtiments actuels est fatale. Elle est évacuée sans être valorisée, en particulier dans l'air en sortie de ventilation ou de chauffage et sous forme d'eau usée chaude (douches, vaisselle).

Le terme "fatale" est ambigu lorsqu'il désigne une énergie certes inutilisable en l'état mais qui pourrait être récupérée et valorisée dans d'autres processus. Par exemple, les déchets ménagers et industriels contiennent des quantités importantes d'énergie résiduelle considérée comme fatale lorsque ces déchets sont enterrés. L'énergie peut toutefois être partiellement récupérée si ces mêmes déchets sont incinérés, méthanisés ou recyclés.

En milieu urbain, différentes énergies "fatales" peuvent en particulier être récupérées et réutilisées : énergies liées au chauffage et à l'éclairage de certaines structures (centres commerciaux), chaleur libérée par les data-centers, chaleur libérée par la circulation des eaux grises (vaisselle, douches, etc.).

Evapotranspiration

C'est l'émission de vapeur d'eau qui résulte de deux phénomènes : l'évaporation (phénomène purement physique) et la transpiration des plantes. La recharge des nappes phréatiques par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal peut être limitée. En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes.

Espace de pleine terre

Il concerne les surfaces perméables ne comportant pas de construction à quelque niveau que ce soit. Les éventuels ouvrages existants ou projetés dans son tréfonds ne doivent pas porter préjudice à l'équilibre pédologique du sol et permettent notamment le raccordement de son sous-sol à la nappe phréatique.

Les ouvrages d'infrastructure profonds participant à l'équipement urbain (ouvrages ferroviaires, réseaux, canalisations...) ne sont pas de nature à déqualifier un espace de pleine terre. En revanche, les locaux souterrains attenants aux constructions en élévation et en dépendant directement, quelle que soit la profondeur desdits locaux ne permettent pas de le qualifier de pleine terre.

Espèces allergisantes

Les allergies aux pollens touchent en France environ 20% des enfants et 30% des adultes. Si, pour l'instant, les **graminées**, le **bouleau**, le **chêne** et l'**aulne** constituent les principales espèces allergisantes en Bretagne, d'autres espèces pourraient faire leur apparition dans les années à venir.

Pour réduire les risques sanitaires, il est important d'adopter des gestes simples de prévention.

Le pollen est l'élément reproducteur produit par les organes mâles des plantes. Il est constitué de petits grains aux formes très variables selon les espèces végétales. Il est invisible à l'œil nu et contient de nombreuses protéines allergisantes. Il est transporté par les insectes ou par le vent.

Les pollens qui ont un caractère allergisant proviennent généralement de plantes dites « anémophiles », c'est-à-dire utilisant le vent comme moyen de transport des grains de pollens. Ils sont souvent plus petits (bouleau, aulne, charme, noisetier, chêne…).

Certains pollens peuvent entraîner des réactions allergiques appelées « pollinoses » au niveau des zones de contact (muqueuses respiratoires et oculaires). Plus rarement, ils peuvent être responsables de réactions cutanées (eczéma ou urticaire).

L'allergie est une réponse exagérée de l'organisme contre une substance étrangère.

L'allergie respiratoire se présente sous deux formes principales : la rhinite allergique et l'asthme allergique.

La **rhinite allergique** ou « rhume des foins » résulte d'une inflammation des voies aériennes supérieures (nez, rhinopharynx et larynx) qui provoque une congestion nasale obstructive et sécrétante (démangeaisons, éternuements, rougeur conjonctivale, larmoiement, paupières collées ou irritées).

L'**asthme allergique** est une maladie inflammatoire des bronches (gonflement de la paroi des conduits aériens), conséquence de l'inhalation des allergènes en suspension dans l'air inhalé. Cette inflammation induit aussi une augmentation de la sensibilité des voies aériennes à d'autres stimuli. Cette maladie chronique se manifeste par des troubles respiratoires (dyspnée), avec une respiration sifflante (à l'expiration), un sentiment d'oppression thoracique, des épisodes récidivants de toux, un essoufflement après un effort, parfois une fatigue anormale brutale, une pâleur. Différents stades de l'asthme de gravité variable peuvent être identifiés, d'intermittent à persistant sévère. L'asthme est une maladie potentiellement mortelle.

Outre, les espèces précédemment citées, l'**ambroisie à feuille d'armoise** est une plante envahissante dont le pollen émis en fin d'été est très allergisant. Quelques grains de pollens par m^3 d'air suffisent à déclencher l'allergie. Dans 50% des cas, cette allergie peut en outre entraîner l'apparition de l'asthme ou provoquer son aggravation. Très présente dans la vallée du Rhône, l'ambroisie s'étend progressivement sur l'ensemble du territoire métropolitain. Peu détectée pour l'instant en Bretagne, des pieds sont régulièrement découverts et arrachés. Elle est sous haute surveillance.

La **Berce du Caucase** constitue également un danger puisque sa sève est photo-sensibilisante et provoque des brûlures.

Source : ARS https://www.bretagne.ars.sante.fr/les-especes-allergisantes-et-envahissantes

Espèces invasives

Les espèces invasives (espèces exotiques envahissantes), par leur développement excessif et leur propagation rapide, impactent directement ou indirectement les espèces locales et les milieux, qu'ils soient naturels ou anthropisés. Pour certaines espèces, les effets négatifs sont aussi avérés sur les activités humaines et même la santé. Cette problématique est donc l'affaire de tous – collectivités publiques, acteurs privés et monde associatif – et nécessite un travail partenarial pour avancer efficacement sur un territoire aussi vaste que le bassin de la Vilaine.

