

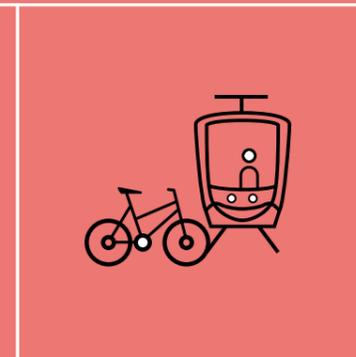
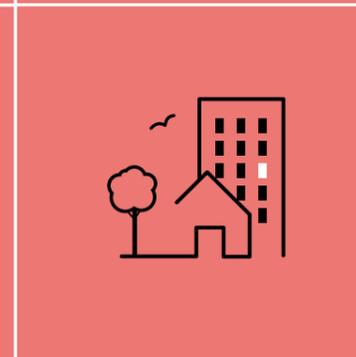
3.1.3

ORIENTATION D'AMÉNAGEMENT ET DE PROGRAMMATION

THÉMATIQUE

**CLIMAT, AIR,
ÉNERGIE**

DOCUMENT
RÉGLEMENTAIRE



Sommaire

PRÉAMBULE	5
QU'EST-CE QUE L'OAP CLIMAT, AIR, ÉNERGIE ?	5
RAPPEL DU PADD	5
LES GRANDS ENJEUX DU CLIMAT ET DE L'ÉNERGIE, ET LES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS	5
IMPACT SUR LA FABRIQUE DE LA VILLE	6
MODE D'EMPLOI DE L'OAP CLIMAT, AIR, ÉNERGIE	7
1. POUR UNE CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE	8
1.1 À L'ÉCHELLE DU QUARTIER	8
1.1.1 Développer la mixité et la réversibilité des usages: programmation	8
1.1.2 Exploiter les potentialités climatiques du site: implantation, orientation, forme	8
1.2 À L'ÉCHELLE DU BÂTI	10
1.2.1 Exploiter les potentialités climatiques du site: implantation, orientation, formes du bâti	10
1.2.2 Gérer naturellement les potentialités climatiques du site: inertie, isolation, enveloppe du bâti	10
1.2.3 Favoriser la ventilation naturelle du bâti	12
1.2.4 Mettre en place des protections solaires adaptées au bâti	12
2. CLIMAT : POUR UNE ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LA DIMINUTION DES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS	14
2.1 À L'ÉCHELLE DU QUARTIER	14
2.1.1 Intégrer la circulation des vents dans la conception du quartier	14
2.1.2 Développer la végétation et la présence de l'eau dans les quartiers	15
2.2 À L'ÉCHELLE DU BÂTI	16
2.2.1 Développer la végétation sur et autour du bâti	16
2.2.2 Intégrer la gestion de l'eau comme facteur de rafraîchissement	17
2.3 CHOIX DES MATÉRIAUX	18
Réduire le stockage de la chaleur par les matériaux	18

3. AIR ET BRUIT : POUR UNE AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L’AIR ET UNE RÉDUCTION DES NUISANCES SONORES EN VILLE	20
3.1 À L’ÉCHELLE DU QUARTIER	20
3.1.1 Améliorer la qualité de l’air	20
3.1.2 Protéger le bâti contre les émissions de bruit	20
3.2 À L’ÉCHELLE DU BÂTI	21
3.2.1 Épurer l’air intérieur	21
3.2.2 Choisir les bons matériaux	22
3.2.3 Isoler acoustiquement les bâtiments	22
4. ÉNERGIE : POUR UNE SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE ET LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES	23
4.1 À L’ÉCHELLE DU QUARTIER	31
4.1.1 Structurer la desserte du territoire en énergie et mobiliser les énergies locales	31
4.1.2 Développer les énergies renouvelables	31
4.1.3 Mettre en place un principe de « trame noire »	32
4.1.4 Développer la mutualisation entre bâtiments et l’écologie industrielle	32
4.1.5 Développer des dispositifs facilitant les modes actifs	34
4.1.6 Développer le recyclage et le compostage de proximité	34
4.2 À L’ÉCHELLE DU BÂTI	34
4.2.1 Développer les énergies renouvelables	34
4.2.2 Contribuer à la « trame noire »	36
4.3 POUR LE BÂTI NEUF	36
4.3.1 Développer la réversibilité, l’évolutivité et l’adaptabilité du bâti	36
4.3.2 Privilégier l’éclairage naturel des espaces communs	36
4.3.3 Réduire les besoins en énergie primaire pour le cycle de l’eau	36
4.4 POUR LE BÂTI EXISTANT	38
4.4.1 Encourager la rénovation plutôt que la reconstruction	38
4.4.2 Développer la rénovation thermique des bâtiments	38
4.5 MATÉRIAUX	38
Intégrer l’impact des matériaux en considérant l’ensemble du cycle de vie	38
LEXIQUE	40

PRÉAMBULE

QU'EST-CE QUE L'OAP CLIMAT, AIR, ÉNERGIE ?

L'Orientation d'Aménagement et de Programmation thématique propre au climat, à l'air et au bruit ainsi qu'à l'énergie a pour vocation d'exposer la stratégie de la Métropole dans ces trois domaines. À travers différents grands objectifs, les orientations développées dans cette OAP sont à prendre en compte dans tout projet d'aménagement et de construction sur le territoire.

Cette OAP se base sur les éléments de politique publique relatifs au climat et de l'énergie portés par la métropole depuis plusieurs années. Elle se fixe entre autres, deux grands objectifs à atteindre : développer et optimiser les services publics liés à l'énergie d'une part et réduire l'empreinte énergétique* du territoire d'autre part, faisant en sorte que le territoire puisse consommer moins d'énergie tout en en produisant plus.

L'impact sur la santé environnementale*, en lien avec le climat, est également pris en compte dans cette OAP. En effet, certains effets sur la santé des habitants et des usagers de la métropole peuvent être recensés et sont principalement dus :

- À leur **condition de vie**. Une attention particulière sera portée à l'exposition aux nuisances sonores ;
- À la **contamination des milieux***, et plus particulièrement à la pollution atmosphérique ;
- Au **changement climatique**.

Cette OAP traduit les grandes orientations définies dans le PADD et décline les objectifs et orientations d'aménagement à mettre en œuvre par tout projet et de construction dans la métropole, dans l'objectif d'en faire un territoire à haute qualité de vie.

Ces orientations sont en adéquation avec les propositions formulées dans le cadre du Grand Débat sur la Transition Énergétique organisé par la métropole en 2016 et 2017.

RAPPEL DU PADD

Le projet de territoire défini par la métropole dans le PADD poursuit plusieurs objectifs en lien avec les thématiques du climat, de l'air et du bruit et de l'énergie.

En effet, agir contre le réchauffement climatique et s'adapter à ses premiers effets sont à la fois un formidable défi et une opportunité pour devenir le territoire de référence de la transition écologique et énergétique. L'objectif de diminuer de 50 % par habitant les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 impose de dessiner une métropole compacte, qui limite les déplacements, inscrit les services de proximité dans les quartiers, promeut un habitat et un développement économique moins consommateurs d'espace et d'énergie, et anticipe sa production d'énergie à partir de ressources renouvelables.

Le PADD favorise les mobilités actives et/ou peu polluantes, les énergies renouvelables, l'économie circulaire, le recyclage des matériaux de construction. Il incite à prendre en compte les nuisances et les pollutions dès la conception des projets, comme levier d'innovation urbaine pour une métropole plus résiliente, c'est-à-dire qui anticipe mieux les risques potentiels pour la santé environnementale, s'y adapte, et le cas échéant s'en relève rapidement

LES GRANDS ENJEUX DU CLIMAT ET DE L'ÉNERGIE, ET LES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS

Dans un contexte mondial marqué par une augmentation importante de la demande en énergie, par un recours largement majoritaire aux énergies fossiles et par des marchés, et donc des prix de l'énergie fluctuants, la transition énergétique est conçue comme une réponse aux fortes inquiétudes qui pèsent sur le modèle actuel. Au nombre de celles-ci : le changement climatique, les ressources énergétiques fossiles plus rares ou difficiles à extraire, les dommages socio-économiques et environnementaux engendrés par les modes de production et de consommation de ces énergies, le risque, notamment géopolitique qui pèsent sur les approvisionnements.

Les objectifs fixés par Nantes Métropole en matière d'énergie s'inscrivent dans les engagements pris pour le climat aux échelles internationale, européenne et française.

La production d'énergies renouvelables est par nature territorialisée. La production de l'énergie est donc un enjeu majeur pour la métropole, qui doit mieux exploiter ses potentiels, et ce à différentes échelles géographiques : à l'échelle du bâtiment (solaire sur les toitures par exemple), du quartier (chaufferie bois centralisée par exemple) mais aussi à des échelles plus larges, celles du département et de la région (utilisation des potentiels en mer par exemple).

De plus, la métropole, qui a aussi pour ambition de développer une haute qualité de vie pour les habitants, doit mieux prendre en compte les nuisances environnementales susceptibles de porter atteinte à la santé des habitants et usagers de la métropole, en particulier ceux liés au bruit et à la pollution de l'air.

Le bruit, notamment en ville, peut être source de fatigue voire de stress pour les usagers et les habitants mais aussi de troubles auditifs, du sommeil, etc. Souvent lié aux infrastructures, il s'accompagne d'autres nuisances ayant aussi des impacts sur la santé : pollution de l'air et risque routier notamment.

Inversement, certains secteurs de la ville sont des zones de calme. En les préservant, en y renforçant la présence de la nature, en y aménageant des espaces publics ou privés propices au ressourcement, ces secteurs peuvent constituer pour les habitants des lieux de détente riches d'un point de vue sensoriel, les mettant à l'abri de l'agitation urbaine.

La qualité de l'air a un impact direct sur la santé notamment pour les habitants les plus fragiles (jeunes enfants, personnes âgées ou malades). Elle influe sur les personnes ayant une activité extérieure de loisirs ou professionnelle, avec effet immédiat. Mais la dégradation de la qualité de l'air a surtout des effets de moyens et longs termes, moins perceptibles mais plus pernicious. Les actions à conduire en matière d'organisation urbaine et d'aménagement ont un effet notable sur la qualité de l'air. En effet, suivant la configuration du site, son relief, son climat, ses vents dominants, les pollutions vont stagner sur place ou être évacuées plus loin.

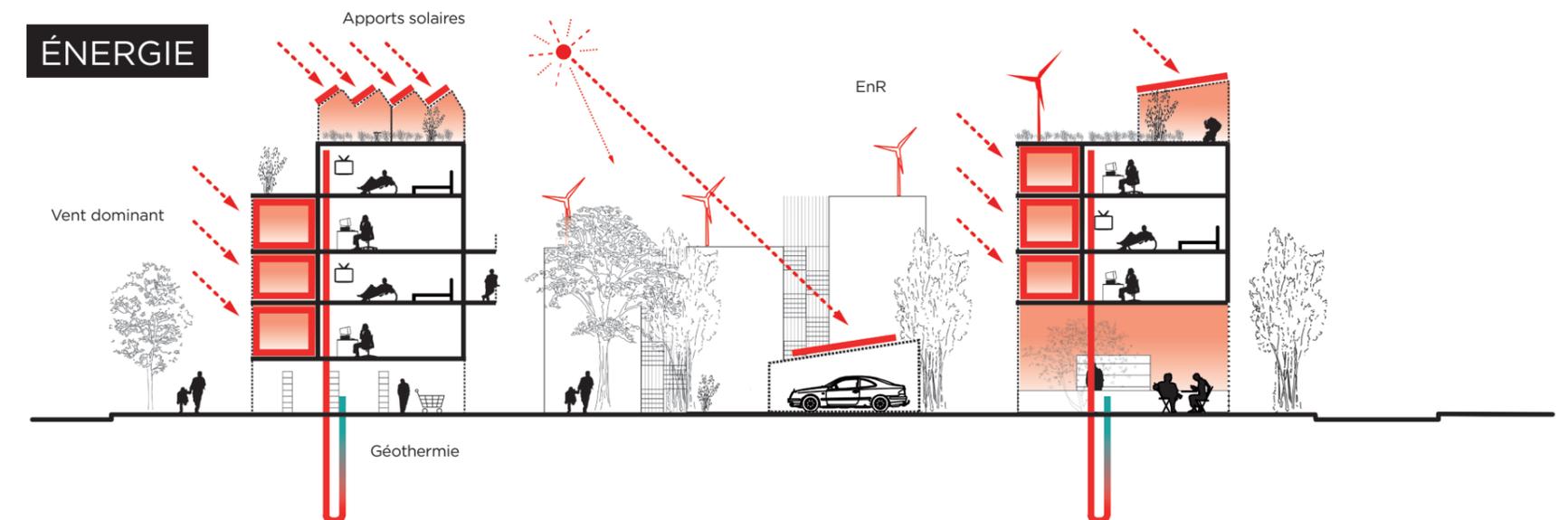
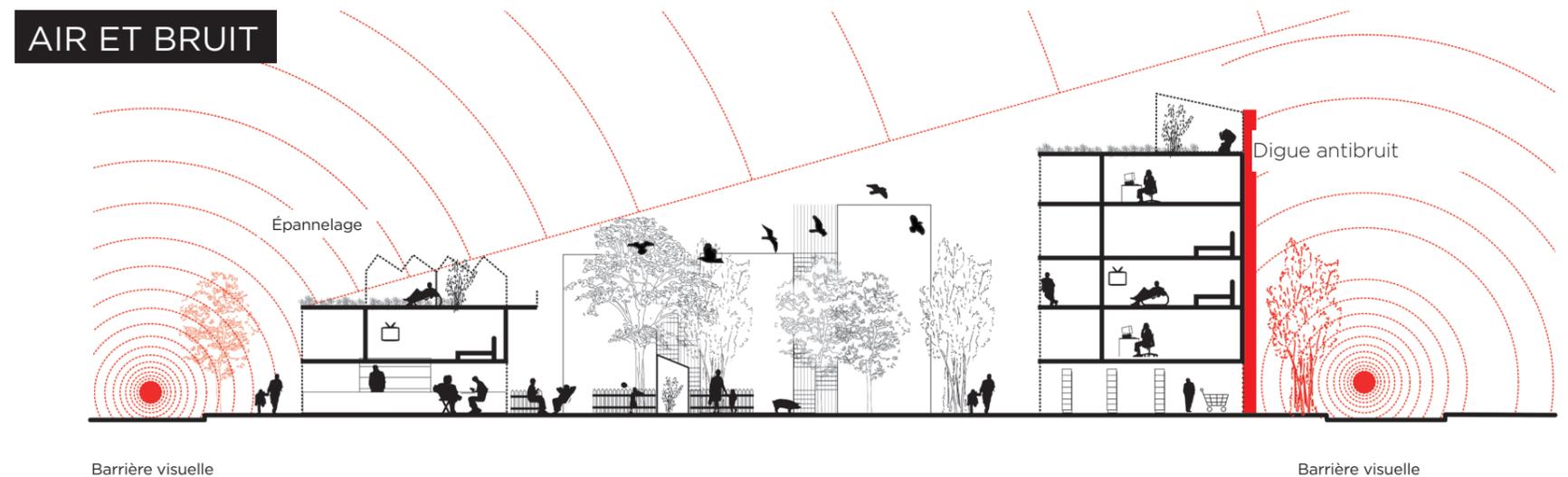
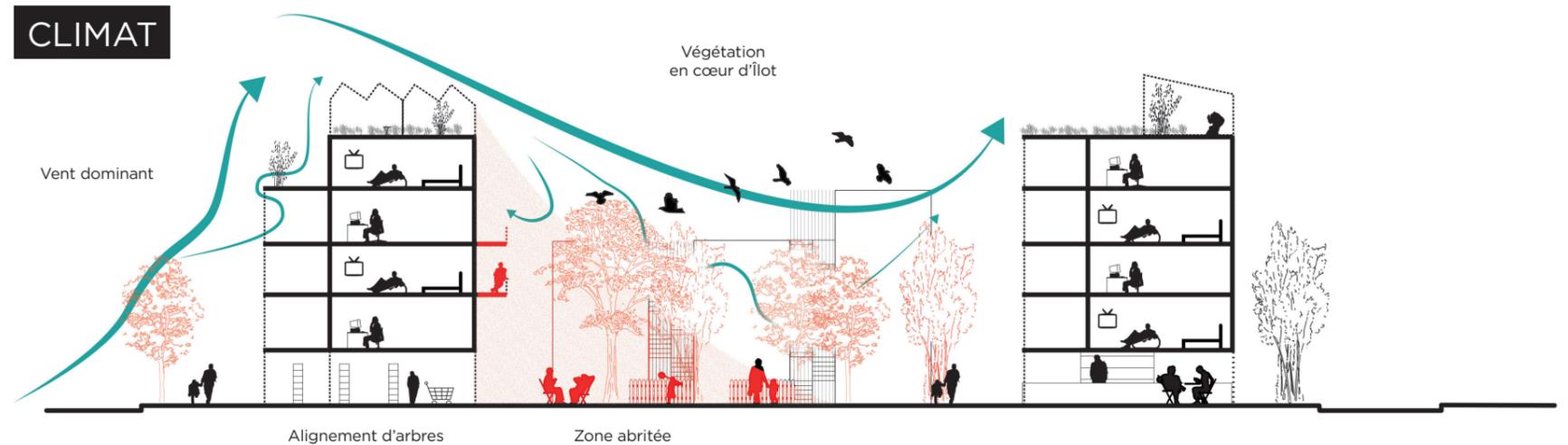
IMPACT SUR LA FABRIQUE DE LA VILLE

Les orientations en matière de climat, d'air et d'énergie, en plus de répondre aux objectifs vitaux pour la planète et l'homme, contribuent à une image, architecturale et urbaine, renouvelée de la ville. Les solutions à trouver doivent aussi être le support de nouveaux usages, de nouveaux espaces, de nouvelles pratiques de la ville, de qualité paysagère, urbaine et architecturale et d'une ambiance urbaine encore inédite.

Seul un urbanisme de projet, adapté à chaque contexte, détaché des approches techniciennes ou des modèles, parviendra à fixer certains équilibres délicats : densité et ensoleillement ; compacité* et respiration de la ville ; fonctionnement et qualité du cadre de vie ; insertion urbaine et paysagère, développement économique et écologie ; performances énergétiques et protection du patrimoine bâti ; évolution des pratiques de déplacement...

Si la performance énergétique est un outil et un indicateur de qualité, elle reste néanmoins à mettre en balance avec l'ensemble des enjeux de l'urbanisme et doit faire la preuve de sa capacité à contribuer à un aménagement cohérent et harmonieux de l'espace. Les outils mis à la disposition de chacun pour avancer vers la transition énergétique doivent être intégrés à la ville et au bâti dans une recherche d'esthétisme et d'innovation. En effet, la qualité esthétique architecturale, paysagère et urbaine est un élément indispensable à la conception d'une ville de qualité et au bien-être des habitants.

Aussi, la transition énergétique, pour être durable, doit notamment s'inventer à l'échelle locale, par tous et pour tous. Elle doit être à l'image de son territoire et de ses habitants et doit s'appuyer à la fois sur les ressources naturelles mais également humaines et économiques qui lui sont propres.



MODE D'EMPLOI DE L'OAP CLIMAT, AIR, ÉNERGIE

L'OAP CAE s'appuie sur trois volets qui garantissent une approche intégrée des différentes thématiques climat, air et énergie. Souvent, une même mesure est susceptible de contribuer positivement à l'ensemble des thématiques. Par exemple, des mesures mises en place en matière de développement des modes actifs de déplacement participent tant à la réduction des émissions de GES qu'à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant mais encore à la réduction des nuisances sonores. À l'inverse, une mesure peut à la fois être bénéfique à un domaine et en affecter négativement un autre. C'est pourquoi les enjeux et mesures liées au climat, à l'air, au bruit et à l'énergie sont indissociables.

L'approche la plus pertinente et qui doit précéder le recours à la technique est la conception bioclimatique*, et ce à toutes les échelles (du quartier au bâti). C'est pourquoi cette OAP aborde dans un premier temps cette thématique pour ensuite développer des principes plus spécifiques, pour chacun des trois grands volets.

