



MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

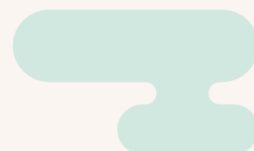
RAPPORT
D'INCUBATION
2026

Dossier d'annexes

Lab'
2051

Diffuser les pratiques de bioclimatisme et assurer un aménagement résilient dans un contexte de raréfaction et de tension sur les ressources

Retours d'expériences ultramarins
et bonnes pratiques à adopter



habitat, de l'urbanism
(AD4), Tour Séquo -

a nature

- collaboration de ce réseau
- des artistes, Audrey Meynier, Valentin Bernes, et leurs apports

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1.....

PRUNEL - Cahier de prescription urbaines, architecturales, paysagères et environnementales (et annexes), Agence Ter, Zone Up paysage, La Fabrique urbaine et Sicle AB, Ville de Saint-Denis de La Réunion et la CINOR, novembre 2021

ANNEXE 2

Présentation pédagogique de l'étude d'adaptation au changement climatique de palette végétale et des techniques de plantation, Communauté d'agglomération du Sicoval, 2024

ANNEXE 3

Méthode de conception d'une palette végétale, Territoire de l'Ouest, 2024

ANNEXE 4

Présentation de l'outil Sésame, CEREMA, 2022

ANNEXE 5

- « Lutte contre les îlots de chaleur urbains en milieu tropical - Guide des bonnes pratiques », CAUE de La Réunion, Agence TER, La Fabrique urbaine, l'Ademe, la DEAL, le Laboratoire Piment et l'ONU Habitat, mars 2022

ANNEXE 6

Boîte à question sur les études aérauliques – les réponses du CSTB

ANNEXE 7

Préconisations du CSTB pour des données CAO 3D exploitables

ANNEXE 8

Caractérisation d'une méthode de projet "à la Bongraine" et formalisation d'un bilan critique, Aquitanis, 2024

ANNEXE 9

Aménagement bioclimatique ultramarin : projet de la ZAC Éco ité Phaonce

ANNEXE 10.....

Présentation du guide « Urbanisme bioclimatique en Guyane », AQUAA

ANNEXE 11

Approches numériques pour l'urbanisme bioclimatique, CSTB

ANNEXE 12.....

L'aérodynamique au service de la conception architecturale en ventilation naturelle, Aerodynamique Eiffel

ANNEXE 13.....

Prise en compte des enjeux d'adaptation dans les projets de Renouvellement urbain soutenus par l'ANRU, ANRU

ANNEXE 14.....

Présentation du retour d'expérience « Étude pérennité ville jardin – Cas de la ZAC Cœur de ville – La Possession »

ANNEXE 1

**PRUNEL - Cahier de prescription
urbaines, architecturales, paysagères
et environnementales (et annexes),
Agence Ter, Zone Up paysage, La
Fabrique urbaine et Sicle AB, Ville de
Saint-Denis de La Réunion et la
CINOR, novembre 2021**



SAINT-DENIS, PRU NORD-EST-LITTORAL

CAHIER DE PRESCRIPTIONS

***URBAINES, ARCHITECTURALES,
PAYSAGÈRES ET ENVIRONNEMENTALES***

NOVEMBRE 2021



Agence Ter - paysagistes urbanistes
La fabrique urbaine - architectes urbanistes
Sicle AB - bureau d'études environnement
Zone Up - paysagistes

AVANT-PROPOS



La labellisation
ECOQUARTIER
engage le projet
et ses acteurs au
travers des 20
engagements.

Ce cahier des prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales détermine les exigences requises pour l'ensemble des opérations du PRU NORD-EST-LITTORAL à Saint-Denis. Il fut établi dans le cadre du projet NPNRU NORD-EST-LITTORAL par l'équipe de maîtrise d'oeuvre urbaine composée de:

- Agence Ter, paysagiste urbaniste mandataire
- Zone Up paysage, paysagiste
- La Fabrique Urbaine, architecte urbaniste
- Sicle AB, labellisation écoquartier

PORTÉE DES PRESCRIPTIONS

Les prescriptions urbaines, architecturales, paysagères et environnementales ne se substituent pas à la réglementation en vigueur, néanmoins certaines prescriptions seront intégrées au PLU dans le cadre d'une modification à engager ou feront l'objet d'une OAP (épannelage, retrait du bâti, alignements, pourcentage de pleine terre et clôtures)

Le présent document complète le PLU de Saint-Denis.

La première partie rappelle les orientations d'aménagement du plan guide, la deuxième partie présente les prescriptions urbaines et environnementales, la troisième partie les prescriptions architecturales et environnementales, la quatrième partie les prescriptions paysagères et environnementales et la cinquième les prescriptions techniques. Une annexe rassemble les objectifs de la labellisation écoquartier, les fiches de suivi des projets, les prescriptions acoustiques ainsi que les prescriptions commerciales.

Les prescriptions définissent le cadre dans lequel chaque équipe de maîtrise d'œuvre devra concevoir son propre projet. Il s'agit d'un document incitatif qui définit les attentes: prescriptions obligatoires et recommandations. Il s'agira de justifier ce qui ne pourra pas être mis en œuvre sur les plans techniques et financiers. Chaque projet devra ainsi répondre aux prescriptions détaillées sur la fiche de suivi écoquartier jointe en annexe, et accompagner cette fiche de tous les documents justifiant ces réponses à chaque phase d'étude. Le projet sera examiné en phases:

- Dossier pré-programmation/programmation générale
- Phase Esquisse/Phase Diagnostic
- Phase Avant Projet Définitif

En complément du présent document, des fiches secteurs exposeront les recommandations applicables à chaque parcelle.

SOMMAIRE

1. ORIENTATIONS D'AMÉNAGEMENT DU PLAN GUIDE	6
1.1 LES QUATRE SECTEURS DE PRUNEL	7
1.2 LES OBJECTIFS URBAINS DU PROJET	8
1.3 LES ÉLÉMENTS CLÉS	9
1.4 LE PLAN GUIDE	12
1.5 L'URBANISME TRANSITOIRE	18
1.6 LES COMPÉTENCES ATTENDUES DES MAÎTRES D'ŒUVRE	19

2. PRESCRIPTIONS URBAINES ET ENVIRONNEMENTALES	20
2.1 PROGRAMMATION DES ÎLOTS	21
2.2 IMPLANTATION DES CONSTRUCTIONS	22
2.3 ORIENTATION ET VENTILATION	25
2.4 ÉPANNELAGE ET VOLUMÉTRIE	24
2.5 LES ACCÈS A LA PARCELLE	27
2.6 LES ESPACES DE PLEINE TERRE / ÎLOTS DE CHALEUR	27
2.7 SYNTHÈSE PRESCRIPTIONS ÉCOLOGIQUES	28
2.8 ACOUSTIQUE URBAINE	31

3. PRESCRIPTIONS ARCHITECTURALES ET ENVIRONNEMENTALES	32
<u>3 / GÉNÉRALITÉS</u>	33
3.1 MATÉRIAUX	33
3.2 ACOUSTIQUE INTÉRIEURE	35
3.3 EMPREINTE CARBONE ET ÉNERGIE RENOUVELABLE	35
3.4 CIRCULATIONS COMMUNES	35
3.5 ACCESSIBILITÉ	36
3.6 CONCEPTION THERMIQUE AÉRAULIQUE ADAPTÉE AU CLIMAT	37
3.7 STATIONNEMENT	38
<u>3/A LES NOUVELLES CONSTRUCTIONS</u>	40
3/A.1 STRUCTURE DES BÂTIMENTS	40
3/A.2 COMPOSITION DES FAÇADES	41
3/A.3 TOITURES	42
3/A.4 CIRCULATIONS COMMUNES	44
3/A.5 LOGEMENTS	45
3/A.6 ACTIVITÉS ET BUREAUX	46
3/A.7 COMMERCE	46
<u>3/B LES RÉHABILITATIONS</u>	47
3/B.1 LES LOGEMENTS	47
3/B.2 L'ACCESSIBILITÉ	47
3/B.3 LES PARTIES COMMUNES	48

3/B. 4 TOITURES	48
3/B. 5 LES FAÇADES	49
3/B. 6 LES HALLS	49

4. PRESCRIPTIONS PAYSAGÈRES ET ENVIRONNEMENTALES	50
4.1 LES AMBIANCES VÉGÉTALES	51
4.2 LA COMPOSITION DES CŒURS D'ÎLOTS	52
4.3 LA PALETTE VÉGÉTALE	54
4.4 LES REVÊTEMENTS DE SOL	54
4.5 LE MOBILIER URBAIN	54
4.6 LES ÉQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES	56
4.7 LES CLÔTURES	57
4.8 LE STATIONNEMENT AÉRIEN	58
4.9 LA GESTION DES EAUX PLUVIALES	59
4.10 L'ÉCLAIRAGE	59
4.11 LA SIGNALÉTIQUE	60
4.12 LA GESTION ET L'ENTRETIEN	60
4.13 LA PARTICIPATION CITOYENNE	61
4.14 LA COLLECTE DES DÉCHETS	62

5. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES	63
5.1 ÉNERGIE	64
5.2 CHARTE CHANTIER VERT, CHANTIER À FAIBLE NUISANCES ET DÉCHETS D'ACTIVITÉ	65
5.4 APPROCHE SÉCURITÉ SÛRETÉ	66
5.4 TRANSITION NUMÉRIQUE	67
5.5 GESTION TECHNIQUE DU BÂTIMENT	67

ANNEXES

1. LA LABELLISATION ÉCOQUARTIER	2
--	----------

2. FICHE DE SUIVI DES PROJETS	4
2.1 FICHE DE SUIVI DU PROJET	5
2.2 PIÈCES À FOURNIR PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE	9

3. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES	10
-------------------------------------	-----------

4. PRESCRIPTIONS EPARECA	196
---------------------------------	------------

An aerial photograph of a city, likely Port-au-Prince, Haiti, showing a dense urban area with various buildings and a large green mountain in the background. A dotted white circle is superimposed over the city, framing the text.

1.

**ORIENTATIONS
D'AMÉNAGEMENT DU
PLAN GUIDE**

1.1 LES QUATRE SECTEURS DE PRUNEL



— — — Périmètre opérationnel PRUNEL

PRUNEL EN QUELQUES CHIFFRES

- 1 secteur / 3 quartiers
- **POPULATION** : 6600 habitants (Découpage du périmètre d'analyse. Données carroyées 2013 de l'INSEE)
- **LOGEMENT SOCIAUX** : 2100 logements sociaux soit 80% du parc de résidences principales
- **SUPERFICIE** : 65 ha
Densité : 40 logements/ha

1.2 LES OBJECTIFS URBAINS DU PROJET

1- UN HABITAT AGRÉABLE, DURABLE ET FACTEUR DE MIXITÉ SOCIALE

Le projet PRUNEL doit permettre de proposer aux habitants des **logements dignes et durables**. Le confort thermique, acoustique et la ventilation seront recherchés, afin de contribuer au bien-être, à la santé des habitants. La sobriété énergétique des bâtiments sera aussi favorisée et les sources d'énergies renouvelables adaptées au climat tropical seront privilégiées tant pour les chantiers de réhabilitation que pour les opérations neuves de logements. La mise en œuvre de ces ambitions de confort et d'excellence environnementale est indissociable de l'objectif de diversification des parcours résidentiels sur le périmètre et d'une plus grande **mixité sociale**.

2- DES ESPACES PUBLICS GÉNÉREUX ET OMBRAGÉS FAVORABLES AUX MOBILITÉS DOUCES ET ACTIVÉS

La multiplication de **lieux de rencontre et de vivre-ensemble pour toutes les générations** est un axe fort du projet. Les continuités écologiques et paysagères sont autant d'opportunités pour que les habitants profitent de leur quartier et privilégient les modes doux et actifs. **À pied, à vélo, en fauteuil ou en transports en commun**, on pourra accéder aux commerces, à des équipements publics renouvelés, à des lieux publics rafraîchis et accueillants, mais aussi aux quartiers historiques du centre-ville et à l'océan.

3- DES ÉQUIPEMENTS PUBLICS CONVIVIAUX AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT URBAIN

Le projet PRUNEL agit sur le déficit d'équipements publics sur la partie ouest du périmètre et renouvelle les équipements existants afin qu'ils répondent au mieux aux attentes des habitants et du développement humain des quartiers. Des équipements structurants à usages mixtes, facilement accessibles et attractifs seront créés pour développer les rencontres et les pratiques solidaires et de bien être.

4- LA REDYNAMISATION ÉCONOMIQUE, ACCOMPAGNER LES ACTEURS ET CHANGER L'IMAGE DU QUARTIER

La polarité commerciale et économique du bas de la rue M. Leclerc sera renforcée par **un aménagement qualitatif** et par un **accompagnement multi-partenarial, notamment à l'égard des commerces**. L'offre d'immobilier tertiaire, adaptée à l'évolution d'un marché désormais orienté vers l'accueil des petites entreprises, sera étoffée sur le périmètre, notamment en matière de services à la personne.

La partie nord du quartier Vauban accueillera un pôle tertiaire qui constituera une véritable locomotive pour le quartier.

Sur Butor, une offre nouvelle permettra d'accueillir des activités économiques qui redynamiseront le quartier. Accompagnés par les structures socio-administratives et de l'économie sociale et solidaire, les habitants bénéficieront d'un accompagnement dense vers la **formation et l'insertion**.

Connectés au dynamisme de la filière digitale réunionnaise et de la technopôle les quartiers seront des lieux d'expérimentation **de l'inclusion et de l'innovation numériques**. En lien avec le pilier Développement activité économique et Emploi du Contrat De Ville, il s'agira de promouvoir et de soutenir les actions visant la valorisation des quartiers et accompagner les porteurs de projets issus de PRUNEL.

1.3 LES ÉLÉMENTS CLÉS

RECONNECTER LA VILLE À SES QUALITÉS GÉOGRAPHIQUES: LE LITTORAL ET LES RAVINES



RACCROCHER LE LITTORAL

- Le littoral et les ravines comme vecteurs de dynamisation des espaces publics et du paysage
- Développer une programmation thématique en front de mer
- Raccrocher le littoral et le paysage des ravines à la ville en développant les traversées et continuités piétonnes et paysagères

LÉGENDE

..... Périmètre PRUNEL

..... Les trois séquences du littoral

 Le littoral et les ravines vecteurs de dynamisation des espaces publics

 Points de vue / Ouvertures à créer

RESTRUCTURER LES ESPACES PUBLICS MAJEURS: L'AXE DE VIE MARÉCHAL LECLERC



METTRE EN RÉSEAU LES AMÉNAGEMENTS :

- Améliorer l'accessibilité aux grands espaces publics existants
- Créer les liaisons douces manquantes entre ces grands espaces et compléter l'offre
- Requalifier les voies existantes
- Conforter la pratique existante de la marche en rationalisant la place de la voiture dans l'espace public
- Favoriser l'émergence d'autres usages sur cet espace public ainsi libéré

LÉGENDE

- Périmètre PRUNEL
- ↔ Axes de vie à renforcer: déplacements doux, espaces publics et programmations
- ⊙ Espaces publics à connecter
- Axes à planter en priorité

ACTIVER LES ESPACES PUBLICS



ACTIVER LES VECTEURS URBAINS ET PAYSAGERS

- Développer les déplacements doux continus et dédiés: les parcours comme maille de vie du quartier et inter-quartiers
- Les "pocket places" ou places de poches sont comme des articulations et des lieux d'appropriation de proximité pour les habitants
- Les parcours sont ponctués de multiples usages: mixité des usages
- Ils relient les axes de vie

LÉGENDE

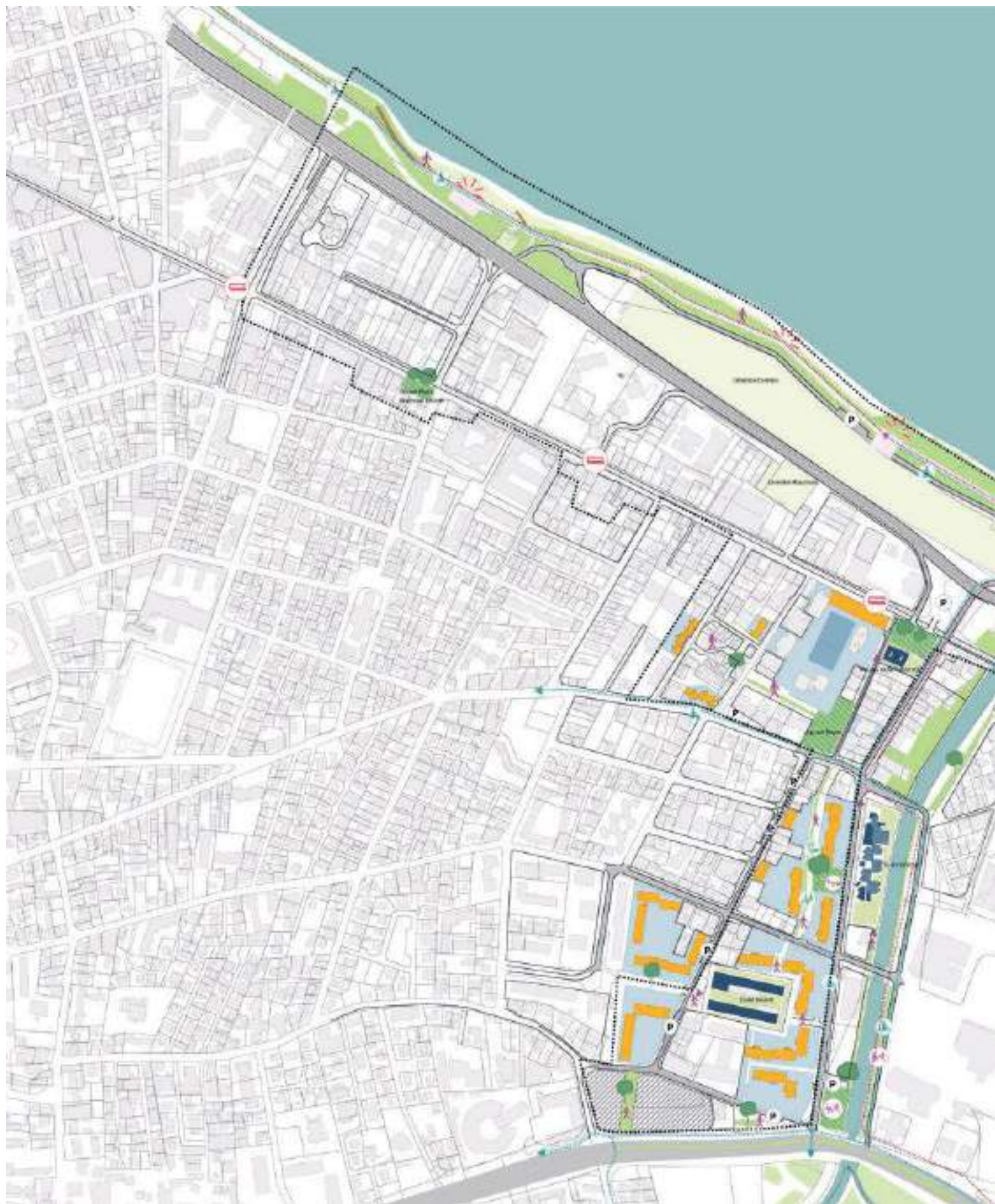
..... Périmètre PRUNEL

↔ Continuités piétonnes à créer

● Pocket places

1.4 LE PLAN GUIDE

LE TEMPS DE LA CONVENTION ANRU





LIMITES

..... PR(NP)

ACTIONS BAILLEURS

- Réhabilitation
- Reconversion collective
- Réhabilitation parking vélos

ACTIONS BATIS

- Équipements existants
- Équipements créés
- Diversification de logements
- Études de faisabilité urbaines en lien avec la concertation publique

ACTIONS ESPACES PUBLICS

- Parcours sportifs - La boucle des églises
- Pistes Cyclables
- Nouvelles plateformes régulières créées
- Régénération des espaces publics
- Pocket Place : espace public situé en creux
- Points de vue d'intérêt paysager
- Faciliter les traversées piétonnes

0 200 400 600 800
échelle 1/4 000

LE PROJET À MOYEN TERME





LIMITES

..... PR(NP)

ACTIONS BAILLEURS

- Réhabilitation
- Reconversion collective
- Réhabilitation parking vélos

ACTIONS BATIS

- Équipements existants
- Équipements créés
- Diversification de logements
- Études de faisabilité urbaines en lien avec la concertation publique

ACTIONS ESPACES PUBLICS

- Parcours sportif - La boucle des alluvions
- Pistes Cyclables
- Nouvelles plateformes régulières créées
- Régénération des espaces publics
- Pocket Place : espace public situé tout ou partie
- Points de vue d'intérêt paysager
- Faciliter les traversées piétonnes

0 200 400 600 800
mètres à la main

LE PROJET À LONG TERME





LIMITES

----- PRUNEL

ACTIONS BAILLEURS

- Réhabilitation
- Résidentialisation
- Réhabilitation et parking auto

ACTIONS BATIS

- Équipements existants
- Équipements créés
- Diversification du logement
- Services
- Activités
- Commerces
- Aires véhiculaires et parcelles privées

ACTIONS ESPACES PUBLICS

- Parcours sportif - La boucle des Padelles
- Places épiques
- Pistes piétonnes améliorées ou créées
- Réqualification des espaces publics
- Pocket Place - espace public
- Habitat 10 ou 100
- Parcours de valeur d'indivisuel
- Faciliter les traversées piétonnes
- Tramway
- RRTS

0 500 1000 1500 2000

1.5 L'URBANISME TRANSITOIRE

COMPOSER AVEC LE TEMPS LONG DE L'AMÉNAGEMENT

Le projet urbain comporte des temps de pause qu'il est possible d'optimiser.

L'urbanisme transitoire constitue une nouvelle manière d'investir des lieux vacants ou libérés en attente de nouvelles programmations immobilières et urbaines, pour réfléchir et anticiper un projet plus pérenne, tout en répondant à des besoins sociaux insatisfaits sur un territoire.

Il permet de:

- Alimenter le projet urbain par la préfiguration des usages et l'identification des besoins
- Accélérer la réalisation des projets,
- Favoriser l'appropriation sociale
- Optimiser l'usage du foncier disponible dans l'espace et dans le temps
- Engager des démarches innovantes et vertueuses en matière environnementales : réemploi, circuits courts, éco-matériaux et matériaux bio-sourcés, participation citoyenne, etc.

ACTEURS ET INTÉRÊTS

L'urbanisme transitoire se construit dans l'échange et l'équilibre entre acteurs. Il s'organise autour d'un trio d'acteurs principaux: collectivités locales, propriétaires et occupants

Exemple d'intérêts des acteurs pour l'urbanisme transitoire:

Collectivité locale: animer le territoire et stimuler des dialogues entre habitants, acteurs locaux et collectivités. La collectivité peut également être propriétaire.

Propriétaire: limiter les dépenses d'entretien et les dégradations potentielles liées aux sites inoccupés, valoriser un site.

Occupant: agir sur son cadre de vie, échanger avec de nouveaux partenaires, accéder à un espace pour réaliser ses projets.

TEMPORALITÉ ET DURÉES

L'urbanisme transitoire peut intervenir à différents moments des transformations urbaines. Il peut ainsi être utile lors de la conduite d'un projet urbain défini ou non défini, sur un espace en devenir.

On le retrouve également sur des sites en attente d'un nouveau preneur, sans que le projet ait un impact sur la future destination du bâtiment ou du site.

Généralement, dans le cadre de l'inscription du projet transitoire dans un projet urbain de requalification de l'espace, l'occupation peut durer tant qu'un chantier ne l'en empêche : friches, montage de projets, études de faisabilité et de réalisation et phases chantier

1.6 LES COMPÉTENCES ATTENDUES DES MAÎTRES D'ŒUVRE

La composition des équipes de maîtrise d'oeuvre devra être adapté au projet.

Elle pourra notamment faire appel à:

- La compétence d'un acousticien dans l'équipe en fonction du degré d'exposition aux voies bruyantes (à partir de 80dB(A): seuil de nocivité fixé par les prescriptions acoustiques en annexe)
- La compétence d'un paysagiste pour les projet de résidentialisation.
- La compétence d'un économiste pour les opérations intégrant le sujet du réemploi
- La compétence d'un bureau d'étude aéraulique urbaine dans le cadre de nouvelles constructions, réhabilitation et conceptions d'espaces libres.

Il s'agit de mobiliser les compétences nécessaires, sans nécessairement multiplier les intervenants en fonction des caractéristiques de l'opération. La définition claire du programme et des missions attendues permettront d'identifier les acteurs à intégrer à l'avance. Les compétences varieront en fonction des opérations.



2.

**PRESCRIPTIONS
URBAINES ET
ENVIRONNEMENTALES**

2.1 PROGRAMMATION DES ÎLOTS

PRIVILÉGIER L'IMPLANTATION DES LOCAUX DE BUREAUX OU D'ACTIVITÉS LE LONG DES AXES PASSANTS GÉNÉRATEURS DE FLUX

Privilégier l'implantation des locaux de bureaux ou d'activités le long des axes passants générateurs de flux tels que le boulevard Lancastel, le boulevard sud (Jean Jaurès) et la rue Léopold Rambaud.

OBJECTIFS:

- **Accroître les qualités résidentielles des futurs logements qui seront privilégiés en second plan.**
- Former un premier front urbain non résidentiel le long des axes passants pour protéger en second plan les opérations de logements (nuisances sonores, pollution, embruns et vent côté mer ...).
- Meilleure visibilité pour les activités et les enseignes.

NE PAS IMPLANTER DE LOGEMENTS SUR LES BOULEVARDS EXPOSÉS AUX BRUITS

La programmation de logement en rez-de-chaussée et aux étages est interdite sur les axes: rue L. Rambaud, blvd Jaurès et blvd Lancastel.

Exemple du Butor : programmes d'activités et d'équipements rayonnant le long des axes générateurs de flux et de nuisances pour protéger les logements au second plan.

La programmation de logements sera autorisée en rez-de-chaussée (uniquement s'ils sont orientés sur cour et non sur rue) et autorisés aux étages sur les axes: rue M. Leclerc, avenue M. de Lattre de Tassigny, Blvd Vauban et rue du Butor.

L'implantation de commerces, services et équipements publics sera privilégiée afin de recréer un linéaire actif le long de l'axe Maréchal Leclerc répondant aux besoins en commerces et services de proximité des habitants du quartier.

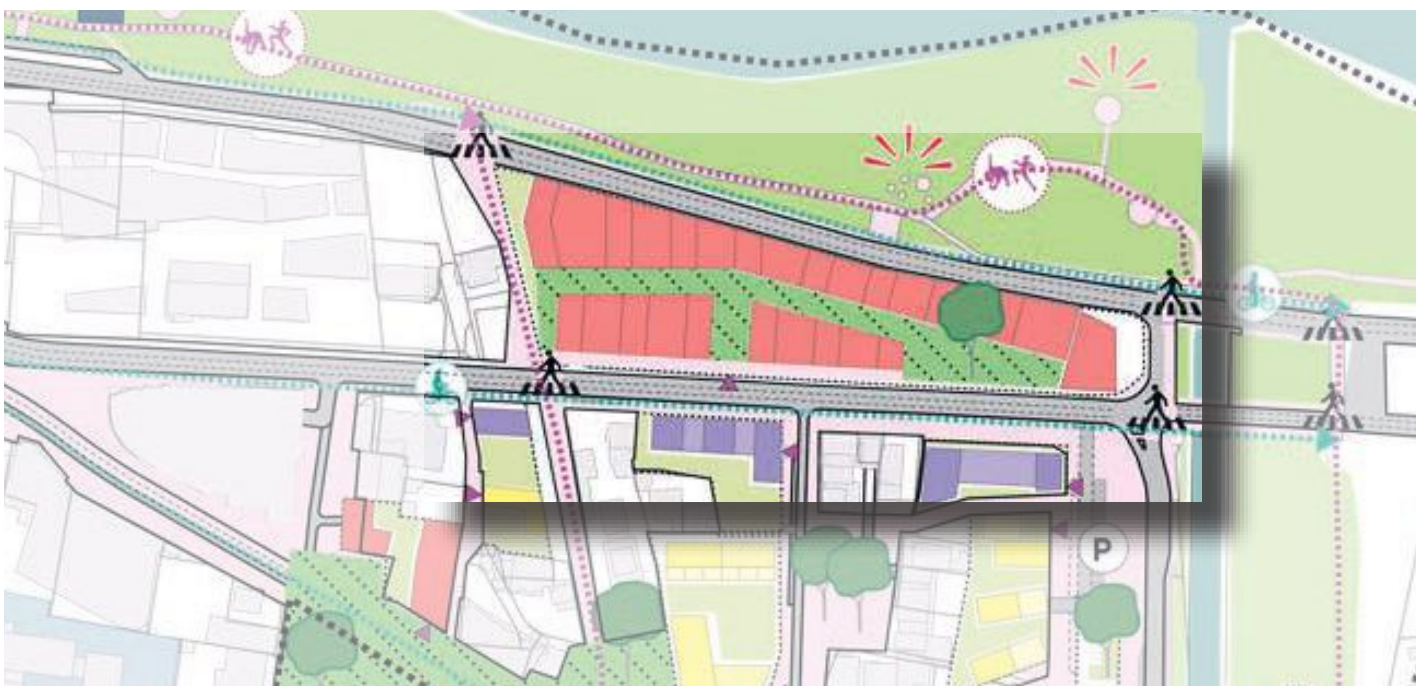
Ce linéaire ne sera pas continu et pourra être ponctué d'espaces publics. Les retraits générés seront obligatoirement plantés d'arbres avec un sol laissé libre et minéral permettant la déambulation piétonne.

DÉVELOPPER DES UNITÉS RÉSIDENTIELLES À TAILLE HUMAINE

Éviter de recréer des opérations avec un nombre trop important de logements créant une sur-densité et concentrant les problématiques (sur-sollicitation des parties communes, promiscuité, dégradations, nuisances sonores, usages détournés ...).

OBJECTIFS:

- Diversifier l'offre en logements du quartier en créant des logements attractifs.
- Ne pas excéder 30 logements maximum par unité résidentielle ou 20 logements par entrée.



2.2 IMPLANTATION DES CONSTRUCTIONS

IMPLANTATION SYSTÉMATIQUE EN RETRAIT

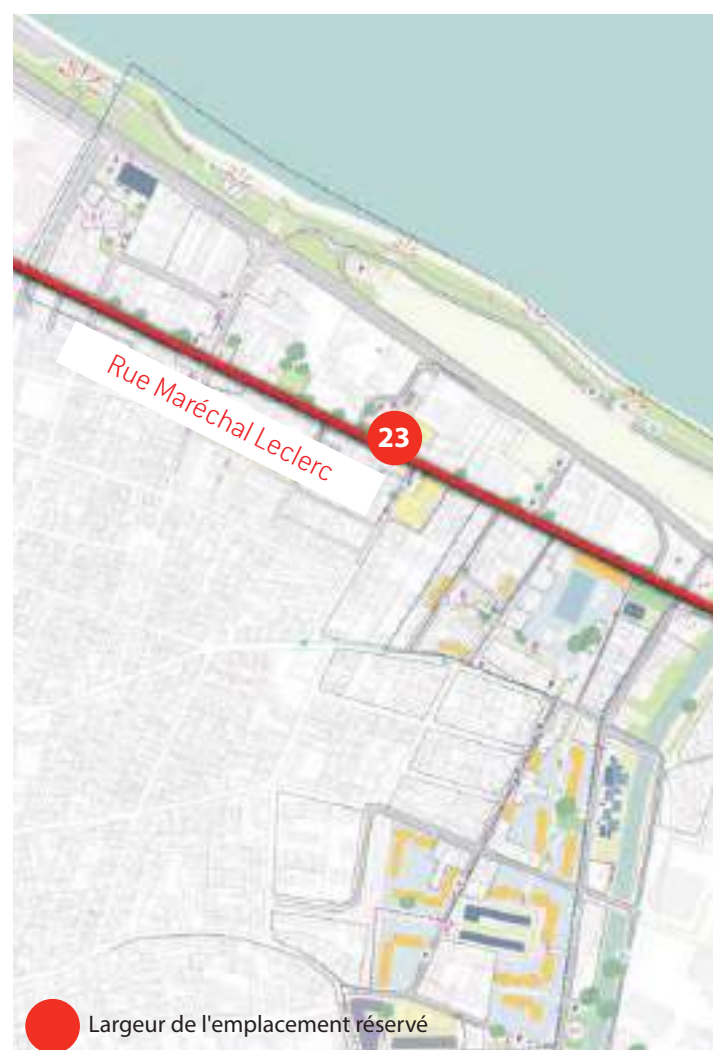
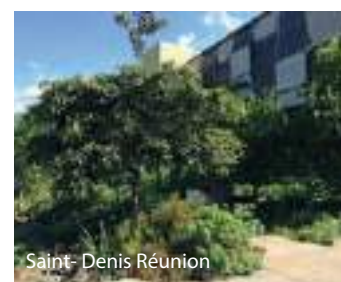
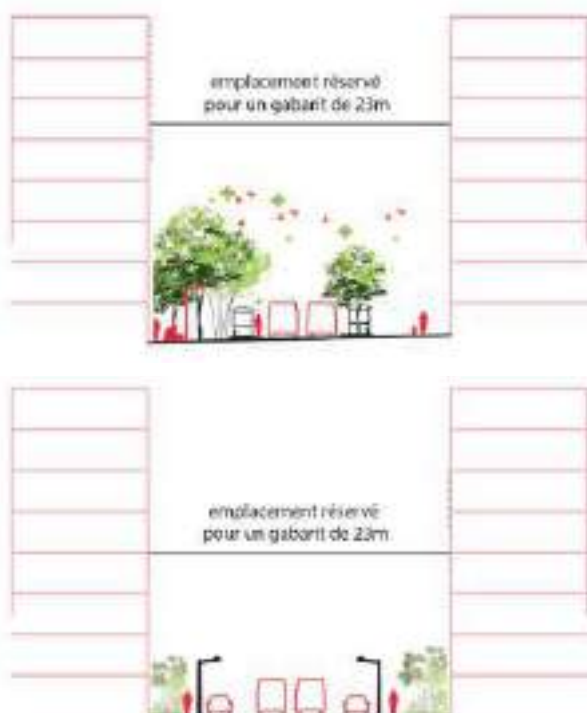
- Implantation des constructions avec un retrait
- Le retrait sera obligatoirement planté d'arbres
- Le sol du retrait pourra être traité en parvis minéral (dans le cas de services ou commerces en RDC); ou en espace végétalisé (couvert végétal mais pas de bande engazonnée : gazon interdit).
- Le retrait devra être végétalisé en intégrant les prescriptions de traitement des espaces végétalisés décrites plus loin dans ce cahier et notamment intégrer 4 strates végétales, 3 au minimum afin de diversifier au maximum les strates végétales.

OBJECTIFS:

- Protéger les façades des nuisances des axes circulés
- Apporter de l'ombre aux façades et participer au confort thermique des bâtiments
- Participer à la végétalisation de l'espace public et au confort des piétons
- Éviter le réchauffement des façades par réflexion et assurer le rafraîchissement de l'air ambiant pour le confort des piétons

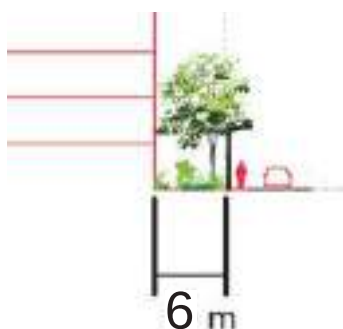
01. RUE DU MARÉCHAL LECLERC

- Implantation des constructions à l'alignement de l'emplacement réservé
- Dans le cas de constructions adressées sur un espace public (de type place, square, ...) : **retrait de 4 mètres**, planté d'arbres et dont le sol, en fonction des programmes en RDC, peut être soit laissé libre et minéral, soit planté d'un couvert végétal.
- Engazonnement interdit



02. AVENUE DE LATTRE DE TASSIGNY

- **Retrait de 6 mètres minimum**
- Retrait planté d'arbres et dont le sol, en fonction des programmes en RDC, peut être soit laissé libre minéral, soit planté d'un couvert végétal
- Au moins 2 arbres de haute tige seront plantés / pour 100m² d'espaces végétalisés totalisées. Les fosses de plantation seront de 6m³ minimum. Les arbres seront plantés à au moins 3.50m des façades.
- Engazonnement interdit



03. SUR LES AXES PRINCIPAUX

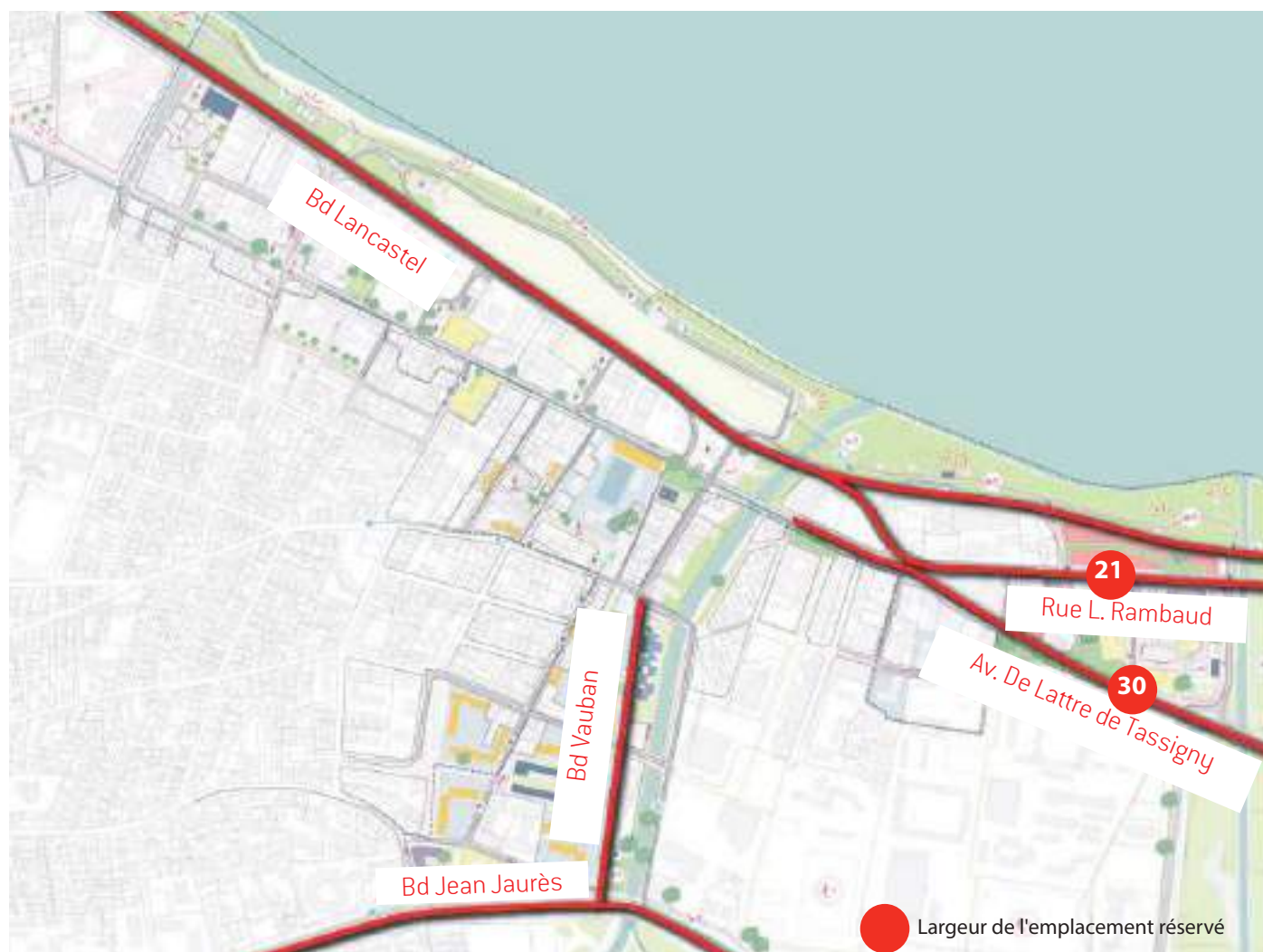
Tous les retraits seront plantés d'arbres et le sol, en fonction des programmes en RDC, sera soit laissé libre minéral, ou soit planté d'un couvert végétal. Engazonnement interdit

Retraits par axe :

- **Boulevard Lancastel : Retrait par rapport à la limite du domaine public de 6 mètres minimum à 10 mètres maximum**
- **Rue Léopold Rambaud : Retrait de 6 mètres**
- **Boulevard Vauban : Retrait de 6 mètres**
- **Bd Jean Jaurès : implantation à l'alignement**

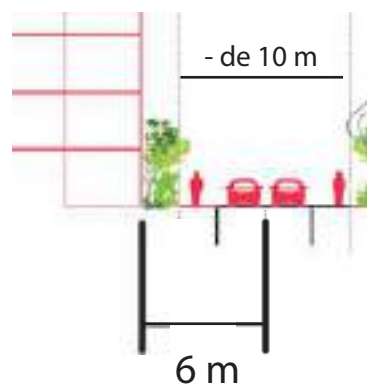
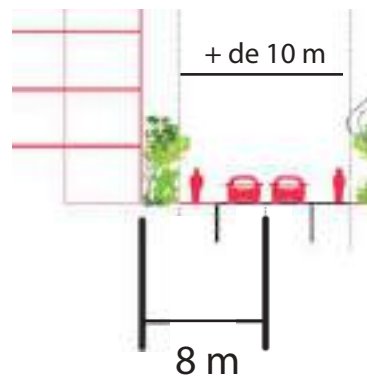


Cartographie des axes principaux du périmètre du plan guide



04. SUR LES AXES SECONDAIRES

- **Retrait par rapport à l'axe de la voie de 8 mètres** pour les emprises de voiries de plus de 10 mètres de large
- **Retrait par rapport à l'axe de la voie de 6 mètres** pour les emprises de voiries de moins de 10 mètres de large
- Retrait planté d'arbustifs et dont le sol, en fonction des programmes en RDC, peut être soit laissé libre minéral, soit planté d'un couvert végétal
- Engazonnement interdit



Cartographie des axes secondaires du périmètre du plan guide



2.3 ORIENTATION ET VENTILATION

ORIENTATION PAR RAPPORT AU SOLEIL (PROTECTION ET APPORTS SOLAIRES, ...)

L'implantation des bâtiments privilégiera une orientation Nord /Sud des façades principales et limitera les façades Est et Ouest.

On recherchera en priorité des ouvrants au sud afin de bénéficier d'un apport d'éclairage naturel sans exposition au rayonnement direct et des vues vers la montagne. Puis au Nord de façon à pouvoir aisément protéger les baies par de simples casquettes horizontales.

Les expositions Est et Ouest seront dotées de protections solaires verticales

Les protections solaires des vitrages en priorité et des façades, seront adaptées à chaque orientation

OBJECTIF:

Bonne protection solaire des bâtiments

ORIENTATION PAR RAPPORT AU VENT

L'orientation des bâtiments sur leur parcelle permettra d'optimiser la ventilation naturelle et de profiter du potentiel aérodynamique du site.

Les façades principales seront orientées pour profiter au mieux des brises thermiques et limiter les nuisances liées aux alizés (notamment en hiver).