Aussi, il faut savoir reconnaître ces espèces, éviter leur installation, leur utilisation et leur dispersion.

En terme de lutte, les interventions précoces et rapides sont privilégiées car elles permettent les actions les plus pertinentes, gages de réussite et de maitrise des coûts. Mais avant d'agir, il est important de réaliser un bon diagnostic : pour cela l'EPTB Vilaine assure une assistance technique sur cette thématique, s'appuyant selon les besoins sur les réseaux d'acteurs du bassin Loire-Bretagne et des Pays de la Loire.

Ainsi, le SAGE Vilaine identifie les espèces invasives, à savoir :

Priorité 1

Type de végétaux	Nom Latin de l'espèce	Nom français de l'espèce
Hydrophyte flottante	Azolla filicuiculoides	Azolle fausse fougère
Hydrophyte immergée	Egeria densa	Egerie dense
	Elodea canadensis	Elodée du Canada
	Elodea nuttalii	Elodée de Nuttall
	Lagarosiphon major	Grand lagarosiphon
Amphibie vivace	Crassula Helmsii	Crassule de Helms
	Hydrocotyle ranunculoides	Hydrocotyle fausse renoncule
	Ludwigia grandiflora	Jussie à grande fleur
	Ludwigia peploides	Jussie faux pourpier
	Myriophyllum aquaticum	Myriophylle du Bresil
Herbacée annuelle	Ambrosia artemisiifolia	Ambroisie à feuilles d'armoise
	Impatiens balfouri	Balsamine de Balfour
	Impatiens capensis	Balsamine du Cap
	Impatiens glandulifera	Balsamine de l'Himalaya
	Impatiens parviflora	Balsamine
Herbacée pluriannuelle	Heracleum mantegazzianum	Berce du Caucase
Herbacée vivace	Petasites fragrans	Pétasite odorante
	Petasites hybridus	Pétasite hybride
	Polygonom polystachyum	Renouée à épis nombreux
	Reynoutria japonica	Renouée du Japon
	Reynoutria sachalinensis	Renouée de Sakhaline
	Reynoutria x bohemica	Renouée de Bohême
Arbuste	Baccharis halimifolia	Seneçon en arbre

Priorité 2

Type de végétaux	Nom Latin de l'espèce	Nom français de l'espèce
Hydrophyte flottante	Eichhornia crassipes	Jacinthe d'eau
	Lemna minuta	Lentille d'eau minuscule
	Lemna turionifera	Lenticule à turion
	Pistia stratiotes	Laitue d'eau
Herbacée annuelle	Bidens connata	Bident soudé
	Bidens frondosa	Bident feuillé
	Claytonia perfoliata	Claytonie perfoliée
	Conyza bonariensis	Vergerette de Buenos Aires
	Conyza canadensis	Vergerette du Canada
	Conyza floribunda	Vergerette à fleurs nombreuses
	Conyza sumatrensis	Vergerette de Sumatra
	Lindernia dubia	Lindernie fausse-gratiole
Herbacée vivace	Allium triquetrum	Ail à trois angles
	Aster lanceolatus	Aster lancéolé
	Aster novi-belgii	Aster de Virginie
	Aster squamatus	Aster écailleux
	Carpobrotus acinaciformis	Griffe de sorcière
	Carpobrotus edulis	Ficoïde comestible
	Cortaderia selloana	Herbe de la Pampa
	Cotula coronopifolia	Cotule pied de corbeau
	Phytolacca americana	Raisin d'Amérique
	Senecio inaequidens	Séneçon du Cap
Graminée vivace	Paspalum dilatatum	Millet bâtard
	Paspalum distichum	Paspale à deux épis
	Spartina alterniflora	Spartine à feuilles alternes
	Spartina anglica	Spartine anglaise
Arbuste	Buddleja davidii	Buddléia du père David
	Prunus laurocerasus	Laurier palme
	Rhododendron ponticum	Rhododendron des parcs
Arbre	Acer negundo	Erable negundo
	Ailanthus altissima	Ailanthe

Façade double peau

Une façade double peau peut être définie comme une façade simple traditionnelle doublée à l'extérieur par une façade essentiellement vitrée. L'objectif d'une telle

façade est multiple : diminuer les déperditions thermiques, créer une isolation phonique. Mais la principale utilisation est en général l'utilisation de l'effet de serre générée par la façade vitrée pour réchauffer les pièces et créer une ventilation naturelle du bâtiment.

Une façade double peau est assimilable aux espaces tampons habituellement utilisés dans la conception bioclimatique. Ces espaces, comme leur nom l'indique, ont pour objet de venir « absorber » les variations du climat pour réguler la température intérieure des espaces. Ils permettent ainsi au bâtiment d'économiser de l'énergie, soit parce qu'ils protègent du froid et du vent, soit parce qu'ils stockent de la chaleur comme les serres solaires passives.

De la même manière, la façade double peau a pour fonction la régulation thermique du bâtiment. Elle le protège des contraintes météorologiques. Par rapport aux rayonnements directs du soleil, elle évite les surchauffes d'été et limite le recours à la climatisation. En évitant l'action directe du vent, elle supprime l'effet de paroi froide en hiver, qui produit un inconfort intérieur. Elle permet aussi d'apporter une température et une humidité de l'air agréable.

Cette double façade peut être assimilée à un écran protecteur, une enveloppe autour du bâtiment.

Concevoir des bâtiments avec ce type de façade garantit des économies d'énergie et contribue à la limitation des émissions des gaz à effet de serre.

Conception générale :

- Un écran en contact avec l'extérieur : mur végétalisé, paroi vitrée, assemble métallique, lamelle de bois.
- Un espace tampon, formant un canal d'air.
- La façade du bâtiment.