L'OAP CAE comprend :

- **Des objectifs d'aménagement stratégiques et transversaux** organisés en quatre grandes thématiques :
 - La conception bioclimatique ;
 - L'adaptation au changement climatique et la lutte contre les îlots de chaleur* ;
 - L'amélioration de la qualité de l'air et la réduction des nuisances sonores ;
 - La sobriété énergétique et le développement des énergies renouvelables*.

Ces objectifs sont déclinés :

- **Par échelle** : l'échelle du quartier ou de l'îlot, l'échelle de la construction ;
- Et le cas échéant **par sujet complémentaire** : le type de matériaux préconisé dans les aménagements et constructions, la distinction entre les préconisations à mettre en œuvre **pour une construction neuve ou pour une construction existante**, etc.

Ces objectifs s'appliquent à l'ensemble de la métropole : il s'agit du cadre général d'intervention dans lequel doivent s'inscrire tous les projets d'aménagement et de construction.

- **Des orientations d'aménagement** qui précisent comment les objectifs peuvent être mis en œuvre dans tout projet.

L'ensemble des objectifs et orientations constituent une déclinaison du PADD sur le volet environnemental et renvoient à quelques règles du PLUm :

- Règles d'implantation des constructions ;
- Règles de qualité urbaine, architecturale et paysagère ;
- Règle sur la mise en place de dispositifs de production d'énergie solaire, en complément du coefficient de biotope par surface (CBS).

Beaucoup d'entre eux convergent et sont complémentaires aux objectifs et orientations d'aménagement de l'OAP Trame Verte et Bleue et paysage.

MODE D'EMPLOI

1 - Je localise mon projet sur le plan de zonage (règlement graphique) pour identifier :

- Le zonage du PLUm correspondant et les dispositions du règlement qui sont applicables ;
- Le cas échéant, le périmètre d'une OAP sectorielle qui le concerne.

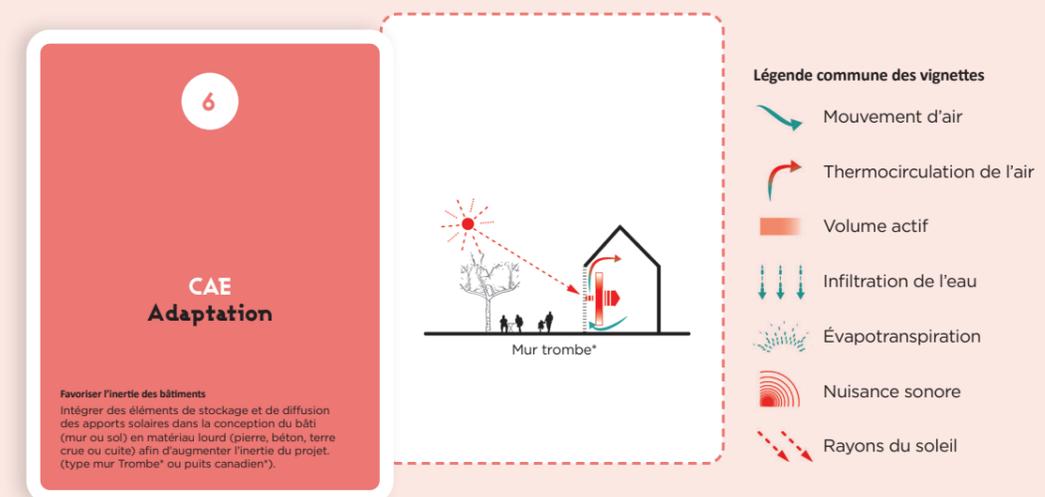
2 - Je conçois mon projet, pour sa dimension environnementale Climat, Air, Énergie en respectant :

- Les objectifs et les orientations d'aménagement qui s'appliquent à lui en fonction de la nature de mon projet (aménagement d'un quartier, d'un îlot urbain, construction neuve ou intervention sur une construction existante) ;
- Le cas échéant l'OAP sectorielle dans le périmètre de laquelle mon projet serait compris.

Les dispositions du Règlement du PLUm doivent également être respectées pour toutes les autres dimensions du projet (implantation, volumétrie, stationnement, etc.).

3 - Je présente et discute mon projet avec les collectivités

- Mon projet doit être compatible avec l'OAP Climat, Air, Énergie : il ne doit pas être contraire aux objectifs et orientations d'aménagement qui y sont définis ;
- Mon projet doit être conforme au règlement du PLUm : il doit respecter les règles qui y sont définies.



Les termes avec un astérisque* sont définis dans le lexique en fin de document.

1. POUR UNE CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE

Le meilleur moyen de répondre aux enjeux du climat, de la qualité de l'air, du bruit et de la réduction de la consommation d'énergie est de favoriser une conception bioclimatique*, du bâti jusqu'à l'échelle de la ville.

La conception bioclimatique* a pour principe d'élaborer tout le projet (quelle que soit sa taille: de la construction d'une maison individuelle à la création d'un nouveau quartier de plusieurs milliers de logements) en lien avec les caractéristiques et les particularités du lieu, afin de tirer parti de ses apports naturels et de se protéger de ses contraintes climatiques. L'objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de la manière la plus naturelle possible par « l'intelligence » de la conception et de limiter le recours à la technologie. Il s'appuie sur trois axes :

- **Capter l'énergie** solaire et celle apportée par les activités intérieures;
- **La diffuser** (hiver) ou **s'en protéger** (été);
- **La conserver** (hiver) ou **l'évacuer** (été) en fonction du confort recherché.

De cette manière, les projets réduisent leur impact sur le climat, favorisent la circulation naturelle de l'air, et réduisent de manière significative leurs besoins en énergie.

Les enjeux d'une conception bioclimatique* sont indissociables de la question de la forme urbaine* et bâtie. Si le milieu, dans lequel chaque projet s'insère, joue un rôle essentiel dans sa détermination, l'inverse est tout aussi important. La conception du projet va contribuer elle aussi au milieu. Pour cela il convient de penser le projet comme un tout intégrant à la fois, et de manière complémentaire, les questions liées au climat, à l'air et à l'énergie (OAP CAE) mais également celles liées au développement de la biodiversité et au respect du cycle naturel de l'eau (OAP TVBp).

De plus, une bonne conception bioclimatique* a d'importants impacts sur le coût global de la construction, réduisant la part de la technique, de la quantité de matériaux nécessaire, etc., mais aussi sur son coût de gestion ultérieur, réduisant ainsi les factures d'énergie, d'eau, etc.

Dans la conception d'une architecture dite bioclimatique, les conditions du site et de l'environnement (le climat et le microclimat, la géographie et la géomorphologie) ont une place prépondérante dans l'étude et la réalisation du projet d'architecture.

1.1 À L'ÉCHELLE DU QUARTIER

La conception bioclimatique* d'un quartier ou d'un îlot urbain peut être précédée d'une prise en compte des différentes fonctions urbaines que le quartier peut développer ainsi que de la qualité des espaces extérieurs publics et privés.

1.1.1 DÉVELOPPER LA MIXITÉ ET LA RÉVERSIBILITÉ DES USAGES : PROGRAMMATION



En proposant **une diversité de fonctions urbaines** (logement, hébergement, bureau, service, équipement, etc.), le quartier est plus vivant, actif et attractif et permet à ses habitants et usagers de réduire leurs distances de déplacement en mode motorisé, ce qui contribue à la lutte contre le changement climatique par la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

En proposant une **diversité typologique des formes bâties**, le quartier contribue à la mixité sociale et générationnelle.

En intégrant des **espaces partagés**, des lieux de vie et d'échanges variés, l'îlot favorise le vivre ensemble, crée de la proximité entre les habitants qui peuvent s'approprier des espaces en commun.

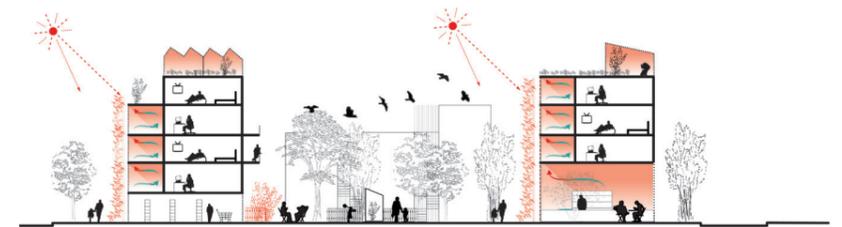


Nantes - Malakoff - Jardins partagés

Il est également important de penser à l'évolution du quartier, et des modes de vie. Intégrer l'adaptabilité des quartiers, dès leur conception, permet leur développement à long terme et préserve des possibilités d'évolution futures (rez-de-chaussée, hauteur sous plafond, extensions et surélévations, etc.).

- Favoriser la mixité fonctionnelle à l'échelle du quartier, de la parcelle, du bâti ①
- Permettre l'aménagement d'espaces partagés en cœur d'îlot ou l'accès à des espaces de ressourcement de quartier ②

1.1.2 EXPLOITER LES POTENTIALITÉS CLIMATIQUES DU SITE : IMPLANTATION, ORIENTATION, FORME



La conception bioclimatique* consiste à exploiter au maximum les potentialités climatiques du site, de manière passive, c'est-à-dire en recherchant une cohérence entre les formes bâties et les apports naturels (course du soleil, vent dominant...):

- **L'implantation des volumes et leurs orientations** garantissant l'ensoleillement, notamment hivernal, des constructions;
- La **juste compacité*** du quartier et du bâti. En effet, un îlot urbain très compact permet de limiter la surface d'enveloppe en contact avec l'extérieur et ainsi limiter les déperditions et les surchauffes. Mais une conception compacte, très isolée et régulée mécaniquement va aussi à l'encontre d'autres facteurs tout aussi importants: la diversité architecturale, la multiplication des orientations qui peut augmenter les apports naturels (chaleur et lumière naturelle), les vues, la ventilation naturelle et aussi la souplesse d'usage des occupants. Un juste équilibre entre compacité* et « qualité d'usage » est à trouver pour chaque projet en fonction du lieu de son développement.

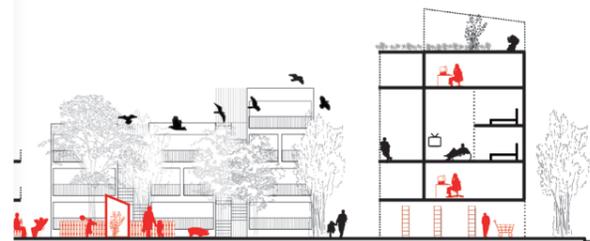
- Limiter les masques solaires* ③
- Tirer parti des espaces intermédiaires en tant qu'interfaces climatiques* ④

1

CAE Mutualisation

Favoriser la mixité fonctionnelle à l'échelle du quartier, de la parcelle, du bâti

La mixité fonctionnelle à toutes les échelles de la ville permet de reconnecter les différents usages. Il s'agit de concevoir des quartiers, des îlots et des parcelles où se mêlent logements, services, bureaux et commerces.

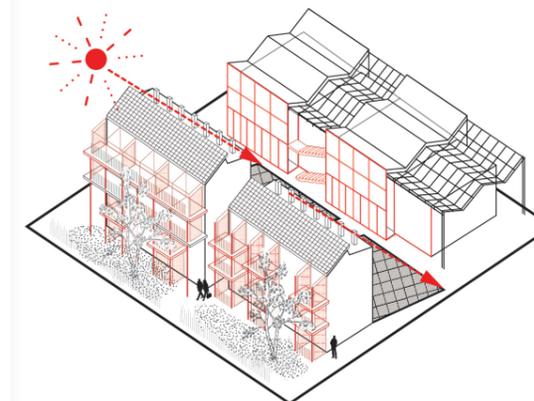


3

CAE Adaptation

Limiter les masques solaires*

Il s'agit de privilégier une implantation de volumes bâtis qui puisse garantir un ensoleillement maximal des constructions (en hiver) et une bonne ventilation naturelle des espaces extérieurs tout en assurant la protection contre les vents froids.



2

CAE Mutualisation

Permettre l'aménagement d'espaces partagés en cœur d'îlot ou l'accès à des espaces de ressourcement de quartier

Création d'espaces appropriables par les habitants et contribuant au lien social. Il peut s'agir de placettes, d'aires de jeux pour les enfants, de jardins potagers, de jardins partagés, d'espaces pour les composteurs collectifs, de centres de ressources pour le réemploi, l'échange et le don d'objets.

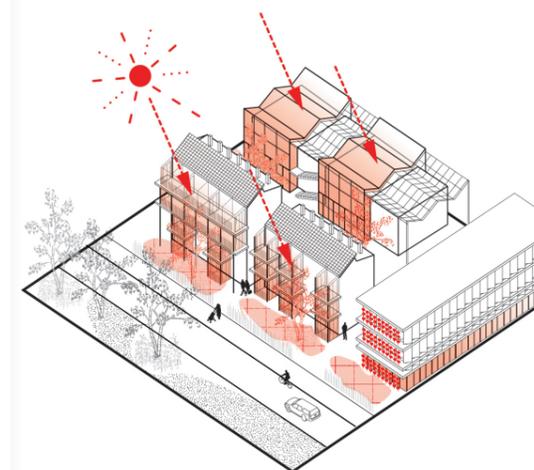


4

CAE Interaction

Tirer parti des espaces intermédiaires en tant qu'interfaces climatiques*

Les interfaces climatiques* peuvent être conçues comme des espaces tampon* entre public et privé ou semi-public (jardins sur rue, jardins potagers, rues intérieures, venelles, pieds d'immeubles végétalisés, noues paysagères, etc.). Elles peuvent créer des microclimats à l'échelle du quartier, permettre une meilleure ventilation, un rafraîchissement et peuvent contribuer à la production vivrière.



1.2 À L'ÉCHELLE DU BÂTI

À l'échelle du bâti, la conception bioclimatique* consiste à obtenir un confort thermique (d'été et d'hiver) en tirant parti de son positionnement vis-à-vis de son environnement naturel.

Au **confort d'hiver** répond la stratégie du chaud: capter la chaleur du rayonnement solaire, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.

Au **confort d'été** répond la stratégie du froid: se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement le bâti.

Cette démarche met en œuvre des modes de faire qu'il faut rendre complémentaires et efficaces en toutes saisons.

1.2.1 EXPLOITER LES POTENTIALITÉS CLIMATIQUES DU SITE : IMPLANTATION, ORIENTATION, FORMES DU BÂTI

L'**implantation** du bâti détermine l'éclairement, les apports solaires, les déperditions, les possibilités de ventilation naturelle.

L'**orientation** du bâti répond à sa destination (logement, bureau, équipement). Elle doit prendre en compte: les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe et l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été.



La **forme et la compacité** du bâti sont essentielles en architecture bioclimatique*: elles déterminent les surfaces en contact avec l'extérieur (les façades, les toits) et donc l'importance des déperditions thermiques. Mais, comme pour la compacité* du quartier, l'enjeu est de trouver la forme qui limite les déperditions tout en permettant une souplesse d'usage et des espaces de qualité (bien éclairés naturellement, etc.). Les surfaces en contact avec l'extérieur offrent aussi un potentiel d'apport solaire, de lumière naturelle que des formes plus complexes que la construction cubique permettent d'exploiter avec une multiplication des orientations.

De plus, l'éclairage intérieur est déterminé par l'orientation des baies, la géométrie de la pièce, la présence de masques solaires* et les types de revêtements (couleurs, aspects) intérieurs mais également extérieurs des bâtiments proches.

La prise en compte de tous ces facteurs dans la conception du bâti permet d'évaluer son autonomie en éclairage naturel et ainsi réduire la consommation en éclairage artificiel.

- Privilégier une double orientation des logements 5

1.2.2 GÉRER NATURELLEMENT LES POTENTIALITÉS CLIMATIQUES DU SITE : INERTIE, ISOLATION, ENVELOPPE DU BÂTI

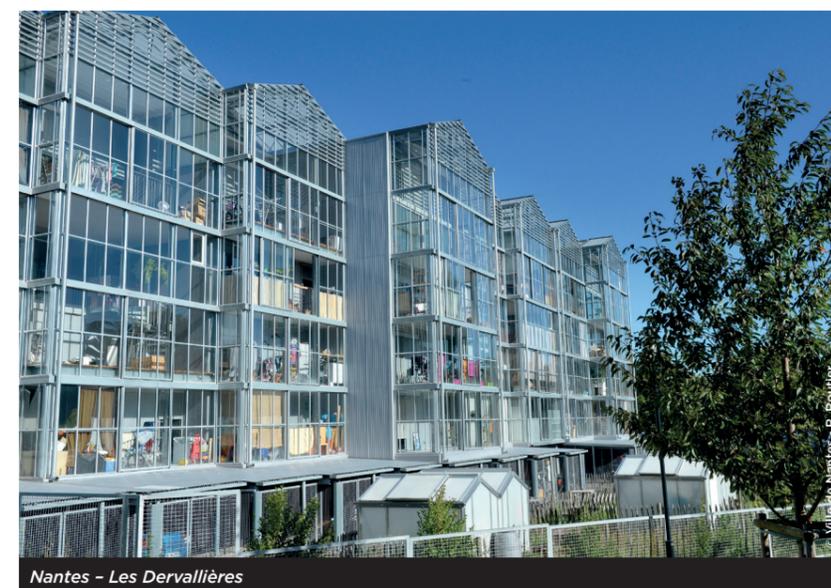
L'**inertie** d'un bâti mesure sa capacité à stocker la chaleur (dans ses murs, ses planchers), à en différer la restitution et à atténuer l'effet des surchauffes dues aux apports solaires. Plus elle est élevée, plus le bâti se réchauffe et se refroidit lentement. Une forte inertie est un atout pour le confort d'été le jour, parce qu'elle amortit les pics de surchauffe, pour le confort d'hiver la nuit car elle restitue la chaleur captée pendant la journée. Certains dispositifs spécifiques comme le mur Trombe* ou le puits canadien* (qui profite de l'inertie thermique* du sol) jouent ce rôle dans le bâti.



L'**isolation** d'un bâti est également déterminante. Une isolation par l'extérieur est efficace à la fois en été et en hiver, en faisant jouer favorablement l'inertie et en supprimant les points de moindre résistance thermique (ponts thermiques*). L'isolation répartie est également une bonne solution.

Les **toitures et les façades végétalisées** renforcent l'inertie thermique* et limitent les déperditions. Elles réduisent les apports solaires en été, la température de surface et améliorent l'isolation des bâtiments. Elles participent également au rafraîchissement de l'environnement du bâti par évapotranspiration* (cf. OAP TVBp pour la végétalisation du bâti).

Les **volumes climatiques*** peuvent jouer un rôle important dans la thermique du bâtiment. Espaces de transition entre intérieur et extérieur, ils génèrent naturellement un microclimat, captent la chaleur en hiver pour la diffuser dans le bâtiment et permettent de maîtriser la surchauffe en été.

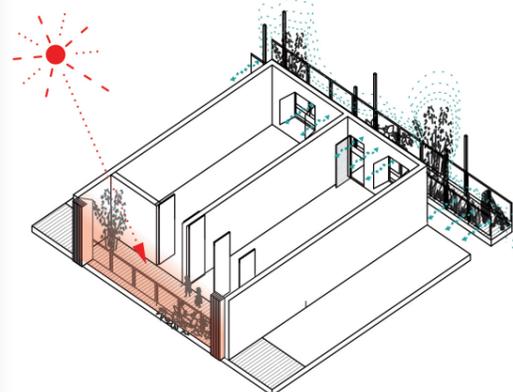


5

CAE Adaptation

Privilégier une double orientation des logements

Il s'agit de tirer parti des apports solaires passifs*, même dans le cas le plus défavorable (solstice d'hiver). L'implantation, l'orientation et la compacité des bâtiments sont des enjeux importants dans la conception afin de prendre en compte les potentialités climatiques du site.