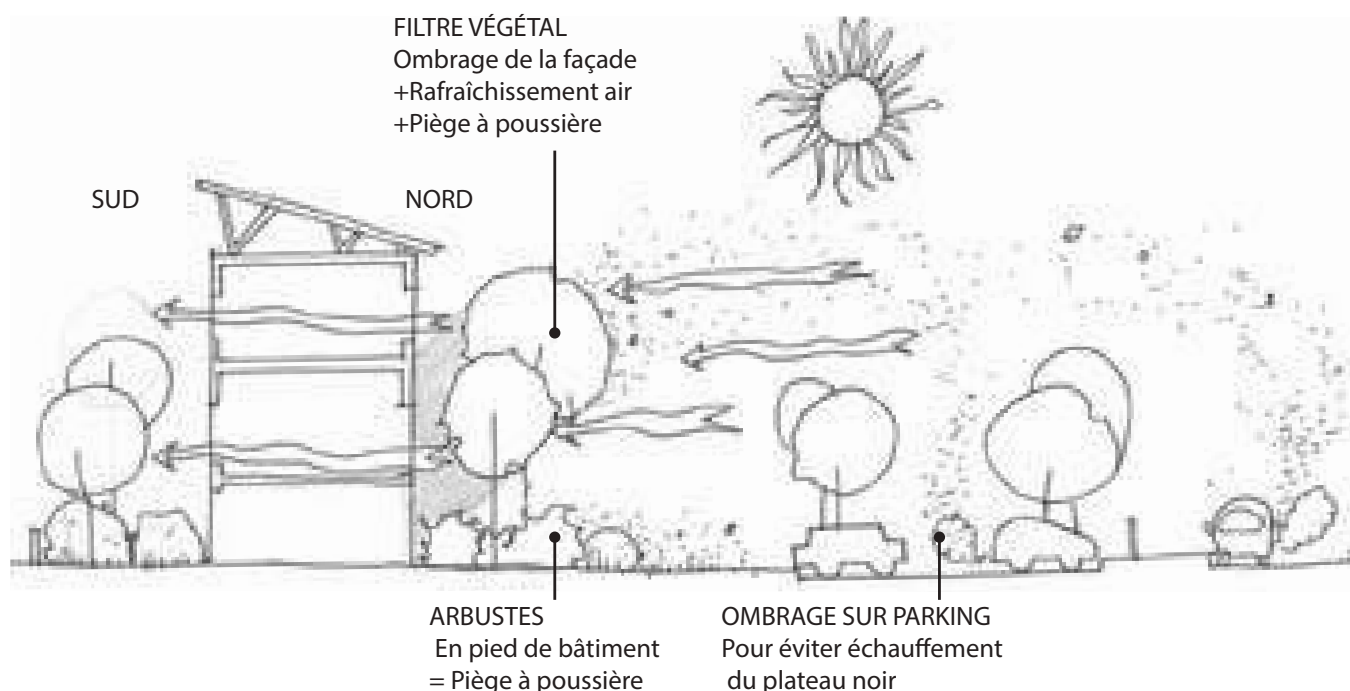
Des filtres végétaux autour des bâtiments (arbres de haute tige et tapis arbustif) permettront d'atténuer les vents forts, de rafraîchir l'air entrant et de piéger les poussières.

La ventilation naturelle converge vers des ouvrants traversants Nord Sud pour exploiter les brises thermiques. Les alizés d'Est seront exploités également mais avec des systèmes permettant de "pincer" le flux voire de s'en prémunir totalement par fermeture

À noter qu'une protection des vents d'Est, des vents cycloniques et des forts épisodes de pluies devra être intégrée pour limiter l'impact de la houle et des embruns et ainsi éviter les loggias inconfortables. Il s'agira également d'assurer la protection lors des manipulations d'ouvertures orientées plein Ouest

OBJECTIF:

Une bonne protection vis à vis des vents dominants, sécurité des usagers, possibilité de ventilation naturelle des bâtiments.



2.4 ÉPANNELAGE ET VOLUMÉTRIE

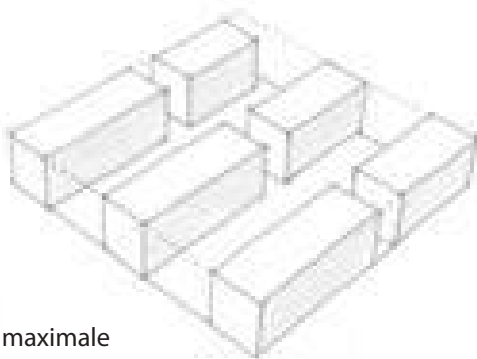
ÉPANNELAGE

UNE ARCHITECTURE DE TRANSITION

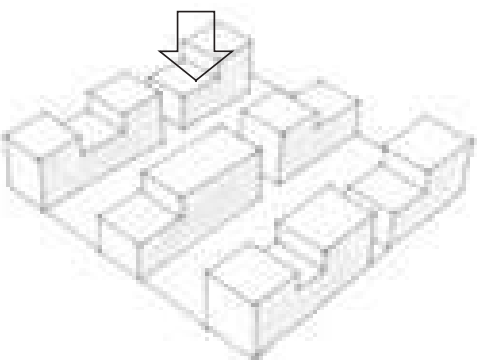
Une architecture de transition/de raccordement sera réalisée (hauteur, gabarit des constructions intermédiaire) entre le projet et les bâtiments existants sur les parcelles mitoyennes: une partie la construction projetée (emprise au sol) devra reprendre la hauteur des constructions existantes mitoyennes.

OBJECTIF:

Assurer une bonne intégration des nouvelles opérations, notamment de logements collectifs ou groupés qui devront se raccorder de manière harmonieuse et douce au tissu environnant existant.



Hauteur maximale imposée par PLU



Adaptation aux hauteurs des bâtiments mitoyens SUR une partie de l'EMPRISE au sol des bâtiments projetés

LES VOLUMÉTRIES

STRATIFIER

Traitement du soubassement/socle

Traitement soigné du premier niveau par rapport aux étages communs. L'architecture du niveau bas affirmera l'assise et les horizontales

Traitement de l'attique/Penthouse/maison sur le toit

Traitement soigné du dernier niveau par rapport aux étages communs. L'architecture du niveau en attique affirmera une légèreté et les verticales.

FRAGMENTER

La longueur maximale des volumes sera de 40 mètres le long des façades urbaines et 30 mètres en cœur d'îlot pour permettre des porosités.

Cependant, le long des grandes infrastructures routières génératrices de bruit (bd lancastel, bd sud, bd Maréchal leclerc, rue Léopold Rambaud, bd vauban), l'enjeu sera plutôt de favoriser la continuité des façades pour protéger les cœurs d'îlot du bruit et des autres nuisances. Ainsi, le long de ces axes, les longueur de façade pourront être plus importantes, mais un traitement architectural devra signifier un rythme permettant d'animer la façade et de ne pas générer un front urbain trop long et trop monotone.

DES VOLUMES SIMPLES FACILES À VENTILER

Les bâtiments se (dé)composeront en plots ou barrettes d'une épaisseur de 10 à 12m maximum (hors circulation), pouvant être associés entre eux par des circulations extérieures.

Les volumes, ou jeux de volumes seront simples et clairement lisibles. L'utilisation de volumes simples permettra de garantir une bonne ventilation (de façades à façades) et des orientations optimales. Les volumes "fermés" (logements/ bureaux/...) seront desservis par des circulations ouvertes légères.

L'épaisseur des bâtiments sera de 12 mètres maximum pour du logement et 18 mètres maximum pour de l'activité avec rue intérieure (hors varangues et coursives)

L'emprise maximale autorisée est de 45% pour de l'habitat et 60% pour de l'activités.

2. 5 LES ACCÈS A LA PARCELLE

PRIVILÉGIER LES ENTRÉES CHARRETIÈRES SUR LES RUES SECONDAIRES QUAND CELA EST POSSIBLE

Il s'agira de privilégier les entrées charretières sur les rues secondaires quand cela est possible.

Cela permettra une meilleure continuité des aménagements des espaces publics et du traitement paysager le long des axes structurants. Cela permettra également de ne pas rompre trop souvent les **LINÉAIRES DE RDC ACTIFS**.

OBJECTIF:

Limiter le passage des voitures sur les espaces publics structurants porteurs de circulations douces.

2. 6 LES ESPACES DE PLEINE TERRE / ÎLOTS DE CHALEUR

POURCENTAGE DE PLEINE TERRE À RESPECTER

Toute opération doit intégrer des surfaces perméables correspondant au cumul des surfaces suivantes :

- Minimum **20%** de la parcelle doit être **en pleine terre**
- Maximum **70%** de la parcelle peuvent être **aménagés**
- **10%** de la parcelle doivent être "**laissés libres de toute construction**". Ils correspondent à la surface du terrain non occupée par les constructions (emprise au sol), imperméabilisés ou non. Ils comprennent les aires de stationnement, ainsi que les voiries d'accès.

Les eaux de pluies seront gérées en priorité en surface, par infiltration, rétention puis réutilisation en cohérence avec les données géotechniques: ex noues, drains, caillebotis, bassins de rétention, toits et façades végétalisés, ouvrages submersibles, eaux de crues mises en scène...

Au moins 2 arbres de haute tige seront plantés /pour 100m² d'espaces végétalisés totalisées. Les fosses de plantation seront de 6 m³ minimum. Les arbres seront plantés à au moins 3.50 m des façades.

L'aménagement de surfaces favorables à la biodiversité devra être privilégié, le coefficient de biodiversité pouvant être décomposé comme suit:

- taux de végétalisation de la parcelle
- nombre de types d'habitats
- nombre de types de strates végétales
- végétalisation locale
- choix d'espèces végétales dans un souci d'impact sanitaire minimal sur la parcelle
- amélioration de l'habitat et des conditions de vie de la faune sur la parcelle
- connexion intra-site et extra-site entre les espaces végétalisés

OBJECTIFS:

- Éviter la création d'îlots de chaleur urbains,
- Améliorer le microclimat,
- Favoriser la biodiversité
- Améliorer les qualités résidentielles des opérations



2. 7 SYNTHÈSE PRESCRIPTIONS ÉCOLOGIQUES

ZONAGE ET RÈGLEMENTATION

Zonages réglementaires du patrimoine naturel	
Parc National de La Réunion	Aire d'adhésion du Parc à 1200 m à l'ouest et 1300 m au Sud. Cœur du Parc à 3000 m au Sud-Ouest
Espace remarquable du littoral	1700 m à l'Ouest et 2500 m à l'Est
Conservatoire du littoral	1050 m à l'Est
Zones humides	Aucune zone concernée dans le périmètre projet
Schéma d'Aménagement Régional (SAR 2010)	Espace naturel de protection forte à 1700 m à l'Ouest et 2500 m à l'Est
Schéma d'Aménagement Régional (SAR 2010)	Espace de continuité écologique au niveau de l'embouchure de la ravine du Butor et Espace Remarquable du Littoral (ERL) au niveau de la bande côtière -> prescriptions à respecter
Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM 2011)	Espaces proches du rivage concerne la bande littorale -> prescriptions à respecter
Aucun autre zonage réglementaire du patrimoine naturel n'est présent dans un rayon de 2 km autour du projet	
Zonages d'inventaires du patrimoine naturel	
Aucun zonage d'inventaire du patrimoine naturel n'est présent dans un rayon de 2 km autour du projet	
Autres zonages du patrimoine naturel	
Trame aérienne	Corridor Potentiel en partie et Corridor avéré dans son ensemble
Trame terrestre	Oui corridor potentiel embouchure Ravine Butor et Embouchure Ravine Patate à Durand
Trame aquatique	Oui corridor potentiel Ravine Butor et Ravine Patate à Durand. Corridor avéré front de mer
RER réseau Ecologique de La Réunion : Corridor de survol pour les oiseaux marins	Priorité maximale de 3/3
Zonages liés aux servitudes d'utilité publique	
Risques naturels (PPRI et submersion marine)	Inondation : La partie Est du périmètre est concerné soit par le zonage d'interdiction (R1 et rR1) soit par le zonage de prescription (B3), au niveau des ravines du Butor et Patate à Durand Submersion : la bande littorale est concerné par un aléa faible à moyen sur une largeur de 100m.
Aéronautiques	La bande littorale du projet est concernée par une servitude aéronautique liée à la zone de dégagement liée à l'aéroport Roland Garros
Radioélectriques	La partie Est du projet est concernée par une servitude radioélectrique liée à la présence de la station Météo France du Chaudron

Éléments issus de la synthèse environnementale réalisée par le bureau d'étude Biotope en octobre 2021.

CARTOGRAPHIE DES ENJEUX ÉCOLOGIQUE CONNUS



- Légende**
- PRUNEL
 - Périmètre opérationnel
- Colonies de chauve-souris connues**
- Colonie de Petit molosse (Biotope 2009 - 2017)
 - Colonie de Petit molosse (PNR 2010)
 - ★ Arbres remarquables (CPAUPE)
- Niveau d'enjeu**
- Faible
 - Moyen
 - Négligeable

SYNTHÈSE DES ENJEUX ÉCOLOGIQUES

Habitats et groupes biologiques concernés et enjeu	Risque d'impact et types d'effets	
	Avant la phase travaux	En phase travaux
Habitats : aucun habitat remarquable dans le périmètre	Fractionnement et destruction d'habitat naturel → Effet négatif, direct, permanent	Destruction / endommagement d'habitat naturel → Effet négatif, direct, permanent et / ou temporaire
Flore protégée : 5 espèces protégées plantées	Destruction des individus → Effet négatif, direct, permanent	Destruction / mutilation des individus → Effet négatif, direct, permanent et / ou temporaire
Flore exotique : majorité des espèces présentes et 27 espèces envahissantes	Introduction d'espèces (via les palettes végétales) → Effet négatif, direct, permanent	Introduction d'espèces → Effet négatif, indirect, permanent et / ou temporaire
Arbres remarquables : 2 individus du CAUE et une cinquantaine proposée	Destruction des individus → Effet négatif, direct, permanent	Destruction / mutilation des individus → Effet négatif, direct, permanent et / ou temporaire
Invertébrés terrestres : 7 espèces non protégées en reproduction possible / alimentation	Suppression / modification de l'habitat et / ou des corridors en fonction des zones aménagées → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire	Destruction / mutilation des individus et / ou des plantes hôtes → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire
Reptiles et amphibiens : présence possible d'endormi	Suppression / modification de l'habitat et / ou des corridors en fonction des zones aménagées → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire	Destruction / mutilation / dérangement des individus → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire
Oiseaux : aucune colonie ou domaine vital dans le périmètre mais plusieurs espèces protégées possible en transit, survol ou alimentation	Suppression / modification de l'habitat et / ou des corridors en fonction des zones aménagées Perturbation des zones de survol via l'éclairage → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire	Destruction / mutilation / dérangement des individus → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire
Mammifères : 3 colonies de Petit Molosse dans des bâtiments connues dans le périmètre	Suppression / modification de l'habitat en fonction des zones aménagées Perturbation des zones de survol via l'éclairage → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire	Destruction / mutilation / dérangement des individus → Effet négatif, direct et / ou indirect, permanent et / ou temporaire

SYNTHÈSE DES PRÉCONISATIONS D'AMÉNAGEMENT DE MOINDRE IMPACT

Habitats et groupes biologiques concernés	Préconisations d'aménagement de moindre impact	
	Avant la phase travaux	En phase travaux
Invertébrés terrestres : 7 espèces non protégées en reproduction possible / alimentation	Conception de projet ou d'aménagement impactant le moins possible les espaces naturels afin de maintenir / améliorer / créer des corridors terrestres.	Si débroussaillage, le réaliser de manière progressive, de l'intérieur vers l'extérieur de la zone et stocker les déchets verts en bordure d'emprise au minimum 48h avant évacuation.
Reptiles et amphibiens : présence possible d'endormi	Maintenir / créer un maximum de surfaces végétalisées, de préférences avec plusieurs states (herbacés, graminées, arbustes, arbres)	Si observation d'Endormi, arrêt immédiat de l'opération et prévenir le MO et le MOE
Oiseaux : aucune colonie ou domaine vital dans le périmètre mais plusieurs espèces protégées possible en transit, survol ou alimentation	Conception de projet ou d'aménagement impactant le moins possible les espaces naturels afin de maintenir / améliorer / créer des corridors terrestres. Réflexion à mener au niveau des éclairages dans les projets / aménagements afin de ne pas aggraver le risque d'échouage d'oiseaux marins Eviter les câbles sur les aménagements / constructions	Si débroussaillage, éviter les périodes préférentielles de reproduction (été austral), sinon vérification préalable d'absence d'individus ou de nids. Eviter au maximum les travaux de nuit (notamment en périodes sensibles -> cf calendrier SEOR)
Mammifères : 2 colonies de Petit Molosse dans des bâtiments connues dans le périmètre	S'assurer que les îlots qui ont vocation à être détruits ou mis en travaux n'hébergent pas de colonies de Petit Molosse (chauve-souris). Prévoir dans les réhabilitations et nouvelles constructions d'éventuels aménagement anti-installation. Eviter les câbles sur les aménagements / constructions	Vigilance de la part des équipes de travaux si observation d'individus, notamment sortant d'aménagement risquant d'être impacté par des travaux
Habitats : aucun habitat remarquable dans le périmètre	Conception de projet ou d'aménagement impactant le moins possible les espaces naturels (en termes de surfaces, de localisation, de nature, d'imperméabilisation, de défrichement)	Impacter le moins possible les habitats naturels (balisage des zones sensibles si besoins) Mise en place d'un chantier vert pour limiter les sources de pollutions et de nuisances
Flore protégée : 5 espèces protégées plantées	Eviter, dans la mesure du possible les individus protégés ou les intégrer dans les aménagements	Prévoir une visite préalable, si nécessaire pour baliser les individus à conserver, pour qu'ils ne soient pas impactés pendant les travaux. Sinon, envisager une transplantation au cas par cas.
Flore exotique : majorité des espèces présentes et 27 espèces envahissantes	Proscrire les espèces exotiques en particulier celles envahissantes dans les éventuelles palettes végétales associées aux projets et favoriser la liste DAUPI Prévoir la destruction d'individus d'espèces exotiques envahissantes (EEE) potentiellement présents lors de la phase travaux (l'intégrer au cahier des charges)	Au niveau des zones envahies prévoir un protocole spécifique de débroussaillage pour éviter toute dissémination (période préférentielle, méthode de coupe, de stockage, filière d'évacuation) Vérifier la provenance de la terre végétale pour éviter d'introduire des EEE animales et végétales Vérifier les filières d'approvisionnement des plants et leur absence d'EEE animales et végétales
Arbres remarquables : 2 individus du CAUE et une cinquantaine proposés	Eviter les 2 individus de la liste du CAUE Eviter, dans la mesure du possible, les individus identifiés par Biotope ou essayer de les intégrer dans les aménagements	Prévoir une visite préalable, si nécessaire, pour baliser les individus à conserver, pour qu'ils ne soient pas impactés pendant les travaux. Vérifier l'état sanitaire des arbres à conserver. Hormis les 2 individus de la liste du CAUE, si de l'élagage est envisagé, le réaliser dans les règles de l'art.

CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION GLOBALE DES HABITATS LITTORAUX ACTUELS



CARTOGRAPHIE DES ARBRES REMARQUABLES



2.8 ACOUSTIQUE URBAINE

STRATÉGIE D'IMPLANTATION DES BÂTIMENTS

Il est important de respecter une stratégie d'implantation des bâtiments et des programmes le long des axes structurants (cf. Classement sonore des infrastructures, étude bruit). Ainsi il s'agira de :

- Interdire le développement de programmes résidentiels au moins le long des infrastructures les plus bruyantes
- Utiliser les façades donnant sur les voies pour implanter les circulations (coursives,...) ou des pièces secondaires et ne pas créer des espaces extérieurs au logement donnant sur l'infrastructure routière.
- Le confort en ventilation naturelle devant être privilégié, les modalités d'accès au confort acoustique devront être finement étudiées. Dans tous les cas, les baies permettront un isolement phonique

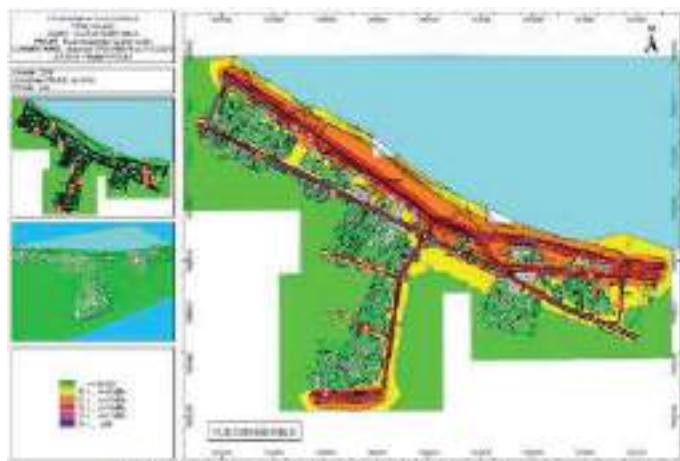
- Adapter la hauteur des bâtiments aux conditions de propagation du bruit (front urbain plus haut que les coeur d'îlot)
- Imposer un retrait des constructions par rapport à l'alignement de la voie (bd sud, bd Lancastel, bd Vauban, rue du Maréchal Leclerc et rue Léopold Rambaud)
- Faciliter le changement de destination des rez-de-chaussée des constructions existantes, de logements en activités, le long des axes bruyants
- Favoriser la continuité des façades le long des grandes infrastructures routières pour protéger les coeurs d'îlot
- Limiter le recours à des murs anti-bruits, s'il ne peut y avoir d'autres réponses architecturales ou paysagères.

Se référer aux prescriptions acoustiques du rapport de juillet 2020 réalisé par PHPS Expert acousticien.

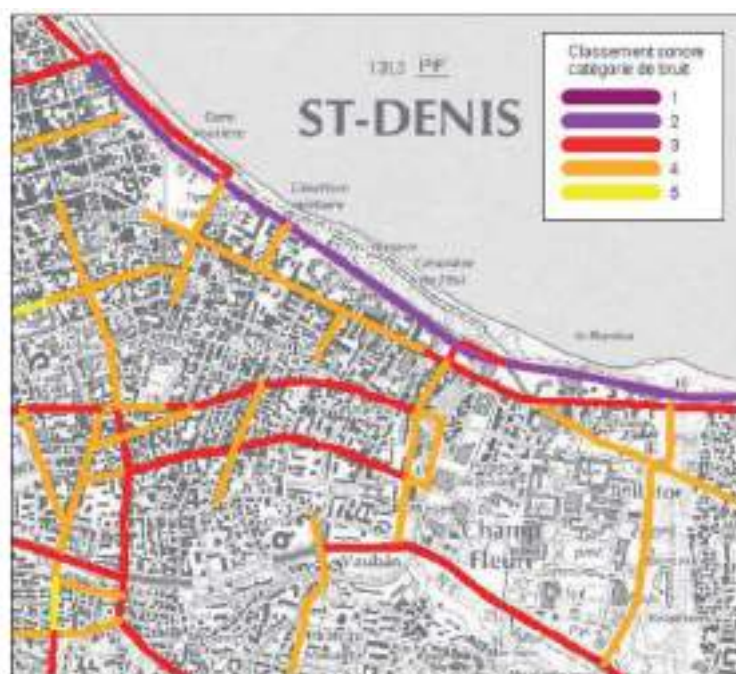
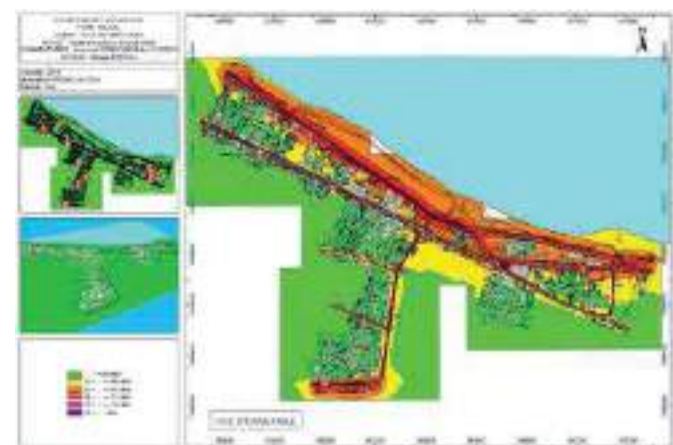
Cf Prescriptions Acoustiques Annexe 3 page 72 - Rapport PHPS Expert acousticien juillet 2020
Base réglementaire

Cartographie d' Etude d'exposition au bruit routier issue du diagnostic acoustique du quartier réalisé par PHPS expert acousticien

DE JOUR



DE NUIT



Classement sonore des infrastructures routières de l'île de La Réunion
Source : DREAL La Réunion

NIVEAU SONORE DE RÉFÉRENCE L _{Aeq,1h} (en dB(A))	NIVEAU SONORE DE RÉFÉRENCE L _{Aeq,1h} (en dB(A))	CATÉGORIE de l'infrastructure	LARGEUR MAXIMALE DES SECTEURS affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure (1)
L > 81	L > 76	1	d = 300 m
76 < L ≤ 81	71 < L ≤ 76	2	d = 250 m
70 < L ≤ 76	65 < L ≤ 71	3	d = 100 m
65 < L ≤ 70	60 < L ≤ 65	4	d = 30 m
60 < L ≤ 65	55 < L ≤ 60	5	d = 10 m

(1) Cette largeur correspond à la distance définie à l'article 2, comptée de part et d'autre de l'infrastructure.

An aerial photograph of a city street intersection. A large dotted white circle is centered over a green, tree-filled area. The text '3. PRESCRIPTIONS ARCHITECTURALES ET ENVIRONNEMENTALES' is overlaid on this circle. The surrounding area includes various buildings, parking lots with cars, and more trees.

3.
**PRESCRIPTIONS
ARCHITECTURALES ET
ENVIRONNEMENTALES**

3.1 MATÉRIAUX



CHOIX DES MATÉRIAUX

Chaque matériaux sera choisi pour ses qualités propres, en termes :

- Architecturale et technique
- De pérennité
- De protection thermique et solaire.
- De réponses aux cibles environnementales.

Les matériaux utilisés seront de préférence :

- Naturels
- Bio-sourcés
- Issus de filière courtes et locale
- Déjà présent dans le paysage constructif du quartier
- Les imitations de matériaux sont à éviter (exemple : panneaux de résine imitant le bois).

Les matériaux seront choisis pour réduire leur impact sur la santé: matériaux intérieurs de classe A+ à minima et labels adaptés Indoor, Natureplus, Ange bleu, Ecolabel européen, Gut, Emicode suivant avis de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). Les labels seront recherchés pour les matériaux (Ecolabel) et les Fiches de données Environnementales et Sanitaires (FDES) / Analyses de Cycle de Vie (ACV) requis.



Façade en gabion



St Jean de Vedas Technical Center / Chrystelle Sanaa



Tappen Housing Stockholm / Suède

LE BOIS

La réinterprétation de ses matériaux dans des constructions contemporaines est d'autant plus intéressante, et va au delà de la simple évocation case "bois sous tôle", elle peut s'inscrire dans une vraie démarche de construction environnementale (filière sèche, / puits de carbone).

Dans le cadre de la démarche ECOQUARTIER, l'utilisation du bois sera par ailleurs privilégiée pour les structures sèches (murs ossature bois, coursives, varangues, charpentes, ...), les protections solaires (brises soleils, doubles peaux, ...) et l'habillage des façades (bardages).

La quantité de bois mise en œuvre sera supérieure à 20 dm³/m² de surface de plancher et les bois employés proviendront impérativement de forêts gérées durablement (labellisation FSC, PEFC ou autre).

Les bardages en bois seront de préférence revêtus, hydrofugés et laissés bruts pour permettre un grisaillement naturel.

Les éléments architecturaux locaux, tel que bardeaux / décoration ornementale / imposte ajourée, pourront être utilisés mais uniquement dans une réinterprétation contemporaine.

Le cryptoméria local est priorisé pour tous les ouvrages pour lequel il est adapté (hors platelage notamment) Aucun pastiche ne sera autorisé.



BARDAGE :

L'utilisation de bardage en façade soulignera la volumétrie du bâtiment, ou la composition volumétrique (facette, boîte, effet de socle/attiques), le bardage devra être ventilé, assurer l'ombrage de la façade et sera prioritairement en bois.

Les plaquages ponctuels "rapportés" de bardage en "surépaisseur" de la façade sont interdits.

Les matériaux d'imitation seront évités. Les revêtements de type vêtue seront calepinés.

Un soin particulier sera apporté au traitement des encadrements de fenêtres et profils de finitions.

COULEURS

Le travail sur la couleur est un sujet à développer dans le projet architectural en phase PC.

Pour des raisons de protection par rapport aux rayonnements solaires , les couleurs claires seront privilégiées en façade.

L'utilisation de couleurs vives ou foncées sera limitée à des surfaces réduites, dans un esprit d'animation ponctuelle des façades.

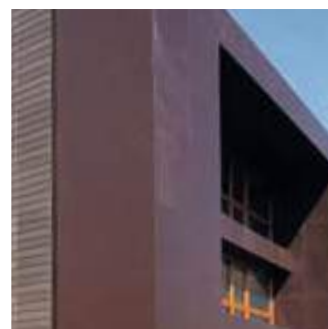
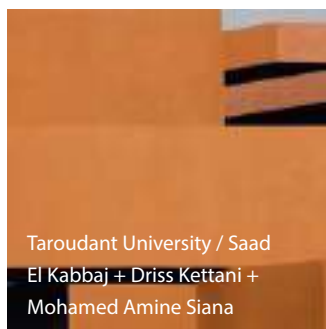
L'usage des couleurs permettra de mettre en valeur les volumétries et le fractionnement des masses bâties.

SERRURERIES:

GARDE-CORPS, MENUISERIES, ETC.

Comme les protections solaires, les garde-corps et autres éléments de métallerie (encadrements, meneaux, etc.) seront intégrés au dessin de la façade. Ils seront simples et discrets, en métal ou métal-bois, barreaudés.

Lorsque cela est possible, les produits sur "catalogue", éléments préfabriqués du commerce seront à éviter au profit de fabrications artisanales et locales.



3.2 ACOUSTIQUE INTÉRIEURE



Au regard du degré d'exposition au bruit routier d'une majorité du quartier, une attention particulière sera portée sur le bon respect de la réglementation sur l'isolation acoustique des façades (classement sonore des voies) et d'une réflexion sur l'architecture du bâtiment et la distribution interne des pièces (porches pour le passage des véhicules, chambres côté calme...) Les nuisances acoustiques et les performances seront précisées : plan masse acoustique, zonage acoustique interne, traitement des ambiances qualifiées, respect des isoléments réglementaires.

OBJECTIF:

Isolation acoustique des façades et organisation interne du logement pour un meilleur confort. (Cf annexe prescriptions acoustiques)

3.3 EMPREINTE CARBONE ET ÉNERGIE RENOUVELABLE

L'EMPREINTE CARBONE SERA RÉDUITE, LES FILIÈRES LOCALES VALORISÉES, DES ANALYSES MULTICRITÈRES ARBITRÉES PAR LE MOA:

- Optimisation du stationnement
- Revêtements de surfaces extérieures robustes, pérennes, perméables, caillebotis, enrobés végétaux, chips de pneus en sous-couche, granulats recyclés
- Mobilier urbain robuste, pérenne - béton, bois tropical et basalte privilégiés
- Protections solaires, ossatures: cryptoméria, autre bois, métal filière sèche, aluminium

SOBRIÉTÉ - ÉNERGIES RENOUVELABLES

La frugalité de la conception et l'efficacité énergétique des systèmes seront impératifs. Le bilan énergétique détaillera la répartition entre usage ainsi que la comparaison aux ratios globaux de référence en vigueur, au travers de scénarios "très économe et volontariste", "de référence" et "à éviter"

- Systèmes de traitement d'air performant : ex EER>4, certification Eurovent

- Éclairage artificiel performant : ex éclairage à leds A++, sectorisés, mobiles, gradés
- Autres systèmes performants : informatique, cuisson, froid alimentaire
- Ventilation naturelle imposée à minima 8 mois par an (la conception doit être pensée pour permettre la ventilation naturelle traversante: elle doit, avec l'appui des brasseurs d'air, suffire à assurer le confort à minima 8 mois par an sans apport de froid actif, les 4 autres mois mi décembre à mi avril un appoint de froid peut être accepté – nous parlons ici du non résidentiel)
- Eau chaude solaire recommandée

La capacité de production d'énergies renouvelables sera anticipée, quantifiée et les mesures conservatoires prévues pour permettre le raccordement au réseau, l'auto-consommation, l'alimentation des véhicules électriques (pour 20% des places). Les modalités de montage et d'usage seront précisées : ex eau chaude solaire (y/c lave-vaisselle), photovoltaïque...

3.4 CIRCULATIONS COMMUNES

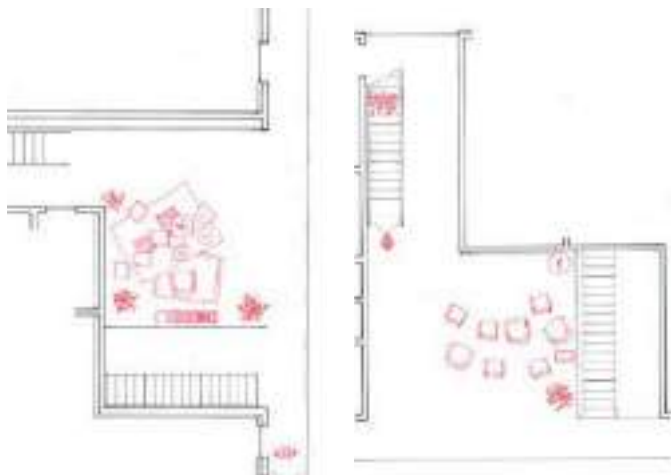
DÉVELOPPER DES ESPACES PARTAGÉS ET APPROPRIABLES DANS LES IMMEUBLES

Les nouvelles opérations et les réhabilitations devront pouvoir accueillir une diversité de ménages et de modes de vie. Des lieux favorisant les interactions sociales, la convivialité, les pratiques collectives et les projets citoyens seront prévus. Les mesures favorisant le vivre ensemble seront détaillées (tout comme celles favorisant l'intimité).

Ainsi, les immeubles pourront proposer des locaux communs adossés aux parties communes : une pièce "en plus", un étage dédiés à des locaux communs permettant d'économiser de l'espace dans le logement (cuisine commune, laverie, services, atelier vélos et autres usages).



Référence opération Machu Picchu - Sophie Delhay



SÉCURITÉ

Le sentiment de sécurité sera renforcé par les choix de construction et de gestion : ex orientation, visibilité, éclairage adapté à l'échelle des lieux, animation, gardien, vidéo. Les zones de circulation, stationnement, d'apport de déchets, à faible luminosité naturelle ou sensibles ... seront éclairées pour améliorer les sensations de confort et de sécurité

LES LOCAUX 2 ROUES

Les locaux 2 roues seront implantés en rez-de-chaussée, valorisés, sécurisés, abrités et transparents si possible (système d'accroche par le cadre type U inversés, système de racs roue avant à proscrire, mixer les systèmes d'accroche : vertical et au sol) . Des douches / vestiaires leur seront adjoints lorsqu'il s'agira de bureaux.

LE NUMÉRIQUE

Le numérique sera déployé et support de services: ex fibre, réseaux partagés, aide aux seniors.

Des systèmes d'instrumentation des bâtiments pourront être installés afin d'assurer le suivi des puissances et consommations d'énergie, des consommations d'eau et des productions d'énergies renouvelables. Ce système devra garantir un accès externalisé aux données (possible dès 2024).

Une GTB de classe adaptée au projet (cf guide RAGE GTB) sera mise en œuvre avec un accès externalisable , elle permettra la régulation, reporting des comptages et sous-comptages par secteur et par usages, de l'énergie, de l'eau, de l'entretien maintenance...

3.5 ACCESSIBILITÉ



L'ÂGE ET LES HANDICAPS SERONT PRIS EN COMPTE

La réglementation relative à l'accessibilité PMR étant une contrainte obligatoire à respecter, elle ne devra pas être simplement appliquée mais dès la conception, la prise en compte de l'âge et des handicaps devra être intégrée comme un élément de projet à part entière et faire l'objet d'une approche conceptuelle.

L'accessibilité des seniors dans les opérations de logement devra être assurée afin de permettre de se déplacer librement, sans contraintes, d'accéder à toutes les prestations et donc de participer pleinement à la vie collective.

3.6 CONCEPTION THERMIQUE AÉRAULIQUE ADAPTÉE AU CLIMAT

Dispositions architecturales adaptées au climat et au site pour se protéger de manière optimale du soleil et exploiter les caractéristiques aérauliques :

- Planter les espaces et abords de bâtiments pour réduire les îlots de chaleur (cf prescriptions paysagères plus bas)
- Favoriser des implantations optimisées vis-à-vis de la course du soleil : privilégier les orientations Sud et Nord et les débords de toitures.
- Préciser les modalités de protection solaire: des toitures, des baies, des façades en privilégiant l'ombrage
- Expliciter les dispositions liées à la ventilation naturelle : faible épaisseur de la trame bâtie, traversant, porosité, brassage d'air, surventilation nocturne...
- Valider les conditions de confort, en exploitant les brises et les alizés, et/ou en générant des puits dépressionnaires
- Préciser les propositions de recours au refroidissement en lien avec les objectifs énergétiques
- Établir le zonage thermique du projet
- Confirmer les bonnes dispositions architecturales avec une enveloppe thermiquement très performante, une approche fine des baies et protections solaires : protections solaires adaptées aux orientations, mobiles éventuellement automatisées,
- Le guide PREBAT précise que la ventilation naturelle peut être envisagée si la vitesse du vent est supérieur à 2,5m/s, 50% du temps à une hauteur de 10m. Dans le cas contraire, une conception thermique poussée par la mise en place de brasseurs d'air et de système de ventilation forcée est nécessaire.

surface de la toiture) ...

- Privilégier l'ombrage des façades par des doubles peaux / (espaces tampons) espacées de la façade d'au moins 80 cm pour favoriser le passage d'entretien.
- Les protections solaires doivent intégrer les dispositions fixes nécessaires à l'entretien maintenance des baies, façades et protections solaires

Le facteur solaire des façades requis par défaut est issu de $Perne \leq 0,05$ avec $C_m 0,3$ ou du guide PREBAT, en évitant les matériaux à forte inertie en façade et protection solaire (bois ou alu anodisé).

ASSURER UNE VENTILATION NATURELLE EFFICACE PROTECTIONS SOLAIRES DÉPLOYÉES

Le projet visera une ventilation naturelle efficace protections solaires déployées, sans nuire au confort des occupants, notamment par création de locaux traversants et de porosité minimale (définition $Perne$ et $RTAADOM$) par ouverture des baies, puits dépressionnaire.

OPTIMISER LES PROTECTIONS SOLAIRES DES PAROIS OPAQUES SUIVANT LES ORIENTATIONS :

- Proposer une bonne protection solaire des toitures $\leq 0,02$: toiture végétalisée, surtoiture (considérée ventilée si les ouvertures représentent 20% de la

3.7 STATIONNEMENT



Dans l'ensemble du projet, il s'agira de créer des espaces de stationnements sécurisants et réversibles. Ainsi, dans un souci de pérennité et de réversibilité, il s'agira d'éviter au maximum le stationnement en surface, limiter le souterrain, et privilégier au maximum le stationnement en RDC ou en parking en ouvrage. Les stationnements seront prioritairement conçus pour un nombre de place strictement optimisé, avec une référence à 0,8 place/logement.

La conception et la morphologie du stationnement, pourra permettre différentes modalités de gestion/exploitation notamment des places destinées au personnel en journée qui seront ouvertes au public en soirée et WE.

La possibilité de dédier un espace à l'auto-partage sera également exprimée ainsi que sa capacité à être alimentée en recharge électrique et photovoltaïque avec stockage.

Un ratio de 20% des places VL (Véhicules Légers) et 2 roues sera intégré, équipées de bornes de recharge (nombre a minima conforme au PLU et à l'arrêté du 20/02/12, et dimensionné pour les besoins de l'opération)

La possibilité de recharge photovoltaïque avec stockage d'énergie, des vélos et voitures sera précisée. Les mesures conservatoires seront prévues au projet (local technique, gaines techniques de lien vers les toitures...).

LE STATIONNEMENT EN OUVRAGE

Les parkings en ouvrage devront être conçus de manière à ce que, si un changement d'usage soit nécessaire, le bâtiment puisse facilement être réutilisé pour du logement ou de l'activité. La hauteur sous poutre sera de 2.70m à minima et 3.5m minimum en cas de reconversion en commerces ou bureaux.

Ainsi, le parking en ouvrage devra être éclairé naturellement en adoptant une trame fine ou en étant constitué d'un puit de lumière (et dépressionnaire) central.

OBJECTIF:

Permettre l'évolutivité des espaces dédiés au stationnement, limiter au maximum le recours au parking enterré, privilégier l'éclairage naturel et la ventilation naturelle des parkings.

Référence du parking-silo de la Plaine Images à Roubaix par DE ALZUA +





PRESCRIPTIONS STATIONNEMENT EXTÉRIEUR

Dans le cas d'une impossibilité de construire le stationnement en infrastructure, le stationnement devra être intégré au projet paysager du lot et pour cela avoir des surfaces perméables importantes permettant le bon écoulement des eaux.

50% de la surface dédiée au stationnement devra être traitée en surfaces perméables.

Les eaux de parkings et de voiries seront traitées, si possible, par la phytoremédiation. L'objectif sera de favoriser l'acheminement des eaux de pluies par des aménagements de surface.



Zénith de Strasbourg



Wagon Landscaping - Boerenhol



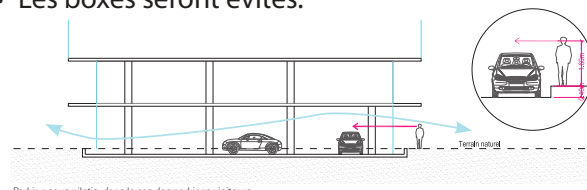
PRESCRIPTIONS PARKING ENTERRÉ

Le stationnement souterrain doit être conçu comme un élément actif et qualitatif des espaces communs du bâtiment. Le projet doit proposer une approche innovatrice à la conception de cet espace: une conception ambitieuse de l'éclairage, de la signalétique, du choix des matériaux, du travail avec la couleur ou de diverses techniques de stockage des voitures est attendue. Les parkings enterrés font l'objet d'une attention particulière, car ils correspondent à la première perception de l'édifice et de la manière d'y vivre. **Le parking est donc pensé comme un paysage enterré ou semi-enterré, il doit être agréable et**

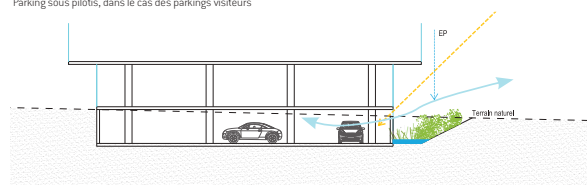
confortable et au maximum réversible.

Pour ce faire, un certain nombre de prescriptions sont nécessaires:

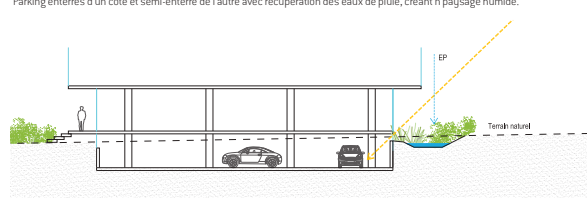
- Hauteur minimale sous plafond : 2,4 m
- Hauteur minimale sous obstacle : 2,2 m
- Un des côtés du parking doit si possible comporter un dispositif d'éclairage naturel et une perméabilité à l'air pour le confort des piétons
- La largeur des places de parking doit si possible être supérieure ou égale à 2,4 m.
- Les sorties piétonnes des parkings doivent si possible mener directement aux halls d'entrées traversants.
- Intégrer les locaux techniques en sous-sol.
- En cas de besoin pour des raisons de sécurité incendie, des édicules de sortie de secours intermédiaires peuvent être positionnés au sein des lots. Dans ce cas l'aménagement devra être pensé en cohérence avec le parti pris paysager.
- Les trémies et rampes d'accès doivent être incluses dans l'emprise du rez-de-chaussée du bâtiment, et les parois attenantes doivent être transparentes ; Les aménagements et matériaux doivent être mis en conformité avec l'Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie dans les bâtiments d'habitation (modifié le 19 juin 2015).
- Les boxes seront évités.