Ilot de Chaleur Urbain

Le phénomène d'ilots de chaleur urbains (ICU) provoque des bulles de chaleur dues à l'activité humaine et à l'urbanisation dense. Impact négatif sur le confort thermique des espaces à la fois publics et privés, risques de pollutions pour la santé publique, surmortalité en cas de caniculaire, … Les effets ne sont pas neutres et devraient s'accentuer avec les évolutions climatiques envisagées, et leur prise en compte doit s'effectuer dès à présent tant dans la conception du tissu urbain que des bâtiments.

Le terme d'Îlots de Chaleur Urbains (ICU) désigne une zone urbaine où la température de l'air et des surfaces est supérieure à celle des milieux ruraux.

Les ICU sont principalement observés la nuit où le refroidissement nocturne est moindre en ville que dans les zones rurales plus végétalisées. C'est un phénomène local qui peut varier d'une rue à l'autre avec une durée limitée dans le temps.

Avec une conservation de la chaleur la nuit, les zones soumises à ICU restent donc également plus chaudes la journée qui suit et nuit à son confort.

Les différents facteurs identifiés identifiés comme étant à l'origine de la formation de l'ICU sont, par ordre hiérarchique d'influence :

1. les surfaces verticales : les façades des bâtiments et des murs favorisent l'absorption de la chaleur ;
2. le phénomène de "canyon urbain" : la faible "fraction de ciel visible" ("Sky View Factor") au sol et une forte fraction de hauts-immeubles favorise la rétention de la chaleur ;
3. la nature des matériaux (dont l'albédo) et la réduction des flux d'air (advection) : la rétention de la chaleur est entretenue par un faible rafraichissement lié au vent ;
4. l'augmentation de chaleur sensible au détriment de la chaleur latente : la diminution de la présence de l'eau en ville (imperméabilisation des surfaces et présence moindre de végétation) réduit le phénomène d'évapotranspiration ;
5. l'activité anthropique, dont notamment la circulation automobile, le chauffage, etc.

Ainsi, la chaleur urbaine emmagasinée dans la journée par le bâti et le sol est restituée la nuit sur le lieu même de son stockage.

L'évolution climatique pressentie laisse imaginer qu'une canicule telle qu'en 2003 se produira tous les 2 à 3 ans, que les journées > 25°C doubleront et celle > 30°C tripleront.

Ainsi, l'intégration de ce phénomène d'ICU dans la conception urbaine est essentielle, dans du point de vue de la santé humaine que de celle de l'attractivité urbaine.

Il existe plusieurs variables sur lesquelles nous pouvons agir :

- la morphologie urbaine (limiter la formation de canyons urbains, favoriser la ventilation), matériaux, végétation, ombre, couleur de la ville ;
- la création d'espaces verts et le développement des zones de fraîcheur en ville (protection par rapport au rayonnement solaire, évapotranspiration, albédo élevé) ;
- la place de l'eau en ville ;
- des équipements techniques ou des lieux dédiés à la création d'îlots de fraîcheur (ombrières, brumisateurs, ventilateurs) ;
- le dégagement de chaleur anthropique (limitation des climatiseurs notamment) ;
- le bâtiment en lui-même : forme, matériaux (albédo et inertie thermique), couleur et fonctionnement (inertie, ventilation).

Inertie thermique

L'inertie thermique peut être définie comme la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante pour

garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

Cette inertie thermique permet de limiter les effets d'une variation "rapide" de la température extérieure sur le climat intérieur par un déphasage entre la température extérieure et la température de surface intérieure des murs et par amortissement de l'amplitude de cette variation. Un déphasage suffisant permettra par exemple que la chaleur extérieure "n'arrive" qu'en fin de journée dans l'habitat, période où il est plus facile de le rafraîchir grâce à une simple ouverture des fenêtres.

L'inertie thermique d'un matériau est évaluée à l'aide des deux paramètres suivants :

- La diffusivité : elle détermine la vitesse avec laquelle la température d'un matériau va évoluer en fonction des sollicitations thermiques extérieures.
- L'effusivité : c'est la capacité d'un matériau à échanger de l'énergie thermique avec son environnement.

Pour garantir le confort d'été (éviter les surchauffes) on essaiera d'utiliser un matériau possédant les caractéristiques suivantes :

- Une faible diffusivité, pour que l'échange d'énergie thermique entre le climat extérieur et le climat intérieur se fasse le plus lentement possible (inertie en transmission).
- Une forte effusivité thermique pour que le mur stocke au maximum la fraîcheur dans les éléments en contact avec l'intérieur du bâtiment (inertie par absorption).

Masques solaires

Source : Hespul

Les masques solaires représentent tout objet naturel ou construit pouvant faire obstacle au soleil. Ils peuvent être liés aux végétaux, au bâti, ou à l'environnement.

Afin de favoriser les apports solaires passifs et le potentiel de production d'énergies solaires thermique et photovoltaïque, il faut optimiser le plan de composition de la zone pour limiter au maximum les masques solaires. La végétation pourra par la suite être séletionnée afin de laisser passer les apports solaires en hiver tout en offrant des protections efficaces contre la surchauffe d'été. Ceci est d'autant plus important que la réalisation d'un bâtiment basse consommation (niveau RT 2012 ou plus) qui ne bénéficie pas d'apport solaire entrainera nécessairement des surcouts significatifs, car pour atteindre les niveaux de performance visée, le maitre d'ouvrage devra choisir des systèmes très performants et recourir à de la sur-isolation.