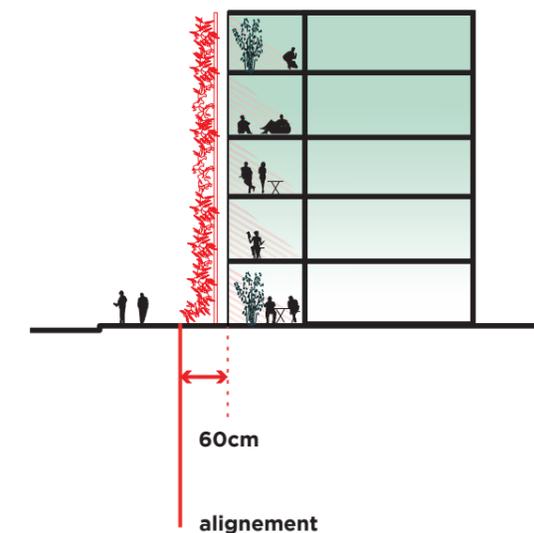


7

CAE Interaction

Profiter d'un éventuel recul de 60 cm en cas d'alignement sur voirie pour végétaliser les pieds d'immeubles et éviter les ponts thermiques* au niveau du sol

L'intégration d'un recul de 60 cm végétalisé en pied d'immeuble permet d'éviter la surchauffe entre le bitume et le mur de la façade.

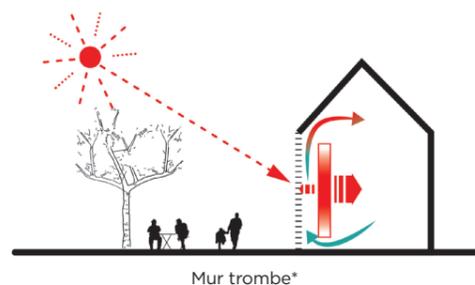


6

CAE Adaptation

Favoriser l'inertie des bâtiments

Intégrer des éléments de stockage et de diffusion des apports solaires dans la conception du bâti (mur ou sol) en matériau lourd (pierre, béton, terre crue ou cuite) afin d'augmenter l'inertie du projet (type mur Trombe* ou puits canadien*).

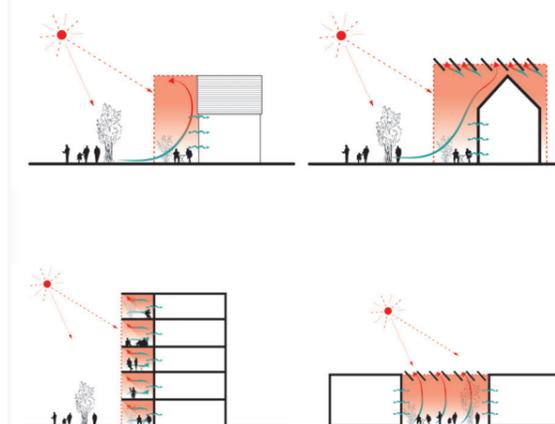


8

CAE Interaction

Intégrer des volumes climatiques*

Espaces non chauffés (type serre, vérandas, jardins d'hiver, coursives, atriums, doubles peaux, enveloppes, garages, celliers...) support d'usages et d'activités plus proches du climat et de l'environnement extérieur direct. Ces volumes peuvent être propices à la production vivrière.

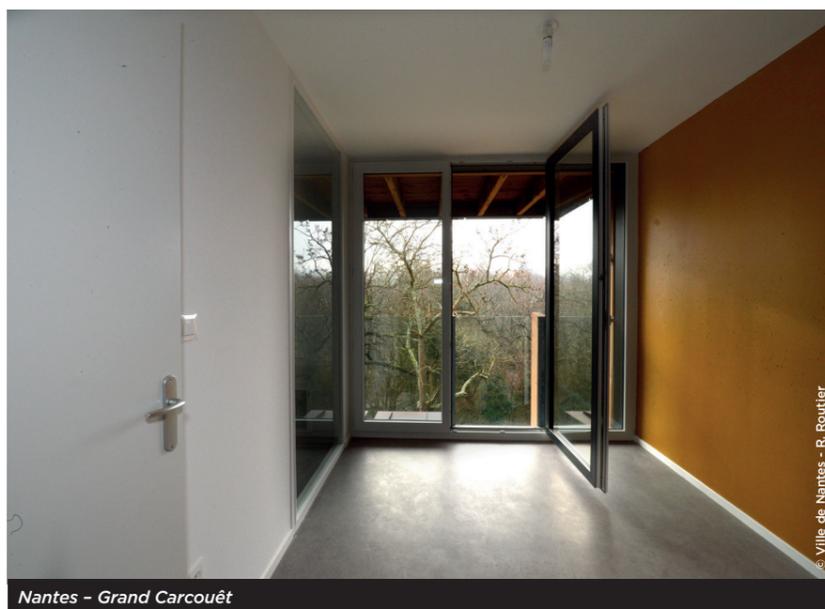


1.2.3 FAVORISER LA VENTILATION NATURELLE DU BÂTI

La recherche d'une capacité de ventilation naturelle efficace est la troisième phase essentielle dans la conception bioclimatique* afin d'éviter le recours à une ventilation mécanique contrôlée.

Cette capacité de ventilation naturelle dépend du potentiel des parois extérieures et intérieures du bâtiment à laisser circuler les flux d'air extérieur. La ventilation naturelle permet alors d'évacuer le surplus de chaleur qui s'accumule dans le bâtiment, d'évacuer l'humidité et de renouveler l'air.

Cela consiste à faire entrer l'air extérieur par la simple ouverture des murs. Il faut pour cela concevoir des bâtiments traversants et identifier les façades au vent* et les façades sous le vent* du projet qui seront ouvertes largement pour faire circuler l'air dans le bâtiment.



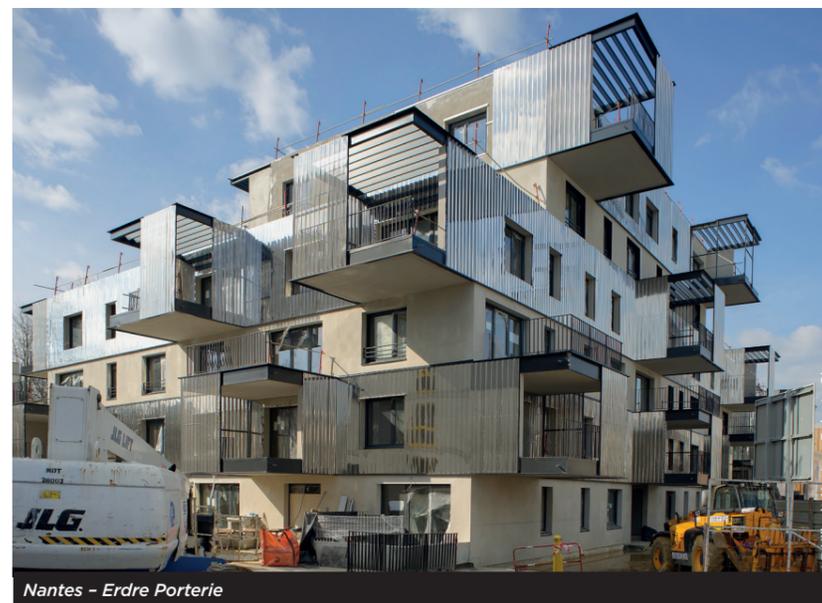
- Intégrer des systèmes de thermocirculation* de l'air ⁹
- Privilégier des principes de volumétrie et typologie des bâtiments qui favorisent un maximum de logements traversants ¹⁰

1.2.4 METTRE EN PLACE DES PROTECTIONS SOLAIRES ADAPTÉES AU BÂTI

La démarche bioclimatique* incite à protéger les locaux du rayonnement solaire durant la saison chaude afin d'éviter toute surchauffe. Ces protections doivent être conçues de manière à pouvoir profiter des apports en hiver. Les dispositifs à privilégier sont :

- **Les débords de toitures et les casquettes ;**
- **Les brise-soleil horizontaux sur les façades sud ;**
- **Les brise-soleil verticaux, volets et végétation sur les façades est et ouest.** En effet, sur les ouvertures des façades est et ouest, les protections solaires horizontales sont d'une efficacité limitée, car les rayons solaires ont une incidence moins élevée.
- **Les filtres végétaux** protègent les constructions des rayonnements solaires et limite l'élévation de températures de leurs façades.

Il faut préférer les arbres à feuilles caduques, qui créent de l'ombre et protègent de la surchauffe en été, et inversement favorisent les apports solaires en hiver.



- Intégrer, dans chaque projet, des protections solaires adaptées ¹¹
- Favoriser l'intégration de la végétation dans les dispositifs de protection solaire ¹²

9

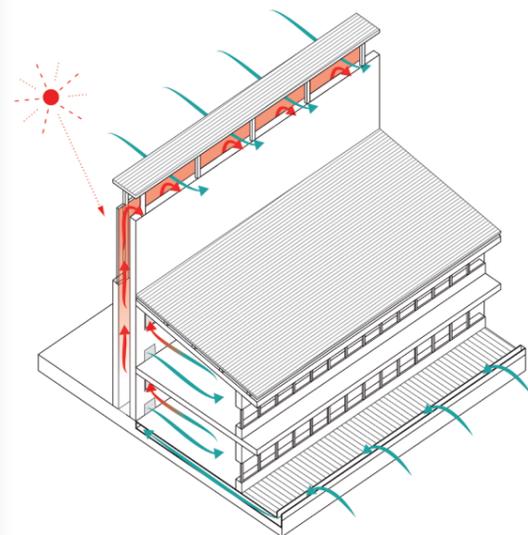
CAE Ventilation

Intégrer des systèmes de thermocirculation* de l'air

Ces dispositifs améliorent la circulation d'air naturelle des bâtiments (type cheminée solaire...).

Pour optimiser cette ventilation naturelle on peut surdimensionner les ouvrants de la façade sous le vent* par rapport à la façade au vent* et varier la hauteur des ouvrants de ces deux façades.

Ventilation naturelle plus travaillée : intégration d'une ouverture en haut de la toiture (une écope de toiture) permettant d'évacuer l'air chaud qui s'accumule dans les hauteurs; construction d'un bâtiment sur pilotis ou sur vide sanitaire ventilé permettant de le rafraîchir par le sol et de mieux le ventiler; réalisation de systèmes de ventilation par thermocirculation* de l'air (cheminées solaires, puits canadiens*, etc.).

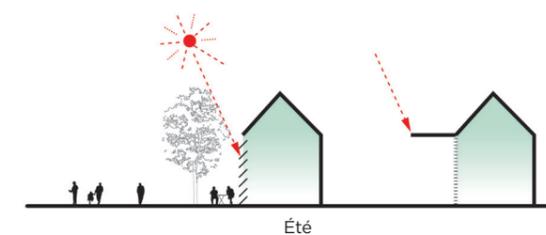
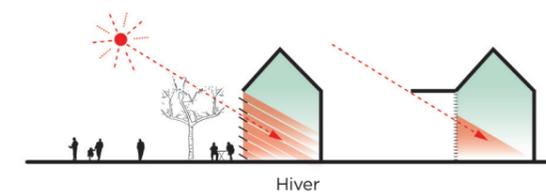


11

CAE Protection

Intégrer, dans chaque projet, des protections solaires adaptées

Il convient d'adapter le type de protection aux ouvertures sur les façades sud, est et ouest afin de protéger efficacement le bâtiment des rayonnements solaires en été.

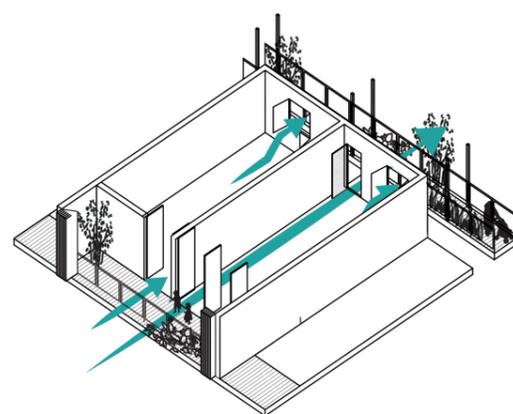


10

CAE Ventilation

Privilégier des principes de volumétrie et de typologie des bâtiments qui favorisent un maximum de logements traversants

La conception de logements traversants est possible notamment par une faible épaisseur des bâtiments. Ils permettent une ventilation intérieure efficace et un apport solaire plus intéressant.



12

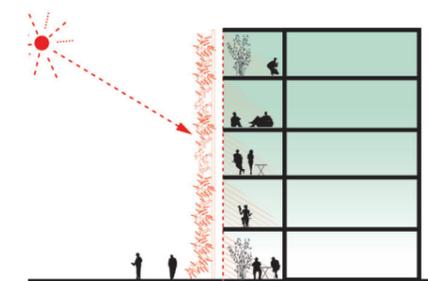
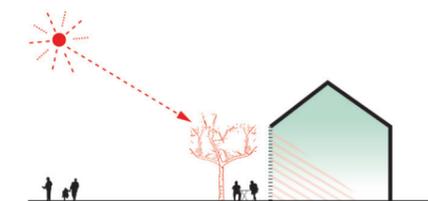
CAE Protection

Favoriser l'intégration de la végétation dans les dispositifs de protection solaire

Deux scénarios sont possibles :

- Plantation d'arbres en pleine terre au sud;
- Mise en place d'un dispositif de plantes grimpantes le long de la façade et profitant d'une faible surface de pleine terre en pied de façade.

Mettre en place des espèces à feuilles caduques permettant de créer de l'ombre en été sans créer de masque* en hiver.



2. CLIMAT : POUR UNE ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE PAR LA DIMINUTION DES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

Le milieu urbain est à l'origine de processus radiatifs, thermiques, dynamiques et hydriques qui modifient le climat de la ville. Les principaux facteurs influant cette modification sont :

- La **nature du sol**, et sa plus ou moins grande capacité à infiltrer l'eau et à développer de la végétation;
- La **nature des activités humaines** qui génèrent plus ou moins d'émissions de polluants et de chaleur dans l'air;
- Les **formes urbaines et architecturales** qui selon leurs caractéristiques et les matériaux employés créent des microclimats particuliers ayant un impact sur la santé environnementale*.

Aussi, la morphologie de la ville et du bâti contribue au développement de microclimats (vents, chaleur, humidité...) qui ont un impact important sur la santé des usagers et qui participent pour beaucoup au confort extérieur. Il convient de connaître et de maîtriser ces phénomènes afin de façonner un environnement sain.

Ainsi les aménagements urbains et les constructions associées sont à l'origine de perturbations microclimatiques (création de courant d'air ou au contraire de stagnation de l'air, élévation localisée de la température ambiante, élévation localisée du degré d'humidité ou au contraire de sécheresse, etc.) qu'il s'agit de mieux maîtriser pour contribuer à créer un environnement urbain sain, adapté aux conditions du réchauffement climatique.

L'une des conséquences majeures du réchauffement climatique est la création d'**îlots de chaleur urbains (ICU)***. Ce sont des élévations localisées des températures (particulièrement des températures maximales diurnes et nocturnes) enregistrées en ville par rapport aux températures relevées par ailleurs dans les autres espaces non urbanisés de la métropole et aux températures moyennes régionales.

Les composantes urbaines qui ont une influence sur les îlots de chaleur urbains sont :

La minéralité des espaces urbains. Elle influence fortement la formation des îlots de chaleur urbains car certains matériaux minéraux (pierre, pavé, bitume...) absorbent beaucoup d'énergie solaire et la restituent, tandis que l'eau ou la végétation emmagasinent peu et participent au rafraîchissement de l'air par évapotranspiration*.

La mauvaise circulation de l'air. Elle contribue au réchauffement localisé car elle ne permet pas de disperser la chaleur créée localement.

Les rues de type canyon. Ce sont des rues étroites bordées en continu par de grands bâtiments. Cette configuration entraîne le confinement de la chaleur (mais aussi de la pollution, du bruit...) entre les bâtiments.

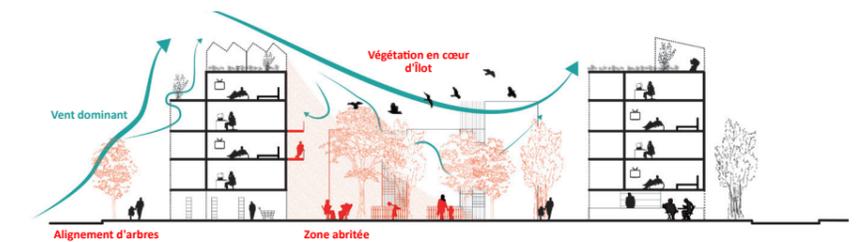
La chaleur anthropique (climatisation, circulation de véhicules, industries...) augmente la température de l'air et a un impact sur la formation des ICU*. La climatisation produit de la chaleur car elle rejette les calories extraites de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur dans le domaine public.

Pour éviter de créer de nouveaux îlots de chaleur urbains et réduire ceux existants, il faut développer des dispositifs qui encouragent le « rafraîchissement » des espaces urbanisés. Les principaux moyens pour y arriver sont de :

- Développer la **pleine terre** avec présence de l'eau et de végétation abondante ;
- Favoriser une **bonne circulation de l'air** ;
- Éviter l'**artificialisation des sols** qui captent la chaleur et privilégier des matériaux réfléchissants et clairs à albédo* élevé.

2.1 À L'ÉCHELLE DU QUARTIER

2.1.1 INTÉGRER LA CIRCULATION DES VENTS DANS LA CONCEPTION DU QUARTIER



Une bonne circulation des vents est très importante dans la lutte contre les ICU* car elle permet d'atteindre un meilleur niveau de confort des espaces urbains. Elle favorise les échanges de chaleur entre l'eau et l'air et évacue la transpiration. Il est de ce fait important d'assurer une bonne ventilation des espaces urbains.

La conception architecturale et urbaine à l'échelle du quartier doit intégrer la circulation des vents dans l'implantation et l'organisation des constructions pour tirer parti au mieux de la gestion des vents d'ouest, qui sont les vents dominants dans la métropole.

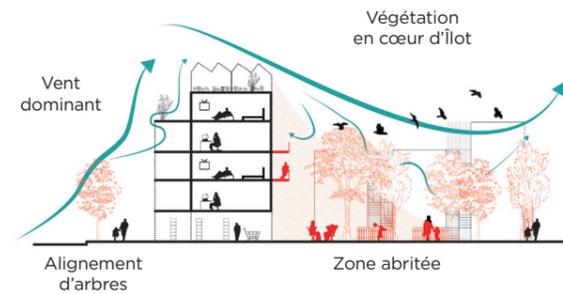
- Favoriser une bonne ventilation par l'orientation et l'implantation des bâtiments ¹³
- Créer des ouvertures dans le front bâti ¹⁴

13

CAE Ventilation

Favoriser une bonne ventilation par l'orientation et l'implantation des bâtiments

L'orientation et l'implantation des bâtiments notamment par rapport aux vents d'ouest permettent d'assurer une bonne ventilation au sein du quartier.

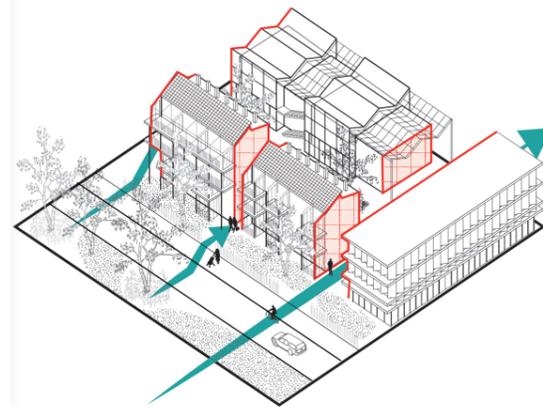


14

CAE Ventilation

Créer des ouvertures dans le front bâti

Les porosités dans le front bâti assurent la ventilation du quartier et permettent d'éviter les effets corridors et les rues canyons.



2.1.2 DÉVELOPPER LA VÉGÉTATION ET LA PRÉSENCE DE L'EAU DANS LES QUARTIERS



Les arbres sont bénéfiques du fait de l'ombre qu'ils procurent et de leur évapotranspiration*.

La quantité et la **distribution de la végétation** urbaine jouent un rôle majeur dans le climat des villes. Grâce à l'ombre et aux phénomènes d'évapotranspiration* que les plantations génèrent, elles sont sources d'humidité et de rafraîchissement. Mais l'effet d'un espace vert se constate sur une relativement faible distance, d'où l'intérêt d'avoir **un important réseau de végétation** en ville. Les réseaux de petits espaces verts sont ainsi aussi importants que les grands parcs ou les grands cœurs d'îlot plantés. Il est également important de souligner ici que cette végétalisation (quelle que soit son échelle) peut contribuer à la production vivrière (plantation d'arbres fruitiers, jardins potagers, etc.).