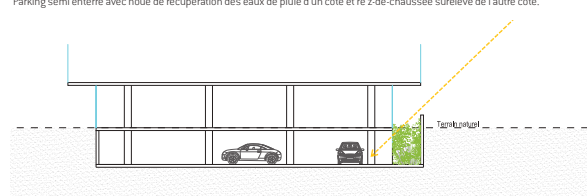
Parking sous pilotis, dans le cas des parkings visiteurs



Parking enterrés d'un côté et semi-enterré de l'autre avec récupération des eaux de pluie, créant un paysage humide.



Parking semi enterré avec noue de récupération des eaux de pluie d'un côté et re z-de-chaussée surélevé de l'autre côté.



Parking enterré avec patio

3/A LES NOUVELLES CONSTRUCTIONS

3/A .1 STRUCTURE DES BÂTIMENTS



PENSER DES STRUCTURES DE BÂTIMENTS SOUPLES ET ÉVOLUTIVES PERMETTANT DES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES BÂTIMENTS DANS LE TEMPS

Les futures constructions devront être conçues dans un souci d'évolutivité du bâtiment et de possible changement d'usage.

Ainsi, la structure même des bâtiments devra permettre son évolution et ainsi sa pérennité dans le temps.

La construction suivant une structure poteaux/poutres sera largement privilégiée afin de ne pas bloquer de futurs changements de destinations du bâtiment par la présence d'un mur de refend central.

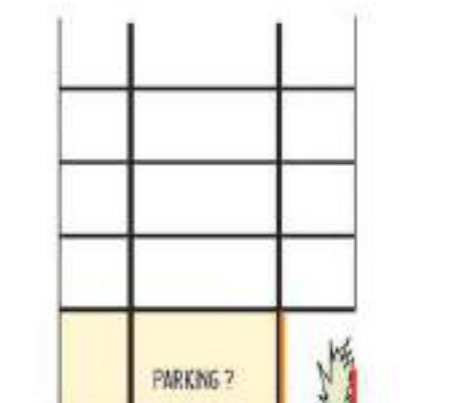
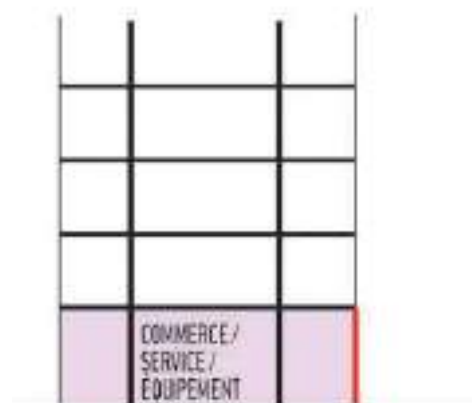
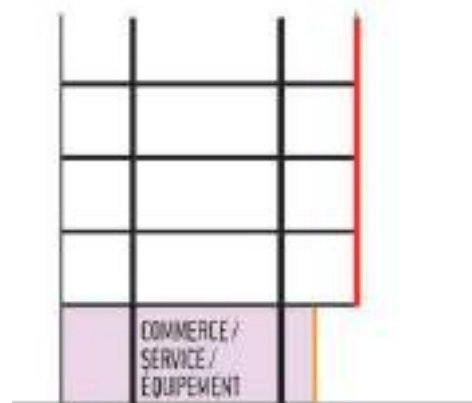
Par ailleurs, comme évoqué au début du document, les façades ne devront pas être porteuses afin de faciliter leur évolutivité (changement des ouvertures, ...) et ne pas générer de systèmes d'arcades en cas de recul du rez-de-chaussée mais auvents à prévoir (protection solaire des piétons et des vitrines)

Se référer aux prescriptions de l'Etablissement Public National d'Aménagement et de Restructuration des Espaces Commerciaux et Artisanaux (EPARECA): cahier des charges 2016 en pièces jointes.

OBJECTIF:

Garantir la pérennité et l'évolutivité des bâtiments en privilégiant les structures poteaux/poutres.

De manière générale, l'adaptabilité des bâtiments sera décrite: extensibilité horizontale, verticale, modularité intérieure, changement d'affectation sans changement structurel, façades, irrigation technique...



Privilégier une structure poteaux/poutres avec une façade non porteuse pouvant évoluer

3/A.2 COMPOSITION DES FAÇADES



OUVERTURES

Un soin particulier sera apporté au dessin des façades et des ouvertures. Celles-ci seront généreuses tout en étant protégées du soleil. Un équilibre sera à trouver entre la répétition des dimensions (inhérente à l'économie du projet) et la variation (qui crée de la diversité). Au sein d'une même opération, la variation dans la composition et le rythme des ouvertures devra permettre de personnaliser chaque bâtiment et éviter l'effet de répétitions et de "grand ensemble".

Une double peau Est et Ouest avec casquettes Nord et joues au Sud est encouragée.

Les volets roulants lorsqu'ils sont rendu nécessaires seront intégrés et les coffres visibles interdits.

Les protections solaires de baies et les ouvrants permettront la ventilation naturelle, pourront être extérieures, orientables, relevables ou escamotables, adaptées aux orientations en privilégiant les panneaux claustras coulissants à privilégier en fermeture de varangues.



Ilet du centre St Pierre - 2APMR



Ilet du centre St Pierre - 2APMR



ENVELOPPE BIOCLIMATIQUE

Le dessin et la conception des façades devront répondre, non seulement, aux attendus réglementaires en terme de protection solaire et de porosité (en fonction des programmes, PERENNE pour les équipements, RTAADOM pour les logements ou HQE Bâtiment Durable pour les bureaux), et à une recherche de réponses architecturales et techniques adaptées en fonction du contexte et de l'implantation. **Les protections solaires sont de réels vecteurs d'amélioration du confort thermique des logements. Le but est d'éviter tous recours à la climatisation par les habitants et pour cela, la végétalisation des abords, les protections solaires des façades, la porosité des façades favorisant la ventilation naturelle traversante sont autant de principes à mettre en place.**

Une réflexion et un soin particulier seront donc apportés aux dessins des protections solaires et à la pluie : casquettes, claustras, volets, débords de toitures et à l'intégration des descentes EP.

Une cohérence architecturale devra être trouvée dans les dessins et matériaux utilisés. En aucun cas il ne pourra s'agir d'une juxtaposition d'éléments "techniques" disparates. Lorsque c'est possible, les produits sur "catalogue", éléments préfabriqués du commerce seront à éviter au profit de fabrication artisanale et locale.

Tous les vitrages exposés seront protégés par des brises soleil ou des volets, les films de protection réfléchissant sont interdits.

PÉRENNITÉ DES FAÇADES

La conception des façades et le choix des matériaux devront être envisagés dans un souci de pérennité.

Le vieillissement des matériaux, leur "patine" est souhaitable, mais devra être contrôlée, pour éviter la dégradation des façades, les souillures et désordres liés à l'eau ou aux UV.

Les façades exposées à la pluie seront protégées par **des débords de toitures**, ou traitées avec des matériaux résistants (béton/ bardage...).

Les pieds de façades auront un traitement permettant d'éviter les rejaillissements d'eau (gravier, arbustes).

Les nez de dalle au droit des varangues et balcons

3/A.3 TOITURES



seront équipés de relevés et de cunettes, pour éviter les écoulements d'eau de lavage. Les nez de dalle seront de teinte sombre ou protégés

Une attention particulière sera apportée aux bardages bois qui peuvent vieillir de manière différenciée en fonction des protections.

ÉLÉMENTS TECHNIQUES

Les descentes EP et boîtes à eaux seront en zinc, cuivre, aluminium ou en PVC peints dans la teinte de la façade. Un soin particulier sera apporté au dessin et à l'intégration des descentes EP et boîtes à eaux (les dévoiements en façades sont à proscrire). Les descentes EP seront capotées dans leur partie basse: 2 mètres. Les boîtes à eaux seront dimensionnées de manière à réduire leur impact visuel en façade.

Toutes les eaux pluviales ou de ruissellements seront canalisées, les pissettes et autres rejets d'eau (balcons/ varangues/ coursives) sont interdits sur les façades principales donnant sur des espaces publics.

Les blocs de climatisation seront positionnés sur les façades secondaires et capotés.

Les toitures seront travaillées au même titre que les autres façades des bâtiments.

Des sur-toitures mono-pente seront privilégiées afin de répondre aux problématiques d'infiltrations, de protection solaire du bâtiment, d'aérodynamique, de protection des éventuels blocs de climatisation et de protection des étanchéités.

Le rapport au ciel, le skyline, s'établira dans la création d'un paysage de toits de qualité (créatif et rythmé). La toiture comme «5ème façade» ne sera pas juste un élément technique de protection à la pluie mais partie intégrante du projet architectural.

Les toitures contribueront à la volumétrie d'ensemble des bâtiments, à les rythmer et dessiner des pignons travaillés. Cependant, il sera important de ne pas trop les fragmenter pour qu'elles puissent accueillir des usages (panneaux solaires, ...).

L'architecture des toits privilégiera les toitures mono pente et les toitures terrasses; en évitant de créer de chéneaux (souvent sources d'infiltrations).

Les grandes surfaces de toitures en pentes seront scindées et séparées par des toitures terrasses.



Jardins du Portail - TTarchitecte



TTarchitecte



Pôle santé Ouest St Paul - Schüco



@-H.-Douris



Domaine Ambre St Pierre - TTarchi



Projet PRUNEL / Saint-Denis



TOITURES TERRASSES ET VÉGÉTALISÉES

La végétalisation des toitures pourra être envisagée quand les conditions sont favorables. Elle offre un réel confort thermique tout en assurant une capacité de rétention des eaux pluviales et un cadre paysager de qualité. Le projet devra être établi en fonction des paramètres techniques et des usages de la toiture.

Les toitures végétalisées échappent au DTU 43.1.1. Elles sont définies pour une épaisseur de substrat inférieure à 30 cm. Elles nécessitent l'emploi de process techniques spécifiques adaptés au climat tropical, au risque de réchauffement des sols et aux contraintes cycloniques. Les substrats allégés comprennent en moyenne 8 cm de substrat et de 4 cm de couche drainante. Ces toitures sont complexes à mettre en œuvre et nécessitent un avis d'un bureau de contrôle. La végétation adaptée est couvrante, adaptée au milieu sec et nécessite peu d'entretien. Elle est mise en œuvre par le lot étanchéité.

Les toitures terrasses jardins répondent aux normes du DTU 43.1.1. Elles sont constituées d'une épaisseur de substrat minimum de 30 cm, comprenant différents matériaux : couche drainante, couche filtrante, couche de terre végétale...L'épaisseur de terre végétale est fonction du type de végétation prévue (en moyenne de 30 cm à 1. Toutefois, les contraintes techniques sont liées à l'étanchéité et au poids des terres qui peut impacter fortement la structure porteuse du bâtiment. La plantation peut être complétée de produits allégeant le poids de la terre végétale et de dispositifs d'ancrage de végétaux de haute tige. La palette végétale doit être cohérente avec les conditions de plantation. Du fait de l'exposition, les risques d'assèchement sont importants ; une gestion adaptée et des apports en eau devront pouvoir être mis en place aisément.

TOITURES PARTAGÉES

Les terrasses accessibles, c'est-à-dire contiguës à un



Agence Ter - Zone Up paysage - la fabrique urbaine - Sicle AB

logement ou présentant un espace d'intérêt commun feront l'objet d'un aménagement soigné afin de favoriser une appropriation par les usagers.

Dans le cas de terrasses partagées ou dédiées à l'exploitation agricole doivent avoir un accès direct. Un accès par skydome ne peut suffire.

ÉLÉMENTS TECHNIQUES

Les locaux techniques situés en superstructure seront intégrés dans le volume du dernier étage (ou sous la surtoiture). Les excroissances (cages d'ascenseurs, extractions etc.) situées directement au niveau de la toiture et visibles depuis l'espace non bâti public ou privé, recevront un habillage architectural.

La conception des toitures terrasses devra permettre d'intégrer les éléments de sécurités nécessaires de manière harmonieuse.

Les gardes corps de protection sur les toitures terrasses, lorsqu'ils sont rendus nécessaires, seront à montants droits, fixés à l'intérieur de l'acrotère et :

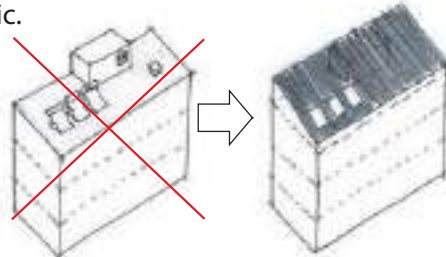
- Soit escamotables (et rabattables à l'horizontale hors période d'entretien)
- Soit limité en hauteur par une réhausse de l'acrotère à 50cm.

Tout les panneaux et dispositifs de capteur d'eau chaude solaire seront intégrés aux pentes de toitures. En plus du solaire thermique (obligatoire selon la RTAADOM), les toitures peuvent aussi être valorisées avec l'installation de générateurs photovoltaïques en autoconsommation (parex.pour les parties communes) ou autoconsommation collective (logements). Il faut concevoir les toitures afin d'accueillir des chauffe-eau solaires et des panneaux photovoltaïques (NNE/20° optimal).

La conception des circuits en toiture sera optimisée et les cheminements d'eau chaude solaire seront le plus discret possible.

Les équipements nécessaires à l'entretien seront de préférence intégrés au bâti de façon fixe et pérenne, ils auront de préférence une double fonction (protection solaire et cheminement technique...)

Les accès en toitures se feront de manière discrètes et l'impact visuel des échelles depuis l'espace public sera limité. Les équipements techniques situés en toitures seront intégrés à l'architecture et non visibles depuis l'espace public.



3/A. 4 CIRCULATIONS COMMUNES



PARTIES COMMUNES ÉCLAIRÉES NATURELLEMENT ET/OU À L'AIR LIBRE (POUR ÉVITER LES CIRCULATIONS VERTICALES ET HORIZONTALES AVEUGLES)

Les circulations communes seront des espaces agréables, bénéficieront d'un éclairage et d'une ventilation naturelle, et auront une vraie qualité d'usage.

Elles seront traitées sous formes de coursives et escaliers ouverts sur l'extérieur lorsque la réglementation incendie le permet (protégées de la pluie et du soleil).

Elles pourront s'élargir, devenir support de plantes grimpantes, accueillir de la végétation, voire devenir appropriable par les locataires (sous condition réglementées).

Dans les opérations de logements collectifs, le nombre d'appartements desservis par une coursive sera volontairement limité pour favoriser le sentiment d'individualité, limiter les charges d'entretien et les nuisances diverses. Lorsque c'est possible, la desserte par plusieurs circulations verticales desservant chacune 2 /3 logements sera privilégiée par rapport à une desserte par coursive (qui peut poser des problèmes d'intimité vis à vis des logements). Dans ce cas les coursives seront situées en retrait de la façades.

L'entrée du logement, qui est un lieu stratégique et symbolique fort sera traitée avec soins, il ne doit pas s'agir juste d'une porte anonyme. La mise en place d'accès individuels : escalier privatif ou passerelles qui marque clairement le passage du collectif au privé sera encouragée.

La maintenance des parties communes sera réfléchie dès la conception pour être efficace et peu coûteuse.



3/A.5 LOGEMENTS



ÉVOLUTIVITÉ DES LOGEMENTS

La conception des structures et des typologies de logements sera souple et évolutive. Les structures et les typologies des logements seront conçues de manière flexible et mutables dans le temps.

Les espaces de vie devront s'adapter par exemple à la décohabitation familiale au fil du temps. Les projets permettront de transformer un T4 en un T1 + un T3

Sur les petites opérations pouvant être revendues à terme aux locataires:

- La possibilité d'extensions futures devra être envisagée, et en priorité en surélévation (en ce sens les toitures terrasses seront à privilégier)
- Les coffrets de comptage individuels en extérieur seront privilégiés aux gaines techniques palières.

Pour conserver l'unité des opérations après leur cession, un cahier des charges destiné aux acquéreurs sera à prévoir par le maître d'ouvrage

CONFIGURATION DES LOGEMENTS

Le traitement des entrées des logements devra permettre d'identifier et d'individualiser les logements (escalier privatif, coursière privative, portillons)

Les logements en RDC donnant sur rue auront des jardins privatifs "tampons".

Les pièces extérieures non nobles (séchoirs / rangements) seront situées sur les façades secondaires (non visibles depuis l'espace public) et partiellement occultées.

Pour éviter la mise en place de grilles par les habitants, les fenêtres et varangues situées en RDC disposeront dès leur livraison d'un système de fermeture et de protection contre l'effraction. Ce dispositif sera "aimable", le plus discret possible, et suffisamment poreux pour permettre la ventilation traversante. Il pourra être manipulable.

ADAPTATION AUX MODES D'HABITER

Étant donné l'importance des varangues dans le mode d'habiter réunionnais, la continuité entre cet espace et les espaces intérieurs sera à affirmer par des grandes ouvertures (baies vitrées) dont les dimensions iront au delà du dimensionnement de la RTADOM. **Chaque varangue possédera au moins un accès offrant un passage libre d'une largeur de 2 mètres** (l'espace

séchoir sera individualisé de la varangue).

La possibilité d'accéder aux logements en passant par des varangues (fermées) sera étudiée. Cette solution peut permettre de proposer un espace tampon entre les logements et les parties communes, à l'image des jardins.

Les gardes corps des varangues seront perméables à l'air mais opaques à la vue depuis la rue (pour permettre une intimité et une appropriation par les résidents).

Les sous-faces des varangues situées sous les toitures seront isolées et habillées.

Au sein d'une même opération les vis à vis entre varangues seront à éviter.

Pour maintenir la cohérence des façades dans le temps, et éviter la mise en place par les locataires d'occultations, des dispositifs de fermeture "légers" des varangues en étage (type panneaux claustra coulissants) seront prévus à la livraison.

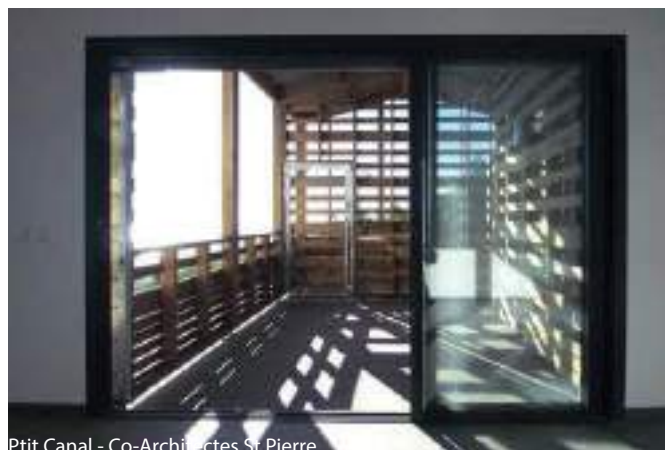
EXIGENCES EN TERME DE CONFORT THERMIQUE

En complément de la RTAADOM :

La hauteur minimale des niveaux sera de 2m65 sous plafond (pour permettre un fonctionnement optimal des brasseurs d'air)

Toutes les pièces principales seront ventilées naturellement et auront une fenêtre en façade.

Aucune dérogation ne sera acceptée, le recours à la seule extraction mécanique ne sera pas autorisé.



Ptit Canal - Co-Architectes St Pierre

3/A.6 ACTIVITÉS ET BUREAUX



GRANDS PRINCIPES

Les grands principes des nouvelles activités sont :

- **Superposition des volumes bâtis**
- **Efficacité de gestion des flux, des manoeuvres et du stockage sur l'espace extérieur**
- **Communication active avec son environnement et contribution à l'espace public**
- **Synergie entre les différents lieux de travail**

L'intégration de cette démarche urbaine demande certainement une contribution importante de la part des acteurs mais présente de nombreux avantages.

MIXITÉ DES USAGES

Les locaux doivent pouvoir s'adapter aux besoins des entreprises: s'adapter aux fluctuations des effectifs et des commandes.

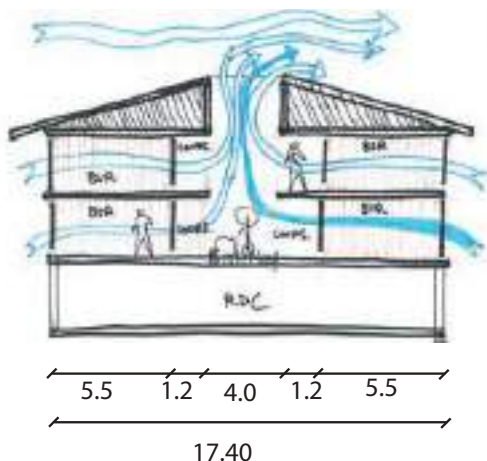
Un nouveau modèle est à inventer. Ce nouveau modèle doit être conçu pour s'intégrer dans la ville et évoluer avec elle. Il doit être pensé avec une densité urbaine et être économe en espace. **Elles communiquent avec la ville en associant les espaces de livraison, de production mais aussi de création et de démonstration adressés aux citoyens.**

Ces volumes imbriqués permettent de penser une densité compatible avec la densité urbaine.

PUITS DÉPRESSIONNAIRE

La création de typologies permettant de **créer des puits dépressionnaires sera encouragée limitant le recours à la climatisation à quelques mois par an.**

La trame correspond à une trame classique de bureaux (environ 18 mètres de large).



3/A.7 COMMERCES



GABARITS/HAUTEURS

Les façades commerciales se composent de façades vitrées avec des hauteurs minimales et des hauteurs préconisées et d'un bandeau avec une hauteur fixe. Le bandeau est présent au dessus des zones où les entrées se situent et n'est pas nécessaire sur l'ensemble du linéaire commercial. **La hauteur libre des vitrines ne devrait jamais être inférieure à 2,50 mètres et supérieure à 3,00 mètres** (elles pourront présenter des soubassements plein : allège de 60cm maximum). **La mise en place d'une enseigne drapeau sera acceptée si celle-ci s'installe à la hauteur du bandeau et dans un gabarit similaire.** Le complexe façades vitrées et bandeau doit être inclus dans un même encadrement. Le bandeau ne doit pas flotter au dessus de la façade vitrée.

Le découpage horizontal de ces façades vitrées doit respecter le rythme de l'ensemble de la façade (trame des ouvertures dans les étages, calepinage des façades, structures apparentes, etc.).

La grille/rideau métallique devra être positionnée derrière la façade, à l'intérieur.

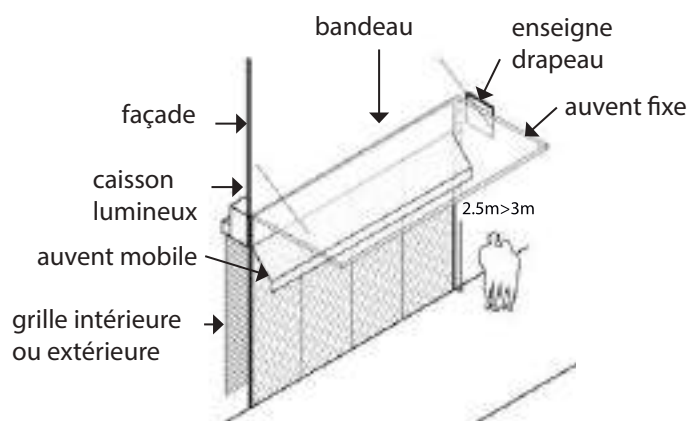
NU / RETRAIT / DÉBORD

Le bandeau doit être au nu de la façade.

Les vitrines commerciales devront obligatoirement intégrer une protection solaire, si possible fixe et au dessus du bandeau ou mobile et en dessous du bandeau. La façade vitrée pourra être en retrait pour se protéger du soleil.

Les façades secondaires (arrière de boutique) doivent être traitées avec la même attention que les façades principales.

Se référer aux prescriptions de l'Etablissement Public National d'Aménagement et de Restructuration des Espaces Commerciaux et Artisanaux (EPARECA): cahier des charges 2016 en pièces jointes.



3/B LES RÉHABILITATIONS

3/B.1 LES LOGEMENTS

OFFRIR DÈS QUE POSSIBLE À CHAQUE LOGEMENT UN ESPACE EXTÉRIEUR CONFORTABLE

Dans la majorité des réhabilitations, il s'agira, dès que possible, d'offrir à chaque logement un espace extérieur confortable (création ou agrandissement des varangues). Cependant, il faudra être vigilants à l'orientation de ces espaces (et ne pas les exposer plein Est aux vents). Par ailleurs le dispositif et les investissements nécessaires pour offrir ces espaces aux logements en extension du bâtiment par l'ajout d'une structure légère sera à envisager par les maîtres d'ouvrage en fonction du niveau de réhabilitation souhaité.

OBJECTIF:

Permettre l'évolutivité des logements et travailler sur le «mode d'habiter» créole, confort thermique et ventilation naturelle.

PERMETTRE LA VENTILATION NATURELLE EN FAVORISANT LES LOGEMENTS TRAVERSANTS

Dans la majorité des réhabilitations, il s'agira, dès que possible, de permettre la ventilation naturelle des logement en favorisant les logements traversants. Cela sera très dépendant de la structure même des bâtiments.

OBJECTIF:

Permettre l'évolutivité des logements et travailler sur le «mode d'habiter» créole, confort thermique et ventilation naturelle.



Nantes Nord

3/B.2 L'ACCESSIBILITÉ

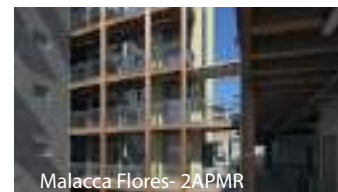
RENDRE ACCESSIBLE LES LOGEMENTS DANS LE CADRE D'UNE RÉHABILITATION AMBITIEUSE ET EXEMPLAIRE DU BÂTIMENT

Dans les projets de réhabilitation dont le coût serait supérieur ou égal à 80 % de la valeur du bâtiment, le bâtiment devra être rendu accessible et répondre à la réglementation en vigueur.

Ainsi, un dispositif de coursives extérieures en façade pour les bâtiments composés de plusieurs cages d'escaliers pourra être envisagé afin de ne pas multiplier les cages d'ascenseurs et desservir un maximum de logements. Par ailleurs ce dispositif participera à la qualité et au confort des parties communes qui seront ventilées, éclairées naturellement et appropriables.



Toulouse - Réhabilitation - Architectes A. Balme - B. Rousseau



Malacca Flores - ZAPMR

3/B.3 LES PARTIES COMMUNES

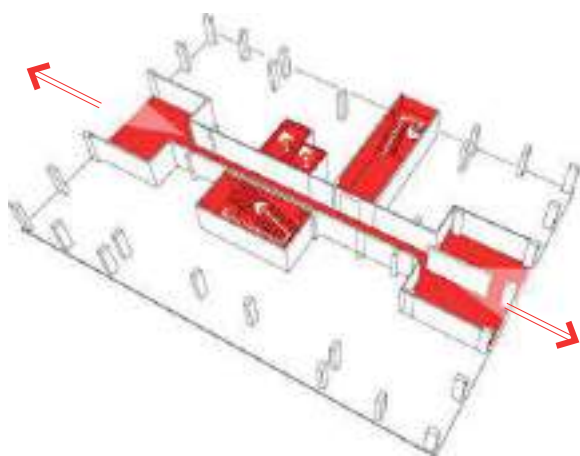
PRIVILÉGIER LES PARTIES COMMUNES ÉCLAIRÉES ET VENTILÉES NATURELLEMENT

De manière générale, il s'agira de privilégier et/ou préserver dans les réhabilitations, les coursives ou parties communes éclairées et ventilées naturellement, pouvant être le support de plantes grimpantes, accueillir de la végétation, voire devenir appropriable par les locataires.

OBJECTIF:

Privilégier des parties communes ventilées et éclairées naturellement

Travailler à éclairer et ventiler les parties communes et couloirs à l'intérieurs des bâtiments :



Appropriation des coursives actuelles - opération Amiral Bouvet

Développer des coursives éclairées et ventilées naturellement



Bouvet - St Denis



Green Façade - Goblin

3/B.4 TOITURES

LIMITER LES PROBLÈMES D'INFILTRATION ET AMÉLIORER LE CONFORT THERMIQUE DU BÂTIMENT

La toiture est un élément clé de la conception d'un ouvrage : c'est principalement elle qui protège le bâtiment contre le soleil, la pluie, le vent, ... Elle protège également les murs et les ouvrants non seulement de la chaleur mais aussi de la pluie.

Selon le niveau de travaux, il sera envisager de limiter les infiltrations en toiture en supprimant les principes de toiture terrasse et en créant une sur-toiture monopente permettant également la pose de panneaux solaires et un meilleur confort thermique.

Il conviendra de créer des débords de toiture conséquents, pour que la couverture protège aussi les murs et les fenêtres du soleil.

(à noter qu'une attention doit particulièrement être portée sur les vents dominants lors de la conception de ce type de toiture).

RETRAVAILLER LES ATTIKES PAR LA CRÉATION DE DUPLEX

Selon le niveau de travaux, il pourra être envisagé d'interroger la possibilité d'aménager des duplex au dernier étage si on modifie la toiture.

Cela permet d'abaisser le niveau du dernier plancher desservant les logements et parfois de changer le classement de l'immeuble par rapport à la famille de bâtiment. Ce qui a un impact sur les réglementations de défense incendie et de mise en accessibilité.

Exemples de bâtiment avec une dalle béton toiture terrasse + une surtoiture métallique



Pôle santé Ouest St Paul - Schüco

3/B. 5 LES FAÇADES

ENVELOPPE ET PROTECTION SOLAIRE DES LOGEMENTS

Dans le cadre des projets de réhabilitation, une attention particulière sera portée sur l'enveloppe du bâtiment qui jouera un rôle bioclimatique et pourra intégrer des dispositifs de protection solaire des logements et d'isolation thermique.

OBJECTIF:

Assurer une pérennité des façades, une bonne isolation et protection solaire/enveloppe bioclimatique, et une bonne intégration des éléments techniques.

3/B. 6 LES HALLS

REQUALIFIER LES HALLS (LISIBLES, LUMINEUX, TRAVERSANTS, VENTILÉS, SÉCURISÉS, ...)

Un travail spécifique sur les halls sera réalisé dans le cadre des projets de réhabilitation. L'objectif sera de valoriser la lisibilité et le confort des halls en les rendant lumineux, traversants si possible, ventilés, sécurisés et facilement repérables depuis l'extérieur et les accès.

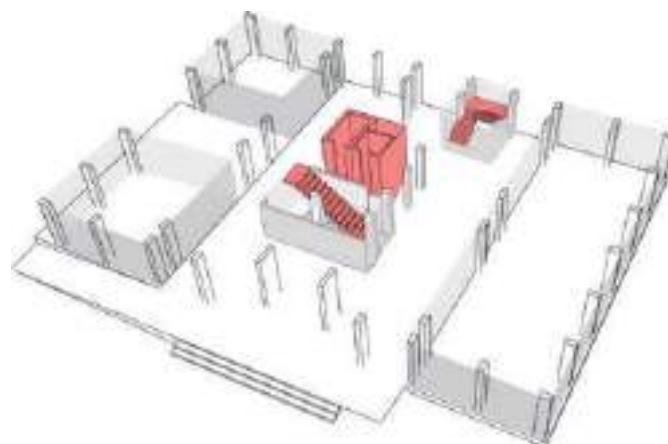
Un travail sur la double hauteur et la couleur pourra être envisagé.

Les locaux 2 roues seront implantés en rez-de-chaussée, valorisés, sécurisés, abrités. Pour faciliter la gestion, il sera interdit d'accéder à ces locaux depuis le hall d'entrée.

Sortir les locaux communs des halls : exemple des locaux ordures ménagères et vélos à l'extérieur des bâtiments.



Privilégier les halls traversants et lumineux pour un contrôle social renforcé :





4

***PRESCRIPTIONS
PAYSAGÈRES ET
ENVIRONNEMENTALES***

4.1 LES AMBIANCES VÉGÉTALES



Les ambiances végétales existantes devront être respectées et accompagnées. Les espaces nouveaux seront plantés en intégrant la question du vivant et le nécessaire accompagnement durable du végétal.

La question de l'usage du lieu, de l'appropriation des espaces aux différents temps de développement du végétal et de la gestion sont intégrés dès la conception du projet.

L'objectif est de rééquilibrer le ratio espaces minéral/végétal pour développer un milieu favorisant les échanges bioclimatiques et recréer une verticalité des échanges hydriques, paysagés, environnementaux : évapotranspiration, respiration et photosynthèse.

RECOMMANDATION:

- Planter des végétaux adaptés, au milieu urbain et artificiel (système racinaire non traçant, faible besoin en eau,) sans risque d'obstruer les vues à hauteur d'homme en milieu urbain.
- Favoriser la place des plantes locales (endémiques et indigènes) par le choix d'essences adaptées à la stratégie végétale. Une majorité des plantes endémiques ayant une croissance de développement lente en isolé, elles seront privilégiées en masses denses.
- Veiller au maintien de la strate arborée existante qui favorise le développement des autres strates
- Développer une stratégie végétale répondant aux objectifs de qualité environnementale, de confort thermique, de biodiversité (20 essences différentes pour 1000m² minimum sont recommandées) et de gestion écologique.
- Prendre connaissance à titre informatif des documents de référence (liste des espèces invasives, Démarche Aménagement Urbain et Plantes Indigènes....) et compléter la démarche par des professionnels expérimentés localement pour développer une approche adaptée aux espaces aménagés.

- Réduire la présence du gazon qui nécessite un entretien régulier et une consommation importante en eau: substitution par prairie ou sol perméable (voir partie 4.3)

INVARIANT:

- Nombre d'arbres: 2 grands arbres de hautes tiges par tranche (surface) de 100 m² non construits.
- Présence de différentes strates végétales (arbres, arbustes, couvre-sol...)
- **70% des espaces libres doivent être végétalisés; Un ratio de 20% de pleine terre doit être respecté sur la surface de la parcelle. Ces sols de pleine terre ne doivent pas être des espaces isolés mais des espaces reliés afin de créer des continuités écologiques et des sols avec réserve utile suffisante favorable à l'évaporation de l'arbre et au confort thermique. Les surfaces de pleine terre en dessous de 4m² ne rentrent pas dans le calcul de perméabilité de la parcelle.**

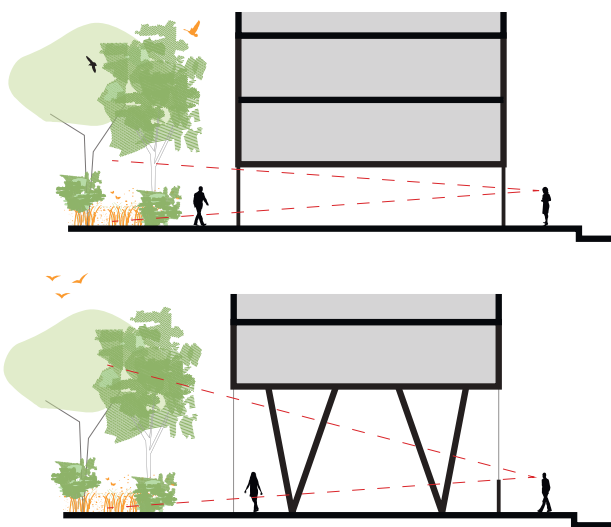
4.2 LA COMPOSITION DES CŒURS D'ÎLOTS



TRANSPARENCE/PLEINE TERRE/USAGES

La répartition du programme ainsi que l'organisation des linéaires de façades devront se faire de manière à animer autant que possible l'espace public et à participer à sa mise en valeur.

Les équipements communs du lot tels que les halls d'entrée, les escaliers ou les locaux vélos doivent être mis en valeur et participer autant que possible à l'animation de l'espace public. Les immeubles d'habitation devront intégrer en RDC un ou plusieurs locaux polyvalents d'une surface minimale de 10m²



Les halls d'entrée seront situés de plain-pied par rapport à l'espace public privé ou public attenant.

Ce rapport immédiat entre la rue ou le cœur d'îlot et la séquence de l'entrée sera mis en valeur par des transparences visuelles. **Les équipements communs tels que local de stockage vélo, accueil, circulations verticales, y seront mis en évidence.** Les halls d'entrée et les circulations horizontales et verticales doivent autant que possible bénéficier de l'éclairage naturel. L'éclairage nocturne doit participer

à la mise en valeur des parties communes. Les halls devront être traités comme des lieux de vie afin qu'ils contribuent par leurs usages à animer les rez-de-chaussée.

Ils participeront, en outre, à la recherche de porosité en étant largement transparents et ouverts au maximum sur les jardins intérieurs communs.

LES JARDINS COMMUNS

Les jardins communs, qui permettent de qualifier le

paysage des cœurs d'îlot devront assurer plusieurs fonctions :

- Structurer la limite entre l'espace public et l'îlot, entre les espaces collectifs et privés
- Servir de support à la gestion des eaux
- Répondre aux usages requis pour les habitants
- Offrir un confort thermique et un cadre confortable
- Permettre l'appropriation par les habitants

Ces espaces pourront développer un thème végétal propre tout en s'inscrivant dans la continuité paysagère du nouveau quartier. Un espace particulier destiné aux habitants de l'îlot permettra une halte au cœur du jardin.

INVARIANTS:

- Minimum **20% de la parcelle doit être en pleine terre**
- Maximum **70% de la parcelle peuvent être aménagés**
- **10% de la parcelle doivent être "laissés libres de toute construction"** Ils correspondent à la surface du terrain non occupée par les constructions (emprise au sol), imperméabilisés ou non. Ils comprennent les aires de stationnement, ainsi que les voiries d'accès.
- Pour le cœur des jardins, les arbres de haute tige seront privilégiés pour leur qualité d'ombrage.
- En pied de façades, une bande plantée sera obligatoire
- Les massifs seront caractérisés par des associations végétales adaptées, en port libre et bénéficiant des eaux de pluies.
- Une zone de stockage des déchets verts accessible à tous est à prévoir avec un composteur.
- Des espaces d'expression pour les habitants ou réservés pour la mise en place de projets collectifs sont à envisager.

LES JARDINS PRIVÉS

L'intimité des jardins privés devra être assurée par la plantation de haies libres associant un mélange d'essences au port libre rappelant la luxuriance des jardins créoles. A minima, des emprises libres en pleine terre pourront être réservées pour être plantées par les habitants. Le traitement architectural des rez-de-chaussée, l'aménagement de terrasses, comme l'organisation des plantations, seront étudiés de manière à favoriser l'appropriation des espaces plantés et jardins.

INVARIANTS:

- Minimum **20% de la parcelle doit être en pleine terre**
- Maximum **70% de la parcelle peuvent être aménagés**
- **10% de la parcelle doivent être "laissés libres de toute construction"**

Des actions en faveur de la biodiversité : nichoirs, corridors ou continuités écologiques, ruches, pigeoniers, chauve-souris devront être mentionnées.

4.3 LA PALETTE VÉGÉTALE



CRÉER DES CONDITIONS OPTIMALES DE PLANTATION

La plantation en milieu urbain impose de travailler avec des sols dégradés, asséchés et peu généreux. Les essences devront de fait s'adapter à ce milieu artificialisé en offrant une rusticité et des capacités d'adaptation au milieu sec. Les végétaux à caractère envahissant sont à exclure. La palette végétale sera choisie de manière à encourager la biodiversité. La stratégie végétale doit proposer un large panel d'essences contribuant à créer des ambiances spécifiques aux espaces aménagés. Les plantes exotiques non envahissantes et les plantes endémiques et indigènes seront savamment orchestrées en partitions thématiques.

Les fosses de plantations en pleine terre seront dimensionnées pour permettre le développement équilibré de l'arbre :

- Dans des **zones végétalisées** elles devront avoir des dimensions avoisinant les **6 m³** (2 m x 2m x 1.5m)
- Dans les **zones minérales** elles devront être généreuses pour permettre la croissance du sujet et des racines sans dégradation des revêtements. Des fosses avec des surlageurs de sol en mélange terre-pierre sous le revêtement permettent d'améliorer le volume de sol...

Les arbres seront plantés de manière à créer une trame végétale urbaine dense garantissant les effets d'ombrage, et réduisant les îlots de chaleur. Les arbres et palmiers seront toutefois à une distance suffisante des façades (3.50 m minimum).

A proximité des espaces naturels, des transitions sont à aménager par la mise en place de lisières boisées (minimum 2.5m de large).

RECOMMANDATIONS :

Objectif : plantation dense d'arbres / respect de la palette végétale indicative / et à une distance de 3,5 mètres min. des façades

INVARIANTS :

- Nombre d'arbres : 2 grands arbres de hautes tiges ou 4 à 5 petits par tranche de 100 m²
- Arbustes (les cocotiers, palmiers et bananiers ne sont pas comptés et ne sont pas considérées comme des arbres compte tenu de leur faible apport d'ombre)
- Surfaces végétalisées
- Arbres plantés en pleine terre,
- Dimensions des fosses minimum dans surfaces végétalisées et minérales (voir ci-dessus)

Agence Ter - Zone Up paysage - la fabrique urbaine - Sicle AB

ARBRES D'OMBRAGE ET D'ALIGNEMENT :



Tetradium daniellii
Arbre à miel



Terminalia arjuna
Carambole marron



Mangifera indica
Manguier



Terminalia catappa
Badamier

PALMIERS :



Veitchia Merilli
Palmier Paul et Virginie



Areca catechu
Palmier à bétel



Cocos nucifera
Cocotier



Latania lontaroides
Latanier rouge

**PETITS ARBRES ET ARBUSTE
HAUTS :**



Cossinia pinnata
Bois de Judas



Gastonia cutispongia
Bois d'éponge



Dodonea viscosa
Bois d'arnette



Indigofera ammoxylon
Bois de sable

**ARBUSTES ET
COUVRE-SOLS :**



Russelia equisetiformis
Russellie fausse-prêle



Psiadia retusa
Saliette



Thunbergia grandiflora
Thunbergie



Coffea
Café fleur

LIANES :



Petrea volubilis
Liane Saint-Jean



Argyreia nervosa
Liane d'argent



Stephanotis floribunda
Liane de cire



Quisqualis indica
Liane de quisqualis

4.4 LES REVÊTEMENTS DE SOL



Le choix des revêtements de sol devra être adapté à l'échelle de l'espace et du degré de privatisation souhaitée. Il pourra s'agir de:

- Béton désactivé ou balayé
- Dalles et pavés de basalte avec joints enherbés / gravillons
- Stabilisé pour les zones avec une pente inférieure à 2%, du fait des risques de dégradation par ruissellement lors d'épisodes pluvieux
- Mélange terre-pierre
- Autres revêtements esthétiques au caractère urbain.

RECOMMANDATIONS :

- Réduire à minima les sols imperméables
- Privilégier des matériaux pérennes, locaux, robustes et ne gardant pas la chaleur
- Utiliser des bordures discrètes

INVARIANTS :

- 30% des surfaces libres peuvent être imperméables



Des dalles béton avec joints enherbés pour les cheminements piétons



Espace public, Barcelone, Espagne

4.5 LE MOBILIER URBAIN

Le choix du mobilier urbain devra privilégier le confort d'usages, la sobriété et la robustesse en fonction de l'identification des lieux.

Sur les espaces publics comme privés, une démarche de co-construction de mobilier temporaire ou non est à développer dès que possible en collaboration avec des associations artistes et ressourceries.

MATÉRIALITÉ:

Le mobilier en béton ou en masse de basalte (rocher) sera privilégié pour sa solidité et sa résistance aux dégradations.



Mobilier urbaine en masse de basalte



Mobilier urbaine en béton



Mobilier rue Créative, Clermont-Ferrand

4.6 LES ÉQUIPEMENTS SPÉCIFIQUES



Un dessin soigné et adapté devra être apporté aux équipements spécifiques.

Les équipements de jeux :

- Une recherche d'organisation de l'espace originale est à mener en réduisant l'emploi de jeux du commerce tout en conservant le caractère ludique : jeux de glisse, de vélos, skatepark...

Les sanitaires :

- La présence de sanitaires publics est à identifier sur l'ensemble du quartier (robuste, facilement accessible et nettoyable).

Les ouvrages artistiques / pédagogiques :

- L'utilisation de pergolas ou autres ouvrages d'ombrage est à favoriser sur les espaces minéralisés.
- La mise en place des mobiliers pédagogiques est recommandée : jardinières, espaces de lecture...
- Habillage de clôtures et autres créations artisanales.