Masques solaires et conception bioclimatique :

En construction bioclimatique, tout ce qui peut constituer un masque solaire doit être intégré. Les maques créent des ombres sur le bâtiment en fonction de l'heure de la journée, de la saison, de la forme et des dimensions des vitrages, de la forme et des dimensions du masque et de la position du masque par rapport au vitrage à protéger.

Les différents masques solaires :

- Les masques architecturaux : casquettes, flancs, loggias, patios, etc.
- Les masques végétaux : la présence d'arbres à feuilles caduques à l'ouest permet d'éviter une surchauffe durant l'été et, en hiver, de laisser pénétrer les rayons solaires à l'intérieur de la maison, et ainsi d'augmenter la température de manière naturelle.

Matériaux : biosourcés / non polluants / non nocifs

Les matériaux biosourcés sont des matériaux issus de la biomasse d'origine animale ou végétale. Dans le bâtiment, les matériaux biosourcés les plus utilisés sont le **bois**, la **paille**, la **chènevotte** (chanvre), la **ouate de cellulose**, le **liège**, le **lin** et la **laine de mouton**. On parle parfois aussi de biomatériaux ou d'agro-ressources.

Murs végétalisés

La notion de **"mur végétalisé"** peut revêtir plusieurs réalités :

- un **mur** sur lequel poussent des **plantes grimpantes**,
- un **"mur vivant"**, **"mur-manteaux" végétalisé** ou **"mur végétal"** qui concernent des jardins ou écosystèmes verticaux, plus ou moins artificiels. Ces parois verticales végétales ou végétalisées sont conçues tantôt comme éléments esthétiques et de décor intérieur ou extérieur, tantôt comme œuvres d'art utilisant le végétal, ou encore comme éléments d'écologie urbaine ; dans ce dernier cas, ces murs, comme les terrasses végétalisées ou les clôtures végétales, peuvent contribuer à la 15ème cible HQE, ainsi peut-être qu'à la restauration de réseaux de corridors écologiques en ville notamment. Ils peuvent servir de refuge ou de garde-manger pour la petite faune urbaine (oiseaux, invertébrés, mammifères), mais ils peuvent également jouer un rôle en matière de microclimat ou d'épuration des eaux, de régulation des crues urbaines et de la qualité de l'air. Le mur végétal porte aussi le nom de PCVv pour « Paroi Complexe Végétalisée Verticale ». Son équivalent horizontal (PCVv) est la toiture végétalisée.

Noue

Une **noue** est une sorte de fossé peu profond et large, végétalisé, qui recueille provisoirement de l'eau de ruissellement, soit pour l'évacuer via un trop-plein, soit pour l'évaporer (évapotranspiration) ou pour l'infiltrer sur place permettant ainsi la reconstitution des nappes phréatiques.

Moins les bords de la noue sont pentus, moins elle se remplit rapidement.

Les noues sont de plus en plus utilisées avec souvent comme premier objectif de limiter la pollution de l'eau et d'améliorer l'environnement urbain en favorisant une gestion des eaux pluviales efficiente et la santé. Ces techniques doivent alors faire l'objet d'une mise en œuvre et d'un suivi adéquat, de manière à éviter l'infiltration dans la nappe de polluants ou substances indésirables et de bénéficier d'un fonctionnement optimal.

Palette végétale (clôtures, etc.) : végétaux recommandés / interdits

En accompagnement des espaces bâtis, il est recommandé d'implanter des végétaux de différentes strates (herbacée, arbustive, arborée) afin d'améliorer le micro-climat urbain et de favoriser la biodiversité. Les végétaux à privilégier sont :

- des gazons à croissance lente et des arbres et haies libres nécessitant peu de taille (limitation des déchets verts),
- des arbres à feuilles caduques à l'ouest du bâti, permettant d'éviter une surchauffe durant l'été, tout en laissant pénétrer mes rayons solaires en hiver (apports solaires passifs).

Palette végétale – recommandations (exemples) :

- des arbustes champêtres à feuilles "marcescentes" (semi-persistant, conserve ses feuilles sèches jusqu'au printemps) : charme,
- des arbustes champêtres à feuilles caduques : érable champêtre, noisetier, fusain d'europe, viorne obier, viorne lantane, cornouiller sanguin, prunellier, sureau noir, néflier, aubépine (en absence d'épidémie),
- des arbustes horticoles à feuilles caduques : forsythia, groseillier fleur, rosier rugueux, spirée, buddleia (arbre aux papillons), seringat, cytise, deutzia, symphorine, weigela,
- des arbustes à feuilles persistantes : houx, troène, osmanthe, eleagnus (fusain), prunus lusitanica (laurier du portugal), berbéris, mahonia, viburnum, abbélia, etc.

Les espèces végétales et allergènes sont à éviter (cf. supra).

Surfaces éco-aménagées

Une surface éco-aménagée favorise la présence de végétation, l'infiltration des eaux de pluie et la biodiversité.

Différentes typologies de surfaces éco-aménagées sont identifiées dans le PLUi, avec une valeur graduée selon la qualité des espaces qu'elles permettent : plus elles sont proches du sol (favorables à la biodiversité) et plus l'épaisseur de terre est favorable au développement des différentes strates de végétation (biodiversité et gestion des eaux pluviales), plus cette valeur est élevée.

Les différentes surfaces distinguées dans le PLUi sont les suivantes :

- Aménagement présentant une épaisseur de terre ≤ 20 cm (sur dalle ou toiture) / Surfaces semi-perméables.
- Aménagement présentant une épaisseur de terre sur dalle jusqu'au niveau R+1 ≥ 60 cm / aménagement présentant une épaisseur de terre sur dalle à partir du niveau R+2 ≥ 20 cm.
- Aménagement présentant une épaisseur de terre sur dalle jusqu'au niveau R+1 ≥ 120 cm / aménagement présentant une épaisseur de terre sur dalle à partir du niveau R+2 ≥ 60 cm.
- Pleine terre.