L'imperméabilisation des sols (voirie, parking, allée, toit, etc.) restitue l'énergie solaire et participe à la formation des ICU. L'utilisation de revêtements perméables (pavé drainant, etc.) et/ou végétalisés (dalles engazonnées, etc.) permet à l'eau de pluie de s'infiltrer et de rendre au sol, toutes ses fonctions d'origine dans le cycle naturel de l'eau (filtration, oxygénation, stockage, alimentation de la nappe, support de la faune et de la flore) et apporte d'important bénéfices (limitation des ICU, des inondations, des pollutions, de l'assèchement et du tassement des sols pouvant provoquer des dégâts aux bâtiments, etc.).

De même, la **présence de l'eau** permet de lutter contre les ICU. Sa réintégration dans l'aménagement urbain est un enjeu important. Pour cela, il est nécessaire de considérer la question de l'eau de façon transversale. Par exemple, un système de gestion des eaux de pluie, favorisant l'infiltration dans le sol en associant l'eau et le végétal (jardin de pluie, fosse à arbre, espace vert creux, etc.), peut également participer au confort hygrothermique, apporter de la qualité paysagère et de nouveaux usages.

Aussi, la phytoépuration (dépollution ou épuration des eaux par les plantes) permet d'intégrer à la ville à la fois des espaces végétalisés et de l'eau à l'air libre, favorisant ainsi le rafraîchissement des espaces urbains. Ce système de traitement des eaux peut prendre différents aspects et utiliser différentes techniques (lagunage, filtres plantés, etc.) permettant de constituer des zones de fraîcheur s'adaptant au contexte.

Afin de lutter contre les gîtes larvaires (moustiques), il est important d'empêcher la création de zones en eau stagnante permanente ou d'introduire et de préserver les prédateurs naturels (poissons et invertébrés).

Cette importance de la végétation et de l'eau pour lutter contre les ICU* converge avec les objectifs de biodiversité et de respect du cycle naturel de l'eau dans la ville (cf. OAP Trame Verte et Bleue et paysage).

• Développer des « zones de fraîcheur » et adapter les caractéristiques de la végétation aux conditions climatiques 15

2.2 À L'ÉCHELLE DU BÂTI

La façon de concevoir le bâti peut également influencer sur les îlots de chaleur urbain. Les principes du bioclimatisme développés dans la première partie priment et permettent de réduire les îlots de chaleur* à l'échelle du bâti : limitation de l'usage de climatiseurs, ventilation naturelle, ombrage, etc.

2.2.1 DÉVELOPPER LA VÉGÉTATION SUR ET AUTOUR DU BÂTI

Les plantations aux abords et sur les bâtiments (façades, toitures et espaces extérieurs) permettent de rafraîchir l'air ambiant et de diminuer les ICU*. Elles contribuent à la formation de microclimats et permettent de créer de véritables zones ombragées qui ont une incidence forte sur la gestion du confort intérieur du bâti.



Nantes - Rue du Calvaire

Tout comme pour la végétation au sein des quartiers, ces bienfaits de la végétation du bâti pour lutter contre les ICU* converge avec les objectifs de biodiversité et de respect du cycle naturel de l'eau dans la ville (cf. OAP Trame Verte et Bleue et paysage).



Milan (Italie) - Immeuble Bosco Verticale

2.2.2 INTÉGRER LA GESTION DE L'EAU COMME FACTEUR DE RAFRAÎCHISSEMENT

La présence de l'eau à l'air libre dans les quartiers permet d'atténuer les chaleurs localisées (ICU*). Il est important que le bâti prenne part à cette question en intégrant la gestion de l'eau de pluie, sa circulation et sa rétention dans la conception architecturale, en lien avec les espaces extérieurs non construits.

En effet, l'intégration d'une gestion des eaux pluviales à la source sur les toitures, les jardins et en gravitaire le long de la façade extérieure des bâtiments, augmente la présence de l'eau dans les espaces privés. De plus, l'eau en toiture (stockante, végétalisée), en pied d'immeuble (noue, tranchée drainante, jardin de pluie, espace vert creux, etc.) ou sur les façades extérieures (gargouilles, chaînes de pluie, murs d'eau, etc.) fait du bâtiment le réel vecteur du rafraîchissement des quartiers.

- Gérer la circulation des eaux de manière gravitaire ¹⁶
- Mettre en place des dispositifs de gestion des eaux pluviales à l'air libre en favorisant l'infiltration et l'irrigation du végétal ¹⁶

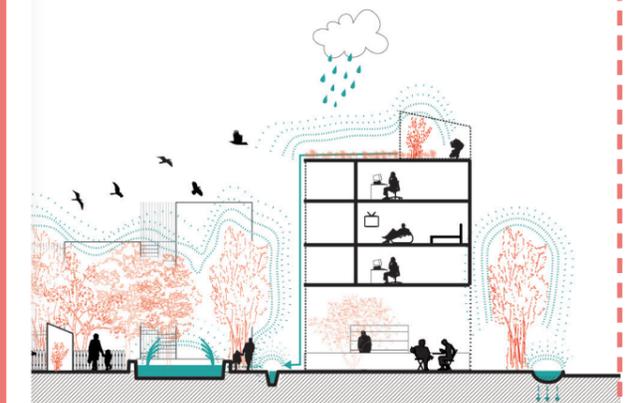
15

CAE Interaction

Développer des « zones de fraîcheur » et adapter les caractéristiques de la végétation aux conditions climatiques

Il est également envisageable de développer des accès à des espaces de ressourcement naturels (rivières...) ou aménagés, permettant de développer un urbanisme d'anticipation des changements climatiques.

La végétation doit accompagner ces « zones de fraîcheur » par la plantation de haies brise-vent orientées selon les vents dominants ou d'espèces à feuilles caduques pour préserver les apports solaires d'hiver, rafraîchir et ombrager en été par exemple.



16

CAE Adaptation

Gérer la circulation des eaux de manière gravitaire

Mettre en place des dispositifs de gestion des eaux pluviales à l'air libre en favorisant l'infiltration et l'irrigation du végétal

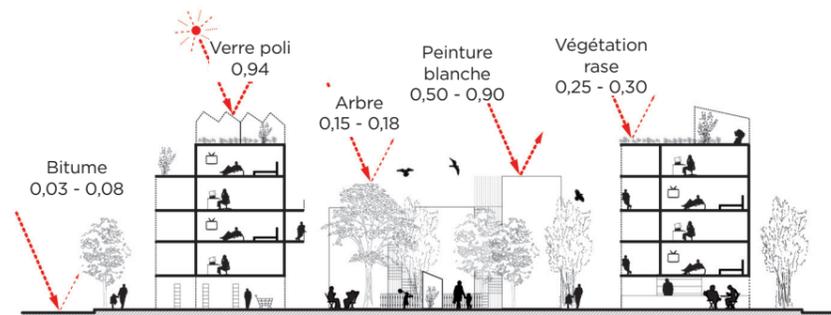
La gestion de l'eau en gravitaire, le long des façades extérieures, est un moyen simple et efficace.

Le stockage (en toiture ou en pied d'immeuble sous forme de noues) mais également la descente des eaux (gargouilles, chaînes d'eau ou murs d'eau) peuvent être à l'air libre, favorisant ainsi le rafraîchissement du bâti et de ses espaces extérieurs.



2.3 CHOIX DES MATÉRIAUX

RÉDUIRE LE STOCKAGE DE LA CHALEUR PAR LES MATÉRIAUX



Le bon choix des matériaux pour les façades, les toits, les sols et la voirie peut améliorer le confort extérieur et diminuer la température à l'intérieur du bâtiment. En effet, le choix des matériaux a une incidence déterminante sur la qualité et le confort thermique des constructions tout en limitant les consommations d'énergie.

Par exemple, plus le matériau est sombre, plus il va capter de la chaleur pendant les périodes d'exposition solaire et la restituer en dehors de ces périodes. Il est donc préférable d'utiliser des matériaux aux couleurs claires.



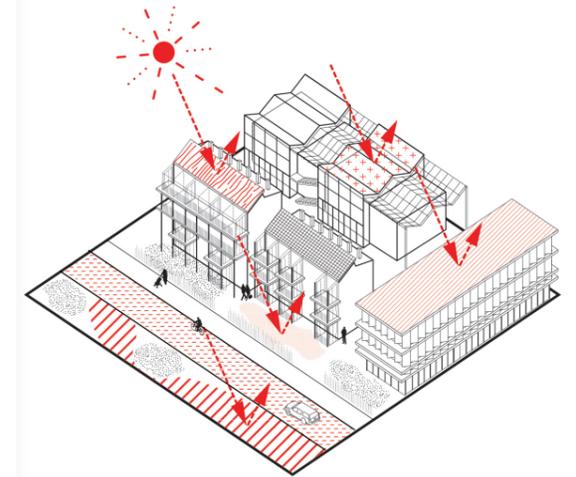
- Privilégier des surfaces de revêtements, de toitures et de façades présentant un albédo* élevé **17**

17

CAE Interaction

Privilégier des surfaces de revêtements, de toitures et de façades présentant un albédo* élevé

Il s'agit de mettre en place notamment des surfaces de couleurs claires réfléchissant fortement les rayons du soleil. Le matériau restitue alors moins d'énergie (sous forme de chaleur).



3. AIR ET BRUIT : POUR UNE AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR ET UNE RÉDUCTION DES NUISANCES SONORES EN VILLE

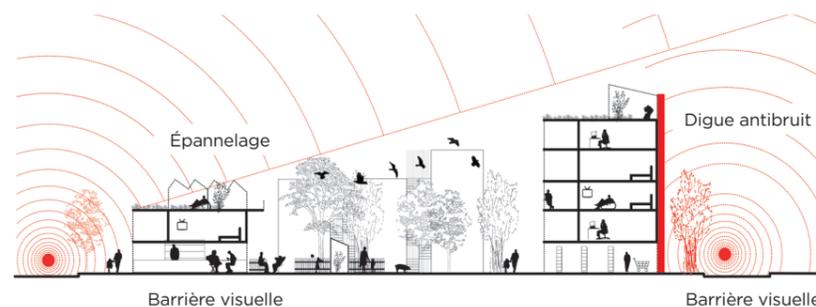
La présence de polluants dans l'air a un impact fort sur la santé humaine (effets sur le cœur, les poumons, le cerveau et le système hormonal) et sur le climat (réchauffement notamment). Ces polluants sont présents à l'extérieur mais également à l'intérieur des bâtiments. Selon une étude de santé publique France, publiée en juin 2016, la pollution de l'air est responsable de 48 000 décès prématurés par an en France. Les principaux facteurs de cette pollution sont : le trafic routier, les activités industrielles (chantiers, déchets, production d'énergie), le secteur résidentiel et tertiaire (chauffage).

Même si le plus important est de réduire l'émission de ces polluants à la source, il est aussi intéressant de prendre en compte ces facteurs dans la conception même de la ville pour atténuer leurs impacts.

Le bruit, quant à lui, notamment lié au trafic routier, ferroviaire et aérien, a une incidence sur le confort quotidien et sur la santé (qualité du sommeil, anxiété, etc.).

De la même manière que les polluants, le bruit se propage dans l'air. Ainsi, des solutions parfois communes peuvent être mises en œuvre en termes d'aménagement urbain afin de contribuer à réduire l'impact de la pollution de l'air et des nuisances sonores sur la santé.

3.1 À L'ÉCHELLE DU QUARTIER



3.1.1 AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR

L'implantation des bâtiments les uns par rapport aux autres et leur relation avec les espaces extérieurs publics (voies, places...) et privés (cœur d'îlot, cheminements intérieurs...) ont un impact sur la propagation des émissions polluantes (par exemple le gaz d'échappement des véhicules automobiles, les particules en suspension).

Deux paramètres principaux doivent être pris en compte afin de déterminer le degré de pollution d'une rue : l'émission et la dispersion des polluants.

La circulation des véhicules est l'une des principales sources d'émissions polluantes dans les villes. Les émissions sont directement proportionnelles au volume de trafic routier. La dispersion dépend de la configuration de la rue. Plus la rue est étroite et plus les bâtiments sont élevés, plus les concentrations sont importantes.

Sans omettre les autres priorités des projets d'urbanisme (exposition et stabilité des bâtiments, force locale du vent...) présentés avant, il faut veiller à :

- Proposer une architecture de quartier permettant une meilleure dispersion de la pollution de l'air en évitant les rues « canyons » ou en prévoyant des espaces entre les bâtiments afin de rendre la rue plus « ouverte » ;
- Étudier les possibilités d'éloignement des zones qui concentrent les publics les plus sensibles (tels que les écoles, crèches et terrains de sport) vis-à-vis des sources de pollution tout en baissant les émissions routières au sein ou à proximité du quartier ;
- Protéger les nouvelles constructions en intégrant la mise en œuvre de systèmes de traitement de l'air intérieur ;
- Considérer la mise en place de murs végétaux afin d'améliorer la qualité de l'air et de favoriser le bien-être général ;

- Procéder avec prudence lors de la plantation d'arbres dans les rues « canyon » afin de s'assurer qu'ils n'augmentent pas la pollution au niveau du sol.

- Implanter le bâti de manière à assurer la dispersion des polluants et du bruit ¹⁸

3.1.2 PROTÉGER LE BÂTI CONTRE LES ÉMISSIONS DE BRUIT

Les différentes sources sonores de l'environnement direct du projet d'aménagement ou de construction doivent être prises en compte : axes routiers importants, activités professionnelles sonores (industries, centres techniques, etc.), etc.

La forme urbaine, via l'implantation du bâti permet de jouer sur les effets de propagation acoustique des ondes sonores. Les espaces acoustiquement fermés auront tendance à réfléchir les ondes sonores tandis que les espaces ouverts auront tendance à les disperser dans l'atmosphère. C'est pourquoi une implantation judicieuse du ou des constructions peut contribuer à la diminution des nuisances sonores.

Une action à la source pourra également avoir des effets notoires sur les nuisances acoustiques (aménagement de voirie, ralentissement du trafic, revêtement routier, etc.) tandis que des espaces tampons (reculs, espaces végétalisés, masques acoustiques, etc.) peuvent mettre à distance le bâti des sources sonores.

Le choix de matériaux absorbants pour les façades des constructions permet également de réduire les effets de réflexion et donc de diffusion des ondes sonores en milieu urbain.

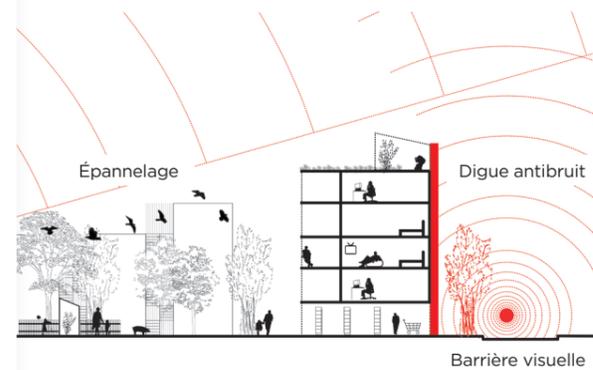
- Favoriser une implantation du bâti limitant les effets de propagation sonore.
- Aménager des espaces tampons et mettre en place des masques acoustiques si nécessaire.
- Privilégier des matériaux de façades absorbant les ondes sonores.

18

CAE Adaptation

Planter le bâti de manière à assurer la dispersion des polluants et du bruit

Pour permettre la dispersion des polluants et du bruit, il est important de créer des ruptures dans les alignements bâtis, de préserver des hauteurs de bâti inférieures à la largeur de la voirie et d'implanter les programmes pour publics sensibles (enfants, personnes âgées, malades...) dans des zones peu exposées.



3.2 À L'ÉCHELLE DU BÂTI

3.2.1 ÉPURER L'AIR INTÉRIEUR

La bonne qualité de l'air intérieur est importante pour la santé des occupants. La ventilation et la réduction des pollutions à la source garantissent un meilleur confort respiratoire et une meilleure santé. La ventilation renouvelle l'air intérieur en y apportant de l'oxygène et évacue l'humidité, permettant de réduire le développement des virus et des bactéries.

De plus, une bonne ventilation de l'air intérieur permet de prévenir les risques d'exposition au radon (fréquente dans notre région en raison de la nature majoritairement granitique du sol), de même qu'une bonne étanchéité entre le sol et le bâti ainsi que la mise en place de caves, parkings et souterrains ventilés.

- Mettre en place des systèmes de ventilation performants entre intérieur et extérieur afin d'améliorer la qualité de l'air intérieur ²⁰
- Privilégier les prises d'air sur les façades les moins exposées aux polluants ²¹



Matériaux écologiques et ouverture dans la toiture

- Utiliser des matériaux non polluants et nocifs pour la santé des occupants ²²
- Éviter les foyers ouverts (cheminées) dans les réhabilitations et constructions neuves.
- Limiter l'usage des matériaux verriers en façade des bâtiments situés en rive de voies à fort trafic automobile ²¹

3.2.2 CHOISIR LES BONS MATÉRIAUX

Le choix des matériaux est également essentiel pour la santé des habitants. En effet, certains matériaux (de construction, d'isolation ou de traitement de surfaces) émettent des polluants chimiques nocifs (peinture au plomb, colle, vernis, etc.) qui se propagent dans l'air et qui sont mis en cause notamment dans le développement des allergies et des maladies respiratoires. Il est donc primordial de veiller à l'utilisation de matériaux sains dans les intérieurs de bâti.

3.2.3 ISOLER ACOUSTIQUEMENT LES BÂTIMENTS

Le confort acoustique est un élément important de la qualité des locaux ou des logements. Il est donc nécessaire d'isoler du mieux possible le bâti des bruits extérieurs et de favoriser l'isolation acoustique intérieure entre locaux de la même construction.

Une isolation vis-à-vis des bruits extérieurs peut être mise en place via les parties opaques (façades) et les parties vitrées (vitrage adapté).

Un traitement spécifique des éléments par lesquels le bruit se faufile (fenêtres, portes, toitures, entrées d'air, coffres de volet roulant, etc.) permet également de traiter des problématiques de fuites acoustiques.

Une bonne organisation des pièces au sein de l'habitat permet d'agir sur les nuisances acoustiques : pièces de couchage nécessitant plus de calme sur l'arrière de la construction, pièces de vie sur la rue.

- Favoriser les matériaux absorbants en façade des constructions.
- Traiter les ouvertures et éléments spécifiques pour éviter les fuites acoustiques.
- Organiser la distribution des pièces en fonction du contexte acoustique.

20

CAE Ventilation

Mettre en place des systèmes de ventilation performants entre intérieur et extérieur afin d'améliorer la qualité de l'air intérieur

Dans le but de limiter l'impact environnemental et la déperdition thermique, le bâti est devenu de plus en plus étanche et les échanges d'air avec l'extérieur ont tendance à être de plus en plus limités, ce qui a pour effet d'augmenter la concentration de substances toxiques de nos intérieurs. Afin de limiter l'exposition aux substances toxiques, il est essentiel de concilier l'isolation performante avec la qualité de l'air; et ainsi travailler sur des systèmes de ventilation performants.

Exemples de ventilation:

Ventilation naturelle ou hybride: ouverture unique en façade (profondeur de la pièce inférieure ou égale à 2 fois la hauteur sous plafond et 6 mètres maximum); deux ouvertures en façade (profondeur de la pièce inférieure à 2,5 fois la hauteur sous plafond, pour une hauteur entre l'entrée d'air et l'extraction d'environ 1,5 mètre);

Ventilation transversale (profondeur inférieure à 5 fois la hauteur sous plafond); tours à vent (ou capteur de vent);

Ventilation par cheminées (moins de 5 fois la hauteur sous plafond pour la longueur de la zone ventilée); la ventilation hybride (assistée mécaniquement); ventilation par atrium; façade double peau; puits canadien...

Mécanique: ventilation simple flux avec extraction sanitaire; ventilation double flux avec extraction sanitaire; VMC thermodynamique.