MATÉRIALITÉ :

Les équipements spécifiques devront privilégier l'emploi des matériaux locaux, avec un accent mis sur la robustesse et la pérennité. L'usage de matériaux recyclés est fortement recommandé.



Honeywood, Australie, Emergeassociates



AVIC Park, Chine, YIYU Design



Parcours rive sud, Nantes



Succession de jeux, Rosas, Espagne



Des jardinières pédagogiques

4.7 LES CLÔTURES



ESPACE PUBLIC/ESPACE PRIVÉ

Les clôtures devront clairement identifier les limites des espaces privatifs et collectifs et celles-ci devront être accompagnées par un filtre végétal qui marquera les limites séparatives tout en formant un écran.

L'intimité et le confort de chacun des espaces sera travaillé.

Les limites physiques entre les espaces publics et espaces privés seront matérialisées tantôt par l'alignement des façades, tantôt par des clôtures métalliques situées en limite de propriété.

Les portails et portillons mis en place seront identiques aux clôtures en termes de formes et matériaux, pour s'intégrer au mieux dans l'ambiance paysagère.

Pour les jardins privés ou éventuels jardins partagés, des portillons sont à prévoir pour faciliter l'accès, l'entretien et l'évacuation des déchets verts.

Les clôtures doivent être accompagnées de haies libres:

- De part et d'autre lorsque l'emprise sur l'espace public le permet
- Uniquement sur parcelle privée lorsque l'emprise sur l'espace public est trop restreinte

Ces lisières denses et fleuries, composées de strates végétales de hauteurs variées (herbacées, arbustives, cépées et arbrisseaux) feront à minima 2m de large. Il s'agira d'intégrer 4 strates végétales, 3 au minimum afin de diversifier au maximum les strates végétales.

Sur un même lot, les clôtures en limite de domaine des différents programmes immobiliers devront être identiques.

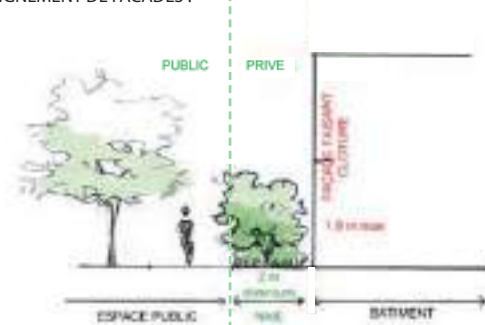
INVARIANTS :

- Hauteur de 1.80 m maximum.
- Aspect simple et solide, à barreaudages verticaux ou légèrement inclinés et de teinte gris foncé en

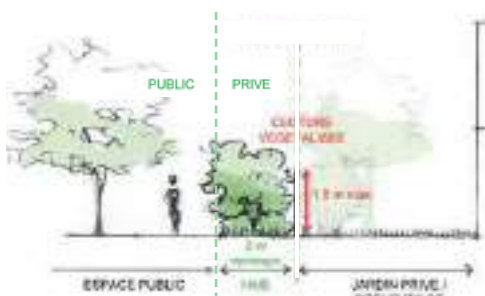
limites public/privé

- Dans le cas d'un terrain incliné, la clôture devra suivre la pente, mais les barreaux resteront verticaux
- Les portails et ouvertures devront avoir les mêmes dessins et matériaux que le linéaire de clôture.
- Hauteur max 1,80m
- Privilégier les mur bahut entre 0,5 et 0,8m + grille (hauteur maximale 1,80m)
- Mur bahut créole interdits sur les venelles et rues secondaires
- Haie vive doublée ou non grillage
- Privilégier les clôtures inscrites dans un massif végétal dans une bande de 2 mètres minimum de large.

TRAITEMENT DES LIMITES entre espaces privés et publics par ALIGNEMENT DE FACADES :



TRAITEMENT DES LIMITES entre espaces privés et publics par CLOTURE :



4.8 LE STATIONNEMENT AÉRIEN



Dans le cas d'une impossibilité de construire le stationnement en infrastructure, le stationnement devra être intégré au projet paysager du lot. Les places de stationnement devront servir de support pour l'écoulement et l'infiltration des eaux pluviales avec 50% de la surface dédiée au stationnement en surface perméable (dalles alvéolées, mélange terre-pierre, autre matériau drainant, système de noues...).

La transparence hydraulique devra être présente sur toute l'emprise du parking : les bordures sont par conséquent à adapter.

L'ombrage du parking est indispensable pour éviter les effets d'îlots de chaleur.

A minima une place de stationnement pour quatre places devra être arborée avec une emprise suffisante pour la fosse de plantation.

La plantation aura lieu obligatoirement en pleine terre. Les fosses généreuses en mélange terre pierre seront

préférées aux buses altérant à terme le développement du système racinaire et de l'arbre.

INVARIANTS :

- 50% de la surface dédiée au stationnement devra être traitée en surfaces perméables.
- Le parking ne pourra occuper plus de 20% de la surface du lot.
- 1 place arborée pour 4 places de stationnement.

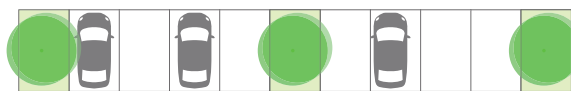


Schéma principe 1 place arborée pour 4 places de stationnement



4.9 LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

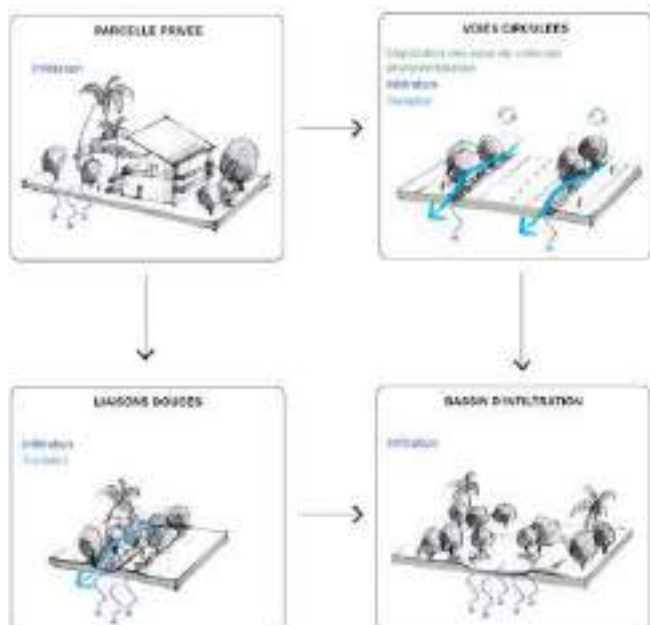


La gestion des eaux est intégrée de manière globale de la parcelle à l'échelle du quartier. Le cheminement de l'eau en surface est à privilégier par un système de circulation tramé avec l'organisation du site.. Il offre de multiples atouts à valoriser par les ambiances végétales, les cheminements et les espaces de détente.

La circulation des eaux pluviales doit se faire intégralement de façon gravitaire. L'usage de pompes et autres dispositifs mécaniques de relevage enterré est à justifier. Les ouvrages de rétention enterrés présentent des risques de colmatage durables supérieurs aux ouvrages à ciel ouvert. La présence de caniveau en béton est à limiter.

La collecte, le transport et le stockage temporaire des eaux pluviales à ciel ouvert a lieu par plusieurs dispositifs associés : tranchées drainantes ou surverses. Les dispositifs de gestion de l'eau seront plantés ; les plantes sont des rétenteurs d'eau et ralentissent son écoulement. Les zones perméables ainsi que l'usage de matériaux drainants devra impérativement être privilégié.

A l'échelle de la parcelle, les eaux pluviales devront être entièrement infiltrées, et situées aux plus près des bâtiments. Le réseau de noues peut être étendu sur les pourtours de parcelles pour obtenir une plus grande surface d'infiltration. Le parcours de l'eau entre les pieds d'immeuble et les zones d'infiltration sera visible



et mis en valeur (fil d'eau)

La question des toitures terrasse végétalisées est à étudier pour favoriser la rétention.

Sur les espaces publics, les ouvrages à ciel ouvert d'écoulement des eaux, seront mis en valeur par l'ambiance des différents espaces. Les noues tendront vers un aspect naturel avec la présence d'enrochements et d'une végétation adaptée.

Les espaces plantés seront aménagés de façon à récupérer les eaux de pluie : pentes vers les massifs, transparence hydraulique favorisée ..

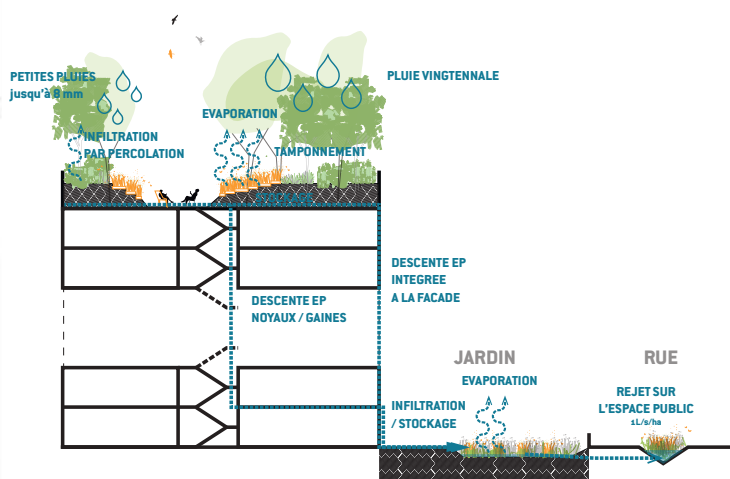
RECOMMANDATIONS :

Objectif :

- Favoriser les cheminements d'eau de surface Le recours à des réseaux enterrés doit être justifié.
- Réfléchir la gestion des eaux pluviales dans son ensemble : en partant de la parcelle jusqu'à l'échelle du quartier
- Favoriser l'infiltration sur la parcelle et favoriser l'écoulement de l'eau par des dispositifs adaptés et plantés plutôt que d'ouvrages en béton à ciel ouvert
- Favoriser des espaces paysagers mutualisant la fonction infiltration et le caractère paysager

INVARIANTS :

- Avoir recours à un système de gestion des eaux à ciel ouvert et gravitaire (non bétonné).



4.10 L'ÉCLAIRAGE



Les éclairages extérieurs doivent être conçus de manière à optimiser les sensations de confort et de sécurité pour les accès, les zones de stationnements vélo, les zones de circulation piétonne, les zones d'apport volontaire des déchets ainsi que les zones à faible luminosité naturelle ou sensibles du point de vue de la sécurité. L'éclairage devra être adapté à l'échelle des espaces traités et sobre.

Afin de minimiser la pollution lumineuse, les luminaires choisis doivent être conçus de façon à diriger la lumière essentiellement vers le sol et munis d'interrupteurs crépusculaires.

RECOMMANDATION:

L'éclairage choisi devra être respectueux de la faune et préserver l'habitat des oiseaux établit par la SEOR (Société d'études Ornithologiques de la Réunion)

INVARIANT:

Mettre en œuvre le label « Pétrels protégés ».

Avoir recours à la technologie LED (Lames Basse consommation - LBC,).

Déterminer les besoins en matière d'éclairage des rues. Diriger la lumière essentiellement vers le sol et munis d'interrupteurs crépusculaires.

4.11 LA SIGNALÉTIQUE



Il est nécessaire de garantir une mise en accessibilité universelle de la voirie et des espaces publics.

L'objectif est d'offrir un confort maximal pour tous les usagers, quelles que soient leurs capacités et leurs besoins, en évitant que les espaces ne créent des situations de handicap, et en mettant l'accent sur la convivialité d'usage universelle.

Les éléments de signalétique pouvant générer de la pollution lumineuse doivent également être proscrits.

Le schéma ci-dessous illustre le critère d'orientation du faisceau lumineux dans le choix des mobiliers d'éclairage.



4.12 LA GESTION ET L'ENTRETIEN



Les principes de gestion écologique tendent à se généraliser en vue d'adopter une approche de gestion plus économe en temps et en ressource. Les objectifs de cette démarche visent une réintroduction de la nature en ville. Dans ces nouvelles pratiques, le respect du milieu, de la santé des agents, de la qualité de vie des usagers, et de l'identité de l'espace restent au coeur des préoccupations de l'approche.

Cette logique de gestion impose une formation des jardiniers et une sensibilisation auprès du public.

Dès la phase de conception il sera indispensable de :

- **Prévoir un temps de formation** (voir une année d'encadrement) auprès du futur personnel gestionnaire du site par l'entreprise qui a en charge l'entretien pendant 1 an.
- **Hiérarchiser les espaces plantés** en les classant par fréquence d'entretien (espace soigné, espace naturel pour permettre de faciliter et réduire la fréquence d'intervention).
- Favoriser la prairie et les plantes nécessitant peu d'entretien sur les espaces moins fréquentés
- Prévoir une **signalétique pédagogique** sur site

Une démarche participative peut être développée pour sensibiliser les habitants et les impliquer dans l'entretien de leur résidence (cf participation page ci-dessous).

RECOMMANDATIONS:

Formation par l'entreprise en charge de l'entretien des futurs gestionnaires du site avec sensibilisation à la gestion écologique

Mise en place de végétation plus naturelle, nécessitant moins d'entretien pour les espaces moins fréquentés

Arrosage automatique maîtrisé et régulé pour limiter la surconsommation d'eau

Sensibilisation et implication des habitants dans l'entretien des espaces plantés, mise en place de projets collectifs (jardins, potagers, composteurs...)

INVARIANTS:

- Pas d'utilisation de produits phytosanitaires
- Classification des espaces suivant leur fréquence d'entretien nécessaire.
- Sensibilisation des habitants

4.13 LA PARTICIPATION CITOYENNE

La participation citoyenne aux différents projets d'aménagement est une démarche à développer tant sur l'espace public que sur les opérations privées. Cette démarche doit être anticipée dès le début de la phase de conception. Elle peut prendre plusieurs formes suivant les attentes et objectifs de la maîtrise d'oeuvre et maîtrise d'ouvrage.

Pendant le **diagnostic et analyse préliminaire: Une visite avec un état des lieux** du site avec les habitants peut permettre de faire ressortir leurs habitudes, leur vision de l'espace, les points qui ne fonctionnent pas à l'usage, les attentes des usagers.

Pendant la phase de **l'esquisse/début AVP:**

Une **réunion/atelier d'échange** permettra de présenter quelques grands principes d'organisation de l'espace et surtout de faire ressortir les usages que les habitants souhaitent avoir dans ce lieu (dialogue à partir de photos références, dessins sur plan...).

Après l'Avant-Projet:

Une **réunion de présentation** est un bon outil pour sonder l'appréciation du projet par les habitants.

Pendant le chantier :

Suivant le projet, des ateliers de co-construction peuvent être organisés (fresques, mobilier temporaire...).

Une fois les travaux finis:

L'entretien des espaces plantés peut être développé au travers d'ateliers participatifs avec les habitants pour qu'ils s'approprient les plantations en pied de bâtiment et les entretiennent (travail associatif, intervention dans les écoles, projets de plantations...)

Des démarches comme la mise en place de jardins partagés, de composteurs collectifs sont à encourager et peuvent être soutenues par un travail associatif.

RECOMMANDATIONS:

- Démarche de co-construction avec les habitants
- Mise en oeuvre d'un ou plusieurs leviers de concertation pendant la durée du projet.

4.14 LA COLLECTE DES DÉCHETS



OBJECTIFS A ATTEINDRE PAR LES PROMOTEURS

- Mettre en place le système de collecte des déchets enterré sur les lots de logements (à l'extérieur du bâtiment)
- Mettre en place un local d'une superficie suffisante pour les bureaux et commerces afin de recevoir les divers conteneurs liés à la collecte sélective des ordures ménagères (intégré au bâtiment)
- Optimiser le flux des déchets
- Permettre la mise en place d'un composteur collectif sur la parcelle (en lien avec les jardins).

INVARIANTS

- L'intégration des locaux de stockage des déchets dans le bâti est obligatoire et réalisée de manière discrète et qualitative pour le tertiaire et les commerces. Local spécial, clos, ventilé et équipé d'une fermeture hermétique, des sols et des murs revêtus de matériaux imperméables et imputrescibles.
- Implantation proche du point de collecte et facilement accessible par l'ensemble des usagers.
- Accès communiquant entre hall d'entrée et locaux déchets interdits.

Réseau de BAVE:

On considère en général une Borne d'Apport Volontaire pour 500 à 800 habitants environ suivant la fréquence des collectes, le volume des bornes et la densité.

Chaque habitant doit bénéficier de la possibilité de pouvoir apporter ses emballages recyclables sans que cela soit une contrainte.

Chaque emplacement doit être :

- Visible et intégré,
- Accessible à la collecte.
- Accessible aux piétons et aux automobilistes.
- Respectueux de la sécurité routière et de la circulation des piétons sur les trottoirs :
- Voirie adaptée à la circulation et aux manœuvres des camions.
- Distance voirie/emplacement des colonnes réduite,
- Espace dégagé au-dessus des colonnes.
- Accessible aux habitants (sur le cheminement piétonnier, transport ou parking, PMR).
- Aux abords d'une route fréquentée par les habitants (stationnement aisé pour les véhicules particuliers)
- Sur une voie accessible à un véhicule poids lourd (pour effectuer la collecte).
- Sur une route dont le trafic n'est pas trop important et pas dangereux (sorties ou entrées de virage, écoles, sommets de côtes, etc.)
- Bien éloigné d'une ligne aérienne électrique, téléphonique.
- Au sol : aplanissement et nivellement PMR, prise en compte de l'écoulement des eaux usées et d'une surface suffisante pour la circulation autour des conteneurs, matérialisation du périmètre avec des bordures, traitement de surface spécifique ou marquage au sol des conteneurs à replacer après le vidage.
- Prévoir un espace minimum de 80 cm entre chaque conteneur afin de faciliter la préhension par le camion-grue.



An aerial photograph of a coastal city, likely in the French Caribbean, showing a dense urban area with various buildings, streets, and greenery. The ocean is visible in the background. A dotted white circle is drawn over the central part of the city, highlighting a specific area. The text "5. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES" is overlaid on this circle.

5.
*PRESCRIPTIONS
TECHNIQUES ET
ENVIRONNEMENTALES*

5.1 ÉNERGIE



Située en zone 1 (< 400m) selon le référentiel PERENE, le quartier du PRUNEL jouit d'un taux d'ensoleillement valorisable toute l'année. Différentes technologies ayant recours à l'énergie solaire peuvent donc être développées à l'échelle du quartier.

APPROCHE BIOCLIMATIQUE

L'approche bioclimatique des bâtiments repose sur une interaction forte entre le contexte climatique propre de la zone et les caractéristiques du bâtiment. Chaque opération, tant en construction neuve qu'en rénovation, est soumise à des conditions particulières (climatique, orientation, configuration, etc.) qui nécessitent d'adapter les travaux.

La réduction de la consommation d'énergie passe en priorité par l'absence de recours à la climatisation par conception bioclimatique assurant le confort en ventilation naturelle et brasseur d'air, la production d'eau chaude solaire et la production photovoltaïque pour alimenter la recharge de véhicules électriques et les usages du bâtiment suivant une étude à produire.

Référentiels

En complément de la RTA DOM (réservée à la construction neuve en logements), des référentiels adaptés au contexte réunionnais existent et peuvent être utilisés, notamment dans le cadre de la réhabilitation : PERENE, BATIPEI et Certification CERQUAL Habitat Existant (Ile de La Réunion). Pour le non résidentiel le référentiel HQE BATIMENT DURABLE CERTIVEA sera la référence.

RECOMMANDATIONS

Assurer un confort climatique d'été sans climatisation dans le résidentiel (application des principes de l'architecture bioclimatique: valorisation de la ventilation naturelle, protections solaires etc.)

MAÎTRISE DE LA DEMANDE EN ÉNERGIE

Le SLIME Réunion (Schéma Local d'Intervention pour la Maîtrise de l'Énergie) consiste en la réalisation de visites à domicile auprès de foyers repérés en situation de précarité énergétique, afin de réaliser un diagnostic à leur domicile, et de leur fournir des équipements permettant de réduire rapidement la consommation en énergie et/ou en eau. L'animation de ce dispositif est confiée à la SPL Energies Réunion, les équipements seront fournis par EDF Réunion, qui est également

cofinancier, aux côtés de la Région Réunion, du dispositif.

CAMPAGNE DE SENSIBILISATION

De manière générale, et en compléments des diagnostics SLIME, des actions collectives de sensibilisation des familles peuvent être menées à l'échelle du quartier sur les bons gestes à adopter afin de réduire les consommations énergétiques des ménages (réunions d'informations, supports écrits, visite d'un appartement témoin pédagogique, journée d'échanges, sensibilisation dans les écoles, etc.), font appel à différents intervenants (Mairie de Saint-Denis, SPL Energies, EDF, CCAS, Bailleurs sociaux, etc.) et peuvent être associées à d'autres thématiques.

RECOMMANDATION

Assurer une sensibilisation des futurs usagers une fois les bâtiments livrés en réhabilitation comme en construction neuve (ventilation naturelle, équipements électroménagers, ECS, tri des déchets, fonctionnement des jardins partagés, etc.)

Prévoir un suivi des consommations électriques auprès de foyers volontaires et un challenge inter-famille.

Solaire thermique et Eau Chaude Solaire

La RTAA DOM introduit l'obligation pour toutes les constructions neuves d'intégrer un chauffe-eau solaire (CES) pour la production d'eau chaude sanitaire.

L'enjeu se situe désormais sur le remplacement des chauffe-eau électriques et éventuellement des anciens chauffe-eaux solaires lors de la réhabilitation des logements.

A l'échelle du quartier, le remplacement des CES en réhabilitation pourra être soit accompagné financièrement par le FEDER/Région, tandis qu'à l'échelle de la construction neuve, une aide FEDER/ADEME/Région pourra être sollicitée.

Vélos à Assistance Électrique

L'évolution du parc de véhicules hybrides et électriques réunionnais, bien qu'encore modeste, demande cependant une stratégie d'accompagnement du déploiement des véhicules électriques et hybrides rechargeables, en adéquation avec les spécificités de La Réunion. Il s'agit donc davantage de profiter du relief favorable du quartier au développement des modes doux en proposant une offre vélo adaptée aux usagers. Ainsi, la mise en place de stations de vélo en libre-service utilisant des bornes de recharges solaires pour soutenir la mobilité électrique des 2 roues pourrait être envisagée à l'échelle du quartier du PRUNEL.

5.2 CHARTE CHANTIER VERT, CHANTIER À FAIBLE NUISANCES ET DÉCHETS D'ACTIVITÉ



CHANTIER A FAIBLES NUISANCES EN DÉCONSTRUCTION OU EN CONSTRUCTION

CONSTRUCTIONS

Réduire, tracer et valoriser les déchets de chantier

Gérer les emprises sur voies publiques: la conception du projet intégrera les contraintes de phasage et d'implantation permettant de réduire les contraintes de chantier et d'emprises sur les voies publiques (reculs / voies et aux constructions réhabilitées, perturbation du trafic)

Le chantier imposera notamment le **tri des déchets, la valorisation en filières, la traçabilité** et fourniture des bordereaux de suivi de déchets. Une charte de chantiers à faibles nuisances sera intégrée aux marchés de travaux. Le Plan Déchets BTP Réunion sera respecté, la bourse aux déchets (site CERBTP) sera mise à profit

- Prévoir la destination des déblais en excédants
- L'huile de décoffrage sera végétale, les pollutions de sol strictement pénalisées de même que les atteintes à la biodiversité
- Justifier de la gestion des déchets par un bilan en fin de chantier
- Les traitements anti-termites envisageront le piégeage biologique

Les mesures de chantier en matière de déchets, d'assainissement pluvial, liées à la préservation de la flore et de la faune, seront strictement respectées.

Maîtriser les nuisances et la consommation

- Les nuisances associées au trafic seront maîtrisées (préfabrication en atelier et une moindre nuisance sur site pour la filière bois)
- Les nuisances visuelles de chantier devront être limitées
- Les locaux de chantier feront l'objet d'une optimisation thermique destinée à réduire la période de refroidissement
- Récupérer et traiter les effluents polluants du chantier
- Optimiser le nettoyage des engins et du matériel
- Assurer le suivi et la maîtrise des consommations de chantier.

DÉCONSTRUCTIONS

Les opérations concernées seront déconstruites et non démolies et feront l'objet d'une déconstruction soignée:

Trier les déchets, valoriser en filières, et assurer leur traçabilité

Le chantier imposera notamment le tri des déchets, la valorisation en filières, la traçabilité et fourniture des bordereaux de suivi de déchets. Une charte de chantiers à faibles nuisances sera intégrée aux marchés de travaux. Le Plan Déchets BTP Réunion sera respecté, la bourse aux déchets (site CERBTP) sera mise à profit

DÉCHETS D'ACTIVITÉ

- Prévoir les circuits et ouvrages propres au tri à la source
- Pré-traitement des biodéchets sur site, Les circuits et ouvrages devront distinguer les flux, a collecte sélective sera mise en place
- Stocker dans de bonnes conditions sanitaires:
- Les locaux déchets devront être d'un accès facile, avec de bonnes conditions d'hygiène et positionnés de telle façon qu'ils créent le moins possible de nuisances pour les usagers. Les zones de stockage des bacs poubelles, prêts au ramassage à l'extérieur de l'opération, seront définies en concertation avec les services publics chargés de la collecte des déchets sur le territoire.

PRÉCONISATIONS

- Mise en place d'un outil de respect environnemental de chantier : Chantier Vert.
- Traitement des déchets de chantier par la mise en place de bennes pour les différents déchets (benne ou emplacement matérialisé pour le bois, métaux, fer, papier, plâtre, déchets industriels, ciment)

OUTILS

- Charte de Chantier Vert de l'ADEME.
- Plan déchets BTP Réunion
- Site CERBTP déchets

5.4 APPROCHE SÉCURITÉ SÛRETÉ



RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX DE DÉCONSTRUCTION: ÉCONOMIE CIRCULAIRE

RÉALISER UNE ÉTUDE DE FAISABILITÉ

L'étude de faisabilité comportera un volet assurances et réglementation, ainsi qu'un diagnostic ressources, qui conditionnera l'optimisation du réemploi sur le projet. L'enjeu du diagnostic ressources est de préparer le déploiement du réemploi / réutilisation de matériaux. Le but est ici d'identifier le gisement de matériaux et de produits réemployables.

- Le statut déchet doit être évité en anticipant le devenir des matériaux en amont de la déconstruction.
- Prescrire le réemploi / la réutilisation dans le programme du projet et définir dans l'appel d'offre un lot dédié
- Prévoir un espace de stockage et étiqueter les matériaux à transporter.
- Déposer, collecter et reconditionner les matériaux

Il est nécessaire d'apporter non pas une réponse défensive à l'insécurité, mais architecturale et urbaine. La sécurité et le sentiment de sécurité dépendent en partie des qualités des espaces publics à rechercher dès la programmation, en conception urbaine mais également dans l'entretien et la gestion des espaces.

Il s'agira de s'appuyer sur les attentes de l'utilisateur pour mener une réflexion sur la qualité des espaces publics:

- Percevoir les signes qu'il existe un garant des lieux (clarifier les domanialités, anticiper l'entretien et les réparations)
- S'orienter facilement (conserver une trame urbaine lisible et compréhensible, et mettre en place un système de repérage)
- Garder le contrôle visuel lors de ses déplacements: des espaces ouverts à la vue et visibles, utiliser la végétation comme un écran plutôt qu'un écran, soigner l'éclairage (continuité, forme, couleur, confort et ambiance, choix d'éclairage spécifique au statut et usage de chaque voie).
- Bénéficier d'une surveillance naturelle : dimensionner les espaces publics en rapport avec leur fréquentation, associer les cheminements motorisés, cycles et piétons, ouvrir les façades sur l'extérieur.
- S'approprier ses lieux de vie à tout moment : faire participer les activités, les lieux de convivialité et les transports en commun à la sécurité.
- Se sentir intégré à la cité : intégrer le nouveau quartier dans la trame de la ville, connecter le nouveau quartier aux quartiers voisins et éviter les effets de coupure, soigner les signes d'appartenance à la ville (matériaux, mobilier, respect de la mémoire du lieu).
- Comprendre le statut et l'usage d'un lieu : distinguer les espaces publics, privés, collectifs et privés, leur gestionnaire et leurs usages, utiliser la résidentialisation dans les quartiers existants dans une logique de revalorisation, dimensionner les espaces collectifs privés pour favoriser la sociabilité.
- Déployer une vidéo surveillance si cela reste opérant

5.4 TRANSITION NUMÉRIQUE



La Réunion opère un très fort développement des outils d'information et de communication accompagnée par la puissance publique afin de contribuer à réduire les fractures sociales et géographiques (insularité, Hauts, télétravail, intergénérationnel...).

Le plan régional pour le très haut débit poursuit les objectifs de :

- Rendre le haut débit puis le très haut débit accessible partout et pour tous à moindre coût.
- Concilier les exigences de solidarité et les nécessités de compétitivité dans le cadre d'une « Stratégie de cohérence régionale d'aménagement numérique du territoire » permettant d'apporter la fibre optique à tous les foyers réunionnais à une échéance de 20 ans.

Les acteurs du quartier du PRUNEL prévoient donc de :

- Structurer ses réseaux pour permettre l'arrivée du très haut débit dans tous les locaux.
- Raccorder les logements à la fibre optique, donnant accès au très haut débit numérique,
- Mobiliser le BIM conception et/ou BIM réalisation et/ou exploitation
- Innover en facilitant la vie quotidienne des habitants par des logements connectés.
- Déployer des innovations locales (ex conceirgerie numérique, autopartage...)
- Faciliter un fonctionnement en réseau pour certains services ne pouvant être présents sur le quartier
- Envisager des services itinérants
- Ateliers de formation intergénérationnels

Favoriser le développement des outils numériques dans les collèges et lycées à l'image du "Hackathon" organisé par la ville de Saint Denis. Il s'agit d'un concours qui s'adresse aux collégiens et lycéens avec comme objectifs la réalisation d'un site Internet sur un sujet donné lors d'une épreuve de 5h et la présentation de leurs travaux devant un jury.

5.5 GESTION TECHNIQUE DU BÂTIMENT



Une GTB de classe adaptée au projet (classe suivant guide Rge GTB) sera mise en œuvre avec un accès externalisable - elle permettra la régulation, reporting des comptages et sous-comptages par secteur et par usages, de l'énergie, de l'eau, de l'entretien maintenance...

Elle rassemblera toutes les informations techniques.

Le système de pilotage du site sera décrit et les régulations seront proposées

Des sous-comptages et affichages permettront de suivre les consommations d'électricité et d'eau, par espace et par usage.

Un spécialiste de l'exploitation devra être impliqué pendant la conception de l'ouvrage

Le BIM conception et/ou BIM exploitation sera mobilisé

Les fonctions attendues de la GTB seront précisées et permettront la régulation, le reporting et les remontées d'alarmes.



ANNEXES

1. LA LABELLISATION ÉCOQUARTIER

2.1 FICHE DE SUIVI DU PROJET

2 PIÈCES À FOURNIR PAR LE PORTEUR DE PROJET

3. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES

4. PRESCRIPTIONS EPARECA



SAINT-DENIS, PRU NORD-EST-LITTORAL

CAHIER DE PRESCRIPTIONS

URBAINES, ARCHITECTURALES,

PAYSAGÈRES ET ENVIRONNEMENTALES

NOVEMBRE 2021

Agence Ter - paysagistes urbanistes
La fabrique urbaine - architectes urbanistes
Sicle AB - bureau d'études environnement
Zone Up - paysagistes

An aerial photograph of a coastal urban area. In the top right, the ocean with white-capped waves meets a dark, pebbly beach. To the left, a tall, modern apartment building with a blue and white facade stands out. The central focus is a large, light-colored building complex with a curved roof, enclosed by a white dotted circle. To the right of this circle is a large, flat-roofed industrial or commercial building. In the foreground, there are various smaller residential and commercial buildings, some with red roofs, and a road with a few vehicles. The overall scene is a mix of urban development and natural coastal features.

1.
**LA LABELLISATION
ÉCOQUARTIER**

1.1 LA LABELLISATION ECOQUARTIER

Le quartier PRUNEL est engagé depuis 2017 par la signature de la charte Ecoquartier par la ville de Saint-Denis

ÉCOQUARTIER :

FAIRE DU PROJET AUTREMENT

L'ÉcoQuartier PRUNEL sera un laboratoire opérationnel de la ville durable, un lieu de créativité et d'audace pour faire émerger des projets exemplaires, que ce soit dans les formes urbaines et l'architecture, les usages proposés, ou dans les modalités de conduite de projet. La mobilisation citoyenne sera un élément majeur de la conduite du projet. Cette charte engage tous les acteurs du quartier dans un processus imaginatif, adaptable et vivant pour favoriser une amélioration continue des pratiques d'aménagement.

ÉCOQUARTIER: LEVIER VERS LA VILLE DURABLE

Les engagements du label doivent non seulement guider l'Ecoquartier mais aussi infléchir nos actions à plus long terme à l'échelle du territoire.

Chaque acteur du quartier PRUNEL s'engage ainsi dans une politique d'aménagement durable, afin de permettre aux citoyens de s'épanouir dans des territoires accueillants et dynamiques. Ceci constitue une étape clé de la transformation de nos territoires, pour un développement solidaire et respectueux de l'environnement.

Les 20 engagements de la « grille Écoquartier » constituent une référence commune aux différents acteurs du projet, qui sont libres de les traduire en fonction du contexte dans lequel s'insère le projet et de leurs propres pratiques.

La stratégie Ecoquartier du projet PRUNEL est synthétisée ci-après. Le mode d'emploi des outils est le suivant :

EXPERTISE LOCALE ET NATIONALE ECOQUARTIER :

- La notation de 1 à 5 est issue du référentiel d'évaluation des Ecoquartiers utilisée par les expertises locales et nationales pour formuler leur accord ou leur avis défavorable sur la labellisation d'un projet de quartier.
- Pour être labellisé, un Ecoquartier doit atteindre le minimum de 3 sur chaque DIMENSION (qui regroupe 5 engagements)

SUIVI DES SECTEURS OU ÎLOTS BÂTIS PAR LA VILLE :

- Cette échelle a été reprise ici pour chaque engagement afin de qualifier l'ambition politique du projet et en assurer le suivi et l'évaluation au fil de l'eau. Cette ambition globale est représentée par le radar en trait continu. Les traits discontinus représentent l'évaluation en cours du traitement des sujets par le quartier ou, dans le cas ci-après, l'ambition du SECTEUR donné en exemple. Enfin le radar violet représente l'évaluation du projet soumis à la ville par un opérateur sur un secteur donné.
- Des pictogrammes "engagements" sont en outre reportés dans le corps du CPAUPE et des documents opérationnels
- Des prescriptions sont détaillées pour chaque engagement, s'appliquant à chaque projet de SECTEUR ou ÎLOT BÂTI

OBLIGATION DES PORTEURS DE PROJETS EN SECTEURS OU ÎLOTS BÂTIS

- **Chaque projet devra ainsi répondre aux prescriptions détaillées sur la fiche de suivi, et accompagner cette fiche de tous les documents justifiant ces réponses à chaque phase d'étude - notamment le dossier de programmation, en phase ESQ/diagnostic et APD qui pourront être déposés qu'au terme d'un accord formel de la gouvernance de l'Ecoquartier**
- L'échelle de notation rappelée en référence pourra être adaptée par la Ville à chaque secteur et le porteur pourra également s'auto-évaluer



2.

FICHE DE SUIVI DES PROJETS

2.1 FICHE DE SUIVI DU PROJET

ECOQUARTIER PRUNEL - Prescriptions		
Prochaine échéance : xxx		
FAIRE DU PROJET AUTREMENT	Démarche et processus	
1 – Diagnostic et programme		
L'exemplarité du projet sera affirmée, les engagements en matière de développement durable transcrits et explicités dans le programme et chaque phase du projet.		
Les diagnostics porteront sur toutes les thématiques et seront conduits aux échelles pertinentes		
2 – Gouvernance et pilotage		
L'organigramme de l'équipe projet du MOA et celui des concepteurs et entreprises de travaux sera formalisé		
Des compétences étendues seront mobilisées et leurs missions détaillées pour concrétiser l'approche EcoQuartier		
Projet végétal et perméable : Paysage, expertise faune flore, biodiversité, gestion des eaux		
Conception aéro-climatique - simulations thermiques dynamiques, héliodon, analyse météorologique, maquettes en soufflerie,...		
Confort visuel : éclairage naturel et artificiel - simulations, prescriptions		
Confort acoustique : mesures, simulations, prescriptions		
Qualité de l'air et odeurs : mesures, prescriptions		
Eco-conception : matériaux et procédés de construction à faible impact santé et envt + coût global - analyses multicritères		
Entretien maintenance, exploitation dont déchets + coût global dont carnet d'entretien et carnet de vie, DUEM		
Energies : frugalité, efficacité, énergie renouvelables		
Une gestion documentaire dématérialisée (plateforme...) permettra de partager le projet avec la Ville		
3 – Coût global		
Le bilan de l'opération attestant des conditons de la faisabilité financière et précisant l'impact pour les habitants sera produit		
L'adaptabilité des bâtiments sera décrite : ex extensibilité horizontale, verticale, modularité intérieure, changement d'affectation sans changement structurel, façades, irrigation technique...		
Pour le stationnement en ouvrage, la hauteur sous poutre sera de 2.70m à minima et 3.5m minimum en cas de reconversion en commerces ou bureaux. Pour les commerces la hauteur libre des vitrines ne devrait jamais être inférieure à 2,50m et supérieure à 3,00m		
La maintenance, l'accessibilité seront finement optimisés pour réduire la gêne des occupants et les coûts différés - ex aucun équipement rapporté pour l'entretien accepté (nacelles, cordistes...proscrits), éléments intégrés aux bâtis, doubles peaux ou protections solaires déportées de la façade d'au moins 0,8 mètres (ou 1,5, 3m...), protections solaires à fonction double de passerelle technique, accès en toitures par escaliers, locaux techniques accessibles en RDC, avec points d'eau, siphon de sol ventilation, itinéraires, suivi distant, GTB... La maintenabilité du projet devra être anticipée, détaillée, analysée en coût global et ne pas générer de gêne ou de perte d'exploitation aux occupants, ni générer d'interventions et de coûts à la collectivité		
Des bilans en coût global seront formalisés et analysés pour arbitrer des choix de conception		
4 – Usagers et gestionnaires		
Les usagers seront concertés dès le programme, les arbitrages en découlant identifiés puis suivis. La concertation avec la population sera essentielle à chaque échelle de projet et devra être précisément mise en œuvre		
Les gestionnaires seront concertés dès le programme, les arbitrages en découlant identifiés puis suivis		
5 – Évaluation – amélioration continue		
Une certification sera atteinte : notamment "NF HQE Bâtiment Durable niveau excellent - Management participatif M4 au moins" adaptée Réunion pour le logement délivrée par Cerqual, et le non résidentiel délivrée par Certivéa		
Une démarche vertueuse et /ou le respect de guides de bonnes pratiques sera proposé : ex Perene, PREBAT, Batipéi, RAGE GTB, Vnat Réunion... Les référentiels les plus récents en vigueur seront mobilisés. Le guide PERENE sera à minima respecté		
Les missions, moyens, revues de projets permettront de s'assurer du respect des engagements EcoQuartier		
La présente note Ecoquartier avec ses annexes sera remise à la Ville à chaque phase du projet - PROGRAMME, DCC, ESQ, APS, PC, APD, PC, PRO, DCE, ACT, VISA, RECEPTION...		
Les indicateurs seront formalisés et joints à la note à chaque phase. Les opérateurs alimenteront la mission continue d'évaluation globale de l'ECOQ		

ECOQUARTIER PRUNEL - Prescriptions		
Prochaine échéance : xxx		
AMÉLIORER LE QUOTIDIEN	Cadre de vie et usages	
6 – Économie d'espace - densité		
Les données foncières seront consolidées : unités, propriétés, traitement des limites		
Les réhabilitations / reconstructions seront privilégiées		
Les indicateurs de densité seront évalués et comparés aux exigences des SAR, du SCOT, PLU et des abords		
Les moyens de l'acceptabilité de la densité seront anticipés		
7 – Diversité convivialité solidarité		
Une diversité de ménages et de modes de vie sera accueillie : les logements sociaux étant déjà très présents, la mixité sociale sera recherchée par la création de logements intermédiaires		
Développer des unités résidentielles à taille humaine (pas plus de 30 logements par unité résidentielle)		
L'âge et les handicaps seront pris en compte - nivellement simple PMR, ...		
Des lieux favorisant les interactions sociales, la convivialité, les pratiques collectives et les projets citoyens seront prévus		
Les mesures favorisant le vivre ensemble seront détaillées		
Les mesures favorisant l'intimité seront détaillées		
8 – Santé et sécurité		
Les nuisances acoustiques et les performances seront précisées : plan masse acoustique, zonage acoustique interne, traitement des ambiances qualifiées, respect des isolements réglementaires		
L'impact des nuisances de type pollution de l'air ou des sols, odeurs, visuelles, lumineuses, champs électromagnétiques...sera minimisé		
Le sentiment de sécurité sera renforcé par les choix de construction et de gestion : ex orientation, visibilité, éclairage adapté à l'échelle des lieux, animation, gardien, vidéo... Les zones de circulation, stationnement, d'apport de déchets, à faible luminosité naturelle ou sensibles ... seront éclairées pour améliorer les sensations de confort		
La santé fera l'objet de propositions : ex mobilier urbain de pratique sportive ou active, actions de prévention, alimentation, ...		
Les matériaux seront choisis pour réduire leur impact sur la santé : matériaux intérieurs de classe A+ à minima et labels adaptés Indoor, Natureplus, Ange bleu, Ecolabel européen, Gut, Emicode suivant avis OQAI...		
9 – Paysage et architecture		
La créativité et la qualité architecturale seront favorisées - ex appel à projet, dialogue compétitif, concours...		
La végétation sera très présente en espaces extérieurs - 4 strates végétales - couvrantes, rampantes, arbustes, arbres d'ombrage et espaces de potager partagés et privatifs - Au moins 2 arbres de haute tige seront plantés / 100m2 d'espaces végétalisés totalisés. Fosses de plantation de 6m3 minimum. Arbres plantés à au moins 3,5m		
La végétation sera très présente en bâtiment : toitures, dalles et façades végétalisées, espaces de potager partagés et privatifs		
Le coefficient de biodiversité sera précisé ainsi que les indicateurs de surfaces plantées, pleine terre, nombre de sujets...		
Les ouvrages nécessaires à la protection thermique ou acoustique, ou tout ouvrage de type double peau, seront considérés comme référence pour l'alignement, dès lors qu'ils constituent un ensemble architectural homogène et continu. L'implantation sur la rue Mal Leclerc se fera à l'alignement de l'emplacement réservé (Dans le cas de constructions adressées sur un espace public de type place, square, ... : retrait de 4 mètres)		
L'implantation sur l'avenue de Latre de Tassigny se fera avec un retrait de 4m minimum		
L'implantation sur les axes principaux se fera avec un retrait de 6 à 10 m en fonction de l'axe (Chapitre 2.2)		
L'implantation sur les axes secondaires se fera par rapport à l'axe de la voie: de 8m pour les voiries de plus de 10m et de 6m pour les voiries de moins de 10m (Chapitre 2.2)		
Les ouvertures en façades seront équilibrées, les murs aveugles proscrits, les éléments techniques bien intégrés		
Les logements seront conçus pour être adaptés au mode d'habiter "dedans / dehors", évolutifs		
Les compositions d'îlots et le traitement des limites conserveront les transparences visuelles		
Les limites permettront une identification claire des espaces privatifs et collectifs. Elles favoriseront l'intimité et le confort de chacun des espaces		
Les limites seront inscrites dans un massif végétal, dans une bande la largeur minimale 2m		
L'appropriation des jardins privatifs sera favorisée par la mise en place de limites végétalisées de hauteur 2m et longueur 3m minimum, pour une surface minimale de 8m2		
Les clôtures éventuelles seront de hauteur maximale 1,80m, simples et robustes, à barreaudage vertical de fers plats, de teinte gris foncé. Elles suivra la pente tout en maintenant les barreaudages verticaux. Les portails et ouvertures auront les mêmes dessins que le linéaire général. Les maçonneries de maintien ne seront pas visibles.		
Les mur bahut créole interdits sur les venelles et rues secondaires		
Le mobilier urbain aura un dessin soigné et adapté, sera sobre et simple		
La signalétique respectera les gabarits et matériaux prescrits et assurera la bonne lisibilité des espaces		
10 – Patrimoine et identité		
L'identité, la mémoire, la culture locale feront l'objet de propositions : ex image architecturale, animations...		