Surfaces semi-perméables

Les surfaces semi-*perméables correspondent aux revêtements perméables* pour l'air et l'eau avec ou sans végétation dont les caractéristiques physiques permettent de reconstituer une partie de la fonction du sol (infiltration, filtration, oxygénation, échanges, support pour la végétation, etc.).

Liste non exhaustive : gravier, stabilisé, terre battue, dalles alvéolées, copeaux, tout type de dallage permettant une infiltration partielle de l'eau : dallages en pavés pierre naturelle ou béton, sur géotextile perméable, sans joints ou avec joint gazon ou sable, platelage bois, dallages techniques perméables (avec justification de capacité d'infiltration), …etc.

Surfaces imperméables

Il s'agit des revêtements imperméables pour l'air et l'eau, sans végétation. Elles ne sont pas prises en compte dans le calcul du coefficient de végétalisation.

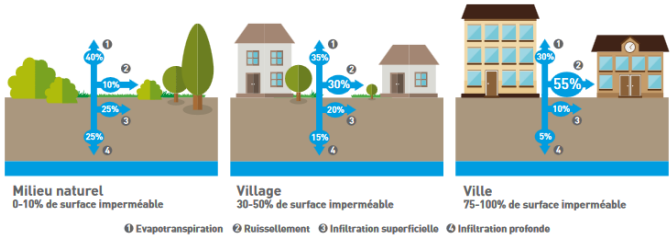
Liste non exhaustive : béton, bitume, dallage avec couche de mortier …etc.

Techniques de rétention des eaux pluviales

Dans la nature, lorsqu'il pleut, 50% de l'eau de pluie s'infiltre dans le sous-sol et va alimenter les nappes phréatiques et les rivières, tandis que 40% de cette eau s'évapore (en partie grâce aux végétaux) et retourne dans l'atmosphère. Seulement 10% de cette eau va inonder le sol. Sur un terrain aménagé, les maisons, les parkings et autres installations empêchent l'infiltration et augmentent les ruissellements. Les conséquences sont évidentes et multiples :

- les nappes phréatiques et les ruisseaux reçoivent de moins en moins d'eau de façon naturelle, renforçant les problématiques de qualité de l'eau ;
- la température augmente dans les villes (c'est l'un des facteurs du phénomène d'îlot de chaleur urbain) ;

- les inondations se multiplient.



Source : SYMASOL – Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique – Genève

Afin de limiter les conséquences négatives de l'aménagement sur la gestion des eaux pluviales, diverses techniques alternatives au "tout-tuyau" peuvent être mises en place notamment :

- les noues et fossés,
- les tranchées,
- les bassins à ciel ouvert,
- les puits d'infiltration,
- les toitures ou chaussées stockantes,
- les structures réservoirs.

Toitures végétalisées

Une **toiture végétale** également appelée **toiture végétalisée**, **toit végétalisé**, **toit vert** est une toiture aménagée en toit-terrasse, recouverte de végétation, alternative à des matériaux couramment utilisés, comme les tuiles, ardoises, bois ou tôles.

Cette technique existe vraisemblablement depuis le néolothique (12500 à 8000 av. J.-C.). Il consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 30° et rarement plus, au-delà, on parlera de "mur végétalisé".

De nombreuses expériences conduites en Europe (depuis les années 70 surtout en Allemagne, Pays-Bas, Suisse, pays scandinaves, et depuis peu en Belgique, France, etc.) ont montré que pour des objectifs esthétiques ou de durabilité, comme dans la perspective de restauration ou protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain (en particulier concernant la qualité de l'air et l'atténuation des Ilots de Chaleur Urbains) l'aménagement d'un toit planté se révélait intéressant.

Certaines toitures végétalisées peuvent être stockantes, c'est-à-dire qu'elles permettent de réduire les débits de pointe et de filtrer, dans une certaine mesure, les eaux pluviales en les retenant temporairement au plus près de la surface réceptrice. Les eaux sont ensuite évacuées par évaporation, évapotranspiration ou relâchées à faible débit vers un exutoire, suivant le type de toiture envisagé.

Ce dispositif de toiture stockante s'applique le plus souvent aux toitures plates mais peut être également mis en œuvre pour des toitures inclinées en implantant des caissons qui cloisonnent la surface réceptrice.

Toiture verte (Source : Inter-Environnement Bruxelles)

Les différents types se distinguent par la couche de finition éventuelle :

- les toitures vertes qui stockent les eaux dans le substrat végétal, substrat qui peut être plus ou moins épais ;
- les toitures gravier qui stockent les eaux au niveau de la couche de gravier ;
- les toitures en eau, sans aucun matériau de finition par-dessus l'étanchéité.

Les avantages des toitures vertes et en gravier sont nombreux : augmentation de l'inertie thermique permettant de lutter contre la surchauffe estivale, développement de la biodiversité, la protection des membranes d'étanchéité contre les UV, réduction du ruissellement de l'eau, filtration partielle de l'eau,…

Végétalisation des pieds de façade

Cette végétalisation des pieds de façades sur l'espace public, bien que ne comptant pas dans le "coefficient de végétalisation", contribue à améliorer le cadre de vie, la biodiversité et les capacités d'infiltration du sol.

A titre d'exemple, la Ville de Rennes a mis en place depuis 2005 le dispositif "Embellissons nos murs", consistant à autoriser et à inciter les habitants à utiliser le trottoir pour embellir leurs murs à l'aide de grimpantes ou d'autres plantes. Pour ce faire des fosses de plantation sont réalisées dans le bitume afin de créer un espace à jardiner.