22

CAE Adaptation

Utiliser des matériaux non polluants et nocifs pour la santé des occupants

Les sources de polluants de l'air intérieur proviennent de l'air extérieur mais aussi des matériaux de construction, d'isolation et d'aménagement (colles, tissus, tapis...). Des matériaux judicieusement choisis peuvent également limiter les impacts environnementaux des bâtiments. Dans le contexte de la rénovation du parc de logements existants ainsi que pour les nouvelles constructions, les éco-matériaux constituent une solution face aux enjeux environnementaux.

Exemples de matériaux sains:

Les matériaux de bâti/gros œuvre: paille, paillettes de lin, brique en terre comprimée, alvéolaire ou monomur; chenevotte; béton cellulaire; béton de chanvre et chanvribloc; mur en pierre naturelle;

Les produits de cloisonnement: panneau de paille compressée; brique en terre crue ou adobe; béton de chanvre et chanvribloc

Produits de couvertures: tuiles de bois ou en terre cuite; toitures végétalisées; tuile en fibro ciment; ardoise naturelle;

Les isolants: laine de bois, de coton et tissus textiles recyclés; laine de chanvre, de lin ou de mouton; plumes de canard; laine de coco; fibre de bois; liège expansé; isolant à base d'herbe;

Les revêtements: parquet en bois; bambou; sisal; jute; cire d'abeille; revêtement en pierre naturelle; linoléum.

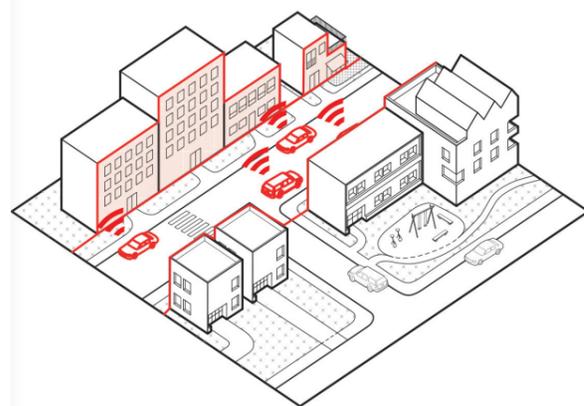
21

CAE Adaptation

Privilégier les prises d'air sur les façades les moins exposées aux polluants et aux bruits

Limitier l'usage des matériaux verriers en façade des bâtiments situés en rive de voies à fort trafic automobile

Les matériaux verriers réfléchissent le son. Il est préférable de mettre en place des surfaces absorbantes.



4. ÉNERGIE : POUR UNE SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE ET LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

L'enjeu énergétique s'inscrit dans un contexte environnemental et économique d'urgence (lutte contre le réchauffement climatique, forte hausse du prix des énergies, etc.).

La métropole agit pour d'une part faire baisser les consommations d'Énergie, et d'autre part augmenter significativement la part des énergies renouvelables dans ces consommations, notamment dans les domaines de l'urbanisme et du logement.

Le secteur du bâtiment représente un fort pourcentage des consommations énergétiques, essentiellement pour des usages liés à la chaleur et au froid : chauffage, climatisation, eau chaude, cuisson, réfrigération...

Enfin, la question des matériaux, de l'énergie grise* et de l'économie circulaire est également primordiale, s'agissant de limiter la consommation et la production d'énergie.

Au-delà de la conception bioclimatique* qui participe de fait à la réduction de la consommation énergétique, d'autres principes permettent d'aller plus loin :

- **Se raccorder au réseau de chaleur** dès que cela est possible;
- **Valoriser l'énergie habituellement perdue** (chaleur des fluides sortants, etc.) en installant des systèmes de récupération de chaleur;
- **Réduire les consommations de matériaux à la source** : privilégier des procédés de construction limitant la consommation de ressources et de matières premières; et/ou réutiliser sur site ou sur un chantier à proximité les matériaux de démolition et/ou la terre végétale déblayée (en s'assurant de leur qualité); et/ou utiliser des matériaux de récupération provenant d'un autre chantier à proximité;
- Mettre en place un **éclairage public** et privé **raisonné** et économe en énergie;
- **Favoriser le mix énergétique.**

La production d'énergie renouvelable est un enjeu d'indépendance énergétique*, de transition énergétique et de changement climatique.

Les énergies renouvelables*, produites et gérées localement garantissent un approvisionnement indépendant des phénomènes macroéconomiques et donc un prix de l'énergie stable et connu à l'avance.

La multiplicité des centrales et la diversité des moyens de production participe à l'harmonisation de la qualité d'énergie sur le réseau. Ainsi, lorsque les centrales solaires sont à l'arrêt quelque part, l'éolien peut compléter la production ailleurs. Le foisonnement des moyens de production participe de cette transition énergétique et du changement d'organisation des filières de l'énergie.

La diversification des sources d'énergies renouvelables participe à la baisse des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et contribue ainsi au ralentissement du changement climatique.

Raccordement au réseau de chaleur

La collectivité développe des réseaux de chaleur alimentés à 80 % en énergies renouvelables* et de récupération.

Lorsque le réseau dessert un quartier, c'est la solution à privilégier pour s'approvisionner en énergie, notamment pour les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire.

Solaire

L'énergie solaire a deux utilités: la production d'électricité par le solaire photovoltaïque et la production de chaleur pour l'eau chaude et le chauffage par le solaire thermique.

- **Les panneaux solaires** peuvent être installés de différentes façons. Ils peuvent être placés sur le toit (intégrés au bâti ou en surimposition), en privilégiant les façades sud-est, sud et sud-ouest.
- **Les panneaux thermiques** fournissent l'eau chaude sanitaire et/ou chauffage central. Le modèle économique est l'autoconsommation. Il est donc important d'optimiser la production de chaleur en hiver pour couvrir les besoins plus importants de chaleur. Une orientation plein sud et une inclinaison à 60 % permettront de capter les rayons rasants du soleil d'hiver.

Biomasse

Cette source d'énergie permet de générer de la chaleur par la combustion de matières d'origine végétales (bois, végétaux, déchets agricoles etc.) ou du biogaz issu de la fermentation de ces matières (méthanisation).

Géothermie

La géothermie permet de produire de la chaleur, grâce à différentes techniques d'exploitation des nappes d'eau superficielles ou aquifères en association. Les calories captées dans le sol sont restituées au bâtiment via la ventilation ou un système hydraulique.

Les performances de la géothermie peuvent être améliorées par une pompe à chaleur qui permet de rehausser la température du fluide capté. Les systèmes saisonniers peuvent fournir chaleur ou fraîcheur.

Même si la géothermie n'est pas la ressource la plus favorable dans la métropole compte tenu du contexte hydrogéologique, c'est un potentiel à ne pas négliger.

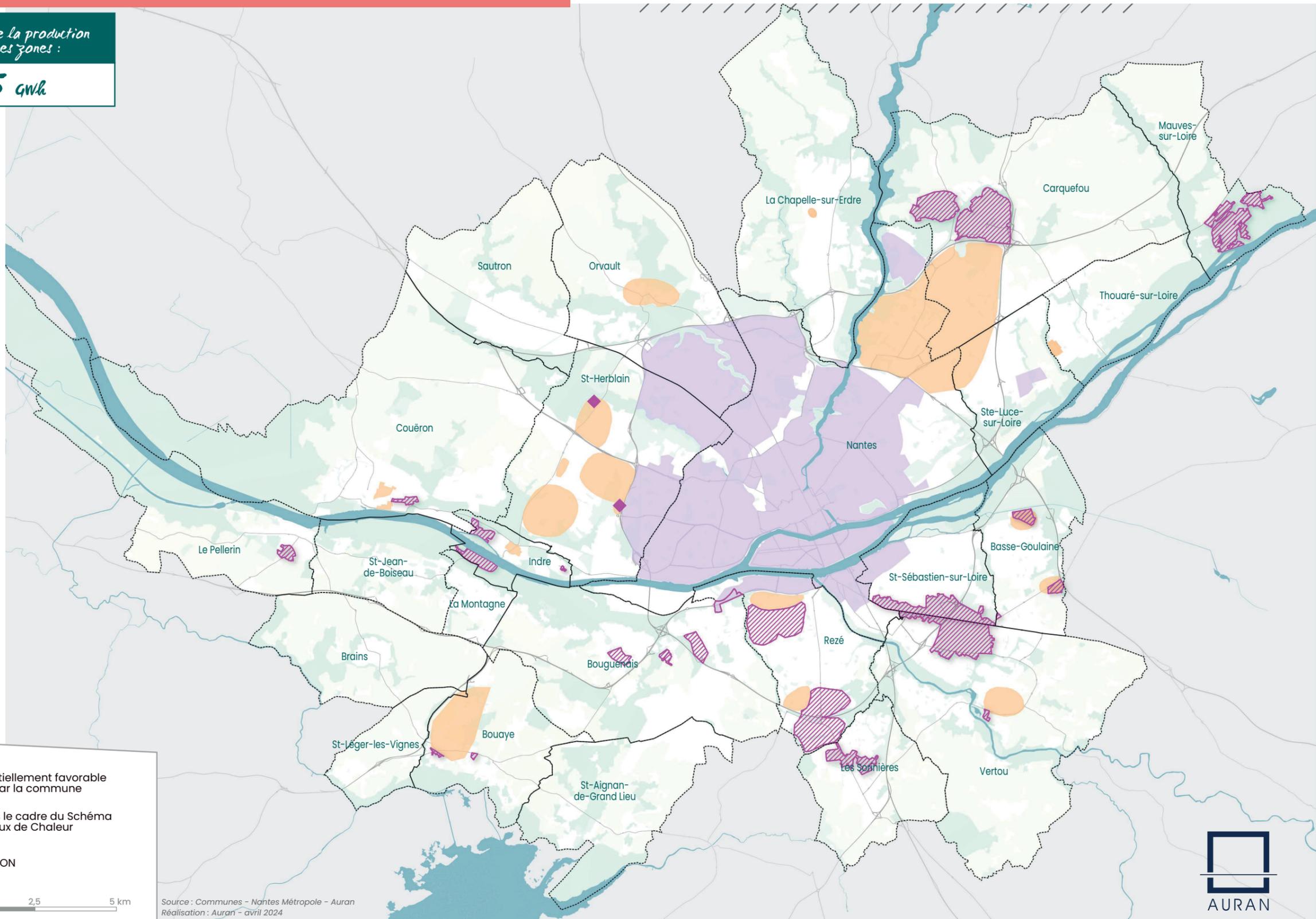
La proximité d'une source à température stable comme la Loire est une opportunité pour cette énergie en particulier lorsqu'il y a des besoins de chaud et de froid.

Les Zones d'Accélération des Énergies Renouvelables (ZAE nR)

L'installation et le développement des énergies renouvelables se concentreront principalement au sein des Zones d'Accélération des Énergies Renouvelables (ZAE nR). Ces zones identifient les zones propices à l'implantation des énergies renouvelables, pour lesquelles il y a un potentiel en terme de production d'énergie. Ces zones d'accélération concernent toutes les énergies renouvelables : photovoltaïque, éolien, hydroélectricité, géothermie, méthanisation, réseau de chaleur (Cf carte 1 à 7 sur les pages suivantes).

CARTE 1 : RESEAU DE CHALEUR

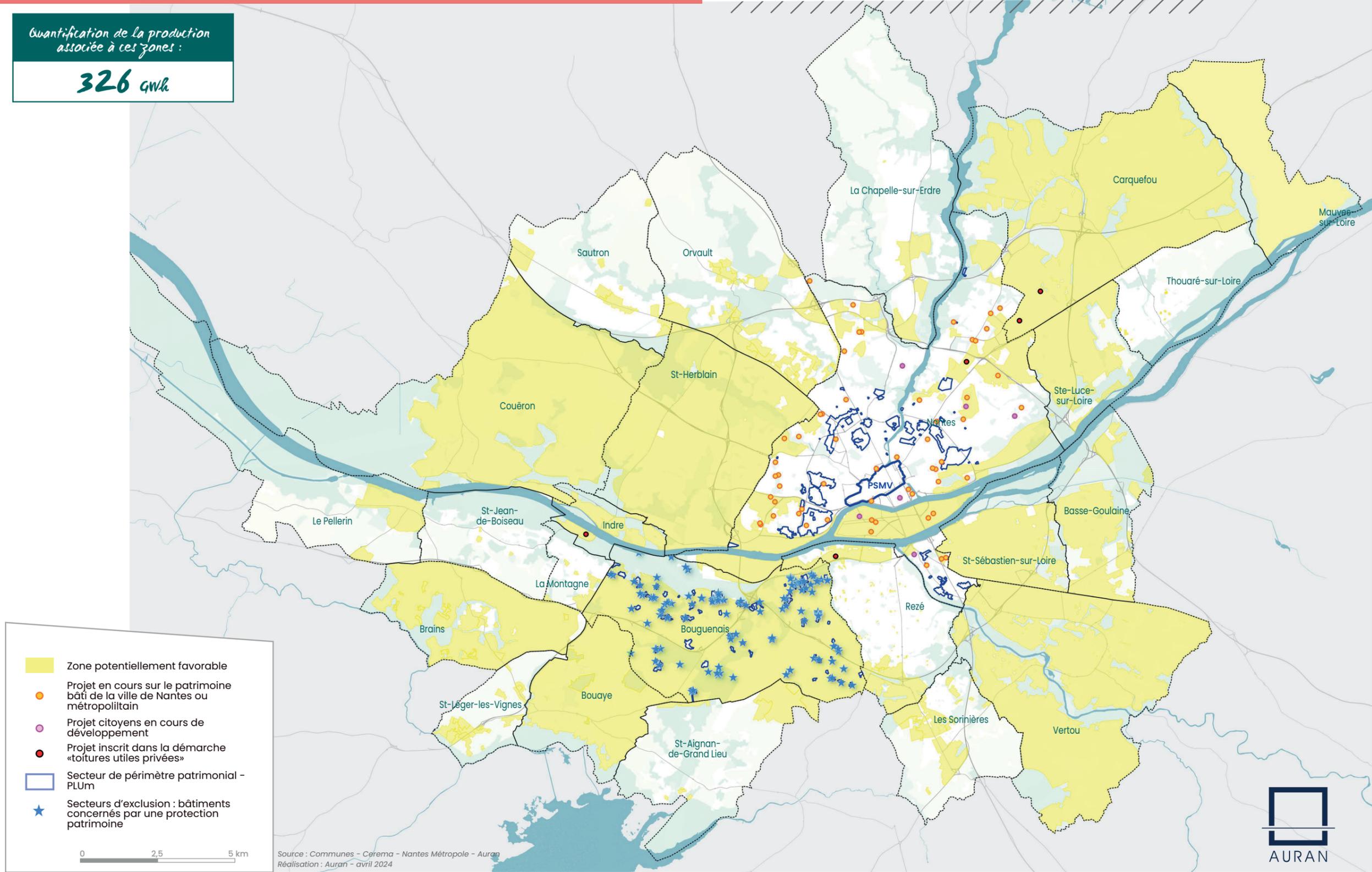
Quantification de la production associée à ces zones :
215 GWh



CARTE 2 : SOLAIRE TOITURES

Quantification de la production associée à ces zones :

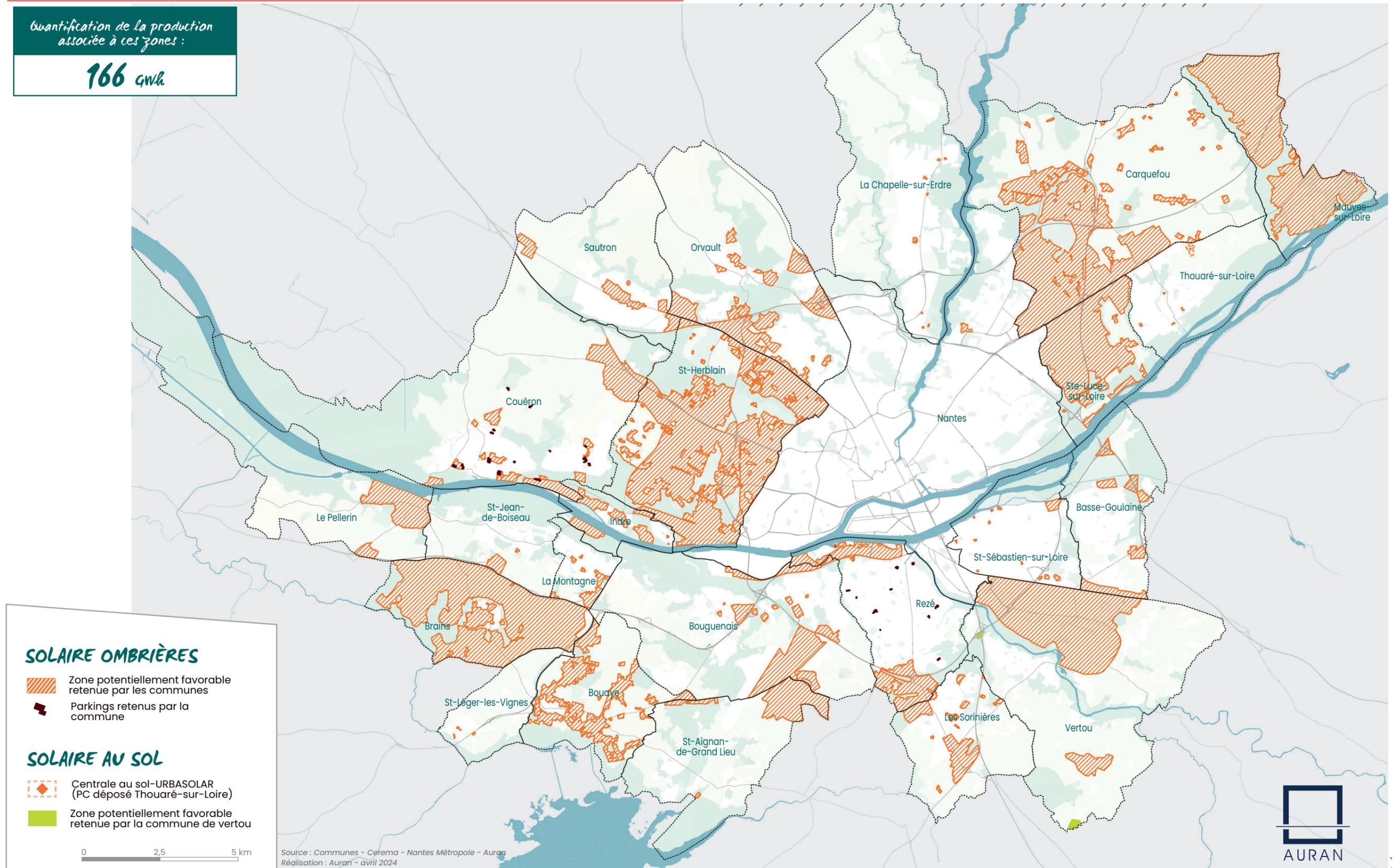
326 GWh



CARTE 3 : SOLAIRE OMBRIÈRES / AU SOL

Quantification de la production associée à ces zones :