ECOQUARTIER PRUNEL - Prescriptions Prochaine échéance : xxx	
DYNAMISER LE TERRITOIRE	Développement territorial
11 – Economie locale et solidaire	
Le dynamisme territorial et son attractivité seront soutenus - ex création de bureaux, tiers-lieux, fablab, coworking, création ou maintien d'emplois et/ou de commerces, diversification de l'offre existante, services, crèches, restaurants inter-entreprises, artisanat local, tourisme, activité agricole, maison du vélo, réparations.....	
Privilégier l'implantation de locaux de bureaux ou d'activités le long des axes générateurs de flux tels que les Bd Lancastel, Sud et L. Rambaud	
Implanter des commerces, services et équipements publics en rez-de-chaussée des nouvelles opérations de logements le long de l'axe Maréchal Leclerc	
L'équilibre territorial sera renforcé : ex attractivité améliorée..., équilibre avec offre existante ou projetée	
L'économie sociale et solidaire aura une place dans le projet - ex ressourcerie, recyclerie, recours aux petites entreprises locales, petits producteurs, clauses d'insertion...	
12 – Ville des courtes distances	
Les services existants dans un rayon de 500m seront répertoriés et les services proposés dans le projet définis	
Des équipements et commerces quotidiens seront accessibles à moins de 400 mètres	
13 – Ressources et filières locales	
Le bois certifié FSC sera présent à hauteur minimale de 20 dm3 bois/m2 SDP - avec variantes à 30, 50 ou +	
L'empreinte carbone sera réduite, les filières locales valorisées, des analyses multicritères arbitrées par le MOA :	
<i>optimisation du stationnement</i> <i>revêtements de surfaces extérieures perméables : caillbotis, enrobés végétaux, chins de pneus en sous-couche, goyavier, granulats recyclés</i> <i>revêtements de surfaces extérieures robustes, pérennes</i> <i>mobiliers urbains robustes, pérennes - béton, bois tropical et basalte privilégiés</i> <i>protections solaires, ossatures : cryptoméria, goyavier, autres bois, métal filière sèche, alu...</i> <i>revêtements intérieurs : absence de revêtement de sol ou de faux plafond rapporté, sols végétaux, minéraux</i>	
Les labels seront recherchés pour les matériaux (Ecolabel) et les FDES / ACV requis	
ECOQUARTIER PRUNEL - Prescriptions Prochaine échéance : xxx	
DYNAMISER LE TERRITOIRE	Développement territorial
14 – TC - modes actifs - mobilité	
Les transports en commun seront facilement accessibles et guideront les choix de conception	
Les modes actifs seront prioritaires - ex vélos, modes alternatifs (skate, overboard...), piétons, poussettes, PMR, Les cheminements et maillages avec la ville seront clairement mis en valeur et maximisés pour créer des quartiers traversants.	
Les locaux 2 roues seront implantés en rdc, valorisés, sécurisés, abrités et des douches / vestiaires leur seront adjoints	
La voiture ne sera pas prioritaire : ex mutualisation, durée limitée, stationnement relais, gestion web de l'intermodalité, tarifs coordonnés ... covoiturage, auto-partage...2 roues motorisés,	
Les stationnements seront prioritairement conçus pour un nombre de place strictement optimisé, avec une référence à 0,8 place/logement.	
Les stationnements seront conçus pour pouvoir changer d'affectation, être éclairés et ventilés naturellement, sécurisés. Ils seront donc semi-enterrés, en rdc ou en ouvrage.	
La logistique urbaine sera structurée : livraisons, évacuations, secours... Les accès logistiques seront implantés sur les accès secondaires. Les accès sur rue principale devront être dérogatoires, précisément justifiés et dimensionnés pour ne pas induire de perturbation du trafic principal	
Au moins 20% (vérifier obligation réglementaire 50 ou 75%) des places de stationnement VL et 2 roues seront équipées de bornes de recharge électrique alimentées par le photovoltaïque	
15 – Transition numérique	
Le numérique sera déployé et support de services : ex fibre, réseaux partagés, accès wifi libre, de aux seniors, jardin numérique, ...	
Le BIM conception et/ou BIM exploitation sera mobilisé	
Des systèmes d'instrumentation des bâtiments seront installés afin d'assurer le suivi des puissances et consommations d'énergie, des consommations d'eau et des productions d'énergies renouvelables. Ce système devra garantir un accès externalisé aux données	
Une GTB de classe adaptée au projet (cf guide RAGE GTB) sera mise en œuvre avec un accès externalisable - elle permettra la régulation, reporting des comptages et sous-comptages par secteur et par usages, de l'énergie, de l'eau, de l'entretien maintenance...	

Annexe 2: Fiche de suivi des projets

ECOQUARTIER PRUNEL - Prescriptions		
Prochaine échéance : xxx		
CLIMAT ET ENVIRONNEMENT	Préservation et adaptation	
16 – Urbanisme adapté		
Les risques naturels seront qualifiés et minorés		
Les surfaces plantées, en pleine terre, la végétalisation du bâti, seront privilégiés pour réduire les îlots de chaleur. Le coefficient de biodiversité sera déterminé : ex végétalisation d'ombrage des espaces, toitures, façades, baies...		
La frugalité du bâti et son adaptation au climat seront impératifs :		
Les orientations seront pensées en cohérence avec le climat et permettront de planter et ombrager les abords : ex recul planté, débords...		
Les trames bâties seront étroites : ex de l'ordre de 10 à 12m - sans couloir central		
Des cœurs d'îlots apaisés pourront être proposés s'ils assurent une perméabilité piétonne, visuelle et aéraulique		
Les orientations Sud permettront de capter de l'éclairage naturel "froid", le Nord se satisfera de débords ou casquettes - Est et Ouest nécessiteront en revanche des doubles peaux ou protections solaires verticales		
Les protections solaires des toitures et façades seront à minima conformes à Perene ou Prebat et adaptées aux orientations		
Les protections solaires de baies et les ouvrants seront soumis à arbitrage du MOA par scénarios d'éco-conception. Déployées, elles permettront la ventilation naturelle, seront extérieures, orientables, relevables ou escamotables, adaptées aux orientations		
Les locaux seront prioritairement traversants et proposeront une pororsité d'au moins 20%		
L'éclairage sera naturel y compris en circulations, et les baies offriront des vues dégagées et prioritairement sur la végétation		
Les pièces humides seront en façade, les prises d'air d'au moins 1m2 et un brassage d'air sera prévu par un moyen précisé		
Le refroidissement actif de type climatisation sera optimisé après étude comparative des systèmes et modes de fonctionnement		
La maîtrise par les usagers du confort thermique (en passif ou refroidissement) , visuel et acoustique sera décrite		
Un zonage thermique sera établi, associé aux modes de fonctionnements distinguant Passif, Mixte et Refroidissement		
Les simulations thermiques dynamiques seront effectuées dans les locaux types représentatifs des blocs homogènes :		
Etape 1 : simulations en mode passif pour qualifier la performance du projet en passif		
Etape 2 : nouvelle simulation intégrant le scénario de référence du refroidissement pour qualifier le confort sur l'année		
3 scénarios seront proposés au MOA avec les usages et systèmes associés : "très économe et volontariste", "de référence" et "à éviter"		
17 – Sobriété - Energies renouvelables		
La frugalité de la conception et l'efficacité énergétique des systèmes seront impératifs.		
Les 3 bilans énergétiques détailleront la répartition entre usage ainsi que leur comparaison aux ratios globaux de référence en vigueur, au travers de scénarios "très économe et volontariste", "de référence" et "à éviter"		
systèmes de traitement d'air performant : ex EER>4, certification Eurovent		
éclairage artificiel performant : ex éclairage à leds A++, sectorisés, mobiles, gradés...		
autres systèmes performants : informatique, cuisson, froid alimentaire		
La capacité de production d'énergies renouvelables sera anticipée, quantifiée et les mesures conservatoires prévues pour permettre le raccordement au réseau, l'auto-consommation, l'alimentation des véhicules électriques... Les modalités de montage et d'usage seront précisées : ex eau chaude solaire (y/c lave-vaisselle) , photovoltaïque...		
Le réseau de bornes d'apport volontaire sera cartographié et intégré aux projets. Chaque emplacement doit être accessible aux piétons, voitures, véhicules de collecte, respectueux de la sécurité routière		
L'intégration des locaux de stockage des déchets dans le bâti est obligatoire et réalisée de manière discrète et qualitative. Ils doivent être proches des points de collecte et les circuits de transport internes et externes doivent être précisés		
Les locaux déchets respectent ces prescriptions : local dédié, clos, ventilé, fermé hermétiquement, avec siphon de sol et point d'eau, carrelé au sol et en mural		
Les déchets de chantier seront triés et valorisés, tracés par bordereaux de suivi de déchets en distinguant à minima : inertes, métal, verts, bois traité, bois non traité, cartons/plastiques/papiers, dangereux		
Les déconstructions seront imposées. Les déchets de déconstruction seront triés, valorisés et tracés par BSD		
Une charte de gestion de chantier à faibles nuisances sera intégrée aux marchés de travaux pour maîtriser notamment les flux, les emprises, le bruit, les poussières, les vues et les déchets		
19 – Eaux : gestion raisonnée		
Les eaux de pluies seront gérées en priorité en surface, par infiltration, rétention puis réutilisation en cohérence avec les données géotechniques : ex noues, drains, caillebotis, bassins de rétention, toits et façades végétalisés, ouvrages submersibles, eaux de crues mises en scène... Les transparences hydrauliques doivent être respectées. L'imperméabilisation sera de 30% maximum des surfaces libres de construction sinon : Au moins 50% des surfaces extérieures aménagées en voirie, accès et stationnement doivent être perméables ET/OU :		
Toute opération doit intégrer des surfaces perméables correspondant au cumul des surfaces suivantes :		
- 20% de la surface de la parcelle doit être en pleine terre et plantée		
- Maximum 70% de la parcelle peuvent être aménagés		
- 10% de la parcelle doivent être "laissés libres de toute construction"		
- 30% des surfaces libres peuvent être imperméables		
L'eau potable sera économisée et remplacée par de l'eau brute : ex forage en nappe ou eaux pluviales si accord Etat		
Les "eaux vannes" et "eaux grises" seront séparées jusqu'au réseau public, et pré-traitées sur site si accord Etat - Les eaux grises peuvent être utilisées pour l'arrosage sous réserve de validation par les services instructeurs compétents et du respect de la régmlementation en vigueur		
20 – Biodiversité – Gestion et usages		
Les espaces seront pensés comme un milieu, un écosystème à générer sur des continuités écologiques. Les végétaux existants seront identifiés par un écologue, repérés sur site et protégés		
Les espaces végétalisés seront conçus avec les gestionnaires : ex strates végétales entretenues à la main, mulch, pas d'engazonnement pour éviter les nuisances du débroussaillage, pas de produits phytosanitaires, mulch		
La palette végétale prescrite sera respectée, favorisera les essences indigènes et endémiques, sera conforme à la DAUPI et proposera au moins 30 essences différentes pour 1000m2 sauf justification particulière.		
La faune sera soutenue et réintroduite : ex éclairage, corridors écologiques, nichoirs, ruches, éfarouchage par sons de prédateurs,... La protection de la faune respectera les préconisations de la SEOR notamment en matière d'éclairage, dirigé vers le bas, porteur du label "pétrels protégés". Les sources de pollution lumineuses sont prosrites (signalétique...)		

2.2 PIÈCES À FOURNIR PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE

ECOQUARTIER PRUNEL			
PIECES A FOURNIR PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE		AUTO EVALUATION	SUIVI VILLE
PLANS ET ELEMENTS GRAPHIQUES			
Plan masse	Échelle: du 1:100 au 1:500		
Plan de gestion du foncier et de traitement des limites	Échelle: du 1:250 au 1:1000		
Plan des flux	Échelle: du 1:250 au 1:1000		
Plan de chaque niveau y/c locaux techniques	Échelle: du 1:100 au 1:250		
Coupes	Échelle: du 1:50 au 1:200		
Façades	Échelle: du 1:50 au 1:200		
Plan de toiture y compris équipements techniques	Échelle: du 1:100 au 1:250		
Plan paysage, gestion de l'eau, des risques, biodiversité	Échelle: du 1:100 au 1:500		

Élément significatif du projet - Satisfaisant

Point de vigilance à vérifier - Passable

Point de vigilance à corriger / Insuffisant

- Élément significatif du projet - Satisfaisant
- ▲ Point de vigilance à vérifier - Passable
- ✗ Point de vigilance à corriger / Insuffisant

NOTICE PILOTAGE DU PROJET

- Présentation note descriptive et grille écoquartier complétée
- Organigramme projet
- Organigramme et compétences de la Maîtrise d'oeuvre
- Programme de l'opération: nombre de logements, surface de non résidentiel, services...
- Notice concertation avec les usagers : modalités, résultats, arbitrages, exigences gestionnaires
- Modalités de gestion documentaire notamment avec la Ville: création d'une GED partagée avec la ville et son équipe, ou à minima mise à disposition d'une plateforme de partage des données du prihet
- Analyses multicritère en coût global réalisées: fourniture des études et bilan en coût global réalisés
- Lettre d'engagement en certification, profil et échéancier
- Engagement à respecter le référentiel, évaluation de la phase: évaluation par l'équipe MOA AMO MOE vis à vis du référentiel de certification retenu, rapport d'audit de certification de chaque phase

NOTICE EXPLICATIONS THÉMATIQUES:

- Paysage, gestion de l'eau, des risques, biodiversité
- Mobilités, accessibilité
- Conception bioclimatique, indicateurs, toitures végétalisées
- Matériaux de construction, réemploi
- Adaptabilité / extensibilité
- Maintenance, entretien
- Convivialité, vivre ensemble, intimité
- Acoustique
- Santé
- Sécurité
- Accessibilité
- Transition numérique, BIM, GTB
- Énergies
- Déchets

An aerial photograph of a city street intersection. A dotted white circle is drawn around a central area, highlighting a specific location. The text "3. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES" is overlaid on this circle. The surrounding area includes various buildings, a road with traffic, and some greenery.

3. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES

SUIVI DES REVISIONS

Révision A 28/04/20 – création

Révision B 30/04/20 – mise à jour

- modification de la formulation du § 10.2.4

Révision C 18/06/20 – mise à jour suite à échanges avec la MO

- prise en compte des puits dépressionnaires
- prise en compte des bruits de chantiers

Révision D 03/07/20 – mise à jour suite à remarques client du 26/06/20

- précisions sur les puits dépressionnaires
- précisions sur les bruits de chantiers

Sommaire

1. MISSION	7
2. SYNTHESE	8
3. TABLEAU DES PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL	9
4. GENERALITES SUR LE BRUIT	16
4.1. Le son, un phénomène physique	16
4.1.1. La pression acoustique	17
4.1.2. Le décibel	17
4.1.3. Les fréquences sonores	18
4.1.4. L'oreille humaine	19
4.1.5. La propagation du son	19
4.1.6. Le son et les obstacles	19
4.2. Le bruit	21
4.2.1. La nuisance	21
4.2.2. Les effets du bruit sur la santé	21
4.2.2.1. La perte d'audition	21
4.2.2.2. Les autres effets sanitaires du bruit	22
4.2.3. Se protéger du bruit	22
4.3. Cas particulier du bruit du trafic routier	23
5. LE BRUIT DANS LA VILLE	25
5.1. Typologie des bruits urbains	25
5.1.1. Les bruits de comportement des personnes.	25
5.1.2. Les bruits d'activités	26
5.1.3. Les bruits des transports	26
5.2. Aspects réglementaires et juridiques liés au bruit	27
6. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL - BRUITS DE COMPORTEMENT	29
6.1. L'éducation et la formation aux effets du bruit	29
6.2. La sensibilisation aux effets du bruit	29
6.3. La médiation des conflits	30
7. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL – ACTIVITES ECONOMIQUES	31
7.1. Les équipements techniques extérieurs	31
7.1.1. Les extracteurs d'air	31
7.1.2. Les condenseurs des machines de production de froid	34

7.1.3.	Autres cas en extérieur	35
7.2.	Les équipements techniques intérieurs	36
7.3.	Bruits de véhicules induits par l'activité	38
7.3.1.	Le trafic de véhicules induits par une activité économique	38
7.3.2.	Les livraisons	39
7.4.	Les établissements diffusant de la musique amplifiée	40
8.	PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL - AMENAGEMENTS ROUTIERS.....	42
8.1.	Prendre en compte le bruit dans la conception ou la réhabilitation des voies.....	43
8.1.1.	Influence du débit de véhicules	43
8.1.1.1.	Principes acoustiques	43
8.1.1.2.	Exemple de l'axe mixte	43
8.1.1.3.	Préconisations PRUNEL relatives au débit des véhicules	45
8.1.2.	Influence de la vitesse	46
8.1.2.1.	Principes acoustiques	46
8.1.2.2.	Exemple de la limitation de la vitesse par des panneaux et des radars	47
8.1.2.3.	Exemple de la limitation de la vitesse par des ralentisseurs	50
8.1.2.4.	Exemple de la limitation de la vitesse par la création d'une « zone 30 »	52
8.1.2.5.	Préconisations PRUNEL relatives à la vitesse	53
8.1.3.	Influence du nombre de poids lourds	54
8.1.3.1.	Principes acoustiques	54
8.1.3.2.	Exemple de l'interdiction de circulation aux poids lourds	55
8.1.3.3.	Préconisations PRUNEL relatives au nombre de poids lourds	55
8.1.4.	Influence de la fluidité du trafic	56
8.1.4.1.	Principes acoustiques	56
8.1.4.2.	Exemple d'un giratoire remplaçant un carrefour à feux	56
8.1.4.3.	Exemple d'une onde verte	57
8.1.4.4.	Préconisations PRUNEL relatives à la fluidité du trafic	58
8.1.5.	Influence du type de couche de roulement	59
8.1.5.1.	Principes acoustiques	59
8.1.5.2.	Durabilité des performances des revêtements acoustiques routiers	61
8.1.5.3.	Exemple du remplacement d'un revêtement R3 par un revêtement R1	62
8.1.5.4.	Préconisations PRUNEL relatives aux revêtements routiers	62
8.1.6.	Influence de la topographie	63
8.1.6.1.	L'effet de la pente de la voie	63
8.1.6.2.	L'implantation des chaussées en décaissé avec ou sans couverture	64
8.1.6.3.	Préconisations PRUNEL relatives à la topographie	65
8.2.	Les dispositifs constructifs anti-bruit en bord de voies	66
8.2.1.	Les murs et écrans anti-bruit	66
8.2.1.1.	Principes acoustiques	66
8.2.1.2.	Exemple d'un mur anti-bruit en bord du boulevard LANCASTEL	69
8.2.1.3.	Préconisations PRUNEL relatives aux murs anti-bruit	70
8.2.2.	Les écrans anti-bruit urbains	71
8.2.3.	Les merlons	73
8.2.3.1.	Principe acoustique	73
8.2.3.2.	Exemple	74

8.2.3.3.	Préconisation PRUNEL relative aux talus.....	74
8.3.	Les émissions sonores des véhicules électriques	75
8.3.1.	Principe acoustique.....	75
8.3.2.	Préconisations PRUNEL relatives aux véhicules électriques	76
8.4.	Aspect acoustique réglementaire des aménagements routiers	77
9.	PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL - ESPACES PUBLICS	78
9.1.	Les espaces publics bruyants.....	78
9.1.1.	L'entretien des espaces publics	78
9.1.2.	Les aires de jeux.....	79
9.1.3.	Les équipements sportifs.....	80
9.1.4.	Les salles des fêtes municipales.....	81
9.1.5.	Les concerts de plein air	83
9.1.6.	Les parkings.....	85
9.1.7.	Les stations de traitement de l'eau	86
9.2.	Les espaces publics apaisants.....	88
9.2.1.	Les zones piétonnes.....	88
9.2.2.	Les espaces naturels	89
9.2.2.1.	L'influence de la nature du sol	89
9.2.2.2.	Les espaces boisés	90
9.2.3.	Le masquage sonore	91
10.	PRESCRIPTIONS PRUNEL - CONSTRUCTION ET REHABILITATION DE BATIMENTS..	92
10.1.	L'implantation des bâtiments	92
10.1.1.	L'influence de la distance et de la hauteur	92
10.1.2.	Effet de masque du bâtiment de bord de voie	94
10.1.3.	Optimisation des hauteurs des bâtiments.....	95
10.1.4.	Effet de la discontinuité des constructions en bord de voie.....	96
10.2.	La conception acoustique des bâtiments en milieu tropical	97
10.2.1.	Les réglementations en vigueur à La Réunion	97
10.2.1.1.	Dispositions acoustiques applicables à tous les bâtiments de logement à La Réunion.....	97
10.2.1.2.	Construction dans des secteurs affectés par le bruit routier à La Réunion	97
10.2.1.3.	Les autres textes	98
10.2.2.	Le choix des façades exposées au bruit routier	99
10.2.3.	Les difficultés constatées liées à la ventilation naturelle traversante	100
10.2.4.	Niveau de bruit au rez-de-chaussée	101
10.2.5.	Les protections de façade	104
10.2.5.1.	Les claustras	104
10.2.5.2.	Les lames de brise soleil	105
10.2.5.3.	Les loggias et les balcons.....	106
10.2.6.	Les portes, les fenêtres et les fermetures.....	107
10.2.7.	La ventilation naturelle	108
10.2.8.	Les équipements techniques externes	110
10.2.9.	Cas particulier des établissements scolaires.....	111

11.	PRESCRIPTIONS PRUNEL – METHODOLOGIES DE PROJETS.....	113
11.1.	Définition de zones apaisées	113
11.2.	Cahier des charges d’une étude d’impact acoustique.....	114
11.3.	Acoustique en phases de conception et de réalisation	115
11.4.	Bruits des chantiers de construction ou de démolition	115
11.5.	Contrôle acoustique des opérations.....	116
12.	CONCLUSION	117
13.	BIBLIOGRAPHIE.....	118

1. MISSION

Dans le cadre du projet PRUNEL, Programme de Renouvellement Urbain Nord Est Littoral, la Ville de SAINT DENIS (LA REUNION) souhaite prendre en compte l'impact du bruit sur les populations.

Cette démarche est à la fois générale sur cette zone de 60 hectares, mais également ciblée sur des zones particulières où la Ville prévoit de réaliser des projets à moyen terme.

- Un **diagnostic acoustique**, effectué fin 2019 par PHPS, a tout d'abord permis de réaliser un état initial de l'exposition au bruit routier de l'ensemble des bâtiments de la zone concernée (document n°CP00314920).
- Ce diagnostic s'est appuyé sur des **mesures réglementaires de bruit routier**, effectuées sur le terrain (document n°CP00314910).



Le périmètre PRUNEL à Saint-Denis (La Réunion)

- Ce diagnostic étant posé, l'étude acoustique PRUNEL se complète par des **préconisations techniques acoustiques**, objet du présent document. A destination des futures équipes de concepteurs des projets PRUNEL, elles permettront d'orienter leurs choix en intégrant l'objectif d'un meilleur confort acoustique des lieux de vie.

AVERTISSEMENT

Les **valeurs numériques** indiquées dans ce rapport **sont des ordres de grandeur**. Elles sont précisées afin de faciliter la compréhension et de permettre de disposer d'une vision globale. Chaque projet étant spécifique, le lecteur devra s'abstenir de les utiliser telles quelles et effectuer des études acoustiques adaptées.

2. SYNTHÈSE

Pour ceux qui souhaiteraient aller directement à l'essentiel, voici une synthèse des prescriptions acoustiques PRUNEL. Elle est utilement complétée par le tableau récapitulatif en pages suivantes.

Dans ce document, l'auteur s'est attaché à ne faire figurer aucune formule mathématique, ni aucune notation complexe. Une large place est laissée à l'exemple, à travers des schémas, des photos et quelques simulations numériques graphiques sur la zone PRUNEL, illustrées par des gains chiffrés en termes de réduction de bruit.

Après quelques **généralités sur le bruit**, volontairement très simplificatrices, un paragraphe donne un éclairage sur **la place du bruit dans la ville** et en particulier sur les **enjeux de santé publique** qui lui sont attachés.

Les **préconisations acoustiques** sont ensuite abordées par grands chapitres, correspondant chacun aux centres d'intérêts des différents intervenants appelés à participer au projet PRUNEL :

- Les bruits liés aux comportements humains
- Les bruits liés aux activités économiques
- Les bruits de la circulation routière
- Les bruits dans les espaces publics
- Les bruits dans les bâtiments
- La prise en compte du bruit dans les projets

A la lecture de ce document, le lecteur comprendra la **complexité** du bruit urbain, telle qu'il faudra l'intégrer au projet PRUNEL. Une complexité liée au fait que le bruit est **un phénomène physique ardu**, souvent difficile à maîtriser. Enfin, une complexité provenant de **l'extrême diversité des sources de bruit**, dont une majorité se retrouve malheureusement dans la ville.

Le lecteur comprendra également que la prise en compte idéale de l'aspect acoustique se fait souvent au détriment d'autres sujets, comme le confort thermique, l'optimisation des espaces à construire ou encore l'efficacité du réseau routier. Il sera donc nécessaire de **trouver des compromis globaux**, ce qui dépasse la portée de ce document.

A la lecture des niveaux de gains envisageables dans le tableau qui suit, finalement individuellement assez faibles, le lecteur se rendra compte que le confort acoustique s'obtient par **l'addition de mesures favorables**, et non par une solution miracle. On retiendra, par exemple, qu'une réduction de niveau sonore de – 2 dBA est en général peu perceptible et qu'une amélioration satisfaisante se commence à partir de – 10 dBA.

Il s'agira enfin, pour les promoteurs et les concepteurs des projets, d'**adopter une attitude systématiquement vigilante aux problématiques acoustiques** dès le début de la conception des infrastructures ou des bâtiments afin de prendre leurs décisions après une **analyse exhaustive** de la problématique du bruit.

3. TABLEAU DES PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL

Ce tableau synthétique est conçu comme un **aide-mémoire** à destination des assistants à la Maîtrise d’Ouvrage, pour l’examen préalable des risques acoustiques des opérations futures sur le périmètre de PRUNEL. Il propose également des méthodes de traitement acoustique et les gains envisageables.

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
BRUITS DE COMPORTEMENT	Education et formation aux effets du bruit	• Interventions en milieu scolaire. • Projets, expositions. • Formation des intervenants.	Impacts de long terme
	Sensibilisation aux effets du bruit	• Signalétique.	
	Médiation des conflits	• Identification, rôle et visibilité des interlocuteurs. • Recensement des demandes et du suivi de leur traitement. • Désignation et formation de médiateurs du bruit.	
ACTIVITES ECONOMIQUES	Equipements techniques extérieurs	• Traitement acoustique des extracteurs d’air. • Traitement acoustique des évaporateurs des équipements de froid. • Idem pour d’autres cas moins fréquents (pompes,...).	Mise en conformité réglementaire
	Equipements techniques extérieurs	• Faire procéder aux calculs exigés par la réglementation lors de la conception des projets.	
	Bruits de véhicules induits par l’activité	• Trajets alternatifs. • Murs-anti bruit. • Livraisons des commerces dans des zones non sensibles ou aménagées.	
	Etablissements diffusant de la musique amplifiée	• Réaliser au plus tôt l’étude d’impact des nuisances sonores demandée par la réglementation. • Aménager les lieux de façon spécifique (isolation, limiteur,...).	

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
AMENAGEMENTS ROUTIERS	Réduire le débit de véhicules	• Opter pour des voies TCSP quand c'est possible. • Limiter autant que possible le débit de circulation des véhicules près des logements.	• -3 dBA pour une diminution du trafic de moitié.
	Réduire la vitesse des véhicules	• De façon générale, limiter la vitesse en ville. • Créer des zones 30, en maintenant au mieux la fluidité du trafic. • Eviter autant que possible les ralentisseurs, en tout cas les bandes rugueuses, pavées et les reliefs prononcés.	• -2,5 dBA pour réduction de 70 à 50 km/h. • De -1 dBA à -4 dBA. • De +1 à +4 dBA.
	Limiter le nombre de poids lourds	• Restreindre l'accès des poids lourds aux zones urbaines. • Faciliter leur transit en périphérie.	• -1,8 dBA pour une réduction du taux de PL de 10% à 1%.
	Augmenter la fluidité du trafic	• Assurer une fluidité maximale du trafic en limitant le recours aux feux tricolores et aux stops. • Mais prendre garde à ce que la vitesse n'augmente pas. • Mettre en place des giratoires. • Mettre en place des ondes vertes.	• -2 à -5 dBA • -3 dBA par endroits
	Rénover et entretenir les couches de roulement	• Mettre en place des revêtements acoustiques avec une étude préalable. • Etant données les faibles vitesses relevées sur le réseau routier de PRUNEL, les gains à attendre en optant pour des revêtements acoustiques performants seront relativement limités.	• -1,5 dBA

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
AMENAGEMENTS ROUTIERS	Utiliser la topographie des sites	• Eviter les fortes pentes. • Installer les chaussées en décaissé. • Couvrir les chaussées et traiter l'acoustique des entrées de tunnels.	• - 1 dBA à 6% • Voir écrans • Très important, jusqu'à un trafic inaudible.
	Mettre en place des murs anti-bruit	• Prévoir des murs anti-bruit dès la conception. • Dimensionner les murs anti-bruit par le calcul.	• De 0 à -10 dBA suivant le point de réception
	Mettre en place des écrans anti-bruits urbains	• Murets au plus près du trafic. • Utilisables dans des configurations urbaines particulières.	• De – 7 à – 9 dBA
	Prévoir des merlons	• Dans la mesure du possible, le milieu urbain ne s'y prêtant pas particulièrement.	• De 0 à -10 dBA suivant le point de réception
	Favoriser la circulation des véhicules électriques	• Pas de gain en très basse vitesse (systèmes de bruit artificiel) sauf à l'arrêt. • Gain en basse vitesse uniquement.	• 0 dBA • De -0,7 dBA à -1,6 dBA

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
ESPACES PUBLICS BRUYANTS	Entretien des espaces verts	- Respecter des horaires adaptés. - Utiliser des souffleurs électriques.	Variables suivant les projets
	Aires de jeux	- Choisir des lieux n'impactant pas les riverains. - Protection par des merlons ou des murs.	
	Equipements sportifs	- Prévoir une orientation favorable - Aérations traitées ne laissant pas passer le bruit (chicanes)	
	Salles des fêtes municipales	- Encadrer les horaires d'utilisation. - Fermer et climatiser les salles - Equiper les salles de haut-parleurs et de limiteurs.	
	Concerts de plein air	- Imposer le lieu d'émission (scène). - Scènes couvertes à parois absorbantes. - Orienter la scène au mieux	
	Parkings	Etudier l'impact des parkings avant de procéder à leur implantation.	
	Stations de traitement d'eau	- Silencieux, portes acoustiques et traitement absorbant. - Eviter les jalousies d'aération.	
ESPACES PUBLICS APPAISANTS	Zones piétonnes	- Etudier l'aménagement de façon globale. - Minimiser les autorisations de passage. - Procéder à une signalisation de la zone. - Eviter des revêtements de sol bruyants.	
	Espaces naturels	- Effets sensibles uniquement pour des grandes étendues (-2 dBA / 50 m) - Effet psychologique	
	Masquage sonore	- Fontaines - Musique d'ambiance - Utilisation locale	

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
CONSTRUCTION ET REHABILITATION DE BATIMENTS	Influence de la distance et de la hauteur	- Reculer les bâtiments par rapport aux voies. - Planter des bâtiments tertiaires en bord de voie.	Estimation – 3 dBA par doublement de la distance.
	Masque entre bâtiments	Utiliser l'effet de masque pour créer des zones calmes à l'arrière des bâtiments de première ligne.	Estimation – 8 dBA
	Optimisation des hauteurs	Pour utiliser tout le potentiel des zones calmes à l'arrière des bâtiments de première ligne.	Estimation – 8 dBA
	Discontinuité des constructions en bord de voie	Assurer une continuité des constructions en bord de voie.	Estimation – 10 dBA
	Choix des façades exposées au bruit routier	- Utiliser les façades donnant sur les voies pour implanter des circulations ou des pièces secondaires. - Planter en bord de voie des bâtiments tertiaires	Suivant projet
	Difficultés liées à la ventilation naturelle traversante	- Etude d'impact acoustique préalable pour un bâtiment à ventilation naturelle traversante dans un secteur affecté par le bruit. - Adapter la conception de la ventilation traversante (écrans, mur anti-bruit, chicanes, ...)	Suivant projet
	Effet de hauteur à l'intérieur des logements	Installation de locaux d'activité aux rez-de-chaussée des immeubles de logement	Estimation – 5dBA

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
CONSTRUCTION ET REHABILITATION DE BATIMENTS	Protections de façade	• Installation de claustras, de brise-soleil, de loggias ou de balcons munis d'absorbant phonique. • Gains à considérer avec prudence.	• - 2 à - 5 dBA
	Portes, fenêtres et fermetures	• Préférer les baies à frappe aux baies coulissantes. • Eviter les jalousies pour les façades exposées au bruit. • Surveiller les coffres de volets roulants.	• +10 dBA pour une jalousie
	Ventilation naturelle	• Etudier l'impact acoustique. • Eviter les façades exposées au bruit routier. • Etudier l'intérêt des puits dépressionnaires.	
	Cas particulier des établissements scolaires soumis au bruit routier	• Etude d'impact acoustique. • Ne pas orienter les salles vers les voies. • Prévoir des murs anti-bruit. • Ne pas utiliser de jalousies sur les voies.	

Domaine	Principes	Méthodes	Gains acoustiques envisageables
METHODOLOGIE DE PROJETS PRENANT EN COMPTE L'ACOUSTIQUE	Définition de zones apaisées	Définir un zonage où le confort acoustique est demandé.	
	Etudes d'impact acoustique	Réaliser des études d'impact acoustique dès qu'un risque est détecté au niveau du programme.	
	Maintenir l'effort acoustique en phases de conception et d'exécution	- Opter pour des labels ou des certifications qui imposent des objectifs acoustiques. - Réaliser des essais intermédiaires.	
	Bruits de chantiers	- Evaluation préalable de la nuisance (étude et mesures d'état initial). - Demande explicite au DCE. - Surveillance des chantiers (ponctuelle ou automatisée).	
	Contrôle acoustique en fin d'opération	Prévoir des missions de contrôle acoustique en fin de projet.	

4. GENERALITES SUR LE BRUIT

4.1. Le son, un phénomène physique

Le son est un phénomène physique complexe, voici cependant quelques éléments simples nécessaires à la bonne compréhension de l'étude qui va suivre.

Soucieux que chacun puisse aborder le sujet avec facilité, l'auteur a fait le choix d'une vulgarisation très certainement abusive. Il s'en excuse par avance auprès des spécialistes.

Même si nous l'oublions souvent, nous vivons en permanence dans l'**air**, un mélange gazeux essentiel à notre survie.

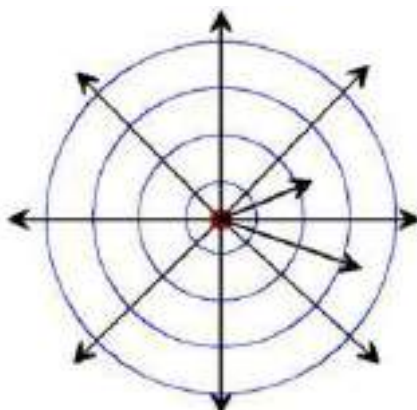
A l'image de l'eau qui s'agite lorsqu'on y jette un caillou, l'air peut également être mis en **mouvement** par des événements divers, tels que des chocs (une portière qui claque) ou des vibrations (celles des cordes vocales humaines).

Ce mouvement se **propage** alors dans l'air, toujours comme l'onde à la surface de l'eau, mais cette fois-ci dans l'espace complet autour du point d'émission.



Onde dans l'eau

Ce mouvement d'air qui se propage en ondulant est le **son**. Nos tympans sont des récepteurs de ce mouvement et le traduisent en informations transmises au cerveau.



La propagation du son dans l'espace depuis son point d'émission

4.1.1. La pression acoustique

Les physiciens qui ont étudié le son l'ont rattaché à la **pression de l'air** ambiant. Sans rentrer dans des considérations trop techniques, l'air qui nous entoure possède une certaine masse, même si elle est très faible. De ce fait, il exerce sur nous un poids, qui correspond à une **pression atmosphérique**.

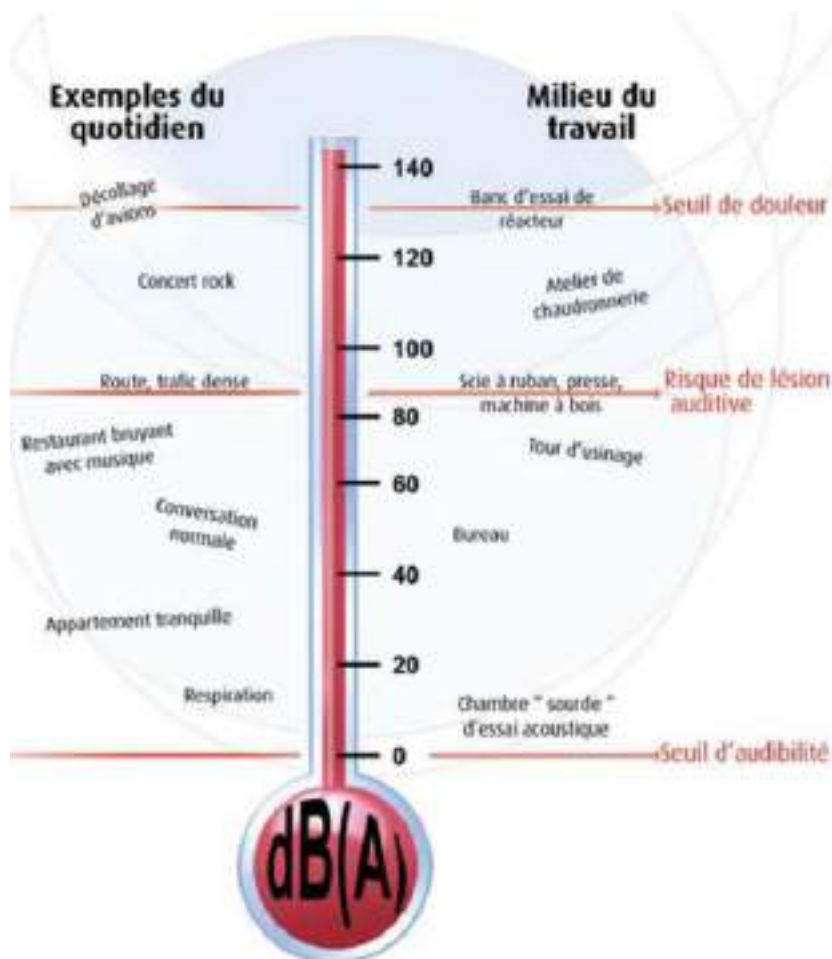
Le son correspond ainsi à une **variation de la pression atmosphérique**, relativement rapide et intense, qui chemine dans l'air ambiant.

4.1.2. Le décibel

Les premières études du son ont mis en évidence une première difficulté : d'importantes variations de la pression sonore ont été constatées. Tellement importantes que les chiffres à comparer n'avaient plus rien à voir les uns avec les autres.

On a donc choisi de s'intéresser non plus aux valeurs de la pression elles-mêmes, mais aux « nombres de chiffres » utilisés pour les écrire. Par exemple, 10 devenait 2, 100 devenait 3, 1000 devenait 4 et ainsi de suite. Le décibel était né.

Il est de coutume de présenter une échelle des décibels pour que chacun puisse se faire une idée de ce qu'ils représentent. Ne dérogeons donc pas à la règle.



L'échelle des décibels

Les valeurs numériques sur le graphique indiquent un **niveau de pression acoustique**, qui correspond en quelque sorte au « volume » du son.

On a coutume de noter ce dernier **L**, de l'anglais « Level » qui veut dire niveau.

Il correspond à l'amplitude du mouvement de l'air : plus l'ondulation de l'air est importante, plus le son est « fort ».

4.1.3. Les fréquences sonores

En plus de son niveau, le son possède une caractéristique supplémentaire : il peut être **grave** ou **aigu**.

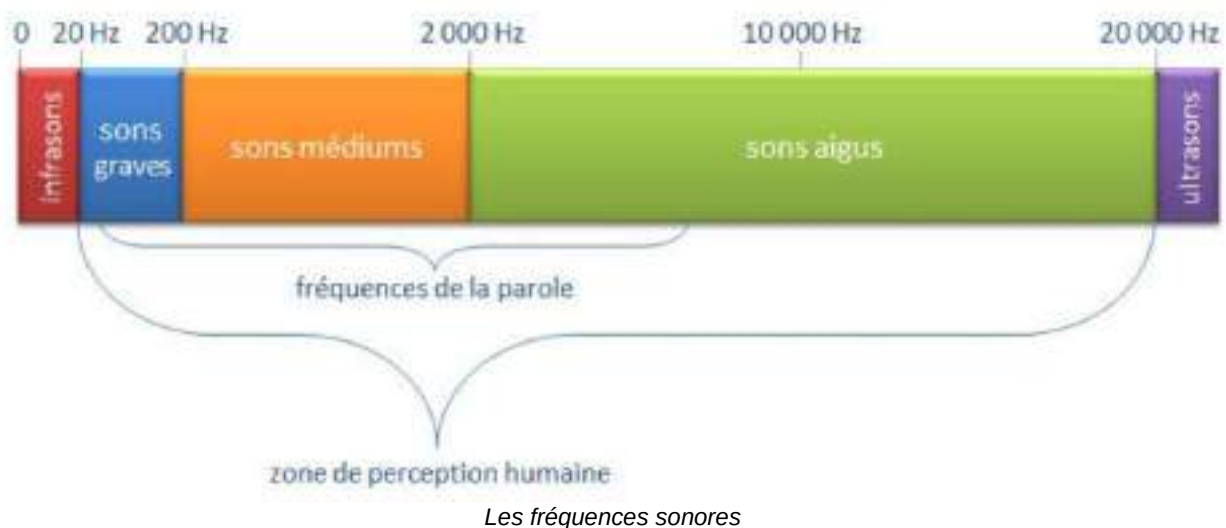
Il s'agit en fait de la façon dont se fait l'ondulation de l'air : si l'ondulation est très rapide, le son est aigu. Si cette ondulation est plus lente, le son est grave.

On a choisi de représenter cette caractéristique par la **fréquence** du son :

- Les sons aigus, à ondulation rapide, ont une haute fréquence.
- Les sons graves, à ondulation lente, ont une basse fréquence.

La fréquence est exprimée en Hertz (notés Hz). Elle correspond au nombre d'ondulations par seconde.

L'oreille humaine entend les fréquences entre 20 Hz et 20 000 Hz.



4.1.4. L'oreille humaine

Il se trouve que l'oreille humaine n'entend pas toutes les fréquences de la même façon. Elle entend plutôt mal les basses fréquences, plutôt bien les médiums et un peu moins bien les aigus.

Il est nécessaire de tenir compte de ce phénomène lorsqu'on étudie les effets du son sur l'homme : pour évaluer la perception humaine du son, on va réduire l'importance des basses et un peu celle des aigus.