Zones calmes / Espace de ressourcement

Le bruit apparait régulièrement en tête des nuisances pour les résidents urbains. Il peut être source de nombreux désagréments, pouvant entrainer des troubles physiques et psychiques chez certaines personnes. Pour tenter d'y remédier, ont été créés les Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement en traduction de la Directive européenne sur le bruit (2002). Le PPBE de Rennes Métropole a été arrêté en 2012. Outre les cartes de bruit et la réduction des points noirs du bruit, la détermination de zones calmes fait partie des dispositions visant à apporter du confort à la population.

Les zones calmes sont des "espaces extérieurs remarquables par leur faible exposition au bruit, dans lesquels l'autorité qui établit le plan souhaite maîtriser l'évolution de cette exposition compte-tenu des activités humaines pratiquées ou prévues".

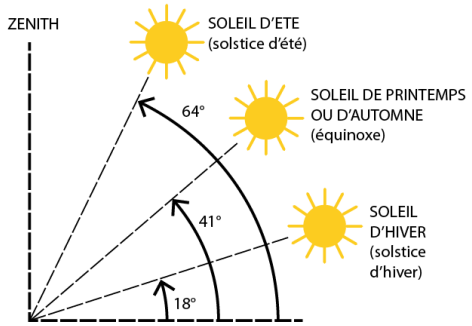
La démarche métropolitaine prévoit de valoriser les zones calmes en véritables espaces de ressourcement dont les qualités paysagères, naturelles ou urbaines sont propices au bien-être de tous les publics, favorisant ainsi des lieux de rencontre et de convivialité mais aussi d'apaisement. Ces espaces aux multiples usages, doivent permettre de répondre à des enjeux de proximité communale mais aussi de loisirs et d'évènements intercommunaux

Les espaces de ressourcement peuvent également accueillir une végétation favorable à l'amélioration du climat urbain.

Source : AUDIAR – Des zones calmes aux espaces de ressourcement.

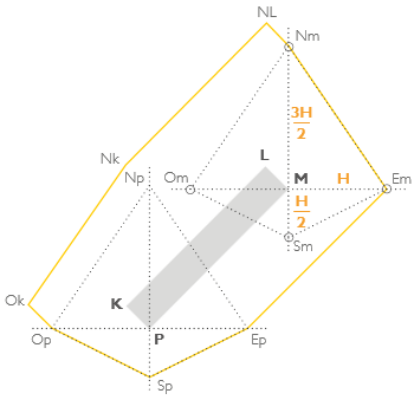
Boîte à outils (BO)

Calcul d'ensoleillement / ombres portées



L'ensoleillement des quartiers, îlots ou parcelles diffère selon la période de l'année. En effet, la course du soleil, telle que présentée ci-dessous, implique que les apports solaires d'une part, et l'ensoleillement des pièces d'autre part évolue selon la saison :

- en été, le soleil étant plus zénithal, l'apport solaire (lumière / énergie) est plus fort et les bâtiments génèrent des ombres plus courtes ayant peu ou pas d'impact sur leurs environs ;
- en hiver, le soleil étant plus lointain et plus rasant, l'apport solaire (lumière / énergie) est moins fort et les bâtiments génèrent des ombres plus longues pouvant avoir des impacts plus ou moins forts sur leurs environs.



Source : Hespul

Le protocole d'étude peut se résumer ainsi :

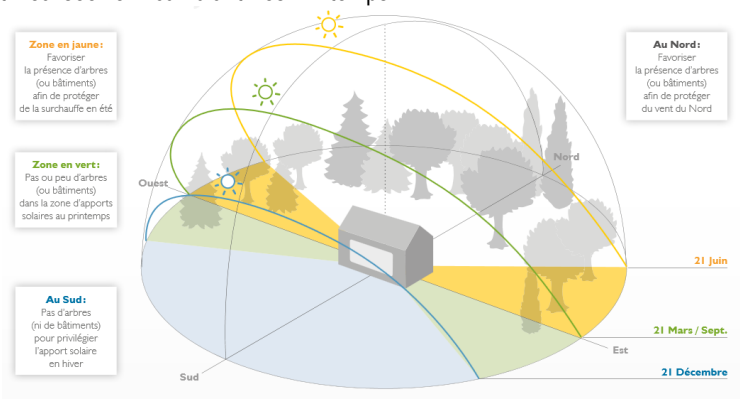
- Les volumes impliqués dans l'étude sont modélisés.
- L'analyse est réalisée en cumulant les 4 temps spécifiques de l'année (solstices – 21 juin et 21 décembre, et équinoxes – 21 mars et 21 septembre), permettant de faire une moyenne entre les trajectoires les plus hautes, les plus basses et médianes. Cette analyse permet de mesurer l'impact des constructions existantes ou futures sur leur environnement.
- L'ensemble des différents masques solaires doit être intégré : bâtiments existants et futurs, casquettes, loggias, patios, arbres, clôtures.

Du point de vue énergétique et confort de vie, la recherche d'une durée d'ensoleillement de 3 heures le 21 décembre pourrait constituer un objectif qualitatif vers lequel tendre, à adapter selon les affectations et la localisation des programmes.