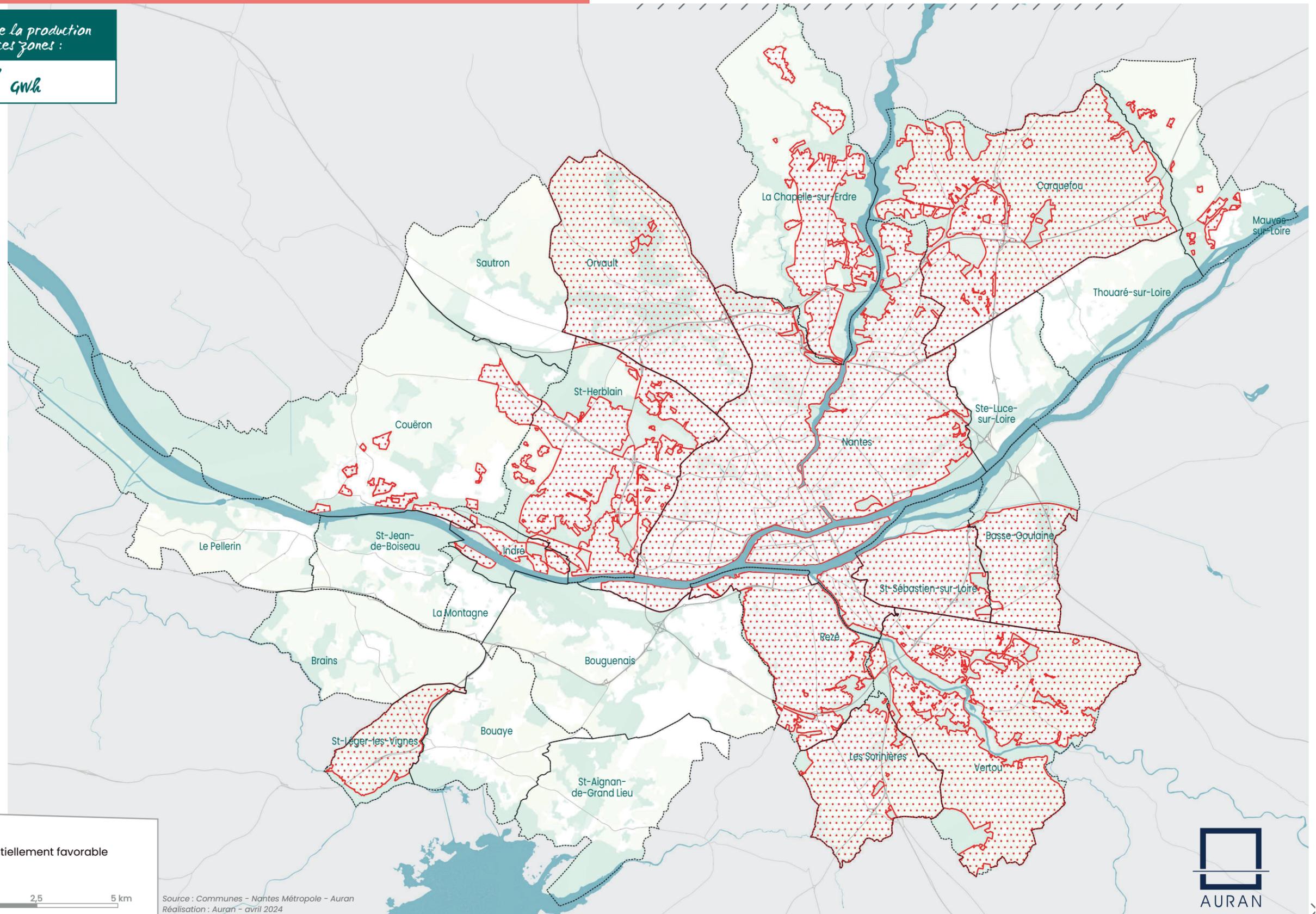
166 GWh



CARTE 4 : GEOTHERMIE

Quantification de la production associée à ces zones :

26 GWh



 Zone potentiellement favorable

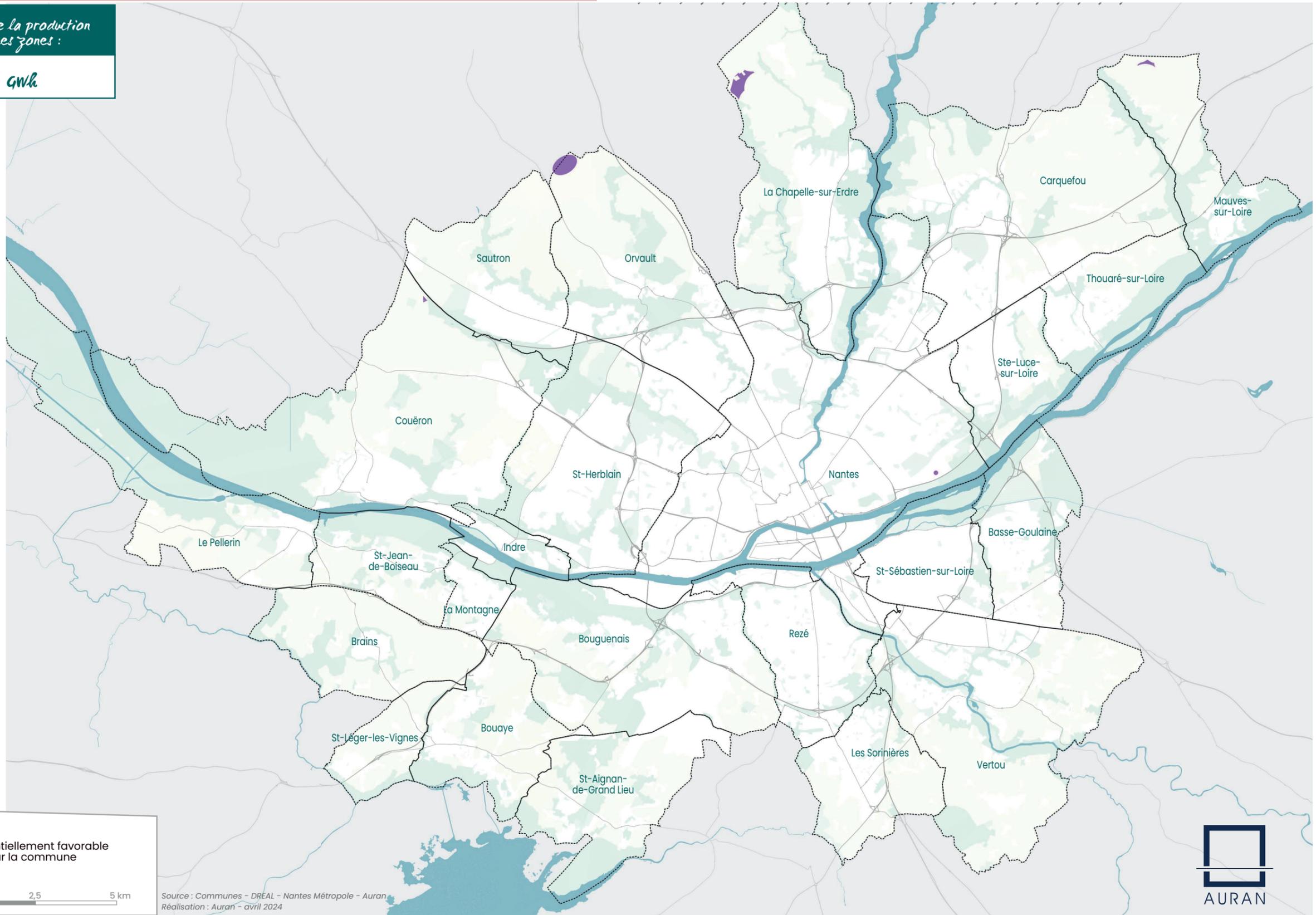
0 2,5 5 km

Source : Communes - Nantes Métropole - Aurant
Réalisation : Aurant - avril 2024



CARTE 5 : EOLIEN

Quantification de la production associée à ces zones :
70 GWh



 Zone potentiellement favorable
RETENUE par la commune

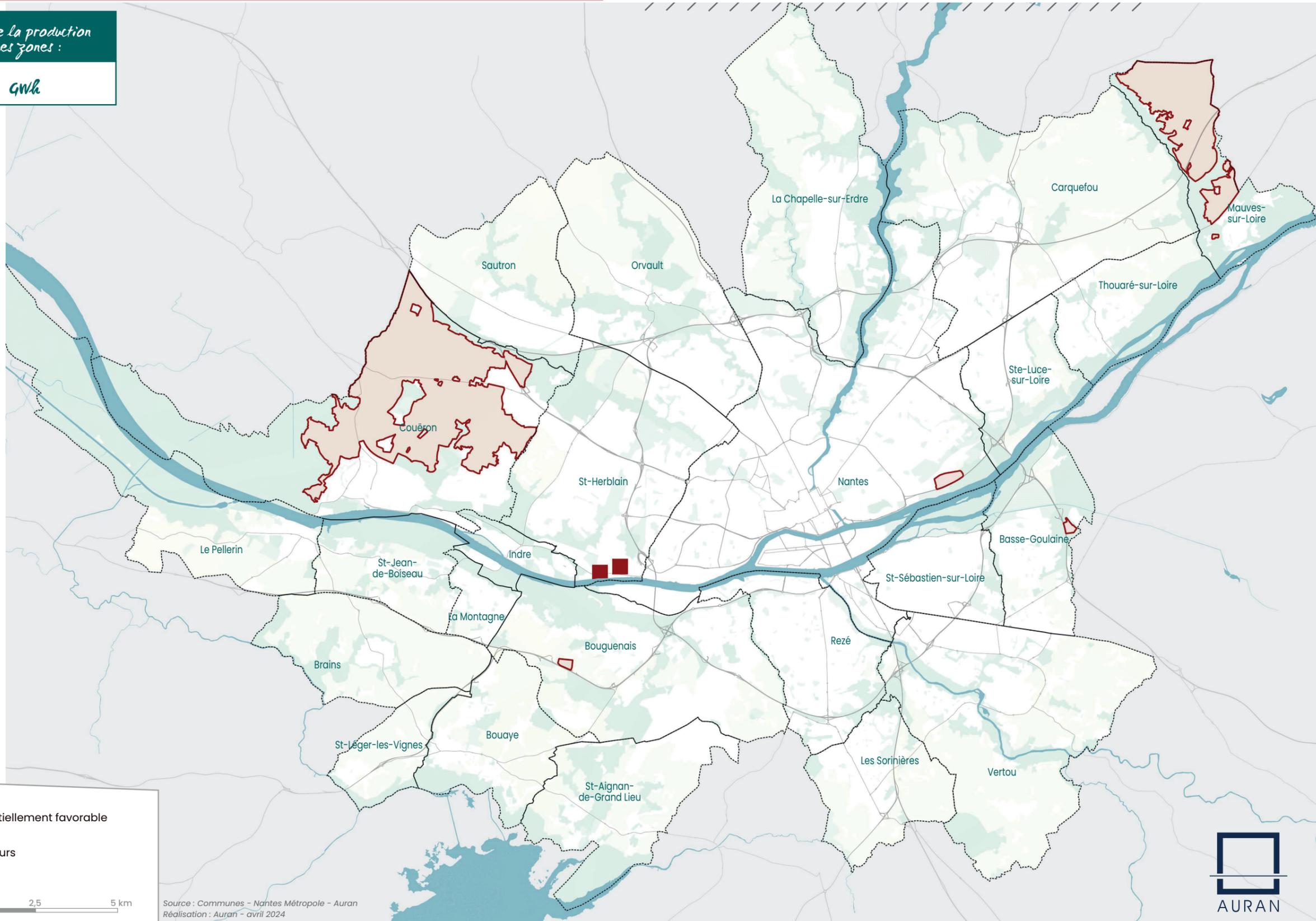
0 2,5 5 km

Source : Communes - DREAL - Nantes Métropole - Auran
Réalisation : Auran - avril 2024



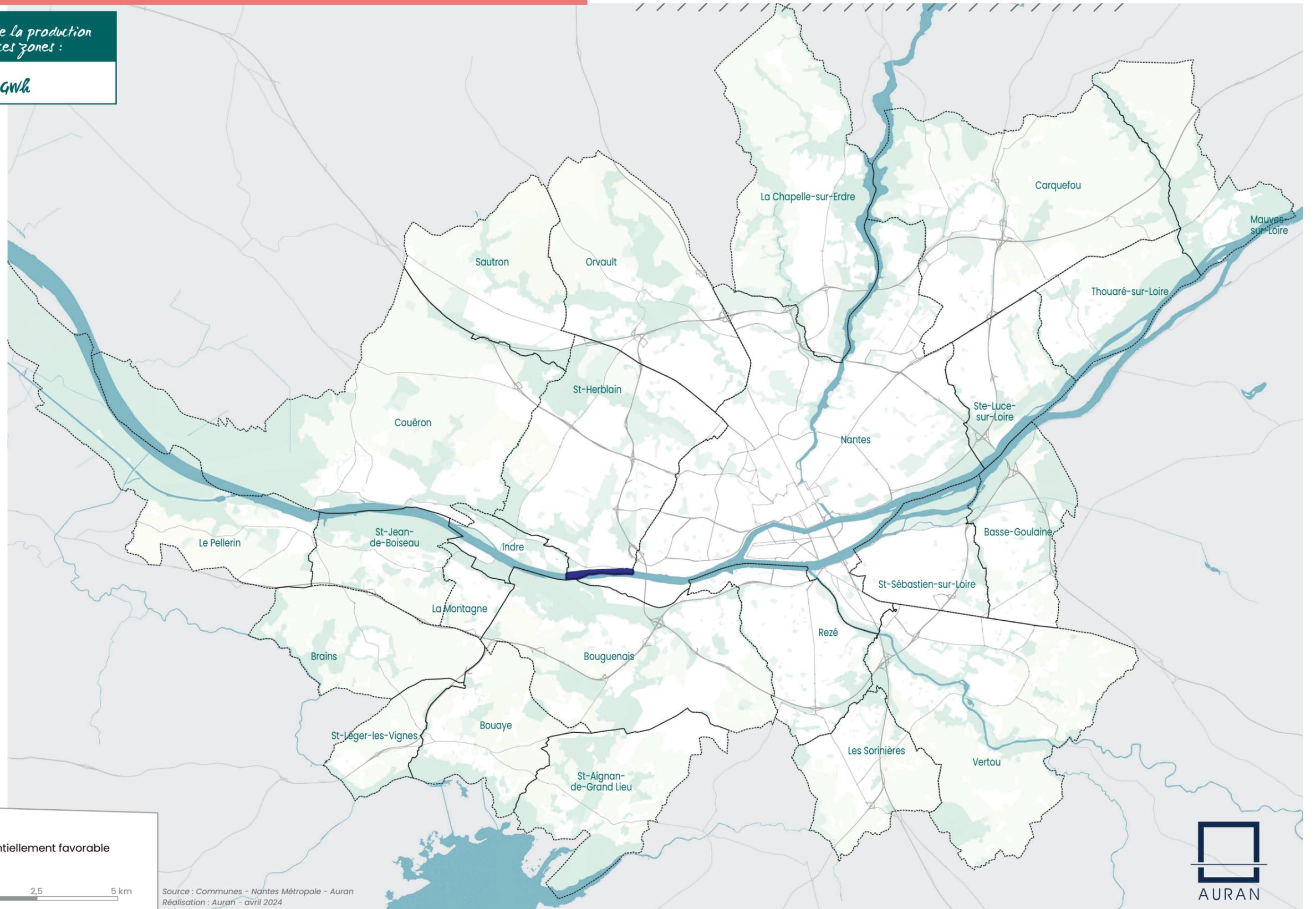
CARTE 6 : METHANISATION

Quantification de la production associée à ces zones :
72 GWh



CARTE 7 : HYDROELECTRICITE

Quantification de la production associée à ces zones :
5 GWh



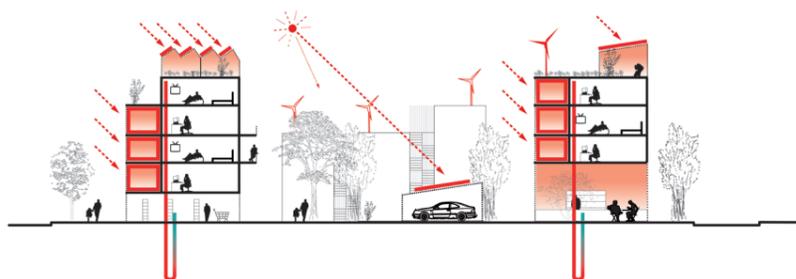
■ Zone potentiellement favorable

0 2,5 5 km

Source : Communes - Nantes Métropole - Auran
Réalisation : Auran - avril 2024



4.1 À L'ÉCHELLE DU QUARTIER



4.1.1 STRUCTURER LA DESSERTE DU TERRITOIRE EN ÉNERGIE ET MOBILISER LES ÉNERGIES LOCALES

L'énergie électrique, le gaz ou la chaleur, qu'il soit produit localement ou de manière centralisée, doit être acheminé jusqu'à son point de consommation. Les réseaux de transport et de distribution jouent ce rôle. Ils suivent le plus souvent un schéma classique dans lequel le réseau principal transporte une grande quantité d'énergie et des réseaux secondaires, plus intimement liés au tracé des voiries, desservent l'ensemble des points de consommation du territoire.

Le réseau répond aujourd'hui à l'enjeu de desserte énergétique et d'intégration des nouvelles sources d'énergie locales. Ces nouvelles productions sont à prendre en compte dans le maillage des réseaux qui se verront tantôt sollicités, tantôt soulagés.

- Privilégier le raccordement au réseau de chaleur dès que cela est possible.
- Porter la réflexion de la production d'énergies renouvelables à l'échelle de l'îlot d'habitation (autoconsommation collective, boucles d'eau chaude alimentées par la biomasse, le solaire ou la géothermie).
- Intégrer l'autoconsommation dans sa stratégie renouvelable en restant connecté au réseau afin de bénéficier d'autres sources d'énergie et de faire bénéficier de sa production.
- Développer les énergies renouvelables dans les grands projets urbains en réservant des emplacements pour l'implantation des unités de production, en particulier sur les toitures et les espaces artificialisés dans un souci d'intégration au patrimoine local et sur le réseau de distribution (électrique gaz ou chaleur).
- Favoriser la mutualisation de bornes de recharge électrique : habitations, entreprises et parkings relais.
- Intégrer à tout projet la nécessité de sobriété énergétique, de **Maîtrise de la Demande Énergétique*** (MDE) en plus des énergies renouvelables. La flexibilité de la demande et de la production est une clé pour limiter les pics de consommation quotidiens.
- Calibrer au mieux les projets d'aménagement pour éviter le surdimensionnement des demandes de raccordement.

4.1.2 DÉVELOPPER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Il est primordial de développer l'imaginaire autour des énergies renouvelables* dans la création de la ville de demain. Il faut repenser les dispositifs de production d'EnR pour en faire des symboles forts de la ville, qui soient portés par les habitants.

Énergie solaire : favoriser le développement des installations solaires thermiques et photovoltaïques sur toitures ou espaces artificialisés dans le respect du patrimoine local. Les ombres portées diminuent la production d'une installation solaire. Il est donc conseillé de faire un diagramme solaire qui prendra en compte la présence des bâtiments, d'arbres et autres obstacles afin d'évaluer la pertinence du capteur. Il est important qu'aucun arbre ne vienne faire de l'ombre aux toitures afin d'optimiser leur production solaire. Il est donc important de considérer la hauteur des arbres à terme.



Nantes - Île de Nantes

Biomasse : à l'échelle du quartier, la solution de combustion de matière organique permet de remplacer les chaudières à combustible fossile comme le gaz ou le fioul, les appareils devant être performants vis à vis de la qualité de l'air, les foyers ouverts ne sont pas conseillés. De plus, la création d'un microréseau de chaleur est envisageable. Il permet de mutualiser les coûts et de faire baisser le prix unitaire de la chaleur.

Géothermie : la géothermie, au même titre que la biomasse ou le solaire thermique est une solution à étudier lorsqu'il s'agit de créer des boucles d'eau chaude.

Autres énergies renouvelables* : éolien et énergie hydraulique.

Ces sources d'énergie renouvelable* ne sont à ce jour que peu développées à l'échelle d'un bâtiment ou d'un quartier. Des réflexions sont en cours, pouvant apporter des solutions à l'avenir.

- Maximiser la production d'énergie sur les espaces déjà imperméabilisés ²³
- Développer les énergies renouvelables* dans les grands projets urbains ²⁴
- Mutualiser les bornes de recharge électrique : habitations, entreprises et parkings relais ²⁴

4.1.3 METTRE EN PLACE UN PRINCIPE DE « TRAME NOIRE »

L'établissement d'une « Trame Noire » à l'échelle de la métropole est un enjeu très important pour la préservation de la biodiversité mais également pour la réduction de la consommation énergétique.

Il convient de réduire, d'optimiser, ou tout du moins de réguler, l'éclairage artificiel nocturne public et privé et notamment celui des espaces extérieurs. Pour cela, il est important de considérer :

- **Le type d'éclairage et son efficacité énergétique** : par exemple, l'utilisation de technologies, comme les lampes fluorescentes ou les LED, permet désormais de fournir la même puissance d'énergie tout en réduisant la consommation d'énergie;
- **Son lieu d'implantation** : éclairage raisonné et mutualisation de l'éclairage de certains espaces;
- **Les périodes d'éclairage correspondant aux usages** : par exemple, les dispositifs de détection de présence permettent à la fois de répondre aux besoins d'éclairage tout en réduisant la consommation d'énergie qui s'effectue sur un laps de temps plus court.