Ce procédé s'appelle une pondération et dans le cas de l'oreille humaine, il s'agit de la **pondération A**. On ne parle plus de décibels – dB - mais décibels pondérés A - dB(A).

4.1.5. La propagation du son

Le son se propage ainsi librement dans l'air depuis son point d'émission avec une vitesse de l'ordre de 340 mètres par seconde, mais cette vitesse est variable suivant la température, l'hygrométrie, l'existence de vent favorable ou contraire ...

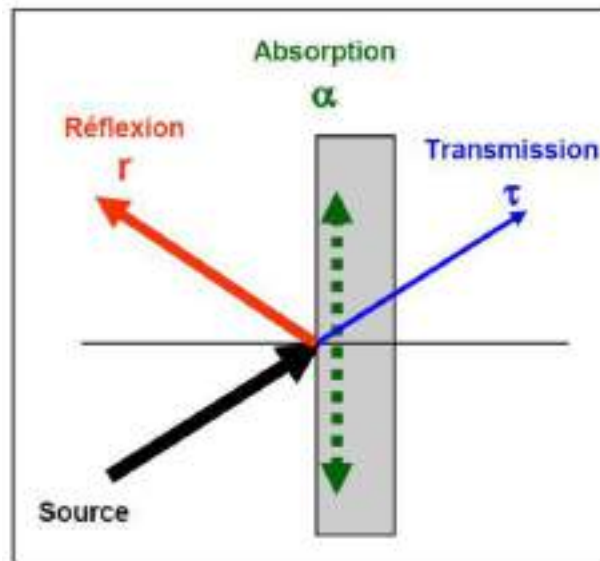
Au fur et à mesure qu'il s'éloigne de sa source, le son se « dilue » dans l'espace. Pour s'en convaincre on imaginera des sphères concentriques de plus en plus grandes. Ce phénomène s'appelle la **divergence géométrique**.

Une (savante) formule permet de connaître le niveau du son connaissant la distance qui sépare le point d'écoute du point d'audition. Disons juste que, si rien n'arrête l'onde, le niveau baisse de 6 dBA chaque fois qu'on double la distance depuis la source.

4.1.6. Le son et les obstacles

Lorsque le son rencontre un obstacle, trois phénomènes se produisent simultanément, avec plus ou moins d'importance :

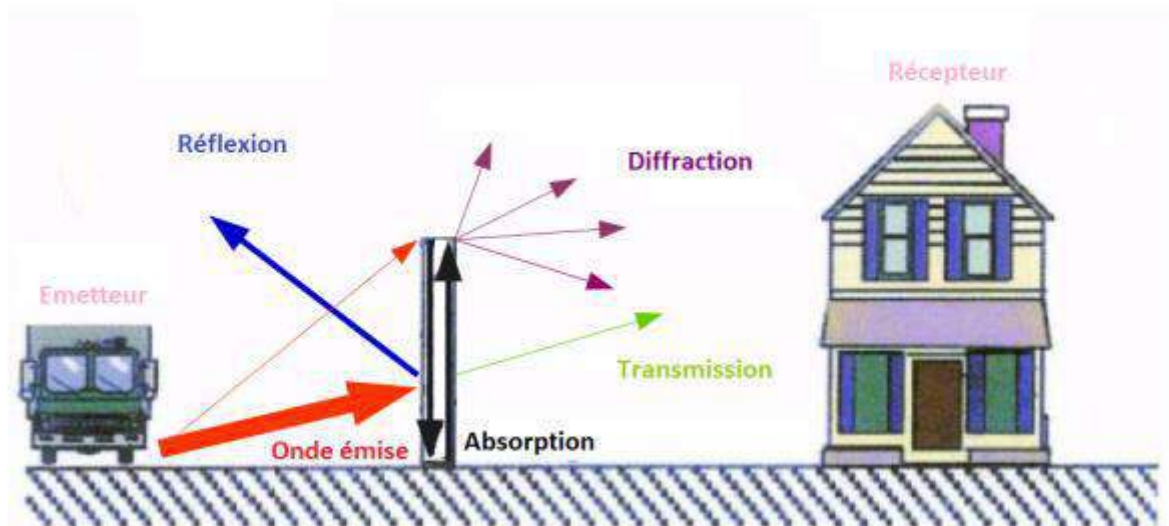
- Une partie du son peut être **réfléchi**e par l'obstacle (en rouge)
- Une autre partie peut être **transmise** à travers l'obstacle (en bleu)
- Enfin, une autre partie peut être **absorbée** par l'obstacle (en vert) qui le transforme en chaleur.



Comportement d'une onde sonore à la rencontre d'un obstacle

Pour être complet, ajoutons que la réflexion peut se faire parfaitement symétrique à l'image d'un miroir, comme ci-dessus, on parle alors de **réflexion spéculaire**.

Dans certains cas, le son n'est pas réfléchi de façon symétrique mais éclaté en une multitude de rayons dans toutes les directions. On parle alors de **diffraction**. Ce phénomène est observable au sommet des écrans anti bruit routiers.



Diffraction du son sur un écran routier

4.2. Le bruit

Un bruit est un son perçu comme **désagréable**.

Deux aspects sont cependant à dissocier :

- La **nuisance sonore**, qui correspond à une gêne prononcée subie par une personne. On comprend qu'il s'agit maintenant de perception humaine, avec tout ce que cela comporte de **subjectif**.
- Les **effets du bruit sur la santé** qui sont bien définis scientifiquement.

4.2.1. La nuisance

Afin de caractériser la nuisance, plusieurs approches sont possibles :

- **Faire constater** le caractère nuisible par un tiers assermenté (agent de l'état, huissier,...) sans qu'aucune mesure acoustique ne soit nécessaire. C'est par exemple le cas pour les troubles de voisinage liés à un comportement désinvolte de particuliers (musique, animaux,...).
- Réaliser des mesures de **niveau sonore** et comparer les résultats à des seuils. A titre d'illustration, le niveau de 60 dBA à 2 m d'une façade caractérise une exposition notable à un bruit routier en période de jour.
- Réaliser des mesures d'**émergence sonore** et comparer les résultats à des seuils. L'émergence sonore est l'augmentation du niveau sonore dans l'environnement lorsque la nuisance apparaît. Par exemple, la mise en route de la ventilation d'un boulanger ne doit pas augmenter le niveau sonore de plus de 3 dBA chez son voisin pendant la nuit.

4.2.2. Les effets du bruit sur la santé

4.2.2.1. La perte d'audition

Le risque de perte d'audition est principalement constaté dans deux cas :

- Dans le milieu du travail, lorsque le salarié est exposé à plus de **85 dBA** sur une période de 8 heures. La surdité d'origine professionnelle se constate malheureusement plusieurs années après la surexposition, ce qui explique l'importance des mesures de prévention.
- Dans les lieux diffusant de la musique amplifiée, lorsque le public est exposé à plus de **102 dBA** sur une période de 15 minutes. La pathologie observable est celle d'acouphènes dont on sait que les effets sont permanents et irréversibles.

4.2.2.2. Les autres effets sanitaires du bruit

Les effets du bruit sur la santé dépassent les risques de perte d'audition ci-dessus. En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé a identifié le bruit comme un enjeu majeur en matière de Santé Publique, des études ayant montré son impact sur :

- La sensation de gêne permanente
- Les troubles du sommeil
- Les maladies cardio-vasculaires
- Les perturbations de l'apprentissage et les troubles cognitifs

L'OMS a particulièrement étudié les effets du bruit produit par les transports (routier, ferroviaire et aérien) et calculé les **années de vie en bonne santé perdues** liées au bruit (sur des sites exposés de région parisienne, entre 12 et 36 mois)

4.2.3. Se protéger du bruit

Dans la lutte contre le bruit, il est assez fréquent d'observer une confusion consistant à tout vouloir recouvrir de matériau absorbant.

- Pour se protéger du bruit, il faut avant tout l'empêcher de passer, lutter contre la **transmission** et donc se mettre à l'abri derrière des matériaux à fort pouvoir **isolant** (béton, verre épais, ...).
- Quand le bruit est **réfléchi** de façon importante (dans un local réverbérant, près d'une façade lisse), il est possible de faire baisser le niveau sonore ambiant en posant des **absorbants** sur ces surfaces afin de limiter la réflexion.

Une vaste et complexe **réglementation** existe en France et en Europe pour limiter les effets du bruit sur les populations. Elle sera détaillée dans la suite de ce document, en tant que besoin.

4.3. Cas particulier du bruit du trafic routier

Une place importante sera donnée au bruit du trafic routier dans les lignes qui vont suivre, ce qui appelle quelques remarques préalables.

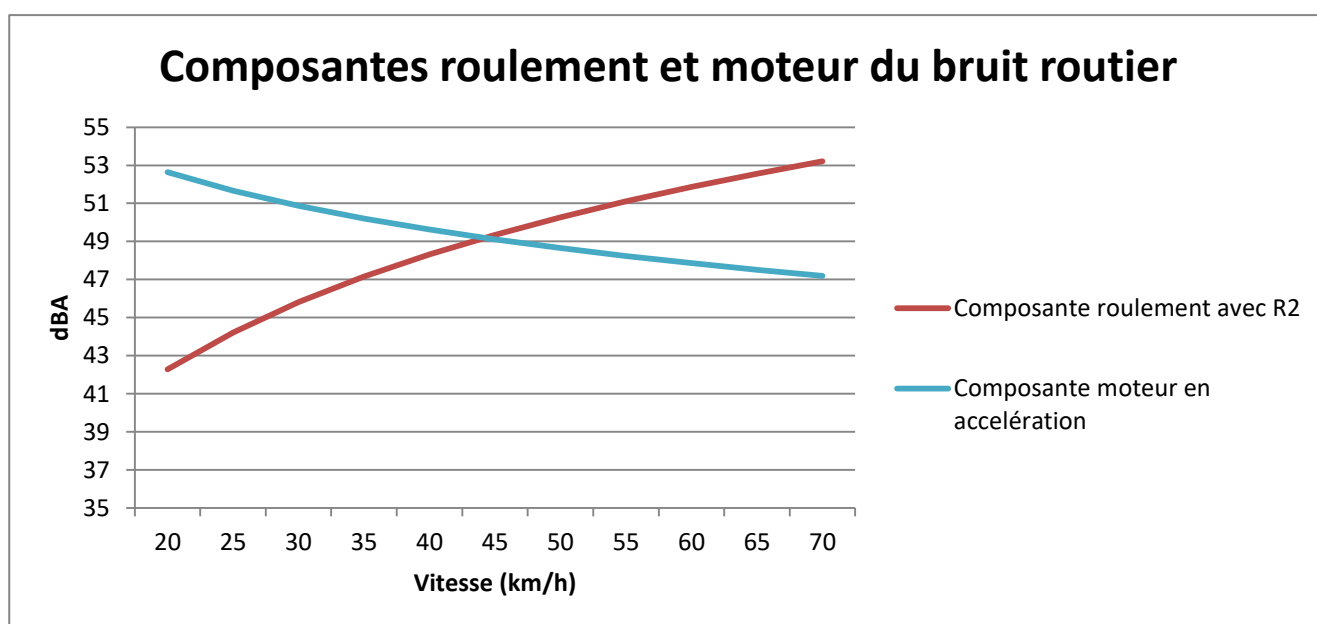
Le bruit du trafic routier est particulièrement important en zone urbaine. Il provient :

- Du bruit du roulement des pneumatiques des véhicules sur la chaussée. On appelle ce bruit **composante roulement**.
- Du bruit de la mécanique des véhicules, dite **composante moteur**.

La somme de ces deux composantes constitue le bruit routier. L'importance respective de chacune de ces deux composantes varie suivant la vitesse des véhicules mais également suivant le type de revêtement routier, suivant le type de véhicule, suivant son allure stabilisée ou accélérée, etc.

Le bruit aérodynamique, produit par la pénétration du véhicule dans l'air, est faible en dessous d'une vitesse de 100 à 130 km/h. Cet effet sera donc négligé en milieu urbain.

A titre d'illustration, voici comment varient ces deux composantes acoustiques pour un véhicule léger, en accélération sur un revêtement R2 âgé.



On voit que la composante de moteur (en bleu) est prépondérante aux basses vitesses mais que le bruit dû au roulement (en rouge) devient plus important dès que la vitesse dépasse 45 km/h.

Les deux composantes sont comparables en milieu urbain, et il faudra les prendre en compte dans les mesures destinées à réduire le bruit routier.

On notera, de plus, que ce dernier est dépendant :

- Du **nombre de véhicules** par heure (le débit).
- De la **vitesse** des véhicules.
- Du **type de véhicule**, les poids lourds étant notablement plus bruyants que les véhicules légers.
- Du type de **revêtement** de la chaussée et de son âge.
- De l'**allure** de circulation des véhicules (stabilisée, en démarrage, en freinage,...)
- Du **profil** de la voie (plat, en montée, en descente).

Le bruit routier est **évalué en moyenne sur des durées longues**, de 6h00 à 22h00 pour le jour et de 22h00 à 6h00 pour la nuit.

Cette convention présente l'inconvénient de négliger les importantes variations horaires du bruit routier dues aux **heures de pointe**.



Heures de pointe mesurées en décembre 2019 sur le boulevard Vauban

5. LE BRUIT DANS LA VILLE

5.1. Typologie des bruits urbains

Les bruits présents dans la ville sont de trois sources principales : les **comportements**, les **activités** et les **transports**.

5.1.1. Les bruits de comportement des personnes.

Il s'agit des cris, des chants, des fêtes, d'appareils de diffusion de la musique dans le cercle familial, d'outils de bricolage ou de jardinage, d'instruments de musique, d'équipements non professionnels (pompes à chaleur, climatisation, pompe de piscine privée,...) et enfin des bruits des animaux placés sous la garde des personnes.

Les conflits opposent essentiellement des particuliers, dont une partie est souvent désinvolte ou même mal intentionnée.

A La Réunion, l'arrêté préfectoral du 7 Janvier 2010 s'applique et le traitement des plaintes est principalement effectué par les services de police, qui constatent les comportements sans mesures acoustiques et peuvent dresser un procès-verbal.



Bruit de comportement de jardinage

5.1.2. Les bruits d'activités

Ces bruits sont générés par des activités humaines qui sortent du cadre individuel et qui mettent en cause une entreprise ou une collectivité :

- Les activités économiques (entreprises industrielles ou artisanales, livraisons, chantiers).
- Les activités sportives, culturelles ou de loisir.
- Les équipements publics (stations de pompage d'eau).
- La diffusion de son amplifié (bars et discothèques, salles des fêtes, concerts).

Ces bruits sont réglementés et feront l'objet de recommandations dans le cadre de PRUNEL.

5.1.3. Les bruits des transports

Il s'agit principalement des émissions sonores provenant des trafics routier, ferroviaire et aérien.

Le secteur PRUNEL est situé en dehors du plan d'exposition au bruit de l'aéroport Roland Garros et ce point ne sera donc pas examiné.



Plan d'exposition au bruit de l'aérodrome de Roland Garros (source DGAC)

La réalisation de moyens de transport ferroviaire urbain est en cours à l'heure où ces lignes sont écrites. Des études acoustiques étant réalisées par ailleurs, le sujet ne sera pas abordé dans ce rapport.

Le bruit routier est la principale source de nuisance acoustique sur le secteur dédié à PRUNEL, il fera donc l'objet de préconisations détaillées.

5.2. Aspects réglementaires et juridiques liés au bruit

A titre d'information, le tableau suivant synthétise les différentes réglementations applicables au bruit à La Réunion, suivant sa typologie.

Type de bruit	Exemple	Texte applicable
Comportement	Voisin, animaux	Arrêté préfectoral La Réunion 037/DRASS/SE section 3
Activité	Boulangier, livraison	Décret n°2006-1099 du 31 août 2006 et Code de la santé publique R1334-30 et suivants
Industrie	Usines	Arrêté du 23 janvier 1997 relatif aux ICPE et arrêtés similaires
Infrastructures de transport terrestre	Voies de circulation modifiées ou à construire	Arrêté du 5 mai 1995
	Constructions de logements dans des zones affectées par le bruit	Arrêté du 30 mai 1996 modifié par l'arrêté du 23 juillet 2013 (Titre III section spécifique à La Réunion)
Lieux musicaux	Bars musicaux, discothèques, salles des fêtes	Décret du 7 août 2017 et articles CSP et CE
Qualité acoustique des bâtiments	Bâtiments d'habitation neufs à La Réunion	Arrêté du 17 avril 2009 modifié le 11 janvier 2016
	Etablissements de santé, d'enseignements ou hôtels	Arrêté du 25 avril 2003
	Rénovation	Arrêté 13 avril 2017, Décret no 2016-798 du 14 juin 2016
Bruit des matériels extérieurs	Matériel de jardinage, de bricolage,...	Arrêté du 18 mars 2002
Chantiers	Construction de bâtiments	Articles R1334-36 et R1337 du Code de la Santé Publique, arrêté préfectoral La Réunion 037/DRASS/SE section 2

Pour plus de clarté, l'étude qui suit rappellera les dispositions de ces textes en tant que besoin dans les chapitres relatifs aux prescriptions acoustiques.

On se limitera à citer l'article R1334-31 du Code de la Santé Publique qui est assez synthétique :

« Aucun bruit particulier ne doit, par sa durée, sa répétition ou son intensité, porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme, dans un lieu public ou privé, qu'une personne en soit elle-même à l'origine ou que ce soit par l'intermédiaire d'une personne, d'une chose dont elle a la garde ou d'un animal placé sous sa responsabilité ».

On comprend que, pour être considéré comme **anormal**, un bruit doit :

- Présenter une certaine **durée**.
- Agir de façon **répétée**.
- Etre suffisamment **intense**.

La preuve d'une nuisance passe également par l'établissement de l'existence d'un **préjudice** lié directement au bruit incriminé.

6. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL - BRUITS DE COMPORTEMENT

On voit qu'il sera difficile de proposer des mesures de réduction techniques pour ces bruits, dans la mesure où ils prennent leur origine dans le comportement des personnes et relèvent principalement du **savoir-vivre** en société.

Néanmoins trois axes d'amélioration peuvent être définis : l'**éducation**, la **sensibilisation** et la **médiation**.

6.1. L'éducation et la formation aux effets du bruit

L'**éducation** vise principalement les écoles où sont scolarisés les enfants du secteur PRUNEL. On peut imaginer des interventions ponctuelles, réalisées chaque année par les enseignants ou par des tiers, ayant pour objectif d'expliquer en quoi un comportement bruyant est préjudiciable et indiquant les règles élémentaires à respecter.

Ces opérations d'éducation peuvent être complétées par des animations thématiques au sein des établissements ou des quartiers (projets, expositions*,...)

Afin de mener à bien ces missions d'éducation, les enseignants ou les intervenants tiers peuvent recevoir l'une des **formations** proposées par le Centre d'Information sur le Bruit (www.bruit.fr) éventuellement mutualisée avec d'autres zones, voire d'autres communes de La Réunion.

(*) Exposition « des sons et des bruits » du CidB (<https://www.bruit.fr/expositions/exposition-des-sons-et-des-bruits>)

6.2. La sensibilisation aux effets du bruit

La sensibilisation aux effets du bruit peut s'exercer en intégrant, dès la conception des projets de logements, une **signalétique appropriée** pour les endroits à ambiance calme.



Exemple de signalétique de sensibilisation contre le bruit

6.3. La médiation des conflits

Lors d'une réunion de présentation du diagnostic acoustique de PRUNEL, les représentants du quartier qui y participaient ont fait principalement état des bruits de comportement, et en particulier des « rodéos » de deux-roues motorisés. La communication entre les auteurs des nuisances et les riverains qui étaient victimes du bruit semblait bien difficile, si bien qu'aucune solution n'avait été trouvée jusqu'à ce jour.

La **difficulté dans la communication** est un principal frein à la résolution des conflits en matière de nuisances dues au bruit. Laisser ces problèmes sans solutions amène la plus part du temps à des situations exacerbées et à des comportements violents.

Avant la saisie des forces de police, des relais de terrain existent cependant entre les autorités et la population. Une **méthodologie de prise en compte des nuisances des bruits de comportement** pourrait être mise en place afin de rechercher des solutions dès les premiers symptômes :

- Identification, rôle et visibilité des interlocuteurs
- Recensement des demandes et du suivi de leur traitement
- Désignation et formation de **médiateurs du bruit**



7. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL – ACTIVITES ECONOMIQUES

PRUNEL prévoit d'installer de nombreuses activités économiques dans les constructions nouvelles ou réhabilitées. Ces projets, sont souvent implantés au rez-de-chaussée des bâtiments de logements.

La maîtrise des émissions sonores de ces activités requiert une **attention particulière en matière de bruit** tant la pathologie observée sur le terrain est importante.

7.1. Les équipements techniques extérieurs

Les équipements techniques incriminés dans les nuisances occasionnées par les activités économiques sont principalement de deux types : les **extracteurs d'air** et les condenseurs des machines de **production de froid**.

Le bruit est émis à l'air libre et se propage dans l'environnement, avec de multiples réflexions sur les parois des bâtiments voisins.

7.1.1. Les extracteurs d'air

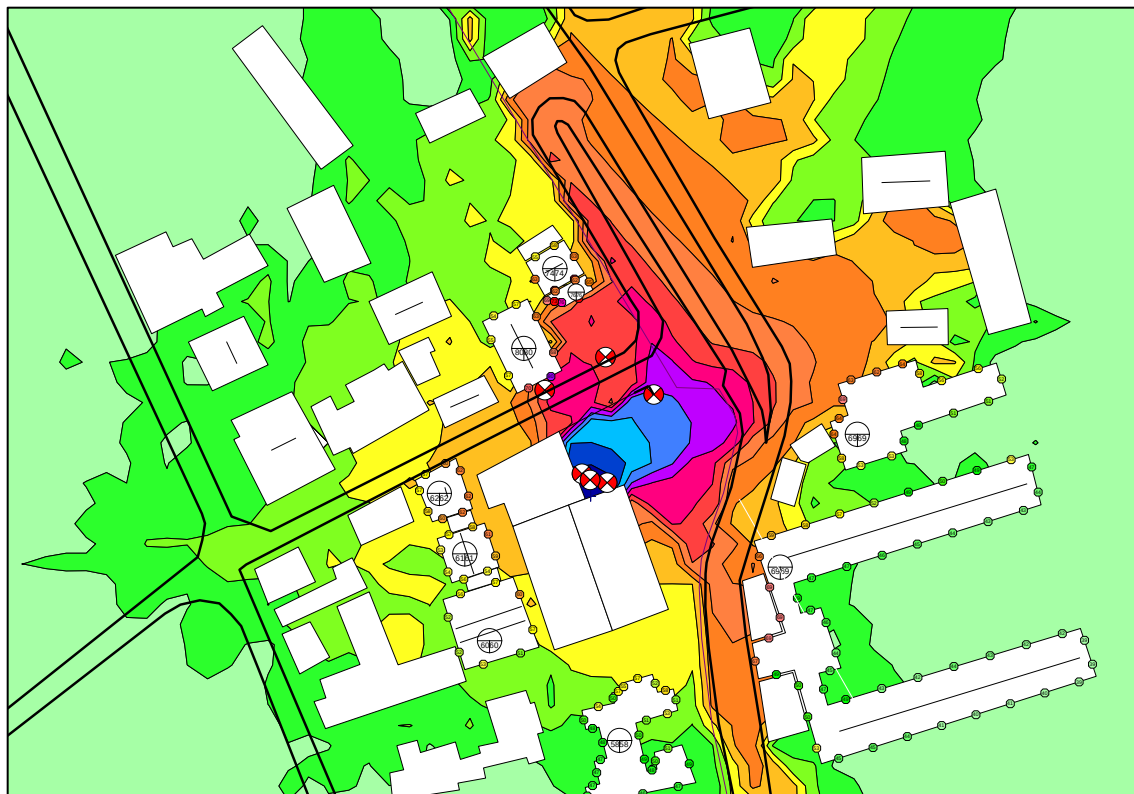
Les extracteurs d'air sont des **ventilateurs** ayant pour fonction d'évacuer vers l'extérieur du bâtiment un air intérieur chaud ou vicié.

Ces ventilateurs, tournant assez lentement, émettent un **bruit sourd** en basses fréquences qui se propage avec aisance chez les riverains et également **à l'intérieur des logements** voisins.



Exemple d'un extracteur d'air bruyant d'un entrepôt du Bas de la Rivière à Saint-Denis

Dans le cas d'illustration ci-dessus, la nuisance était caractérisée par une émergence de plus de 5 dBA le jour (ou 3 dBA la nuit). Pour information, l'émergence mesurée ici était de plus de 20 dBA de jour.



Propagation du bruit de l'extracteur dans le quartier avant traitement acoustique



Propagation du bruit de l'extracteur dans le quartier après traitement acoustique

Le traitement de ces problématiques s'effectue principalement à l'aide de **silencieux à baffles parallèles**. Ces derniers doivent correctement être dimensionnés par une **note de calcul préalable**, car ils sont en général peu performants en basses fréquences. La perte de charge que ces silencieux occasionne doit également être évaluée en amont afin de ne pas affecter le fonctionnement de l'installation.

Dans le cas précédent, la mise en conformité réglementaire acoustique a été obtenue par la mise en place d'un double silencieux en amont et en aval du ventilateur qui a été déplacé dans un conteneur.



Caisson de silencieux mis en place pour traiter un extracteur bruyant

7.1.2. Les condenseurs des machines de production de froid

Les installations de climatisation de locaux d'activité peuvent être centralisées ou individuelles. Dans tous les cas, un dispositif condenseur doit être installé en extérieur afin d'évacuer la chaleur.

Ces dispositifs sont fréquemment installés en façade sur des potences lorsqu'il s'agit de petites installations individuelles (dites « split ») ou sur les toitures terrasses lorsqu'il s'agit d'installations centralisées.

Le bruit est, là encore, produit par les ventilateurs d'extraction, mais s'accompagne souvent des à-coups de mise en service et d'arrêt, ces équipements fonctionnant de manière intermittente.



Exemple d'un condenseur d'air bruyant d'un magasin de la rue Maréchal Leclerc à Saint-Denis

Le traitement de ce type de nuisance se fait par la mise en place d'écrans acoustiques en forme d'enceinte, plus ou moins fermée suivant les cas. Il convient de prendre en compte les effets de la hauteur : un écran ne peut pas protéger un riverain qui surplomberait la machine bruyante.

Là encore, une **note de calcul préalable** permet de s'assurer de l'efficacité des travaux avant leur réalisation.

Une attention particulière doit être apportée à la libre circulation de l'air autour de l'appareil, la bonne évacuation de l'air chaud pouvant être contrariée par un phénomène de ré aspiration (bouclage).

En plus de leur pouvoir isolant, ces écrans doivent également **absorber le bruit sur leur face interne** afin de ne pas agir comme des réflecteurs.

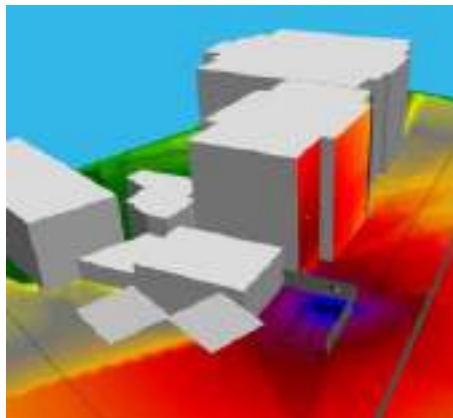
Enfin, l'ensemble de protection acoustique doit également être dimensionné pour **résister aux effets du vent cyclonique**, suivant son site de pose à La Réunion et ne pas occasionner de fuite de toiture après leur pose.



Traitement d'un condenseur par des écrans acoustiques

7.1.3. Autres cas en extérieur

On trouve également des problématiques de bruit liées aux **pompes des piscines**, aux **groupes électrogènes** ou même aux **portiques de lavage** de véhicules. Ces cas se traitent également avec des écrans, voire avec des caissons complets dits **encoffrements**.



Effet de la nuisance sonore d'un portique de lavage sur un bâtiment d'habitation du boulevard Lacaussade à Saint Denis

7.2. Les équipements techniques intérieurs

Ces nuisances sont principalement dues à des machines utilisées dans le cadre d'une activité économique installée dans des locaux professionnels et qui perturbent des logements contigus.

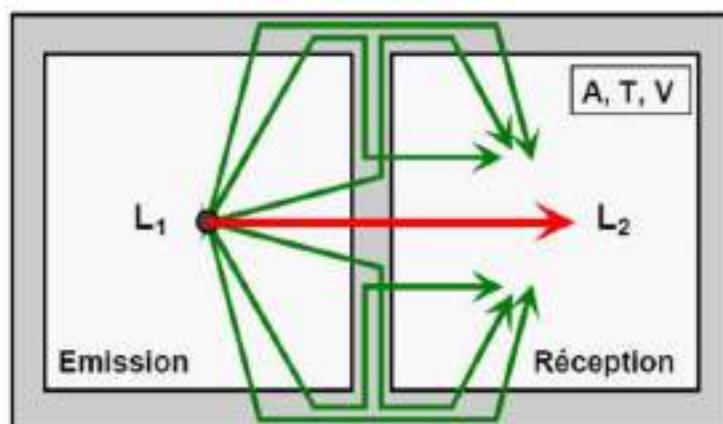
Le bruit est émis dans une des pièces du local où s'exerce l'activité économique et se propage dans les logements :

- Par la structure du bâtiment.
- Par toutes les conduites ou gaines communes

Dans ces cas, la **règlementation** impose de nombreuses contraintes acoustiques :

- Les bruits d'équipements perceptibles dans les logements sont limités par la réglementation du bâtiment, généralement à 35 dBA.
- La réglementation sur les bruits de voisinage impose à l'intérieur des logements non seulement une émergence maximale, mais également une limitation des émergences pour chaque fréquence du bruit.

Le bruit, d'abord émis dans l'air (on parle de **propagation aérienne**), peut se propager par de nombreux chemins à la pièce voisine :



On oublie souvent que le bruit peut également être généré par la vibration de la machine transmise à la structure du bâtiment par son support. On parle alors de **propagation solidienne**.

Les modalités d'évaluation des bruits intérieurs sont très précisément définies par la série de **normes NF EN 12354** qui définit un référentiel de calcul qu'il convient d'appliquer.

On veillera particulièrement aux points suivants lors de la conception des locaux :

- Prise en compte de **tous** les chemins de propagation dans le calcul de la transmission du bruit. Les chemins indirects (en vert sur le graphe en page précédente) peuvent constituer jusqu'à 8 dBA supplémentaires.
- Disponibilité d'un **procès-verbal d'essai acoustique** pour équipements concernés faisant apparaître les émissions sonores maximales par bandes de fréquences. Les émissions sont trop souvent indiquées par un simple niveau global, insuffisant pour réaliser des calculs d'isolement.
- Prise en compte d'une **marge de sécurité d'au moins 3 dBA** dans le dimensionnement des isolements acoustiques minimaux des parois (incertitude de calcul, hypothèses).
- Limitation de la réverbération dans les salles où se produit le bruit afin d'éviter son amplification par un **traitement absorbant des parois des locaux techniques**.
- Limitation de la transmission des vibrations par l'adoption des supports **anti vibratiles** pour les machines. Leur efficacité doit faire l'objet d'une justification par le calcul. Dans certains cas, une **dalle d'inertie** peut être nécessaire.
- Traitement acoustique des gaines des réseaux : découplage des machines par **manchons souples**, mise en place de **fourreaux élastiques** au passage des parois, cheminement dans des **soffites insonorisés**, mise en place de **silencieux** dans les circuits ...).
- Au besoin **encoffrement acoustique** des équipements techniques très bruyants.



*Exemple de traitement anti réverbérant pour les parois des locaux techniques
à base de laine de bois béton + laine minérale*

7.3. Bruits de véhicules induits par l'activité

On oublie souvent les problématiques liées au bruit des véhicules utilisés pour une activité économique. On considérera principalement deux cas : le **trafic induit** et les **livraisons**.

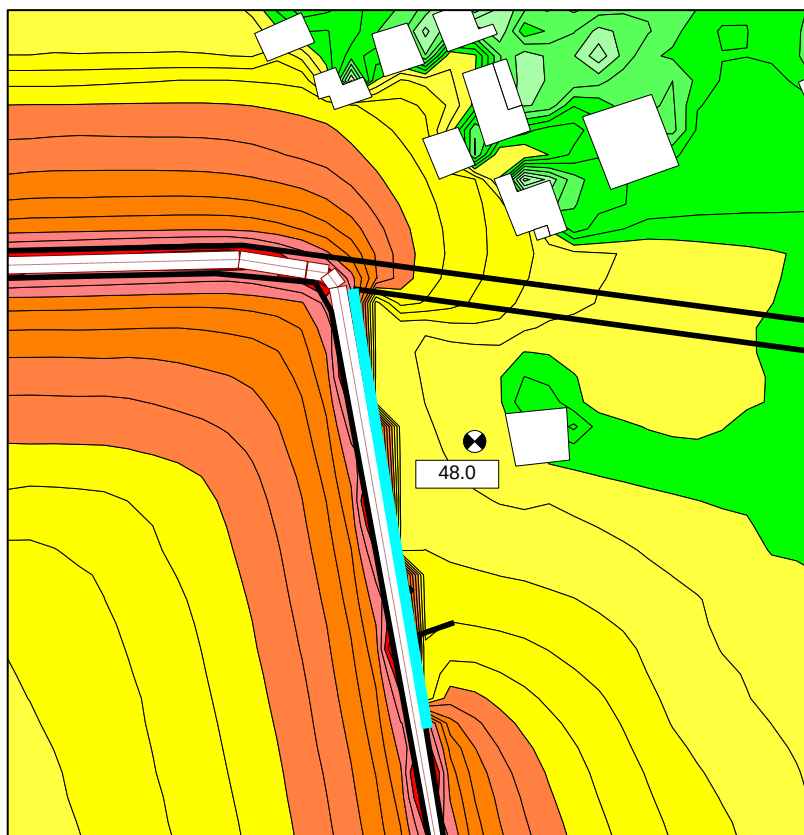
7.3.1. Le trafic de véhicules induits par une activité économique

Il est inapproprié de renvoyer ces nuisances à la réglementation du bruit routier afin de se dédouaner de leur prise en compte dans les projets. Ainsi en a jugé la jurisprudence dans la décision n°11-30453A du 4 octobre 2012.

Cette nuisance est, par exemple, celle d'une entreprise qui mobilise de nombreux véhicules pour ses livraisons et dont le trajet incessant passe à proximité d'un riverain. En l'absence de l'activité de l'entreprise, le quartier retrouve son calme, ce qui prouve bien le lien de causalité, éventuellement mesures acoustiques à l'appui.

Dans ce cas, il est possible d'envisager deux solutions dès la conception du projet :

- L'étude de **trajets alternatifs**, ne créant pas de nuisance sonore.
- La mise en place d'un **mur anti-bruit** au droit de la parcelle du riverain, dans la mesure où c'est possible et autorisé par les documents d'urbanisme.



Effet protecteur d'un mur anti-bruit (bleu clair) contre un trafic de camions de chantier sur un chemin privé à Saint André

7.3.2. Les livraisons

Les livraisons de commerces agroalimentaires présents en ville (épiceries, petits supermarchés, ...) sont fréquemment effectuées tôt le matin. Dans la mesure où les camions de livraison sont réfrigérés, les chauffeurs laissent systématiquement leur moteur en marche pendant la livraison afin de maintenir la production de froid dans la cellule.



Mesure d'un quai de livraison d'un supermarché implanté au rez-de-chaussée d'un immeuble de logements au Port

Ces situations doivent être détectées dès l'étude des projets et des mesures de lutte contre le bruit doivent être mises en place :

- Déplacement du quai de livraison dans une **zone sans riverains**.
- Construction d'un **hall de déchargement insonorisé**.
- Mise en place d'une **chape flottante** pour les livraisons en sous-sol dans le bâtiment.
- Mise à disposition de **prises électriques** pour alimenter les cellules sans faire tourner les moteurs (pour les camions adaptés).

7.4. Les établissements diffusant de la musique amplifiée

Ce paragraphe concerne principalement les discothèques, les bars et les restaurants musicaux ainsi que les salles de réception privées accueillant des fêtes (mariages,...).

Les équipements publics de même type (salles des fêtes, ...) sont répertoriés au paragraphe « espaces publics » par souci de cohérence, mais leur traitement est le même.

Les lieux à caractère musical sont bien entendu nécessaires à la vie de la cité et ne sauraient en être exclus. Leur implantation à proximité des lieux de vie des personnes requiert cependant des précautions, en particulier en matière de nuisances sonores.

La réglementation prend très bien en compte ce type de nuisance. Le texte principal est le **décret n° 2017-1244 du 7 août 2017** relatif à la prévention des risques liés aux bruits et aux sons amplifiés

Ce texte vise un double objectif :

- **protéger l'audition du public** exposé à des sons amplifiés à des niveaux sonores élevés dans les lieux ouverts au public ou recevant du public, clos ou ouverts
- **protéger la santé des riverains** de ces lieux.

Il précise les articles du code de la santé publique R1336-1 à 13 et du code de l'environnement R571-21 à 27.

L'ouverture d'un lieu musical est soumise à la production d'une **étude des nuisances sonores** exigée par l'Agence Régionale de Santé de LA REUNION.



Lieu musical implanté en rez-de-chaussée dans une zone résidentielle du Chaudron

Les principales pathologies acoustiques observées sur le terrain sont les suivantes :

- Diffusion de la musique par les **portes et baies du local musical, largement ouvertes** pour assurer la ventilation, et génération de nuisances de voisinage dans les logements à proximité.
- Diffusion de la musique à un **niveau trop élevé**.
- Nuisances produites également par les chants, les cris et les rires des clients, comme par exemple pendant les activités de karaoké.
- Transmission de la musique **à travers les parois du bâtiment**, en particulier les basses fréquences nettement audibles chez les riverains habitant les locaux contigus.

L'étude d'impact acoustique d'un lieu musical est à prévoir **dès la conception du projet** par l'équipe de maîtrise d'œuvre et non de réaliser des locaux « en blanc » qui seront la plupart du temps inadaptés à cet usage très particulier.

Cette étude débouche la plupart du temps sur les recommandations suivantes :

- Limitation des heures d'ouverture.
- Mise en place d'un **limiteur sonore** sur l'installation de sonorisation, à régler conformément aux indications d'un acousticien afin de respecter les émergences sonores maximales.
- **Climatisation du local** et maintien des baies fermées. Cette disposition implique alors la mise en place d'une ventilation mécanique de l'air du local.
- Renforcement de l'**isolation phonique du lieu musical**. Si cette disposition n'a pas été intégrée à la conception du local initial, les travaux sont souvent très coûteux, difficiles à imposer et avec des résultats parfois insatisfaisants.
- Mise en place d'un **sas d'entrée** à double porte et fermeture automatique.



Limiteur sonore installé dans une salle réceptive du Sud de La Réunion (coût environ 400 €)

8. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL - AMENAGEMENTS ROUTIERS

Les effets du bruit routier sont un enjeu **majeur** dans le succès de la démarche PRUNEL concernant le confort acoustique des quartiers.

Comme dans tout projet technique, l'influence acoustique de la voie se définit principalement lors de sa **conception**. Dans le chapitre qui suit, on tentera d'évaluer l'impact des choix faits lors de cette phase et de les illustrer par des exemples et des calculs. Le lecteur doit cependant garder à l'esprit que notre préoccupation ne concerne ici que l'acoustique et que d'autres aspects sont à prendre en compte dans le cadre de la conception d'une infrastructure routière.

Une fois le bruit limité au mieux à la source, il est possible d'envisager des **protections** liées aux voies.

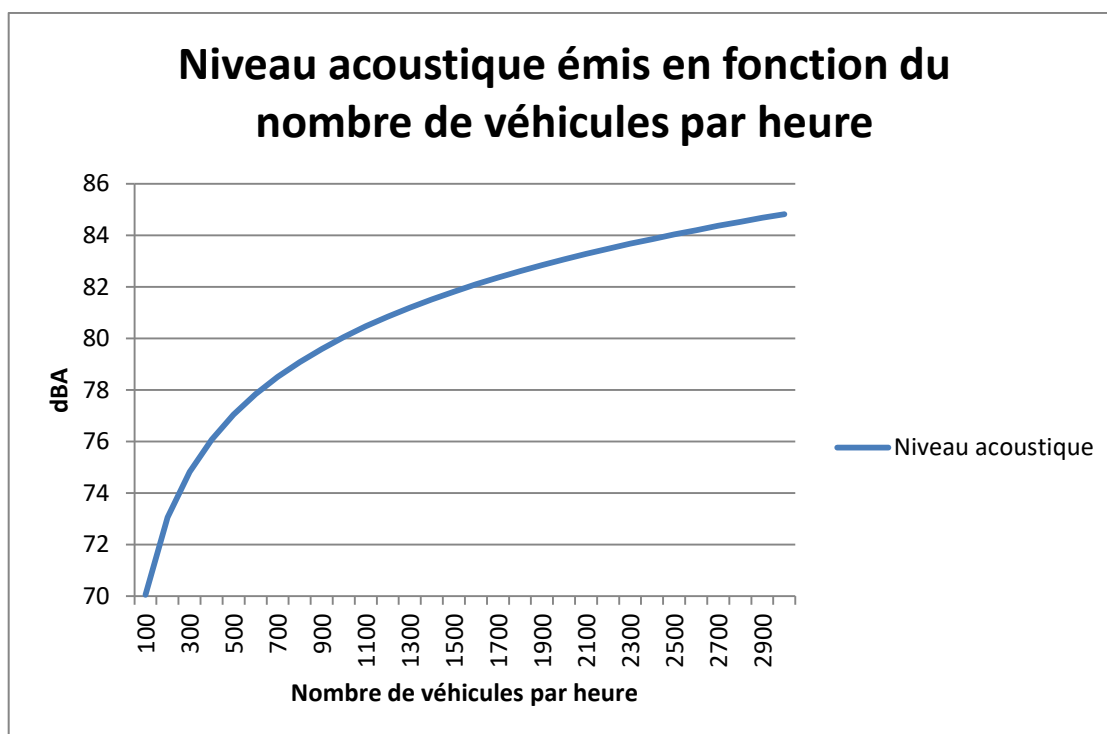
Le cas des **véhicules électriques**, faisant l'objet de développements récents en acoustique, fera l'objet d'un paragraphe dédié.

8.1. Prendre en compte le bruit dans la conception ou la réhabilitation des voies

8.1.1. Influence du débit de véhicules

8.1.1.1. Principes acoustiques

Le niveau sonore augmente très vite aux faibles débits, puis son accroissement est plus lent (il dépend en fait du logarithme du débit horaire de véhicules).



Hypothèses : Véhicules légers circulant à 45 km/h stabilisé sur un revêtement R2 âgé

La maîtrise du nombre de véhicules est relativement difficile dans le cas de projets de voies car il s'agit souvent d'une donnée de base, évoluant toujours à la hausse.