Divers outils existent :

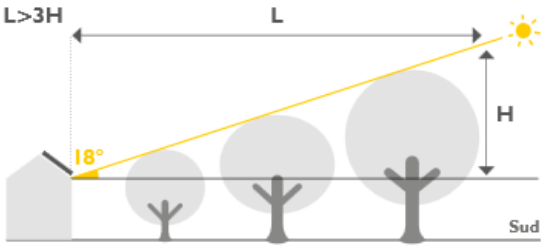
- **Héliodon** : c'est un dispositif qui permet d'obtenir une représentation informatique des ombres portées en simulant la trajectoire du soleil en un lieu géographique donné. Cet outil permet d'évaluer comment faire pour profiter des apports solaires ou s'en prémunir selon la période de l'année et selon la course du soleil dans une journée ;
- **Périmètre d'Ombres Fictives** (POF) : cet outil (initié dans les années 60) permet de compléter la notion de prospect, dans le but de définir des règles d'urbanisme favorables à une meilleure prise en compte de l'ensoleillement. Il permet de tracer un polygone correspondant aux ombres générées par un bâtiment en respectant les ditances suivantes : pour les angles Est et Ouest, D=H, pour l'angle Nord, D=3H/2 et pour l'angle Sud D=H/2 (cf. schéma ci-contre).

Ces outils sont intéressants dans la phase "conception" d'un projet car ils permettent d'évaluer l'ensoleillement dont il bénéficiera, mais également l'impact de celui-ci sur les parcelles ou les bâtiments voisins, ou les dispositifs de production d'énergie renouvelable (solaire) existants ou potentiels dans des configurations favorables.



Source : Hespul

Masques solaires et production d'énergie renouvelable :
Les masques solaires peuvent également être générés par les végétaux. Lors de la conception d'un projet, il est important de considérer l'environnement du projet et notamment la configuration des toitures favorables à l'implantation de dispositifs de production d'énergie renouvelable (façades orientées sud + ou – 35°) afin de ne pas obérer les possibilités de production solaire thermique ou photovoltaïque. Pour étudier le projet, la règle "L>3H" peut être utilisée, garantissant que les bâtiments ou végétaux situés au sud d'un projet ne dépassent pas un angle de 18° par rapport à l'horizon pris au bas de la toiture. L étant la distance à prévoir entre les bâtiments et H la différence entre la hauteur du bâtiment situé au sud et le bas de la toiture du bâtiment favorable à la production d'énergie renouvelable.



Source : Hespul

Coefficient de végétalisation ®

Le coefficient de végétalisation défini dans le présent PLUi est le rapport entre les surfaces éco-aménagées, pondérées selon leur nature, et la surface totale du terrain considéré. Il s'exprime en %.

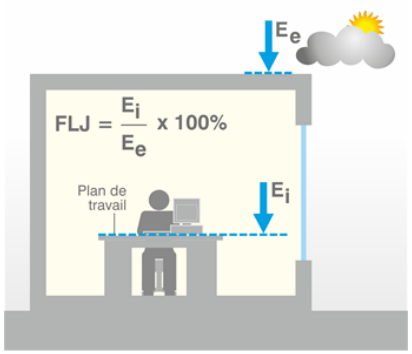
Pour le calculer, deux types de surfaces sont distingués :

- Les surfaces imperméables, qui ne rapportent aucun bénéfice au projet.
- Les surfaces éco aménagées comprenant les surfaces semi-perméables (*), les espaces verts sur dalle ou toiture et les surfaces de pleine terre (*), et qui valorisent le projet au prorata du rôle qu'elles jouent respectivement vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales, de la biodiversité et de la qualité paysagère urbaine ; ainsi, plus les surfaces ont une épaisseur de terre importante ou plus elles se trouvent à proximité du sol, plus elles apportent un bénéfice au projet.

Facteur lumière-jour

La recherche d'éclairement naturel des locaux peut se traduire en valeur de "facteur de lumière du jour" (FLJ).

Ce facteur est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point (Ei - généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale (Ee), en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en %.



FLJ		Zone considérée Ambiance	Impression de clarté Confort de travail
< 1%	Très faible	Zone éloignée des fenêtres (distance environ 3 à 4 fois la hauteur de la fenêtre) Local refermé sur lui-même	Sombre à peu éclairé > non adapté à un travail permanent
1 à 2%	Faible		
2 à 4%	Modéré		Peu éclairé à clair > adapté à moins de 50% des heures de travail
4 à 7%	Moyen	A proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux Local ouvert vers l'extérieur	
7 à 12%	Elevé		Clair à très clair > adapté à plus de 50% des heures de travail / risques d'éblouissement
> 12%	Très élevé		

Dans les conditions de ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage), les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure du jour.

Pour calculer le facteur de lumière jour moyen, à défaut de simulation informatique, il existe des formules approchées, par exemple :

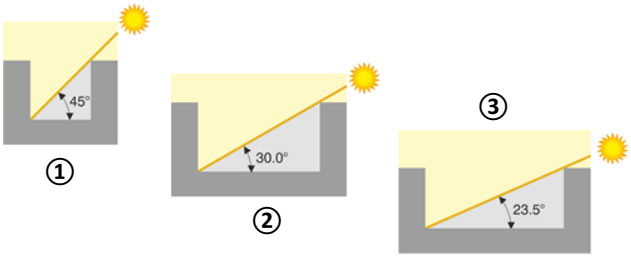
FLJmoy = Sf x TL x a / (St x (1 - RxR))

Où :

Sf = surface nette de vitrage (= ouverture de baies moins 10% pour les châssis)

TL = facteur de transmission lumineuse du vitrage, dont on déduit 10 % pour saleté

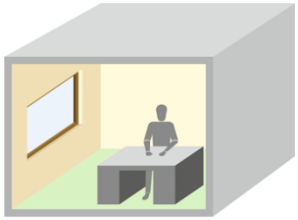
a = angle du ciel visible depuis la fenêtre, exprimé en degrés. Par exemple, il vaut 90° si aucun masque n'est créé par des bâtiments ou l'environnement en face de la fenêtre. Il vaut 60° si un bâtiment crée un ombrage entre le sol et les 30 premiers degrés (cas 2 ci-dessous).