Ces orientations relatives à la trame noire viennent compléter les orientations de l'OAP TVBp.

4.1.4 DÉVELOPPER LA MUTUALISATION ENTRE BÂTIMENTS ET L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

Le concept d'Écologie Industrielle et Territoriale est de s'inspirer du fonctionnement des écosystèmes naturels, c'est-à-dire de constituer un réseau d'échanges, pour tendre vers une gestion optimale des matières et énergies utilisées à l'échelle d'un site.

En fonction de la diversité de leurs usages (habitation, industrie, enseignement, commerces, etc.) les bâtiments qui composent un quartier (ou les étages d'un même bâtiment) n'ont pas les mêmes besoins, ne fonctionnent pas aux mêmes heures ni les mêmes jours de la semaine, du mois ou de l'année. Ces différentes temporalités d'usage permettent d'envisager différents dispositifs de mutualisation et/ou d'échanges énergétiques entre eux.

Par exemple, un industriel produisant de la chaleur en excès peut la mettre à disposition d'habitations, tandis que les panneaux solaires d'une zone commerciale alimentent l'industriel en électricité.

Cette manière de constituer un réseau d'échanges pour tendre vers une gestion optimale des matières, de l'énergie et de l'information permet d'évoluer vers un mode durable et efficace où rien ne se perd et où les déchets des uns deviennent les matières premières des autres.

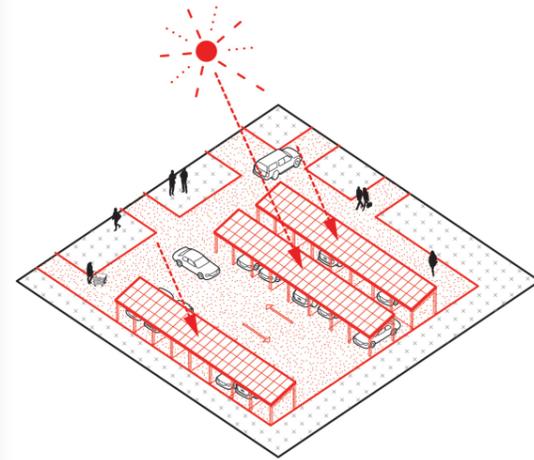
L'autoconsommation* collective est un modèle en devenir qui cadre ces échanges d'énergie. Il induit une mixité des fonctions et une mutualisation entre bâtiments neufs et anciens, afin de lisser les pointes sur les réseaux énergétiques, partager le stationnement, partager les installations techniques (production d'eau chaude, de chauffage et d'électricité) à l'échelle du quartier.

- Favoriser l'« autoconsommation collective » ²⁵
- Développer la réutilisation de matériaux sur place ²⁶

23

**CAE
Interaction**

Maximiser la production d'énergie sur les espaces déjà imperméabilisés

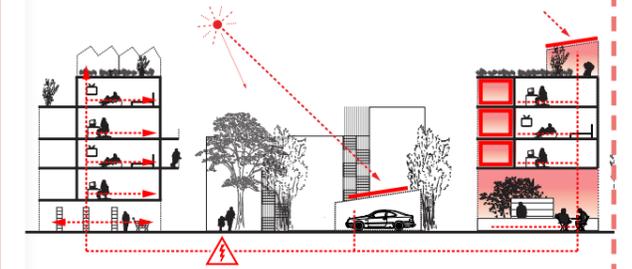


25

**CAE
Mutualisation**

Favoriser l'« autoconsommation* collective »

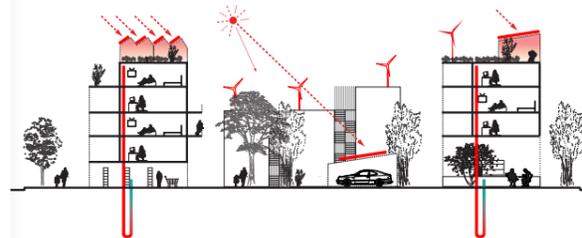
Elle peut être favorisée par la mixité (logements - commerces - équipements - activités), la mutualisation de la production d'eau chaude, de chauffage et d'électricité à l'échelle de l'îlot (en favorisant les énergies renouvelables*).



24

**CAE
Interaction**

Développer les énergies renouvelables* dans les grands projets urbains
Mutualiser les bornes de recharge électrique : habitations, entreprises et parkings relais

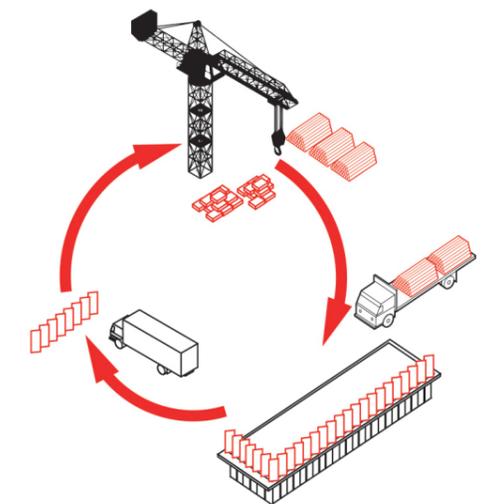


26

**CAE
Mutualisation**

Développer la réutilisation de matériaux sur place

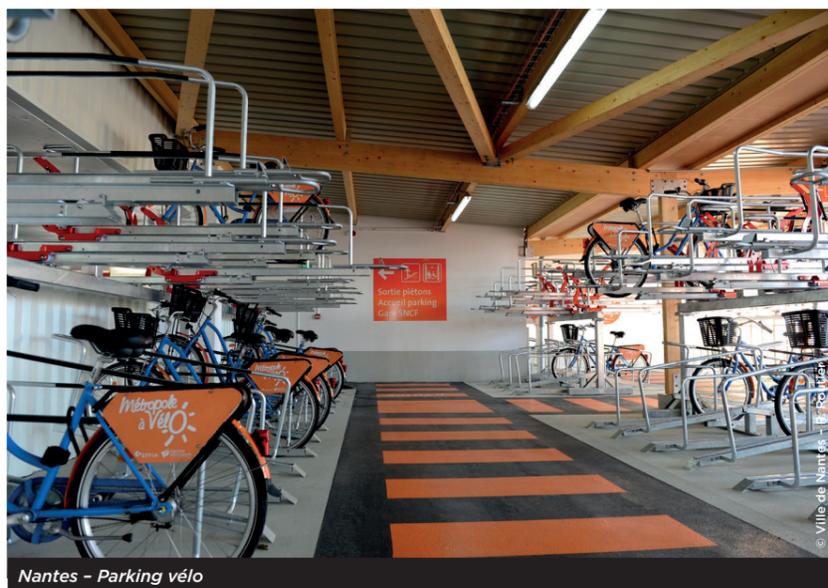
Pour la construction ou l'aménagement des espaces extérieurs. Cette orientation permet de réduire l'énergie grise* des bâtiments et de mettre en place une économie circulaire.



4.1.5 DÉVELOPPER DES DISPOSITIFS FACILITANT LES MODES ACTIFS

Les déplacements quotidiens sont un immense facteur de consommation d'énergie. Chaque projet doit mettre en place des dispositifs incitatifs en faveur de l'usage des transports en communs ou des modes actifs pour limiter l'utilisation des transports individuels motorisés.

Se référer au Plan de déplacements urbains (PDU) de la métropole.



4.1.6 DÉVELOPPER LE RECYCLAGE ET LE COMPOSTAGE DE PROXIMITÉ

Une collecte centralisée des déchets organiques génère des transports par camion alors que la majeure partie de ces déchets peut être traitée par compostage à proximité de leur lieu de production. Le compostage de proximité permet de réduire les consommations énergétiques liées au ramassage et au recyclage des déchets. Il convient de bien choisir la localisation du composteur et de le positionner dans un espace à l'abri du vent et du plein soleil. Il doit également être facilement accessible tout en conservant une certaine distance avec les logements.

- Prévoir des espaces de compostage collectifs ²⁷
- Créer ou prévoir des espaces de micro-recycleries ou de locaux permettant la mutualisation ²⁷



4.2 À L'ÉCHELLE DU BÂTI

4.2.1 DÉVELOPPER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

La mise en place de dispositifs permettant de développer les énergies renouvelables* doit être prise en compte dès la conception du bâti afin de bénéficier au mieux des potentiels de chaque site (cf. partie sur le bioclimatisme).

Énergie solaire : les ombres portées diminuent la production d'une installation solaire. Il est donc conseillé de faire un diagramme solaire qui prendra en compte la présence des bâtiments, d'arbres et autres obstacles afin d'évaluer la pertinence du capteur. Il est important qu'aucun arbre ne vienne faire de l'ombre aux toitures afin d'optimiser leur production solaire. Il est donc important de considérer la hauteur des arbres à terme.

Dans le cas d'une installation en toiture-terrasse, la question de l'orientation doit être réfléchi au cas par cas. En effet, une rangée de panneaux inclinés crée une ombre sur la rangée de derrière. La pose à plat est parfois à privilégier pour éviter ces ombrages, positionner plus de panneaux et donc augmenter la puissance de la centrale.

Dans le cas d'une vente totale de l'énergie, les panneaux devront idéalement être positionnés plein sud, avec un degré d'inclinaison de 30°. Cette configuration permet la production maximale d'électricité en milieu de journée.

Dans le cas de l'autoconsommation*, l'attention devra se porter sur l'adéquation entre le moment de production et le moment

de consommation. Une orientation et une inclinaison différentes peuvent être donc intéressantes à étudier.



Biomasse : à l'échelle du bâti la solution de combustion de matière organique permet de remplacer les chaudières à combustible fossile comme le gaz ou le fioul.

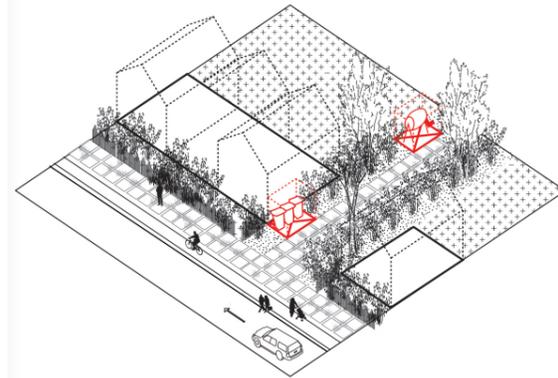
Géothermie : la géothermie, au même titre que la biomasse ou le solaire thermique est une solution à étudier lorsqu'il s'agit de créer des boucles d'eau chaude.

- Privilégier les panneaux solaires sur le toit ou en façade ²⁸
- Privilégier la mise en place des toitures combinées, solaire et végétation ²⁹

27

CAE Mutualisation

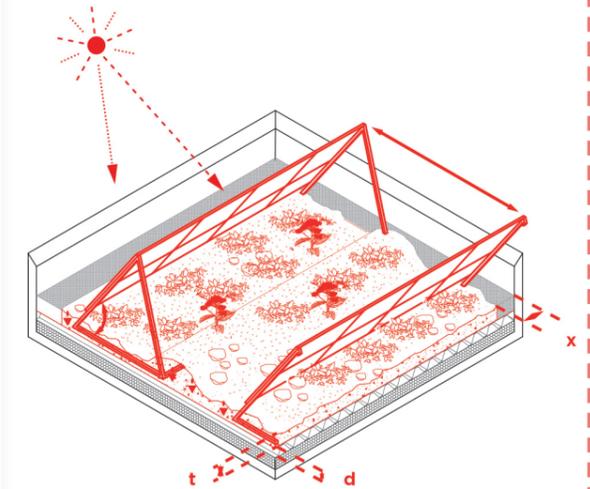
Prévoir des espaces de compostage collectifs
Créer ou prévoir des espaces de micro- recycleries ou de locaux permettant la mutualisation
 Implanter les espaces de compostage dans les espaces végétalisés
 Les microrecycleries favorisent la mise à disposition d'objets, pour réutilisation (locaux encombrants, buanderies collectives, mutualisation de l'électroménager, etc.).



29

CAE Interaction

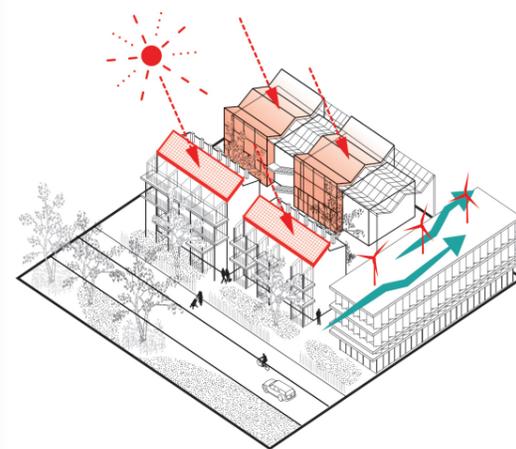
Privilégier la mise en place de toitures combinées, solaire et végétation
 Les toitures combinées permettent au bâtiment de profiter de l'énergie solaire et de l'isolation thermique de la toiture végétalisée.



28

CAE Interaction

Privilégier les panneaux solaires sur le toit ou en façade
 Concevoir l'inclinaison des toitures et la position des différents éléments (cheminée, vélux, évacuation diverses...) pour optimiser le potentiel de production du site.



4.2.2 CONTRIBUER À LA « TRAME NOIRE »

La lumière artificielle nocturne est consommatrice d'énergie et vient perturber l'équilibre de nombreuses espèces animales nocturne ainsi que le repos des espèces diurnes. Ainsi, il est essentiel de questionner tout éclairage non fonctionnel comme celui des façades ou des arbres. Les retraits ou reculs plantés ainsi que les cœurs d'îlots sont des endroits de biodiversité importants qu'il faut veiller à préserver notamment en optant, si nécessaire, pour des éclairages directionnels avec une lumière rasant le sol. Des dispositifs de détection de présence peuvent également être intéressants afin de réguler les périodes d'éclairage.

Ces orientations relatives à la trame noire viennent compléter les orientations de l'OAP TVBp.

4.3 POUR LE BÂTI NEUF

4.3.1 DÉVELOPPER LA RÉVERSIBILITÉ, L'ÉVOLUTIVITÉ ET L'ADAPTABILITÉ DU BÂTI

Recycler le bâti, le faire évoluer, ou le faire changer de destination permet de l'adapter aux évolutions urbaines. Cette mutation du bâti doit être envisagée dès la conception et permet d'éviter la démolition puis la reconstruction d'un nouveau bâtiment, plus en adéquation avec les nouveaux usages désirés. En ce sens, favoriser la réversibilité et l'évolutivité du bâti permet des économies d'énergie, de limiter l'émission de gaz à effet de serre et de prévenir l'épuisement des ressources.



Nantes - Place François II - Immeuble MC2

- Concevoir des bâtiments réversibles pour prévenir l'épuisement des ressources ³⁰
- Concevoir un bâti évolutif pour permettre son évolution ultérieure ³¹

4.3.2 PRIVILÉGIER L'ÉCLAIRAGE NATUREL DES ESPACES COMMUNS

L'éclairage naturel des circulations communes, verticales et horizontales, des bâtiments (logements collectifs, bureaux, équipements) est susceptible de générer une économie conséquente d'énergie électrique. Il a le double avantage de limiter l'usage de l'éclairage artificiel et d'encourager les occupants à prendre l'escalier plutôt que l'ascenseur.



Nantes - Groupe scolaire Aimé Césaire

- Privilégier l'éclairage naturel des espaces communs des bâtiments ³²

4.3.3 RÉDUIRE LES BESOINS EN ÉNERGIE PRIMAIRE POUR LE CYCLE DE L'EAU

Les toitures des bâtiments recueillent une quantité importante d'eau de pluie. Plutôt que de la rejeter dans le réseau d'évacuation des eaux pluviales, il faut en premier lieu chercher à la récupérer pour des usages locaux (arrosage, lavage, etc.). Il est à noter que l'eau doit être stockée dans des bacs hermétiques afin de prévenir l'établissement de gîtes larvaires et la reproduction des moustiques tigres.

La récupération de l'eau de pluie présente le double avantage de limiter le dimensionnement du réseau et d'économiser l'eau potable. Cela représente une économie d'énergie conséquente.

Ces orientations relatives aux eaux pluviales viennent compléter les orientations de l'OAP TVBp.

D'autre part, les eaux grises* et usées sont généralement rejetées à une température élevée. La récupération de cette chaleur pour le chauffage d'un fluide (eau chaude sanitaire ou boucle de chauffage) permet de réduire les besoins en énergie primaire* et de limiter les frais d'exploitation du bâtiment. logement, soulevant les points forts et points faibles, puis accompagne dans les démarches pour obtenir des aides financières.

- Favoriser la récupération de la chaleur des eaux usées et des eaux grises* ³³
- Valoriser l'eau de pluie et préserver cette ressource naturelle.

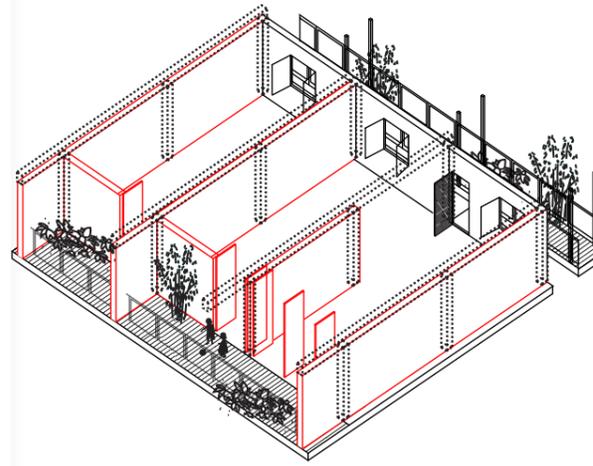
30

CAE Évolutivité

Concevoir des bâtiments réversibles pour prévenir l'épuisement des ressources

Cette capacité d'évolution et d'adaptabilité peut être mise en œuvre en jouant sur :

- Une hauteur des RDC plus importante, sans façade porteuse (systèmes de poteaux poutres) afin de faciliter leur changement de destination (commerces, bureaux, logements);
- Une distinction nette entre des éléments de fonctions et de durées de vie différentes (structure, remplissage et second œuvre) afin de pouvoir réorganiser les espaces plus facilement et améliorer leur capacité d'évolution;
- Des aménagements réversibles en pied d'immeubles afin d'adapter leur usage au contexte ou au marché immobilier.

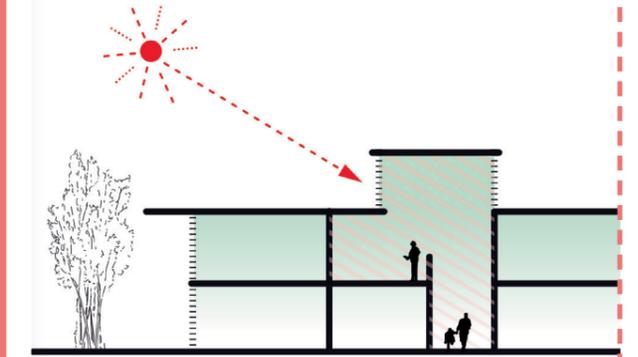


32

CAE Adaptation

Privilégier l'éclairage naturel des espaces communs des bâtiments

Circulations verticales, paliers, couloirs, locaux communs, etc.

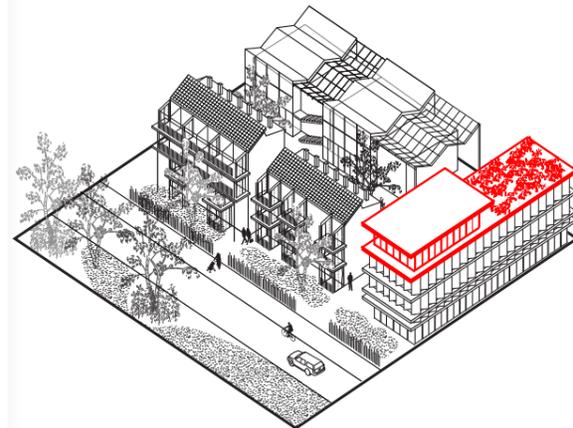


31

CAE Évolutivité

Concevoir un bâti évolutif pour permettre son évolution ultérieure

Il s'agit de concevoir une structure porteuse suffisamment dimensionnée pour permettre l'ajout de volume en surélévation; de panneaux solaires, etc.