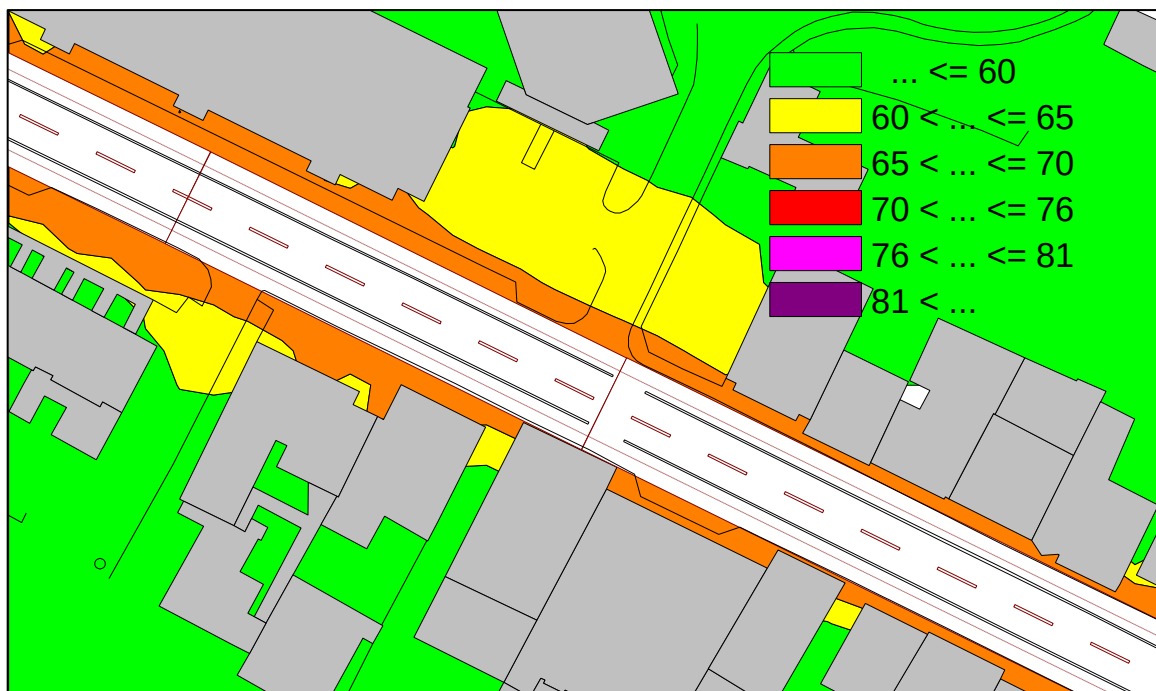
On peut cependant envisager de limiter le trafic en optant pour des chaussées mixtes TCSP (Transport Collectif en Site Propre), comme par exemple ce qui a été réalisé au bas de la rue Maréchal LECLERC à SAINT DENIS. Dans cette configuration, les deux voies extrêmes sont isolées et réservées aux véhicules légers, le reste de la chaussée étant consacré à la circulation de bus ou de tramway.

8.1.1.2. Exemple de l'axe mixte

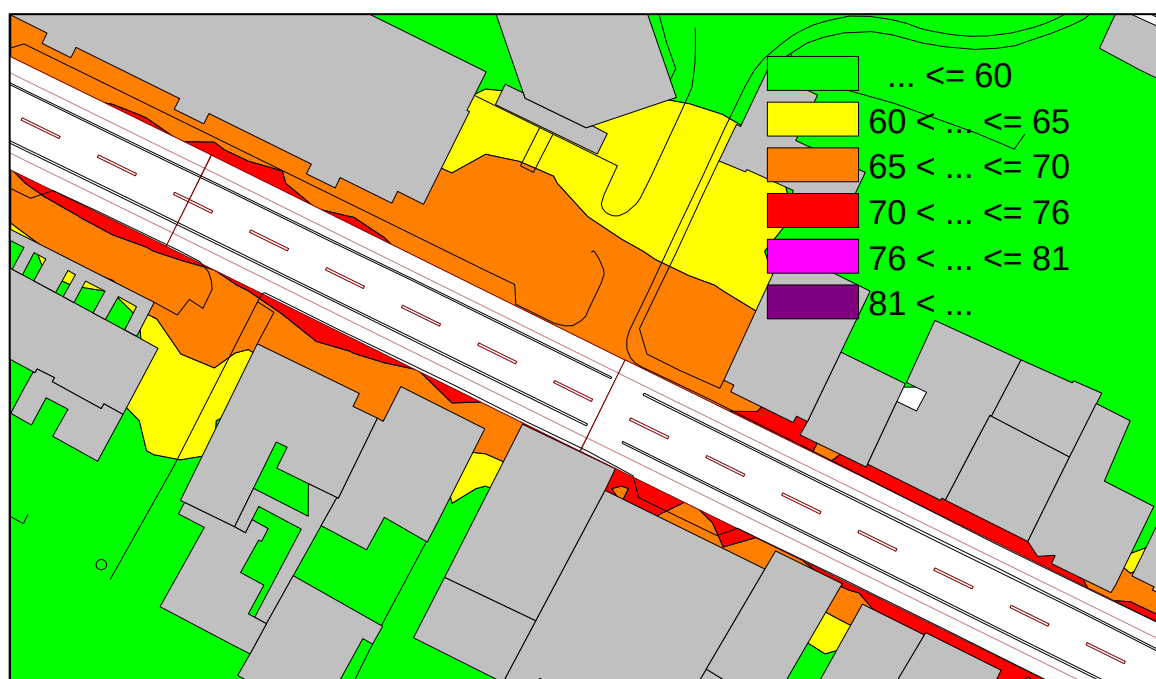
On se propose d'étudier comment augmenteraient les niveaux sonores sur les façades du bas de la rue Maréchal Leclerc, si on n'avait pas fait le choix d'un axe mixte mais de 4 voies tous véhicules.

Aujourd'hui, au niveau de la rue Voltaire (point BR08), le débit horaire de jour est de 272 véhicules légers et 51 poids lourds, à une vitesse de l'ordre de 35 km/h.

Si on n'avait pas fait le choix d'un axe mixte, on peut prendre comme hypothèse, **à fin d'illustration**, un nombre de véhicules double, ce qui porterait le débit horaire de véhicules légers à de 544 et celui des poids lourds à 102.



Avec TCSP



Sans TCSP

Dans le cas étudié, le niveau sonore en façade de bâtiment aurait été plus élevé de **3 dBA**.

8.1.1.3. Préconisations PRUNEL relatives au débit des véhicules

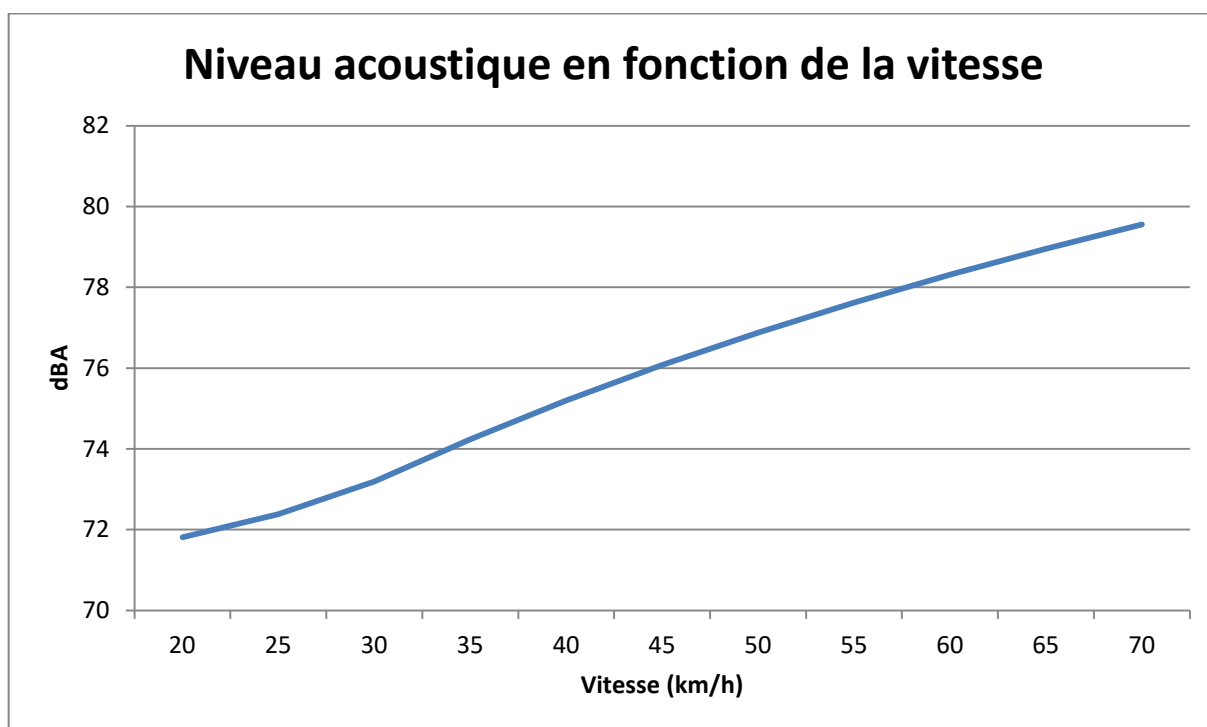
- **Opter pour des voies TCSP quand c'est possible.**
 - o Réduit le débit global
 - o Transporte plus de passagers par véhicule
 - o Influe sur le comportement des véhicules légers dans des voies dédiées
- **Limiter autant que possible le débit de circulation des véhicules près des logements :**
 - o Déporter le trafic en périphérie
 - o Réserver les voies dans la ville à la desserte urbaine
 - o Créer des voies réservées aux riverains
 - o Créer des zones piétonnes

8.1.2. Influence de la vitesse

A la différence du nombre de véhicules, il est plus aisé d'agir sur la vitesse du trafic pour des moyens réglementaires (limitation, radars,...) ou des moyens constructifs (ralentisseurs, chicanes)

8.1.2.1. Principes acoustiques

La vitesse intervient de façon complexe dans les calculs de bruit car elle influe sur la composante moteur et sur la composante roulement. Prenons donc l'exemple d'un trafic horaire de 400 véhicules légers circulant sur un revêtement R2 de plus de 10 ans. Voici comment évolue, en théorie, le niveau d'émission acoustique suivant la vitesse :



Hypothèses : Véhicules légers circulant en stabilisé sur un revêtement R2 âgé avec 400 veh/h

On notera en particulier les chiffres suivants :

Réduction de niveau sonore pour des véhicules légers circulant en stabilisé sur un revêtement R2 âgé avec 400 veh/h	
De 70 à 50 km/h	- 2,7 dBA
De 50 à 30 km/h	- 2,6 dBA

L'influence de la vitesse est donc **moyenne** en milieu urbain. S'agissant ici d'un résultat **théorique**, nous en verrons des applications pratiques sur les plusieurs cas concrets développés ci-après.

8.1.2.2. Exemple de la limitation de la vitesse par des panneaux et des radars

Les voies du boulevard LANCASTEL (N2) en direction de l'Est comportent actuellement une section à 70 km/h, la vitesse étant limitée à 50 km/h sur les autres portions de ces voies.



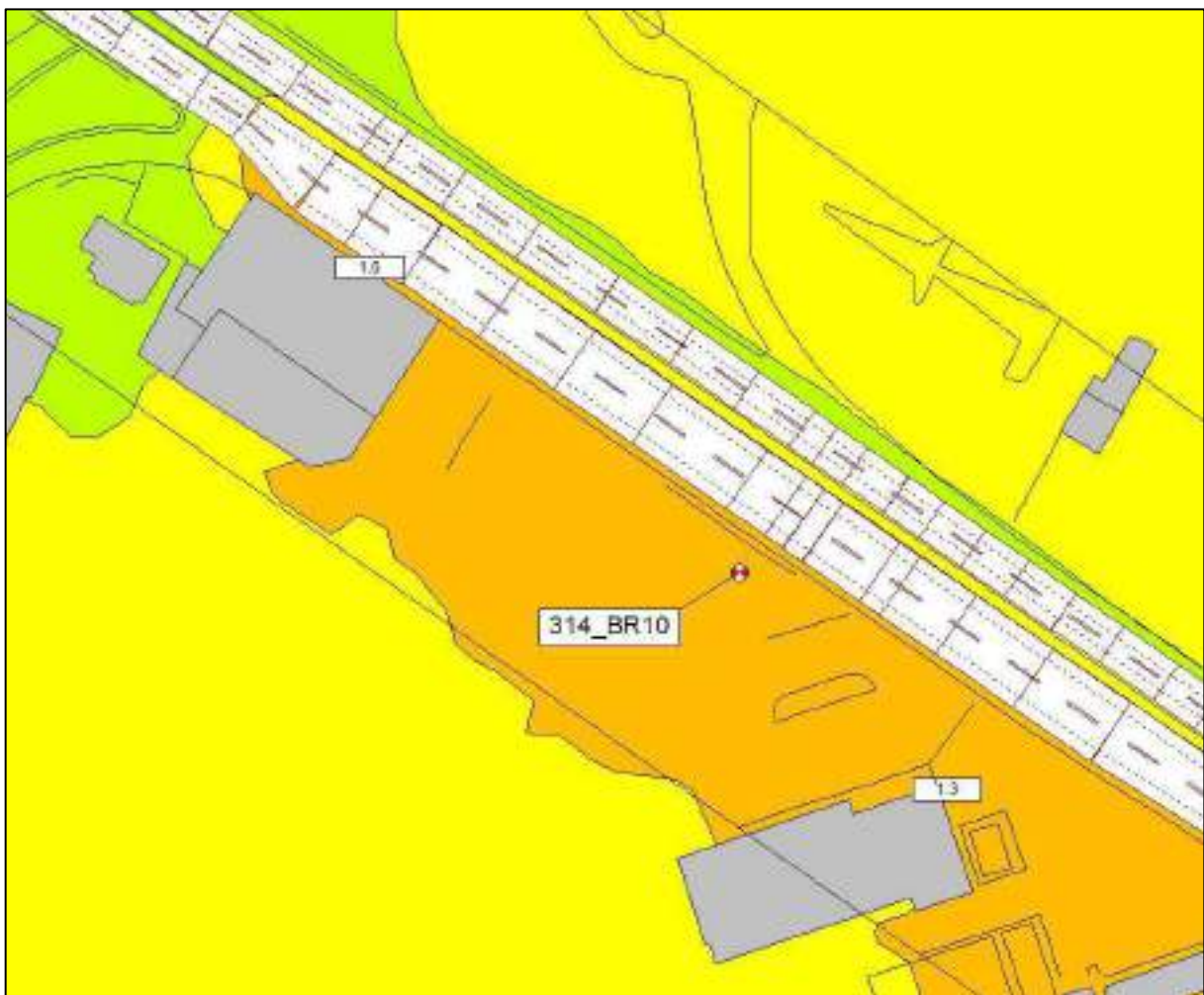
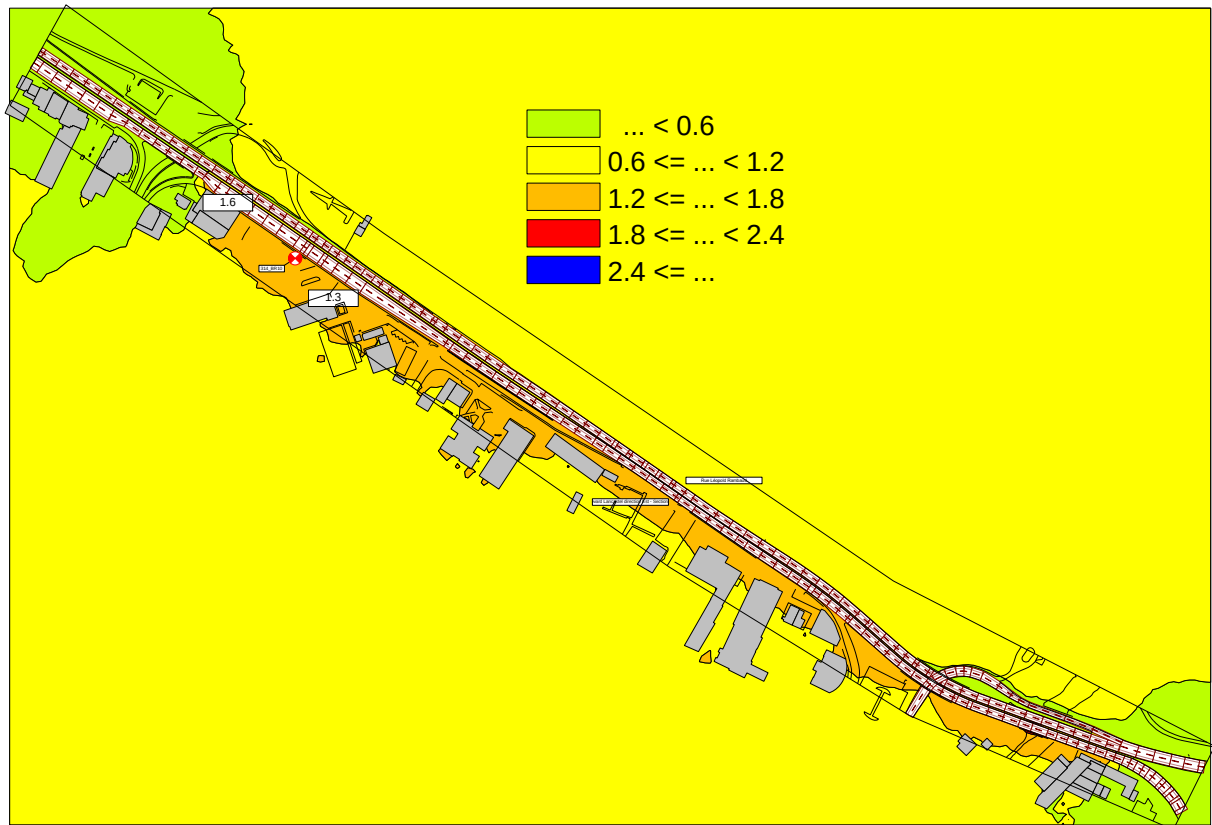
Début de la section à 70 km/h



Fin de la section à 70 km/h

A titre d'exemple, on étudie l'impact théorique du passage de cette zone de 70 km/h à 50 km/h, de jour.

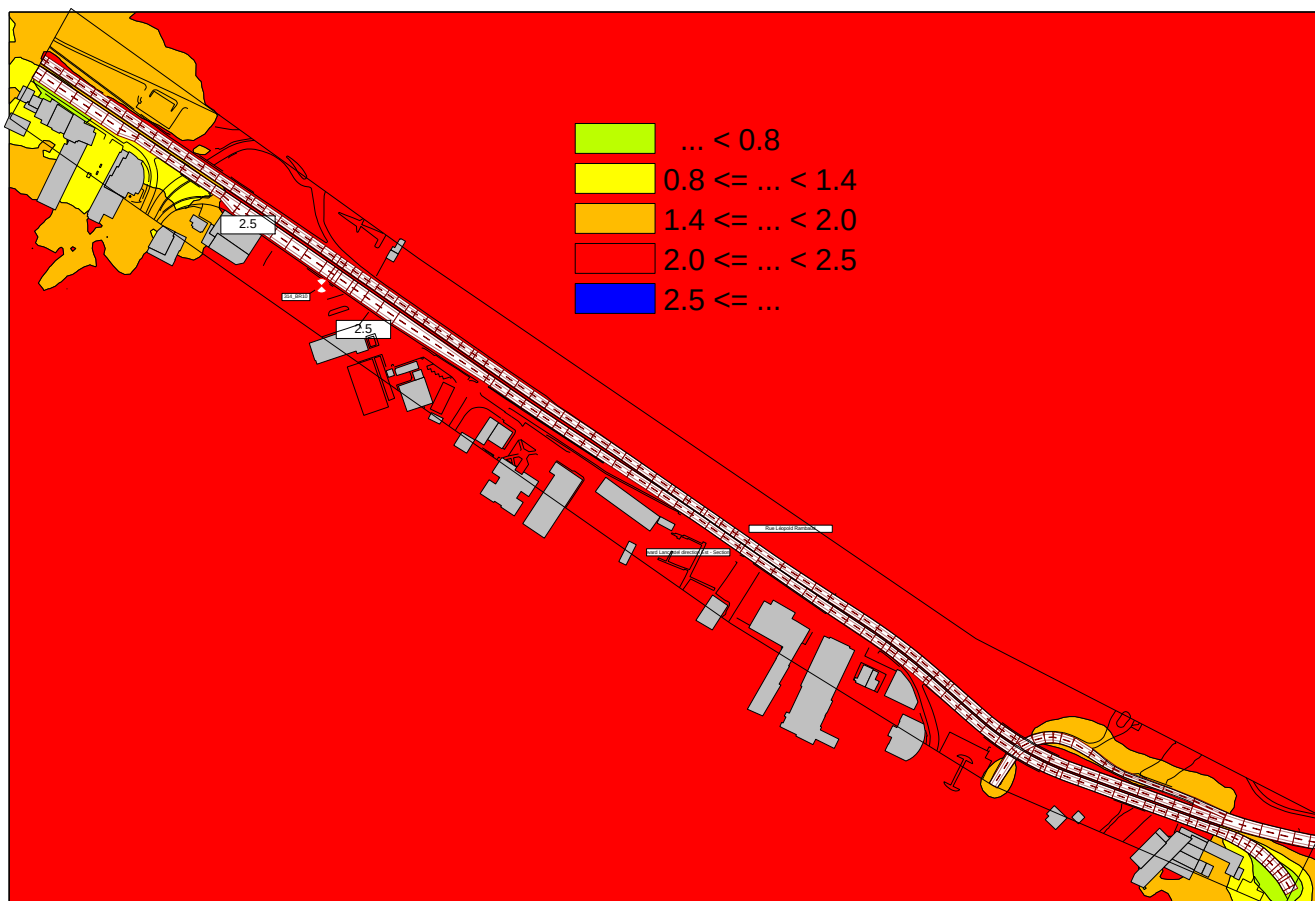
La vitesse moyenne sur cette portion est de 53 km/h et on considère, qu'après aménagements, elle pourrait être de l'ordre de celle observée sur la rue Léopold Rambaud soit 35 km/h. Les graphiques ci-dessous montrent comment pourraient se réduire les niveaux sonores le long de la voie :



On constate une amélioration prévisible entre **1,6 dBA** à l'alignement de la voie à **1,3 dBA** en retrait.

Par contre, comme nous le verrons plus loin, **il est important de conserver la stabilité du flux de véhicules**. En effet, si l'on met en place des feux tricolores par exemple, des zones de ralentissement et d'accélération vont apparaître et le niveau sonore final évoluera au contraire à la hausse.

On peut améliorer encore les résultats acoustiques en limitant également la vitesse des voies en direction de l'Ouest également à 50 km/h, comme le propose le graphique suivant :



On constate une amélioration prévisible de l'ordre **2,5 dBA** sur l'ensemble de la zone.

8.1.2.3. Exemple de la limitation de la vitesse par des ralentisseurs

La limitation de la vitesse par des ralentisseurs est contre-productive du point de vue acoustique, car ces dispositifs génèrent systématiquement une **augmentation** du niveau sonore. On citera l'étude de juillet 2009 du CERTU :



Dos d'âne



Coussin



Rigole



Bandes rugueuses



Plateau surélevé

Type d'aménagement	Trafic en véh/j	Évolution des vitesses moyennes ΔV_{moy} en km/h	Évolution des niveaux sonores en dB(A)		
			$\Delta L_{\text{Aeq, jour}}$	ΔL_{max}	
				VL	PL
Coussin isolé	Donnée non disponible	-5 à -10 (vitesses initiales de 25 à 40 km/h)	+1 à +4	Non mesuré	
Plateau surélevé	Donnée non disponible	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	+3 à 40 km/h
Ralentisseur de type dos d'âne (1m de large)	Donnée non disponible	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	+10 à 40 km/h
Ralentisseur type « rigole »	2000, pas de PL	Non mesuré	+1	+3 à +6	+10
Bandes rugueuses	4000, 15% de PL	-10 (vitesses initiales de 60 à 70 km/h)	Non mesuré	+10	

Evolution des niveaux sonores liés aux ralentisseurs (source CERTU)

On constate des augmentations de + 1 à + 4 dBA sur le niveau sonore moyen et jusqu'à +10 dBA sur le niveau sonore lors du passage des véhicules. De plus, il faut tenir compte du fait que le niveau moyen n'est pas adapté pour caractériser la gêne liée à une impulsion comme le passage sur un ralentisseur. La nuisance perçue par le riverain est donc nettement plus importante.

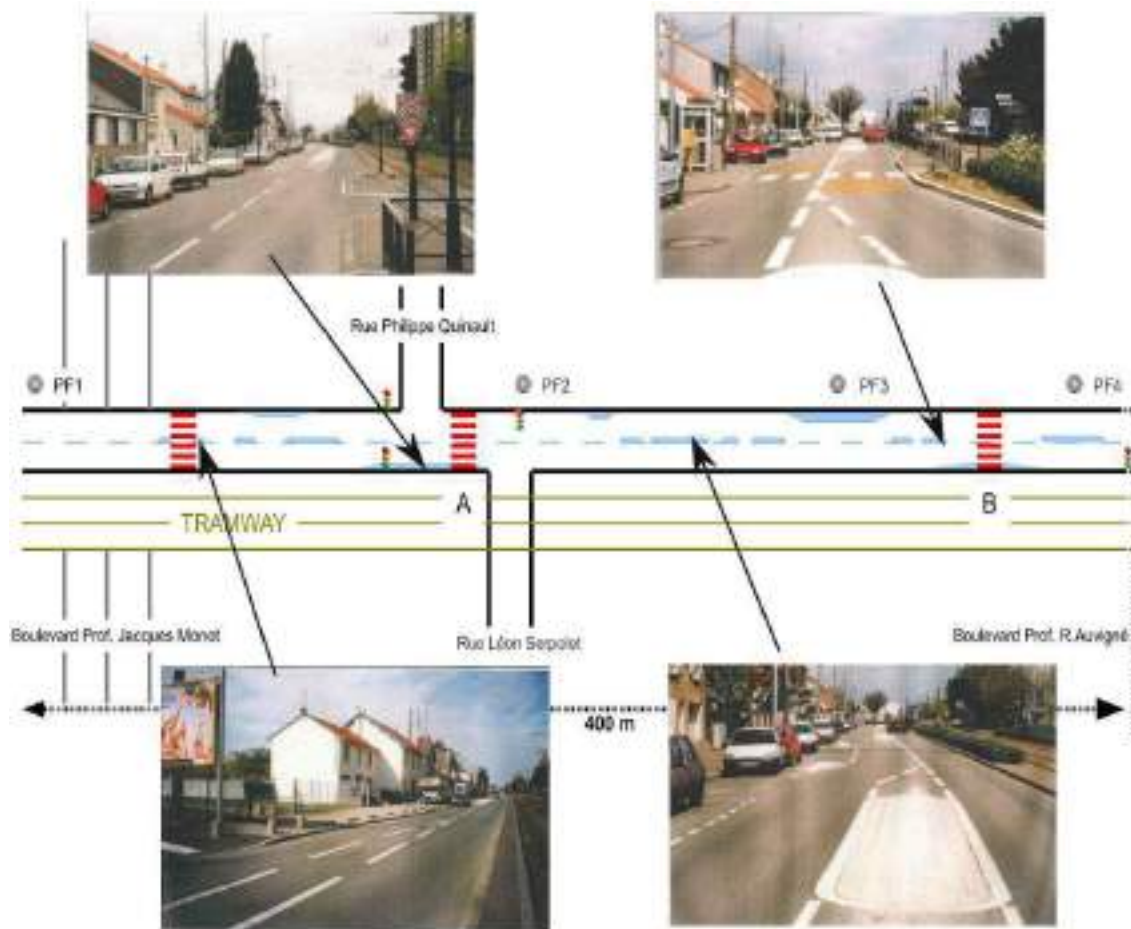
Lorsque des ralentisseurs doivent être mis en place :

- Limiter l'espace entre deux dispositifs (30 à 50 m) pour stabiliser la vitesse basse et éviter les ré-accélérations.
- Eviter les bandes rugueuses, les bandes pavées ainsi que les rigoles en agglomération, particulièrement bruyantes.
- Eviter les reliefs prononcés, arrondir les angles, traiter les cavités avec des joints.

8.1.2.4. Exemple de la limitation de la vitesse par la création d'une « zone 30 »

La création de « **zones 30** » en milieu urbain semble, de prime abord, être une bonne solution en terme d'amélioration du confort acoustique, puisque nous avons vu que l'on peut théoriquement attendre un gain de l'ordre de 3 dBA en réduisant la vitesse de 50 km/h à 30 km/h.

Une expérimentation a été faite par le CERTU en décembre 2008 à Nantes sur un aménagement d'une zone 30 comportant des **chicanes**, une **réduction** des voies de 3,25 m à 2,75 m et un feu tricolore :



Période de jour 6h-22h					
Numéro du point fixe*	Niveaux sonores L_{Aeq} en dB(A) mesurés		Variation du trafic équivalent avant et après travaux	Niveaux sonores L_{Aeq} en dB(A), après, recalés par rapport au trafic	Écart
	Avant	Après			
PF1	66,8	68,2	+9%	67,8	+1
PF2	67,8	67,5	+4,5%	67,3	-0,5
PF3	62	60,9	+4,5%	60,7	-1,3
PF4	63,9	66,3	+4,5%	66,1	+2,2

Evolution des niveaux sonores liés à l'aménagement (source CERTU)

On constate :

- Effectivement, une baisse des vitesses de 15 à 20 km/h.
- Dans la zone aménagée, la réduction du bruit est générale mais modeste, de -0,5 dBA à -1,3 dBA.
- En début et en sortie de l'aménagement, on constate la création de zones de ralentissement et d'accélération générant des augmentations de niveaux sonores de +1 dBA à +2,2 dBA.

Voici un autre résultat provenant d'une étude de l'IFSTTAR

Site	Moyen de Réduction	Au centre de l'infrastructure		A l'extrémité De l'infrastructure
		$\Delta(LAeq)$ de jour	$\Delta(LAeq)$ de nuit	
Strasbourg (67)	Rétrécissement de la chaussée	- 3 → - 4 dB(A)	- 3 dB(A)	+ 1 → + 5 dB(A)
Drusenheim (67)	Rétrécissement de la chaussée	- 1 → - 2 dB(A)	- 2 → - 4 dB(A)	-
Chignat (63)	Rétrécissement de la chaussée et mise en place de chicanes	- 2 → - 4 dB(A)	0 → - 3 dB(A)	+ 2 dB(A)

Evolution des niveaux sonores suite à des projets de « zones 30 » (Source IFSTTAR)

On retiendra des zones 30 qu'elles sont efficaces du point de vue acoustique, avec des résultats variables selon le contexte et leur conception (de -1 à -4 dBA de jour). Il faut cependant s'attendre à des augmentations de niveaux sonores en entrée et en sortie de ces zones, donc miser sur des zones les plus étendues possibles.

- Les recommandations associées sont les suivantes:
 - o Mettre en place de **rétrécissements** des voies.
 - o Provoquer un **effet de paroi** (trottoirs hauts, stationnements) qui incite à ralentir.
 - o Créer des **chicanes** avec des refuges piétons au centre de la voie.
 - o Réaliser une **signalisation au sol** à l'aide de revêtements peu bruyants (peinture ou thermoplastique).

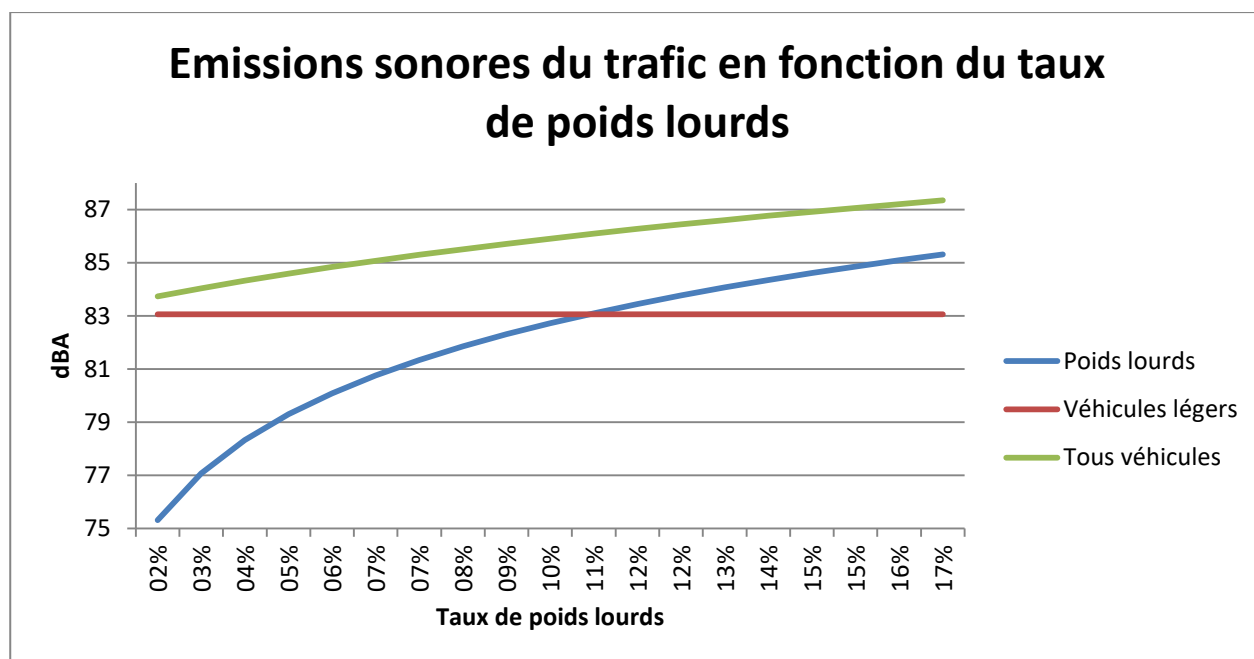
8.1.2.5. Préconisations PRUNEL relatives à la vitesse

- De façon générale, limiter la vitesse en ville.
- Créer des zones 30, en maintenant au mieux la fluidité du trafic.
- Eviter autant que possible les ralentisseurs, en tout cas les bandes rugueuses, pavées et les reliefs prononcés

8.1.3. Influence du nombre de poids lourds

8.1.3.1. Principes acoustiques

Les poids lourds sont notoirement plus bruyants que les véhicules légers, + 10 dBA étant un ordre de grandeur. A titre d'exemple, voici comment évolue le niveau sonore routier suivant le taux de poids lourds, sur la base d'une circulation constante de 2000 véhicules légers par heure, un flot de circulation de 45 km/h stabilisé sur un revêtement R2 âgé.



On constate :

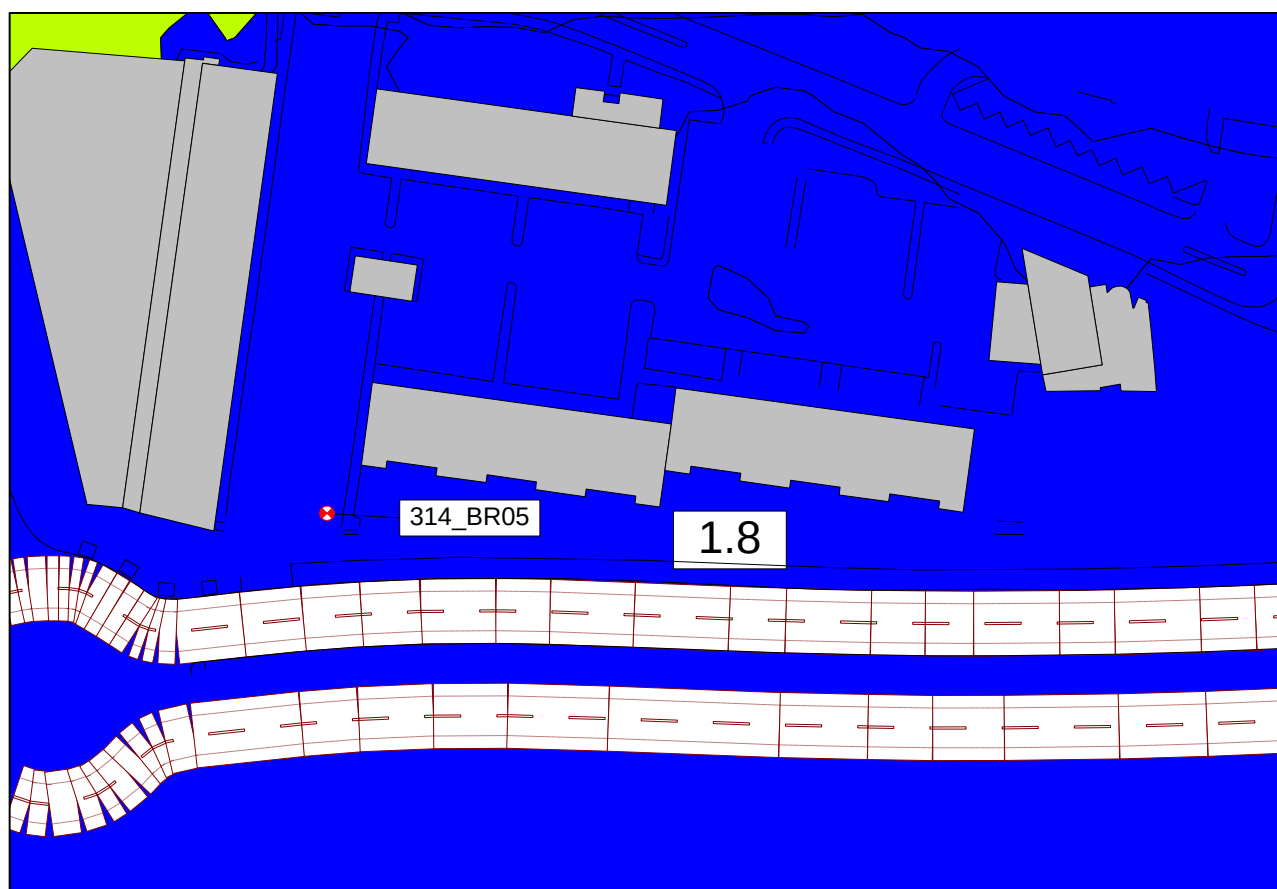
- Que, dans ce cas, le niveau sonore des poids lourds est identique à celui des véhicules légers dès lors qu'il avoisine **10%**, ce qui est souvent observable.
- Qu'à 10% de poids lourds, leur influence sonore est de l'ordre de **+3 dBA** sur le trafic total.

On peut alors imaginer que l'interdiction ou la limitation de certaines voies à la circulation des poids lourds peut améliorer les conditions de confort acoustique des riverains. Il est bien entendu nécessaire de se poser alors la question du réacheminement du trafic de camions.

8.1.3.2. Exemple de l'interdiction de circulation aux poids lourds

On étudie, par la simulation, l'impact d'une réduction du nombre de poids lourds sur le boulevard Sud (Bd Jean Jaurès) au niveau du point de mesure BR05.

Sur cet axe, le trafic sur la voie vers l'Ouest est de l'ordre de 1000 véhicules par heure le jour, avec une vitesse moyenne de l'ordre de 38 km/h. Le taux de poids lourds actuel est de 10,4%. On calcule l'impact acoustique sur les logements si ce taux était ramené à 1% :



On constate une amélioration prévisible de l'ordre **1,8 dBA** sur l'ensemble de la zone.

8.1.3.3. Préconisations PRUNEL relatives au nombre de poids lourds

- Restreindre l'accès des poids lourds aux zones urbaines.
- Faciliter leur transit en périphérie.

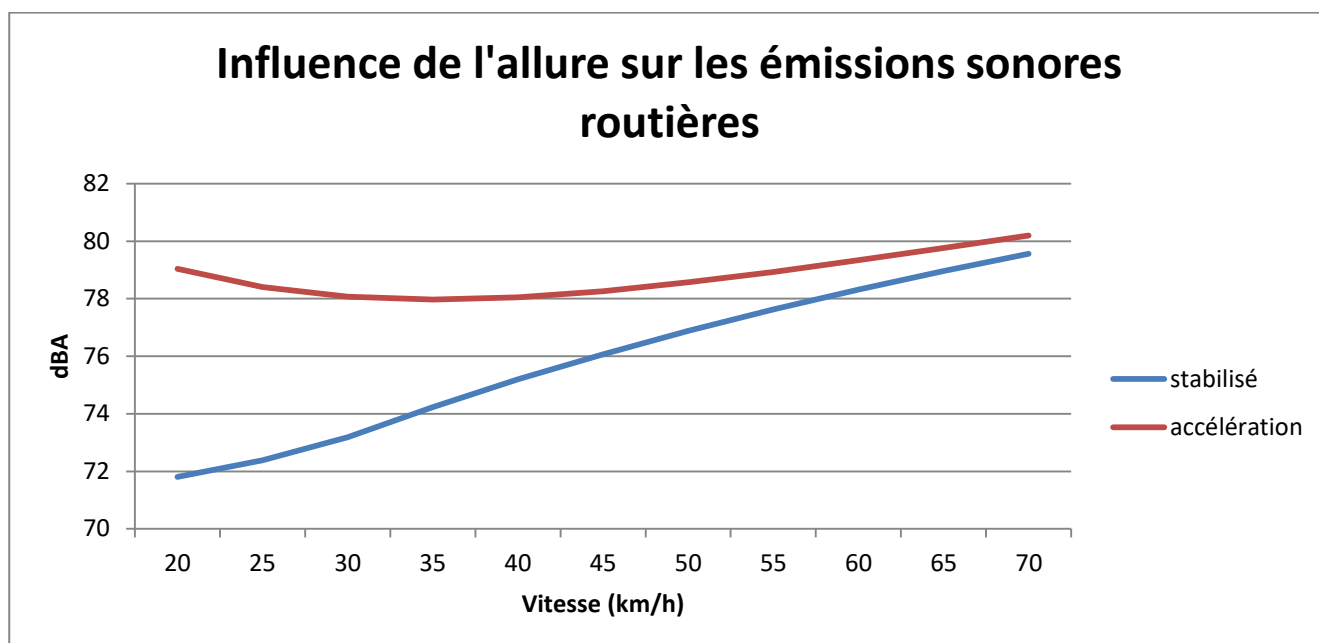
8.1.4. Influence de la fluidité du trafic

8.1.4.1. Principes acoustiques

Dans un trafic à vitesse stabilisée, les véhicules présentent un régime moteur stable, peu élevé en ville, qui produit un bruit constant.

Lorsque le parcours comporte des ralentissements ou des arrêts, les conducteurs utilisent des rapports de boîte de vitesse différents et font varier de façon très importante le régime moteur et donc le bruit induit.

La **fluidité du trafic** est donc un facteur **essentiel** à respecter en matière de réduction du bruit :



Hypothèses : Véhicules légers circulant en stabilisé sur un revêtement R2 âgé avec 400 veh/h

On constate que les écarts entre un trafic fluide et un trafic instable est très important dans les basses vitesses qui sont fréquemment rencontrées en ville (entre 6 et 2 dBA d'écart). D'où l'importance de chercher à **maintenir un écoulement de trafic le plus fluide possible pour limiter les nuisances sonores**.

8.1.4.2. Exemple d'un giratoire remplaçant un carrefour à feux

On citera, comme premier exemple, le remplacement d'un carrefour à feux par un giratoire. Une telle étude a été menée par le CERTU en 2018 à Annemasse en Haute Savoie sur le carrefour du Livron où se rejoignaient plusieurs voies dans un carrefour à feux.

Ce dernier a été remplacé par un giratoire de grand diamètre et une voie dénivelée a été créée sous le giratoire.



Photo aérienne du carrefour du Livron après aménagement

PF1	Période	Niveaux sonores relevés en dB(A)		Ecart	Correction trafic	Bilan (à trafic constant)
		Avant	Après			
	L _{eq} (10-22h)	72,4	69,5	-2,9	+0,6	-3,5
	L _{eq} (22h-6h)	64,1	59,5	-4,6	+0,4	-4,1

PF2	Période	Niveaux sonores relevés en dB(A)		Ecart	Correction trafic	Bilan (à trafic constant)
		Avant	Après			
	L _{eq} (10-22h)	70,0	69,0	-1,0	+0,9	-1,9
	L _{eq} (22h-6h)	62,8	60,0	-2,8	+0,6	-3,4

PF3	Période	Niveaux sonores relevés en dB(A)		Ecart	Correction trafic	Bilan (à trafic constant)
		Avant	Après			
	L _{eq} (10-22h)	71,6	67,5	-4,1	+0,5	-4,6
	L _{eq} (22h-6h)	61,4	57,5	-3,9	+1,3	-5,2

Remplacement d'un carrefour à feux par un giratoire (source CERTU)

Les résultats de l'aménagement en matière d'acoustique sont **particulièrement positifs** avec des baisses de niveaux sonores de **- 2 dBA à - 5 dBA**.

8.1.4.3. Exemple d'une onde verte

Le principe d'une **onde verte** est de tenter de maintenir la vitesse du trafic constante sur une voie en faisant en sorte que les feux tricolores de cette voie soient synchronisés pour une vitesse moyenne donnée des véhicules.