St = surface totale de toutes les parois du local, y compris celle des vitrages

R = facteur de réflexion moyen des parois du local (prendre 0,5 par défaut)

Exemple :



Supposons un local de 4 m (largeur) x 5 m (profondeur) x 3 m (hauteur). La surface vitrée est de 3 m sur 1,5 m

Sf = 0,9 x 3 x 1,5 = 4,05

TL = 0,75 x 0,9 = 0,675

a = 90°

St = 2 x (4 x 3 + 4 x 5 + 3 x 5) = 94

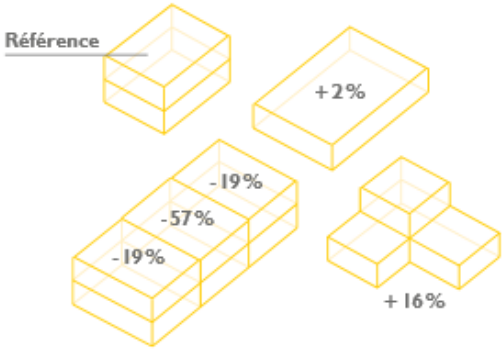
R = 0,5

D'où : FLJ = 4,05 x 0,675 x 90 / (94 x (1 - 0,5 x 0,5)) = 3,5, ce qui est correct en matière de qualité d'éclairage naturel. Mais à noter que si un bâtiment voisin s'établit en face et que l'angle de vision du ciel se réduit à 60° le FLJ tombe à 2,6

Source : energie+

Compacité du bâti / coefficient de compacité

La recherche de compacité du bâti est nécessaire pour limiter les déperditions énergétiques.



Il existe plusieurs manières de jouer sur la compacité du bâtiment, notamment la mitoyenneté, mais également la forme du bâti lui-même.

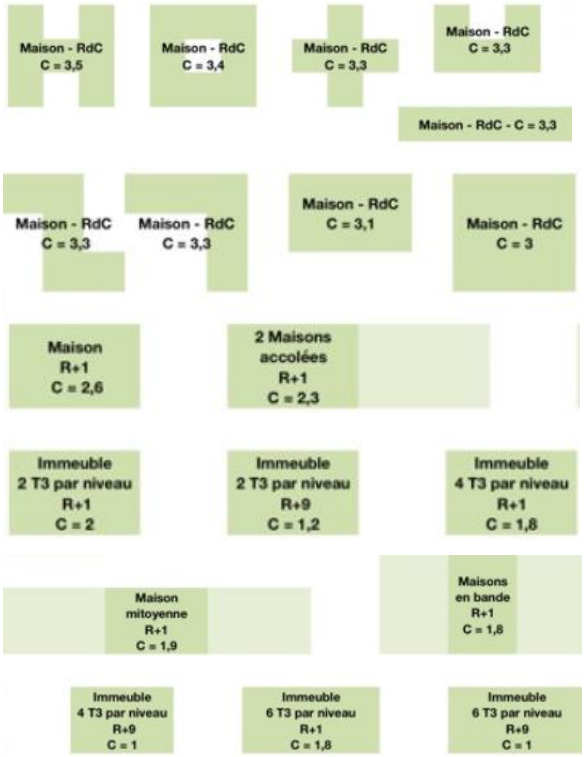
La compacité du bâti correspond au ratio entre la surface déperditive et la surface utile du bâtiment. Un Coefficient de Compacité (CC) peut s'exprimer comme étant le rapport entre la surface extérieure et la surface de plancher d'un bâtiment.

CC = Surfaces Parois (SPa) / Surfaces Plancher (SP).

Le facteur de compacité plus faible étant meilleur.

Son calcul permet de comparer les différentes formes de bâti par rapport à un volume donné. La recherche d'une compacité accrue a une justification économique car les déperditions thermiques par les parois sont réduites et la géométrie de l'enveloppe extérieure est plus simple et meilleur marché.

Exemples :



Source : Hespul

Simulation thermique dynamique

La Simulation Thermique Dynamique (STD) constitue un outil d'aide à la conception d'un bâtiment consistant à étudier, sur une année entière ou sur une période définie d'au moins quelques jours, au pas de temps horaire ou à un pas de temps inférieur, le comportement thermique d'un bâtiment, soit uniquement de son enveloppe, soit avec des systèmes techniques. Ce calcul tient compte de tous les paramètres influant sur le bilan thermique : apports internes et externes, inertie du bâtiment, transmission à travers les parois, etc.

La STD est donc liée à l'usage envisagée pour le bâtiment.

Analyse du Cycle de Vie des matériaux (ACV)

Initialement prévue pour des produits de consommation (cf. Glossaire Ⓖ), peut être étendue aux politiques d'aménagement, en intégrant les principes suivants :

Conception du projet :

- Prise en compte des ressources naturelles consommées
- Fabrication de ressources ou utilisation de ressources renouvelables
- Respect de l'environnement (pollutions, réchauffement climatique, écosystèmes et biodiversité, etc.)
- Mise en œuvre de matériaux locaux (impact transport)
- Déchets
- Respect des conditions de travail et de la santé des travailleurs
- Création d'emplois
- Participation à l'économie locale

Mise en œuvre du projet :

- Consommation de ressources naturelles (fonctionnement)
- Respect de l'environnement (pollutions, réchauffement climatique, écosystèmes et biodiversité, etc.)
- Déchets
- Respect de la santé des habitants et utilisateurs
- Durabilité dans le temps