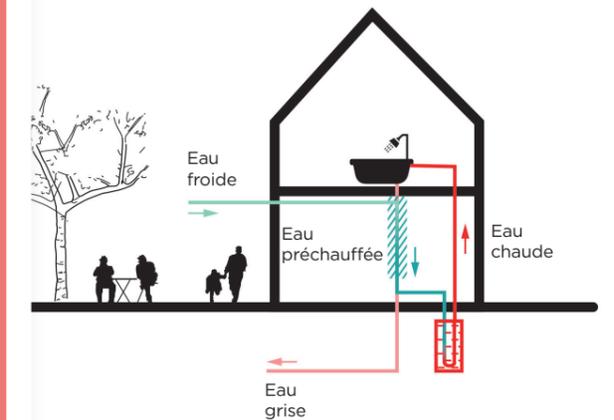


33

CAE Mutualisation

Favoriser la récupération de la chaleur des eaux usées et eaux grises*

À l'échelle du bâtiment, privilégier des systèmes d'échange de chaleur entre réseau d'évacuation et de chauffage.



4.4 POUR LE BÂTI EXISTANT

4.4.1 ENCOURAGER LA RÉNOVATION PLUTÔT QUE LA RECONSTRUCTION

La rénovation des bâtiments au lieu de leur démolition permet une réelle économie de coût, d'énergie et est moins difficile à vivre pour les habitants.

La rénovation énergétique peut permettre de développer les usages du logement (intérieur ou extérieur) et également participer et améliorer le confort climatique.

La phase de construction est très consommatrice en termes énergétiques, à cause notamment de la production, du transport et de l'assemblage des matériaux. La réutilisation de l'existant permet d'éviter une grande quantité de cette consommation d'énergie, contrairement à la démolition d'un bâtiment pour reconstruire en neuf. Ainsi, les efforts mis dans la performance énergétique d'un bâtiment peuvent prendre plusieurs années avant de compenser le coût énergétique du remplacement en neuf.



Nantes - Les Dervallières - Le Watteau

4.4.2 DÉVELOPPER LA RÉNOVATION THERMIQUE DES BÂTIMENTS

La métropole met à disposition des outils numériques afin d'accompagner les habitants dans la rénovation thermique. Notamment deux plateformes internet existent : InSunWetrust et Mon Projet Renov.

InSunWeTrust : est une plateforme solaire, permettant à chacun de définir le potentiel solaire de son bâtiment, via une carte interactive, et d'estimer l'investissement et les gains futurs de la mise en place de panneaux solaires.

Mon Projet Renov : vise à accompagner les particuliers dans la rénovation énergétique de leurs logements. Elle permet de faire une évaluation de son

- Privilégier des rénovations énergétiques qui développent des usages du logement ³⁴
- Prendre en compte l'énergie grise* ³⁵

4.5 MATÉRIAUX

INTÉGRER L'IMPACT DES MATÉRIAUX EN CONSIDÉRANT L'ENSEMBLE DU CYCLE DE VIE

Le cycle de vie utile d'un matériau se décline généralement en cinq étapes : Extraction des matières premières et de l'énergie, fabrication, distribution, utilisation et fin de vie (réutilisation, recyclage, valorisation, élimination). L'approche d'un produit de sa fabrication jusqu'à son recyclage permet une vision globale des enjeux sur une longue échelle temporelle et évite que certains impacts environnementaux significatifs ne soient oubliés.

La qualité thermique des matériaux permet la diminution des consommations d'énergie de l'ouvrage durant son exploitation. Les matériaux à faible impact environnemental global (sur l'ensemble du cycle de leur vie) permettent la diminution des consommations d'énergie intrinsèques à l'ouvrage dans sa conception. Cette énergie intrinsèque emmagasinée est appelée énergie grise*. Elle peut représenter plusieurs années de consommation de chauffage. Il est donc capital de favoriser le choix des matériaux à faible impact global.

Aussi, il est à noter qu'il appartient aux maîtres d'œuvre et aux entreprises de prendre des dispositions pour :

- Limiter et valoriser les déchets de chantier;
- Assurer une bonne qualité du tri sachant que 75 % des déchets du BTP sont recyclables;



Bougenais - Pôle municipal espaces verts et naturels

- Optimiser le transport des déchets.

En ce sens, il est nécessaire de limiter la source de la production des déchets, de rechercher des filières de valorisation (transport des déchets) et de gérer les déblais/remblais sur place afin de réduire l'impact environnemental des constructions et de mettre en place une économie circulaire à l'échelle des quartiers.

- Favoriser l'utilisation de matériaux biosourcés ³⁶
- Privilégier l'utilisation de matériaux et de produits recyclés ou issus des déchets du territoire ³⁶
- Privilégier les matériaux à forte inertie thermique ³⁶
- Préférer les matériaux à faible contenu énergétique et les matériaux d'origine végétale ³⁶
- Favoriser l'emploi de matériaux et de produits issus de filières locales ³⁵
- Favoriser l'utilisation de matériaux dont la longévité est adaptée à la durée de vie du bâtiment.
- Prendre en compte les contraintes techniques liées au confort d'été, la gestion de l'humidité, l'aération, etc.

Zoom sur le bois

Matériau renouvelable, recyclable et valorisable en fin de vie présente la capacité de retenir le CO₂ dans ses fibres, à raison d'une tonne par m³. Comparé à d'autres matériaux usuels, il est jusqu'à douze fois plus isolant thermiquement et consomme quatre fois moins d'énergie lors de sa transformation.

Zoom sur la maçonnerie à isolation répartie

La brique alvéolaire ou brique monomur en terre cuite ne nécessite aucun isolant ajouté. Elle assure les fonctions structurales et d'isolation en même temps. Elle offre une bonne inertie thermique. Son assemblage et son faible poids réduisent les contraintes de chantier.

Zoom sur le béton et l'acier

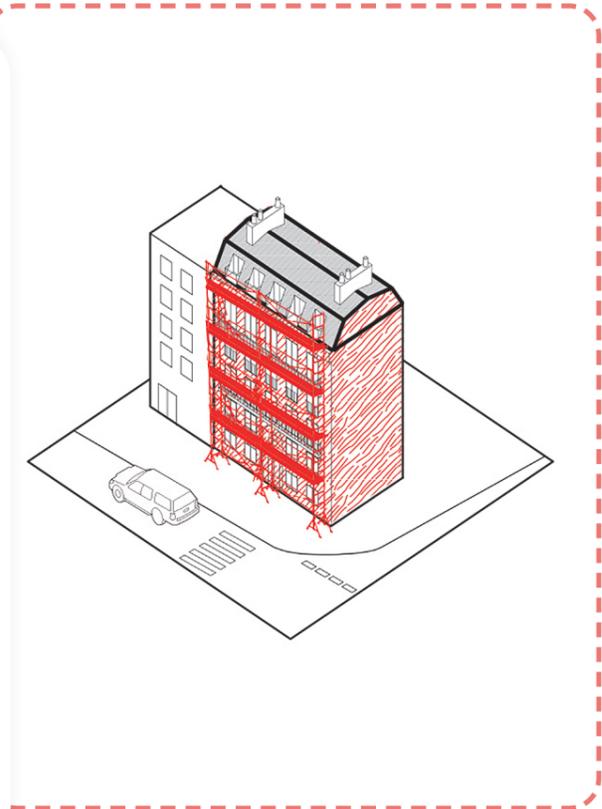
La filière béton, développe des efforts pour la réduction des dépenses énergétiques de production et sur les chantiers (recyclage des anciens bétons, ajout de granulats naturels ou résidus d'autres industries, utilisation de l'énergie de combustion des déchets). Les bétons prêts à l'emploi, préfabriqués permettent de réduire la durée, les nuisances et la pollution des chantiers. Malgré un processus de fabrication lourd, l'acier limite les dépenses d'énergie et de temps dans sa mise en œuvre sur les chantiers. Sa capacité de recyclage et sa pérennité en font un matériau intéressant pour certains projets de chantier propre.

Usage	Matériaux	Énergie grise	Effet de Serre	
Maçonnerie	Béton	☹️	☹️	
	Maçonnerie isolation répartie	😞		
	Terre crue	😊	😊	
	Ossature bois	😊	😊	
	Paille porteuse	😊😊	😊😊	
Isolation	Synthétiques	Polystyrène expansé	☹️	☹️
		Polystyrène extrudé	☹️	☹️☹️
	Minéraux	Laine de verre, Laine de roche, Béton cellulaire	😞	☹️
		Bio-sourcés	Chanvre, Fibre de bois	😞
	Paille		😊😊	😊😊
	Laine de mouton, Cellulose		😊	😊
	Fibres textiles		😞	😞

35

**CAE
Adaptation**

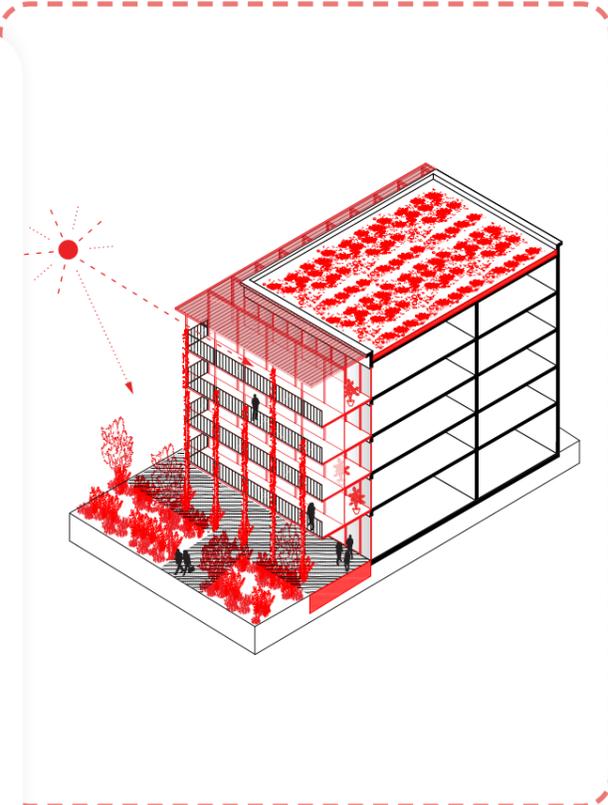
Prendre en compte l'énergie grise*
Favoriser la conservation des aménagements et du bâti existant, adaptation, réemploi des matériaux, recyclage.



34

**CAE
Interaction**

Privilégier des rénovations énergétiques qui développent des usages du logement
Vérandas, volumes climatiques*, etc.



36

**CAE
Mutualisation**

Favoriser l'utilisation de matériaux biosourcés
Privilégier l'intégration de matériaux et de produits recyclés ou issus des déchets du territoire
Privilégier les matériaux à forte inertie thermique*
Préférer les matériaux à faible contenu énergétique et les matériaux d'origine végétale
Favoriser l'emploi de matériaux et de produits issus de filières locales.

Matériaux biosourcés: le bois, le liège, la paille, le chanvre, la ouate de cellulose, Le textile recyclé, la laine de mouton, etc.

Matériaux à faible inertie thermique*: la terre crue, la pierre, la brique, etc.

Matériaux à faible contenu énergétique et les matériaux d'origine végétale: structure en bois, matériaux biosourcés pour l'isolation...

LEXIQUE

Albédo

Pouvoir réfléchissant d'une surface, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie solaire réfléchi par une surface sur l'énergie solaire incidente. Plus une surface est claire, plus son pouvoir réfléchissant est fort, plus son albédo est fort. À l'inverse, plus une surface est sombre, plus elle absorbe d'énergie, plus son albédo est faible. Une surface à faible albédo restitue l'énergie absorbée sous forme de chaleur.

Bouquet énergétique

Production d'énergie par des sources diversifiées.

Compacité (du bâti)

Plus la surface de l'enveloppe d'un bâtiment (parois et toitures) est réduite, plus sa compacité est élevée, et moins il y a de pertes thermiques.

Conception bioclimatique (architecture ou urbanisme)

Adaptation d'un aménagement d'espace ou d'une construction aux caractéristiques climatiques (orientation, ensoleillement, exposition aux vents, à la pluie, etc.) d'un site, de manière à profiter au mieux de ses atouts, et subir le moins possible ses contraintes.

Contamination des milieux

Introduction de substances (généralement dues aux activités humaines) dans des milieux naturels (eaux, atmosphère, etc.) et altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement des écosystèmes.

Cycle de vie

Le cycle de vie utile d'un produit ou d'un service, de sa naissance jusqu'à sa mort, se décline généralement en cinq étapes: extraction des matières premières et de l'énergie, fabrication, distribution, utilisation et fin de vie (réutilisation, recyclage, valorisation, élimination). L'approche d'un produit ou d'un service par son cycle de vie permet une vision globale des enjeux liés à sa conception sur une longue échelle temporelle et permet la meilleure réduction possible de son impact sur l'environnement.

Dépendance énergétique

Indicateur définissant la part de l'énergie importée de l'extérieur d'un territoire pour satisfaire l'ensemble de ses consommations énergétiques. Un territoire qui consomme beaucoup plus d'énergie qu'il n'en produit est en situation de vulnérabilité.

Efficacité foncière

Modération de la consommation de terrains au regard du nombre de logements/équipements construits.

Énergie finale

L'énergie finale ou disponible est l'énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale comme l'essence à la pompe, l'électricité au foyer.

Énergie grise

L'énergie grise correspond à la dépense énergétique totale pour l'élaboration d'un produit, matériau, d'un bâtiment, etc., tout au long de son cycle de vie (exprimée en kWh). Elle prend en compte l'ensemble des étapes suivantes:

- Conception du produit, matériau, bâtiment, etc.;
- Extraction et transport des matières premières;
- Transformation des matières premières et fabrication/construction du produit, matériau, bâtiment, etc.;
- Utilisation et usages du produit, matériau, bâtiment, etc.;
- Recyclage final des matériaux.

Énergie primaire

L'énergie primaire est l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés. Ce sont principalement le pétrole brut, les schistes bitumineux, le gaz naturel, les combustibles minéraux solides, la biomasse, le rayonnement solaire, l'énergie hydraulique, l'énergie du vent, la géothermie et l'énergie tirée de la fission de l'uranium.

Énergie secondaire

L'énergie secondaire est toute l'énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire et en particulier électricité d'origine thermique.

Énergies renouvelables (EnR)

Source d'énergie qui ne s'épuise jamais ou qui peut se renouveler rapidement à l'échelle humaine. Les énergies renouvelables engendrent moins de déchets et d'émissions polluantes de manière directe. Les EnR sont notamment les énergies éolienne, solaire, géothermique, houlomotrice, marémotrice et hydroélectrique, ainsi que celles issues de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de station d'épuration d'eaux usées et du biogaz.

Espace tampon

Espace interstitiel, maintenu ou expressément mis en place pour assurer une fonction d'interception ou d'atténuation.

Eaux grises

Eaux non potables faiblement polluées (provenant par exemple de l'évacuation d'une douche ou d'un lavabo) produites par les activités domestiques.

Empreinte énergétique

Empreinte environnementale tenant compte du facteur consommation d'énergie, calculée à partir d'une approche basée sur le cycle de vie et du type d'énergie permettant la réalisation du produit, projet, organisation ou du territoire donné.

Évapotranspiration

Quantité d'eau transférée du sol vers l'atmosphère à la fois par évapotranspiration au niveau du sol et par transpiration des plantes. Cette transpiration est le processus générée par l'évaporation d'eau par les feuilles, c'est le principal moteur de croissance des plantes et de circulation de la sève. Ce processus chimique demande de l'énergie et a pour conséquence une baisse de la température de l'air au-dessus de la végétation. L'évapotranspiration peut jouer un rôle significatif dans les microclimats en ville et participe à la diminution des îlots de chaleur urbains.

Façade au vent

Façade exposée au vent contre laquelle le vent provoque une pression.

Façade sous le vent

Façade opposée à la façade exposée au vent. Façade contre laquelle le vent provoque une dépression.

Forme urbaine

Organisation des rues, des tracés parcellaires, de l'implantation des bâtiments sur les parcelles et entre eux, des types de bâtiments, du rapport entre espaces publics et espaces privés, de l'échelle des vides et des pleins.

Îlot de chaleur urbain (ICU)

Élévation localisée des températures en milieu urbain, par rapport aux zones rurales, particulièrement des températures nocturnes, due à des microclimats artificiels d'origine anthropique.

Inertie thermique

Capacité physique d'un matériau à conserver sa température. Elle est recherchée afin de minimiser les apports thermiques à lui apporter pour maintenir une température constante. L'inertie thermique est importante pour assurer une ambiance climatique confortable pour ses occupants. Un bâtiment à forte inertie thermique équilibrera sa température en accumulant le jour, la chaleur qu'il restituera la nuit pour assurer une température moyenne. Les matériaux à forte inertie thermique sont utilisés pour accumuler la chaleur ou la fraîcheur (radiateur à accumulation, radiateur à inertie thermique, isolants à forte densité, briques réfractaires, etc.).

Interface/volume climatique

Dispositif visant à absorber les variations du climat pour réguler la température intérieure des espaces (serre, double peau, etc.). Ce volume peut répondre à plusieurs objectifs tels que diminuer les déperditions thermiques, créer une isolation phonique, améliorer l'isolation ou ventiler naturellement le bâtiment.

Kilowatt heure (kWh)

Unité de mesure de la quantité d'énergie consommée par un appareil en fonction de son temps d'utilisation. Un kWh correspond à la consommation d'un appareil électrique de mille Watts pendant une heure.

Maillage : (appliqué aux réseaux de distribution de l'énergie)

Ensemble des réseaux et de leurs interconnexions permettant la couverture géographique d'un territoire.

Maîtrise de la Demande Énergétique (MDE)

Regroupement d'actions d'économies d'énergie mis en place pour le consommateur final et non pour le producteur d'énergie. L'objectif de la MDE vise la diminution de la consommation générale d'énergie par le biais de la demande plutôt que de l'offre.

Masque solaire

Un masque solaire est constitué par tout élément extérieur à la construction qui limite les apports lumineux et calorifiques (exemples: arbres, constructions, relief...).

Mur Trombe

Mur plein doublé d'un vitrage, idéalement de couleur sombre et situé au sud. Il accumule la chaleur du soleil, puis la restitue par un système d'ouvertures basses et hautes permettant à l'air préchauffé d'être envoyé dans l'espace intérieur.

Passif(ve)/actif(ve)

Système de régulation fonctionnant de manière passive, c'est-à-dire sans recours à la mécanique contrairement à un système fonctionnant de manière active, en ayant recours à une mécanique.

Pompe à chaleur

Appareil thermodynamique qui récupère la chaleur contenue dans l'air, la terre ou l'eau pour la transférer à l'intérieur d'une construction afin de la chauffer et parfois produire l'eau chaude sanitaire.

Pont thermique

Les ponts thermiques sont des effets de perte de chaleur généralement situés aux points de jonction de la structure d'une construction (où l'isolation n'est pas continue). Il y a pont thermique dès qu'il y a discontinuité entre des matériaux et des parois de structure.

Puits canadien

Installation de ventilation naturelle utilisant la géothermie. Le procédé consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans la maison, une partie de l'air neuf par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres. En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure : l'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux. En été, le sol est à l'inverse plus froid que la température extérieure. Le puits va donc utiliser la fraîcheur du sol pour refroidir l'air entrant dans le logement.

Santé environnementale

Prise en compte de l'impact des polluants liés ou non à l'activité anthropique sur la santé humaine, qu'ils soient locaux ou globaux, déterminés par des facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, etc.

Thermocirculation de l'air

Ascendance de l'air entretenue par une source de chaleur.

Volume climatique

Espaces de transition non chauffés (type serres, vérandas, jardins d'hiver, coursives, atriums, doubles peaux, enveloppes, garages, celliers, etc.) supports d'usages et d'activités plus proches de l'environnement extérieur direct et permettant des effets de régulation thermique du bâtiment.



Siège de Nantes Métropole :

2, Cours du Champ de Mars - 44923 Nantes Cedex 9 - Tél. 02 40 99 48 48