Les conducteurs sont informés de cette disposition par des panneaux de signalisation. Afin d'éviter de devoir s'arrêter aux feux, les conducteurs modifient leur comportement et régulent leur allure afin d'arriver au vert à chaque feu.

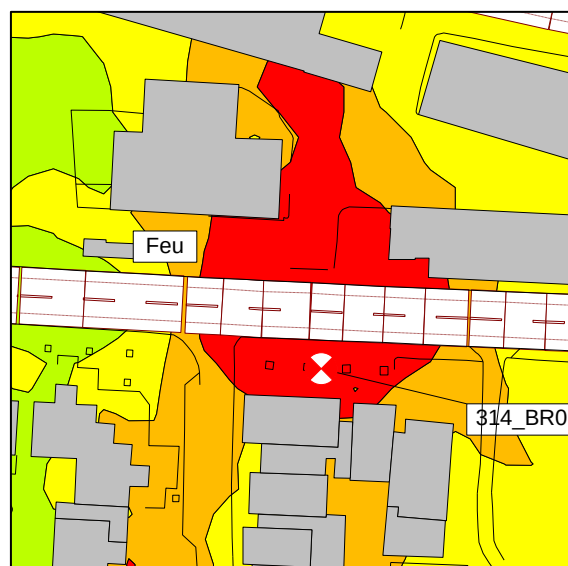
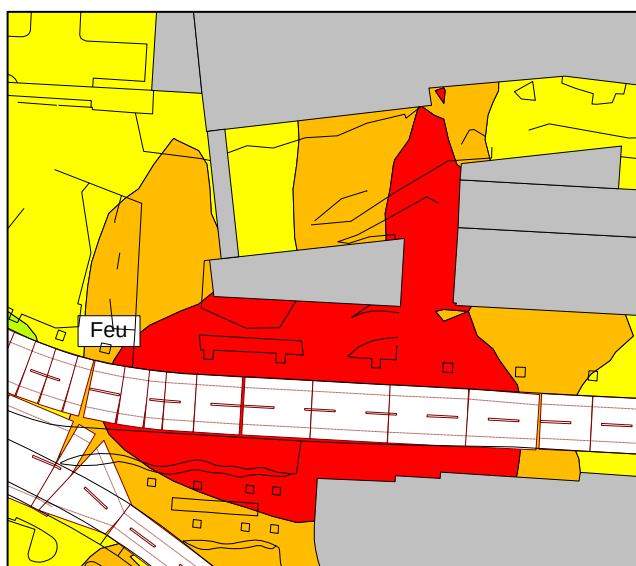
On étudie l'exemple de l'avenue Léopold Rambaud, en direction de l'Est où de nombreux feux tricolores sont présents. Une partie de cet axe routier a fait l'objet de mesures au point BR01.

On part d'une situation initiale où de nombreux tronçons d'arrêt et de démarrage sont présents sur la voie avant et après chaque feu.

On étudie le gain acoustique d'une situation où l'intégralité du trafic est fluide grâce à la mise en place d'une onde verte à 50 km/h.

Le lecteur gardera en mémoire qu'il ne s'agit que d'une simulation idéale, réalisée dans le but d'une illustration des améliorations acoustiques attendues par la fluidification d'un trafic routier.

Le graphique suivant montre les augmentations de niveaux sonores entre une situation fluide (onde verte) et des arrêts systématiques aux feux.



On constate que le niveau sonore augmente jusqu'à **+ 3 dBA** par endroits.

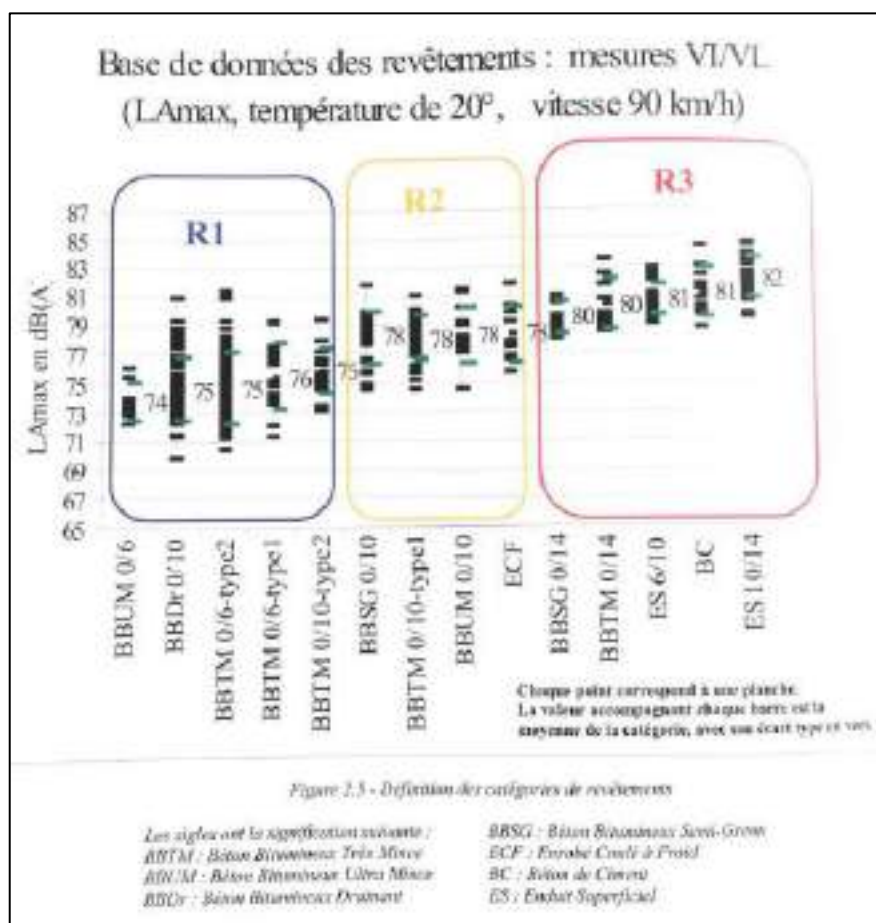
8.1.4.4. Préconisations PRUNEL relatives à la fluidité du trafic

- Assurer une fluidité maximale du trafic en limitant le recours aux feux tricolores et aux stops.
- Mais prendre garde à ce que la vitesse n'augmente pas.
- Mettre en place des giratoires.
- Mettre en place des ondes vertes.

8.1.5. Influence du type de couche de roulement

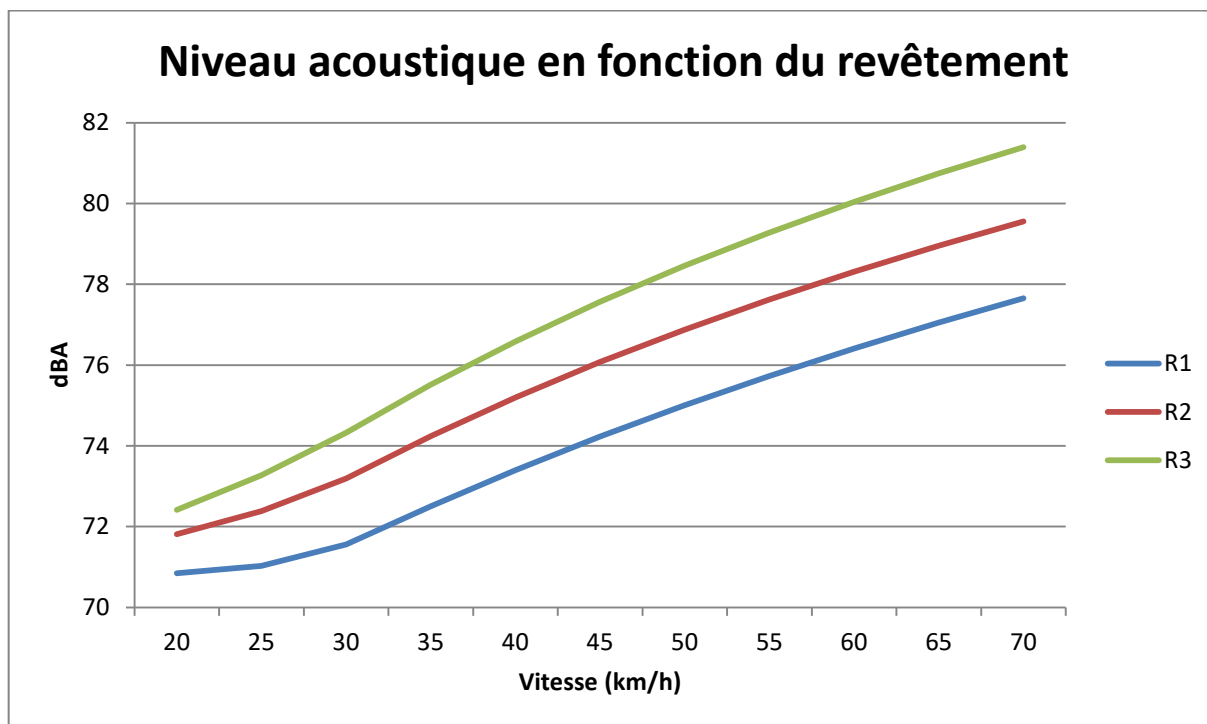
8.1.5.1. Principes acoustiques

Une partie du bruit routier étant liée au roulement des véhicules, le choix des matériaux utilisés pour constituer la **couche de roulement des chaussées** a une influence sur les émissions sonores de la voie. Du point de vue acoustique, les couches sont classées en trois catégories R1, R2 et R3 de la plus silencieuse à la plus bruyante.



Classification acoustique des couches de roulements routières (source SETRA)

Voici comment évolue le bruit routier en fonction de la vitesse et du type de revêtement, pour un véhicule léger roulant en régime stabilisé sur un revêtement âgé de plus de 10 ans, avec un débit de l'ordre de 400 véhicules par heure.



Hypothèses : 400 véhicules légers par heure roulant en stabilisé sur un revêtement de plus de 10 ans.

On constate un gain maximal à long terme de l'ordre de 2 à 4 dBA, qui peut être plus important si le revêtement initial est dégradé.

Les qualités acoustiques de revêtement se détériorent avec l'âge entre 2 et 4 dBA. **On peut donc espérer un gain maximal de 8 dBA à la pose du nouveau revêtement qui se réduira à 4 dBA au bout de 10 ans.**

En France, la majorité des revêtements routiers sont de type BB (béton bitumineux). Les revêtements à caractéristiques acoustiques sont :

- **Les bétons bitumineux drainants (BBDr)**

- o Gains déclarés de 3 à 9 dBA
- o Réduisent les projections d'eau
- o Réduisent le risque d'aquaplanage
- o Réduisent l'effet d'éblouissement

Mais

- o Encrassement rapide donc nettoyage fréquent
- o Non adaptés aux carrefours, ronds-points, virages serrés
- o Mise en œuvre délicate

- **Les Bétons bitumineux à couche mince ou très mince (BBM et BBTM)**

- o Gains déclarés de 3 à 6 dBA
- o Bonne résistance mécanique
- o Antidérapants
- o Réduisent les projections d'eau

Mais

- o Non adaptés aux carrefours, ronds-points, virages serrés

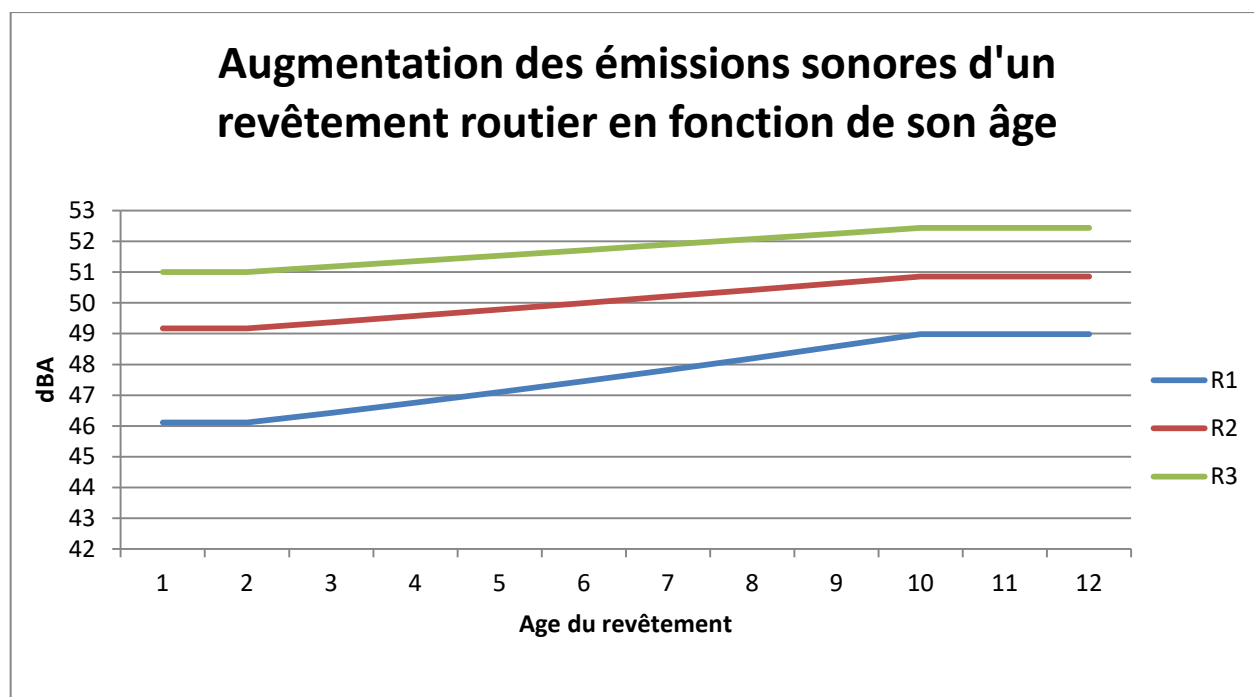
Le surcoût de mise en œuvre d'un revêtement acoustique varie de +25% à + 200% suivant son type.

8.1.5.2. Durabilité des performances des revêtements acoustiques routiers

La plupart des revêtements routiers phoniques ont une teneur en vides significative car elle a une influence très favorable sur la réduction du bruit routier.

Pour cette raison, les revêtements phoniques :

- Sont plus **fragiles mécaniquement**, ils résistent mal au cisaillement.
- Sont également sujets à un **colmatage** plus ou moins rapide qui réduit leurs propriétés acoustiques au cours du temps, de l'ordre de 0,5 à 1 dBA par an.



Hypothèses : 400 véhicules légers à 50 km/h stabilisés

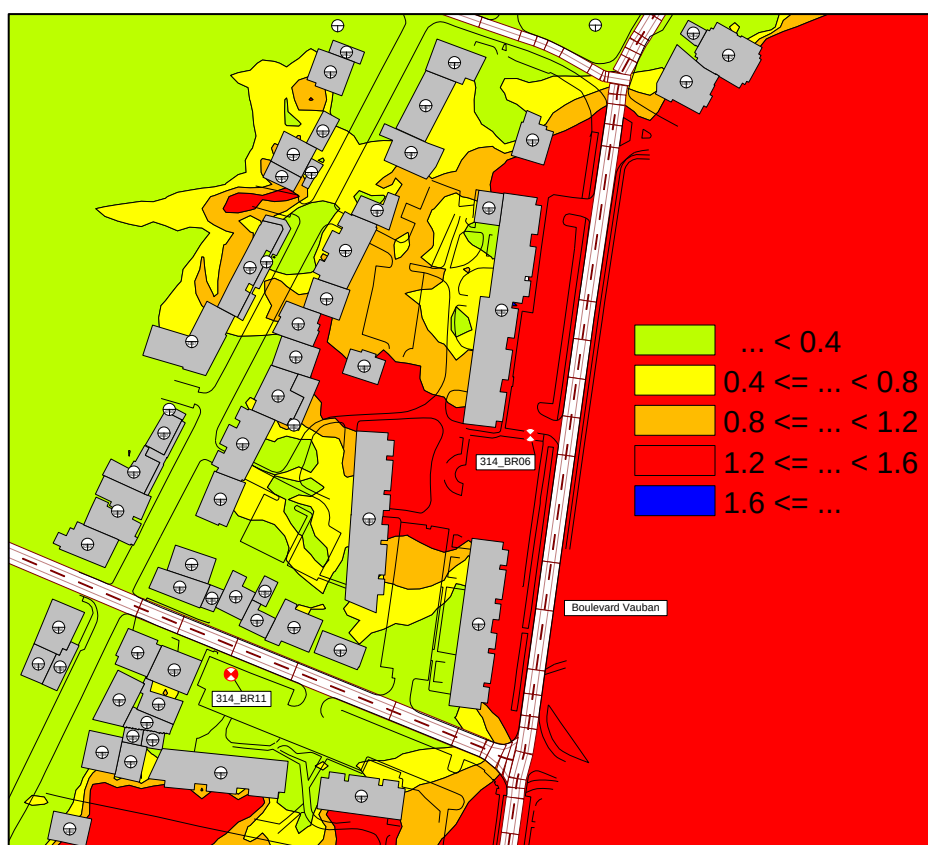
8.1.5.3. Exemple du remplacement d'un revêtement R3 par un revêtement R1

Cet exemple est basé sur les bâtiments du boulevard Vauban étudiés dans le cadre du diagnostic acoustique PRUNEL effectué par PHPS.

Le revêtement de la voie et son âge étant inconnus, on part du principe qu'il s'agit du scénario le plus défavorable : un revêtement de type R3 de plus de 10 ans d'âge. On le remplace par un revêtement de type R1, le plus silencieux.

On considère également les paramètres de la voie comme observés lors du diagnostic : 9000 véhicules par jour, avec 9% de poids lourds et une vitesse de l'ordre de 43 km/h, en phase accélération car les véhicules sont libérés du feu situé au carrefour avec la rue du Général de Gaulle.

Voici les gains acoustiques estimés par une simulation numérique :



On constate que l'on obtient un gain en façade des immeubles de l'ordre de **1,6 dBA**, ce qui est relativement modeste.

8.1.5.4. Préconisations PRUNEL relatives aux revêtements routiers

- La mise en place de revêtements acoustiques en ville peut apporter des améliorations mais une étude préalable du contexte est toujours nécessaire.
- Etant données les faibles vitesses relevées sur le réseau routier de PRUNEL, les gains à attendre en optant pour des revêtements acoustiques performants seront relativement limités.

8.1.6. Influence de la topographie

La topographie du terrain où est implantée la voie possède une influence marquante sur les émissions sonores de cette dernière.

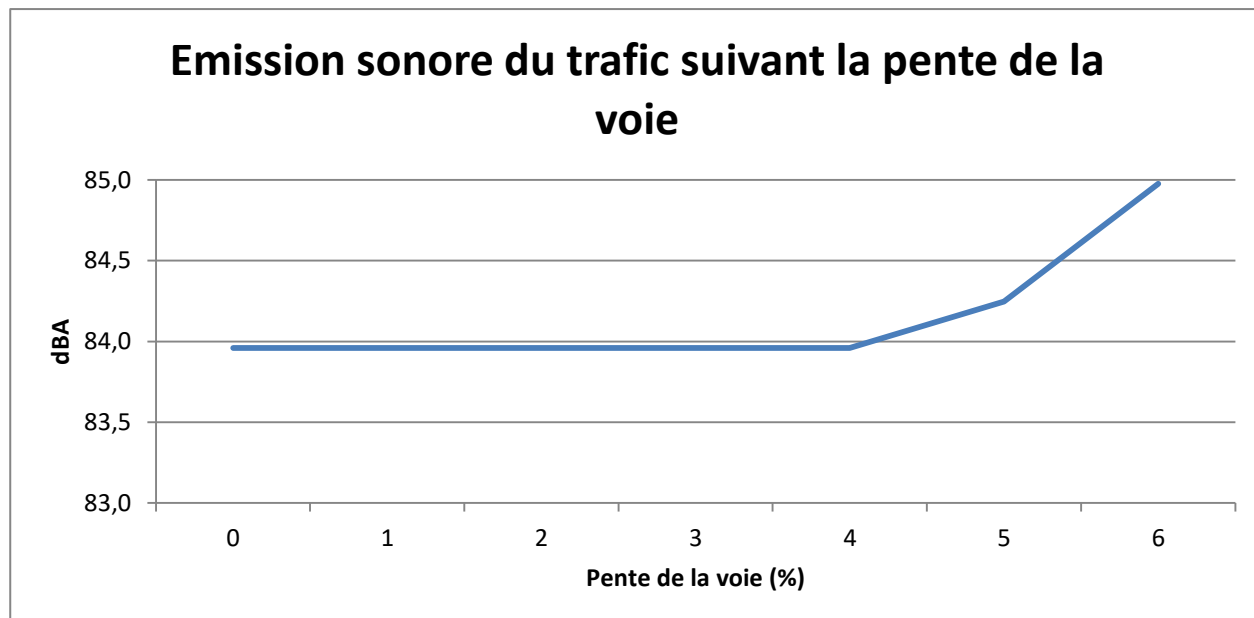
8.1.6.1. L'effet de la pente de la voie

Il est bien difficile de maîtriser la pente, car elle est imposée par la topographie, cette dernière étant particulièrement marquée à La Réunion.

Par chance, le périmètre PRUNEL, proche du bord de mer, possède une topographie relativement plate qui sera donc peu impactée par les effets de pente naturelle. Ces effets peuvent néanmoins apparaître très localement, au voisinage d'aménagements particuliers faisant intervenir une forte pente.

On considère généralement que la pente de la voie n'a d'effet que sur les émissions sonores du trafic de poids lourds.

Voici, à titre d'exemple, comment intervient l'effet de pente sur un trafic de 1000 véhicules par heure avec 10% de poids lourds, en accélération, avec une vitesse de 35 km/h sur un revêtement R2 âgé.



Hypothèses : 1000 véhicules, 10% PL à 35 km/h en accélération sur revêtement R2 âgé

On constate que l'influence de la pente n'est importante que pour les fortes déclivités, et qu'elle n'atteint que 1 dBA à 6%.

8.1.6.2. L'implantation des chaussées en décaissé avec ou sans couverture

Il est également possible de prévoir des chaussées encaissées soit entre des **levées de terre**, soit à **fond de tranchée**. Dans ce cas, on se ramène aux effets des murs ou des talus traités par la suite, avec des résultats très variables suivant la configuration des lieux.

Cette méthode peut être employée pour gérer un croisement d'axes routiers, comme c'est le cas sur le boulevard LANCASTEL. Malheureusement dans ce cas, les logements ont été implantés en surplomb de la voie et les rez-de-chaussée ne bénéficient pas de l'effet de masque du décaissé.



Circulation en décaissé sous un pont sur le boulevard LANCASTEL

Comme c'est le cas sur le boulevard Sud, la tranchée peut également être **couverte**.



Circulation en tranchée couverte sur le boulevard Sud

Dans ce cas, l'atténuation globale du bruit routier dépendra :

- Des **matériaux** utilisés pour réaliser la couverture. Ces matériaux étant massifs, l'atténuation sera souvent excellente, et permettra éventuellement d'aménager des zones de calme en milieu urbain et ce d'autant plus que la longueur couverte sera longue.
- Du traitement de l'**amplification du bruit routier aux bouches des tunnels**. Cet « effet de résonance » est produit par la réverbération du son sur les parois du tunnel et sur celles des entrées. Il est le plus sensible de nuit, lorsque le trafic est intermittent et que l'effet du tunnel n'est pas masqué par le bruit du reste de la circulation.

Une attention particulière est apportée à la construction des parois au voisinage des bouches des tunnels, avec l'emploi de **parements absorbants**, en béton-bois ou en cassettes métalliques (cf. illustration précédente).

Le dimensionnement acoustique des couvertures partielles ou complètes des chaussées fait l'objet de méthodes de calcul spécifiques développées dans le Guide du Bruit des Transports Terrestres 1980 du CERTU.

8.1.6.3. Préconisations PRUNEL relatives à la topographie

- Limiter les fortes pentes
- Installer les chaussées en décaissé.
- Couvrir les chaussées et traiter l'acoustique des entrées de tunnels.

8.2. Les dispositifs constructifs anti-bruit en bord de voies

Dans ce paragraphe, on s'attachera à décrire et à évaluer les dispositifs constructifs isolés qui peuvent être mis en place pour limiter l'exposition des façades au bruit routier.

Les précautions relatives à l'urbanisme ou à la construction des bâtiments feront l'objet des chapitres dédiés suivants.

Les techniques de protection par des dispositifs isolés sont relativement limitées : le **mur anti bruit** et sa variante l'**écran acoustique urbain** ainsi que les **talus**.

Ces dispositifs peuvent être prévus à la construction des voies, dans la mesure où l'étude d'impact prévue par la réglementation les a jugés nécessaires.

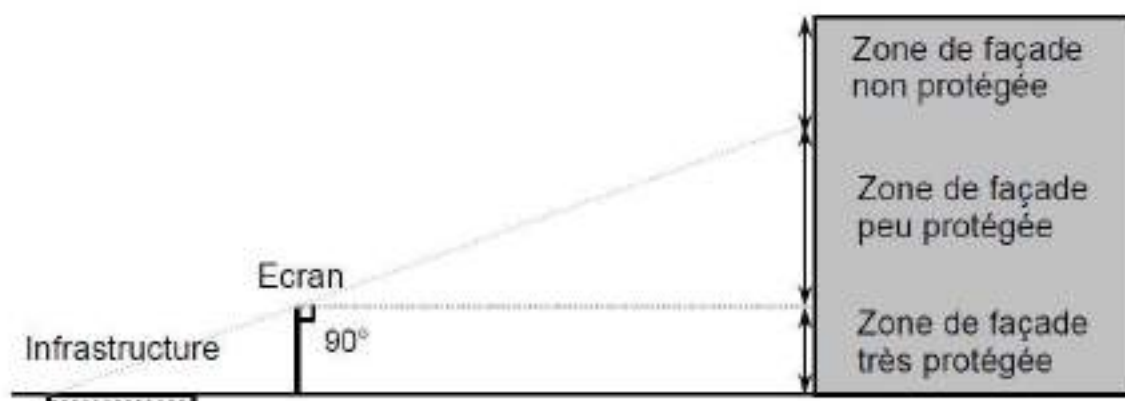
Ils peuvent également être implantés sur des voies existantes où des problèmes de bruit sont répertoriés, avec souvent plus de difficulté technique.

8.2.1. Les murs et écrans anti-bruit

On fait ici la différence entre les **murs et écrans anti-bruit**, dont les hauteurs sont supérieures 2 m ou plus et les **écrans anti-bruit urbains**, récemment apparus et dont la hauteur est inférieure à 1m.

8.2.1.1. Principes acoustiques

Les murs et écrans anti-bruit sont des dispositifs de protection classiques. Il s'agit simplement d'interposer un mur entre la source de bruit (les véhicules) et les riverains. Cependant, le mur protège de façon inégale ces derniers suivant leur hauteur par rapport au sol :



Zones de protection (Source : Ministères Environnement / Logement)

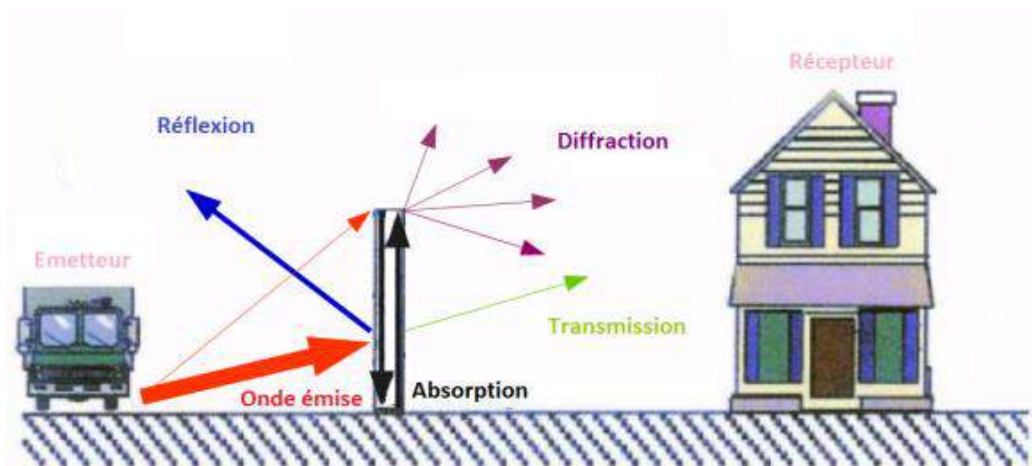
L'efficacité d'un mur anti-bruit se détermine par un **calcul** relativement complexe qui prend en compte :

- Les distances entre la route, le mur et les logements.
- La hauteur du mur et sa composition.
- La hauteur du point de réception du bruit considéré.
- La composition des différentes surfaces.

On comprend aisément que la zone supérieure ne soit pas protégée : « si je vois la source de bruit, je l'entends ».

Pour les deux autres zones, les choses sont un peu plus complexes...

Sans entrer dans le détail de la théorie, on notera que le son se comporte de la façon suivante lorsqu'il rencontre l'obstacle :

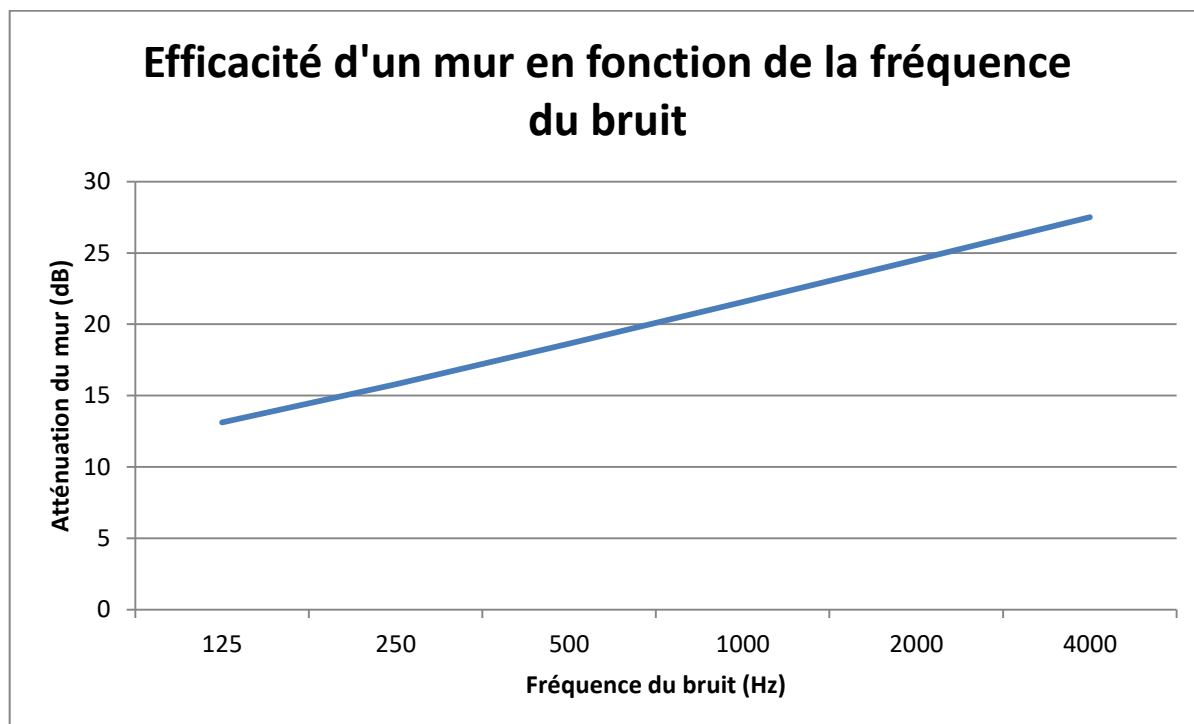


Les différents comportements de l'onde sonore qui rencontre un mur (Source : BRUXELLES Environnement)

- Une partie est **réfléchi** par le mur et retourne vers les véhicules (en bleu sur le schéma). Elle peut alors être réfléchi à nouveau par les véhicules ou les façades des immeubles et revenir encore une fois vers le riverain (ce phénomène peut se reproduire plusieurs fois...). C'est la raison pour laquelle on fait en sorte que les écrans anti-bruit soient munis de ce côté d'une **face absorbante** qui ne réfléchira que très peu de bruit.
- Si le mur n'est pas assez isolant, une partie du bruit sera **transmise** chez le riverain (en vert sur le schéma). Dans la pratique, on demande à ce que l'écran possède un affaiblissement acoustique de l'ordre de 25 dB, ce qui permet de négliger l'influence de la transmission du son. Cette valeur est assez facile à atteindre avec des matériaux courants, mais **toute ouverture dans le mur est à proscrire**.
- Au sommet du mur se produit un phénomène acoustique complexe, la **diffraction** (en mauve sur le schéma). L'onde sonore est déviée dans de nombreuses directions avec différentes intensités, à la manière un projectile qui « exploserait » sur l'arête supérieure du mur.

La diffraction a pour effet de permettre au son de se propager dans les zones « peu protégée » et « très protégée ».

De plus, la manière dont le son est diffracté dépend également de sa **fréquence**, ce qui conduit à des performances différentes des murs suivant si le bruit est grave ou aigu :



On constate que les bruits graves (basses fréquences) sont moins bien atténués par un mur que les bruits aigus (hautes fréquences). Le bruit routier étant riche en basses fréquences, **l'efficacité du mur sera donc limitée dans les graves.**

Les caractéristiques et les performances des murs anti-bruit font l'objet d'une **importante normalisation**, en particulier les normes EN 1793, 1794 et 14389.

Les murs anti-bruit peuvent être réalisés en divers matériaux, ce qui favorise leur intégration architecturale : le béton, le bois, le métal, le plexiglas, les gabions ...

8.2.1.3. Préconisations PRUNEL relatives aux murs anti-bruit

Enfin, pour être complet, on précisera quelques **recommandations générales relatives aux murs anti-bruit** :

- Le mur doit être largement prolongé de part et d'autre des logements à protéger ou être doté de retours à angle droit.
- Pas d'ouvertures autorisées dans le mur.
- Pour limiter le phénomène de diffraction de quelques dBA, on peut doter les murs de couronnements aux formes variées :



Couronnements de mur (Source CSTB)

- La hauteur idéale calculée doit être rapprochée des **limitations imposées par les PLU**. Ces derniers indiquent souvent des hauteurs maximales de 2 m, ce qui amène à des écrans la plupart du temps inefficaces.
- En ville, du fait de la proximité des bâtiments et souvent de leur grande hauteur, le mur anti-bruit, **ne protégera que les rez-de-chaussée des constructions**.
- La face absorbante peut être constituée par un matériau absorbant, comme le béton bois, ou même par un mur végétalisé, très performant s'il est bien conçu.



8.2.2. Les écrans anti-bruit urbains

On l'a vu, les murs anti-bruit efficaces, implantés en limite des propriétés, sont souvent inadaptées au milieu urbain :

- Des hauteurs requises trop importantes.
- Insuffisance de protection des étages.

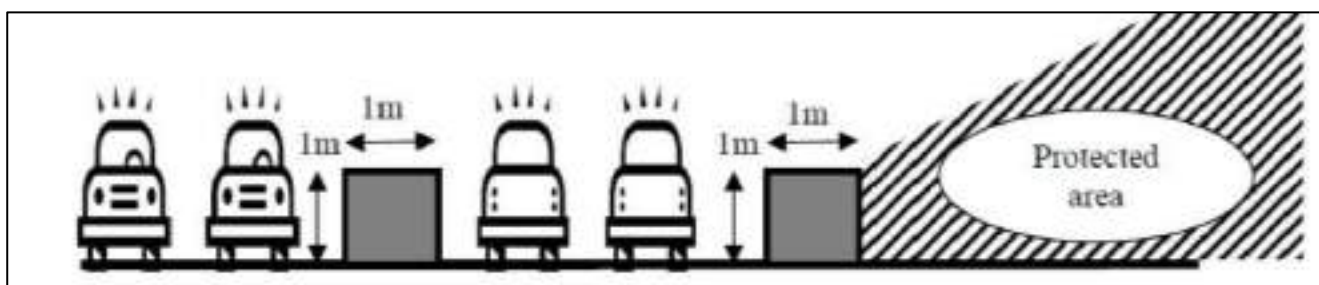
De ce constat est née l'idée de réaliser des dispositifs de petite taille (environ 1m) implantés au plus près des sources de bruit : les **écrans anti-bruit urbains**. Ces éléments font l'objet d'une recherche assez récente et surtout de programmes d'évaluation assez poussés.



Ecran anti-bruit urbain PBM béton/béton-bois (source CIDB)

On citera, par exemple, le projet de recherche REMUS soutenu par l'ADEME, qui a établi un **guide d'aide à la décision pour la réalisation de mobiliers urbains acoustiques**.

Ce guide, consultable sur internet à l'adresse <http://ecran-urbain.cstb.fr/>, permet d'évaluer l'efficacité des dispositifs dans des situations types.



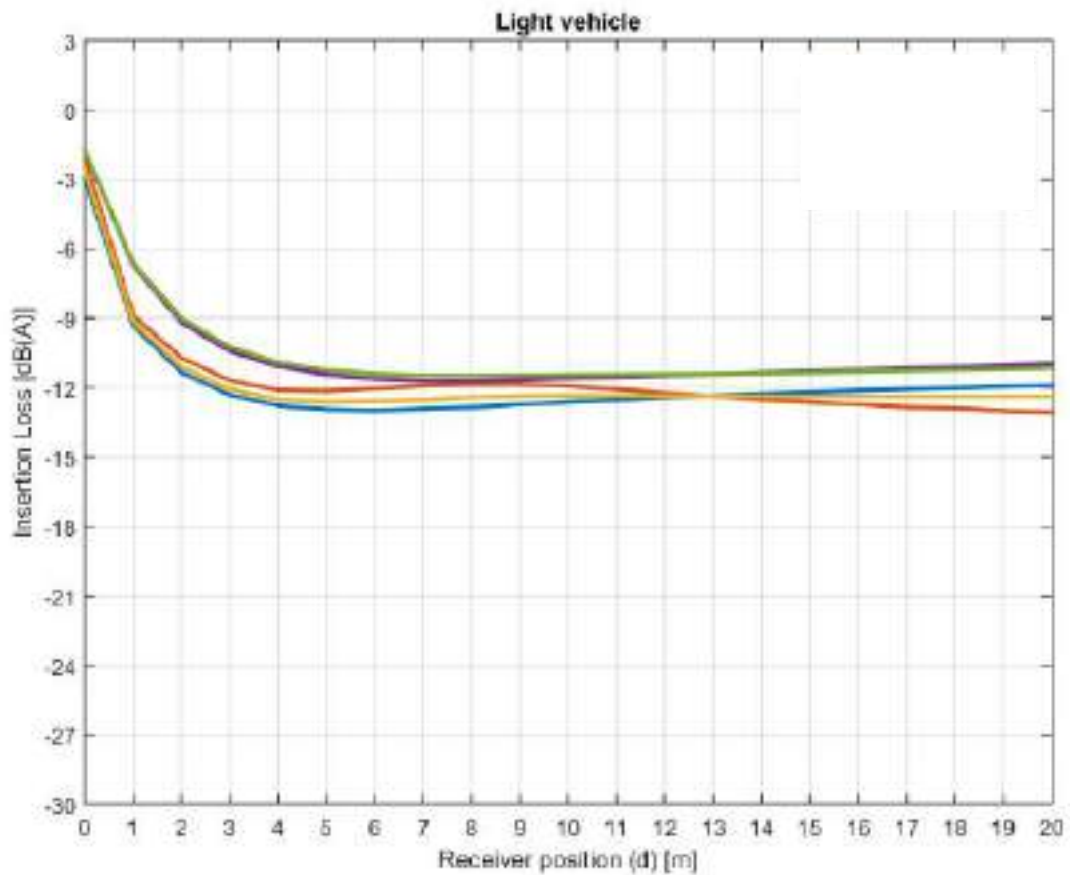
Principe des écrans anti-bruit urbains (source REMUS)

L'objectif des écrans anti-bruit urbains est de réduire l'impact acoustique du trafic routier sur des **espaces urbains modernes**, c'est-à-dire relativement étendus où les véhicules circulent relativement rapidement.

Ces dispositifs ne sont pas adaptés aux rues anciennes, généralement étroites et sans trottoirs et où les sources de bruit ne peuvent pas être masquées par les murets.

Les configurations étudiées sont :

- Les places.
- Les avenues larges (> 40m).
- Les voies importantes (>30m).



Perte par insertion suivant la distance à l'écran anti-bruit urbain (Source REMUS)

Les résultats sont encourageants avec des pertes d'insertion maximales de l'ordre de -12 dB qui débouchent sur des réductions de niveau sonore sur site de **- 7 à - 9 dBA**.

8.2.3. Les merlons

8.2.3.1. Principe acoustique

Les merlons ou talus sont des **buttes de terre** implantées à proximité des voies et résultent souvent de l'utilisation des déblais nécessaires à la construction de l'infrastructure.



Protection des logements du bruit routier de la RN1 à l'aide d'un merlon à Saint-Louis

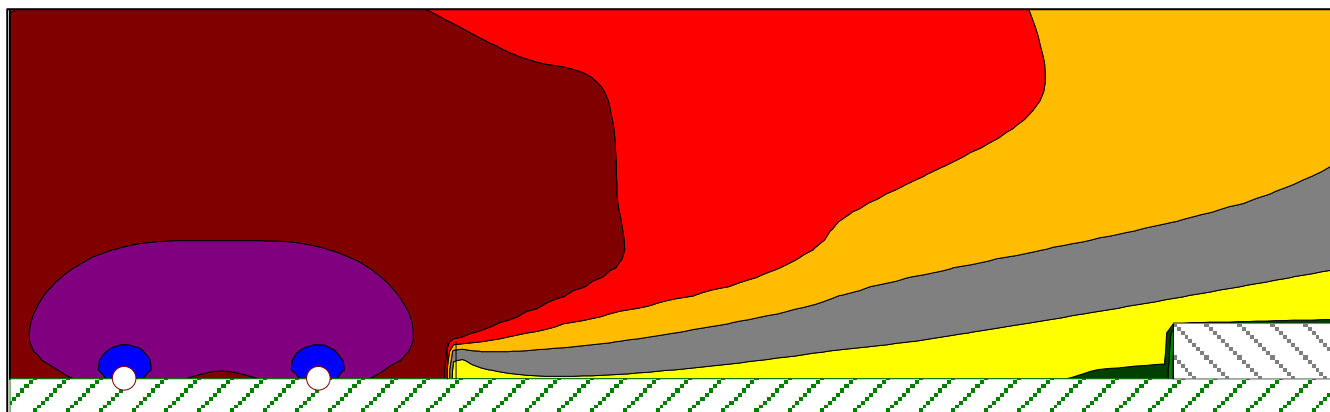
Les merlons sont en général peu adaptés à l'espace urbain car, pour des raisons de stabilité, ils doivent disposer d'une **base large**, souvent incompatible avec une implantation en ville.

Les merlons présentent l'avantage de pouvoir être végétalisés ce qui favorise leur intégration paysagère, et l'inconvénient de devoir être entretenus. On les trouve souvent en bordure des parcs et des espaces verts.

- **Les merlons sont moins efficaces que les murs** de même hauteur car ces derniers, moins exigeants en place au sol, peuvent être implantés plus près des sources de bruit.
- Les merlons disposent naturellement d'une **bonne absorption du bruit** sur leur surface de terre meuble ou de végétaux.
- Comme pour les murs, on voit apparaître un phénomène de **diffraction** au sommet des merlons.
- Comme pour les murs, on peut envisager des réductions de bruit de 0 à -10 dBA suivant la position des points de réception du bruit routier.

8.2.3.2. Exemple

Afin d'illustrer l'effet d'un merlon, on a réalisé une simulation de la modification de la propagation du bruit routier lorsqu'un merlon de 2 m de haut est implanté en bord de voie, comme dans l'exemple ci-dessus. On constate que le logement situé à droite est protégé des émissions sonores de la route.



Effet d'un merlon sur le bruit routier

8.2.3.3. Préconisation PRUNEL relative aux talus

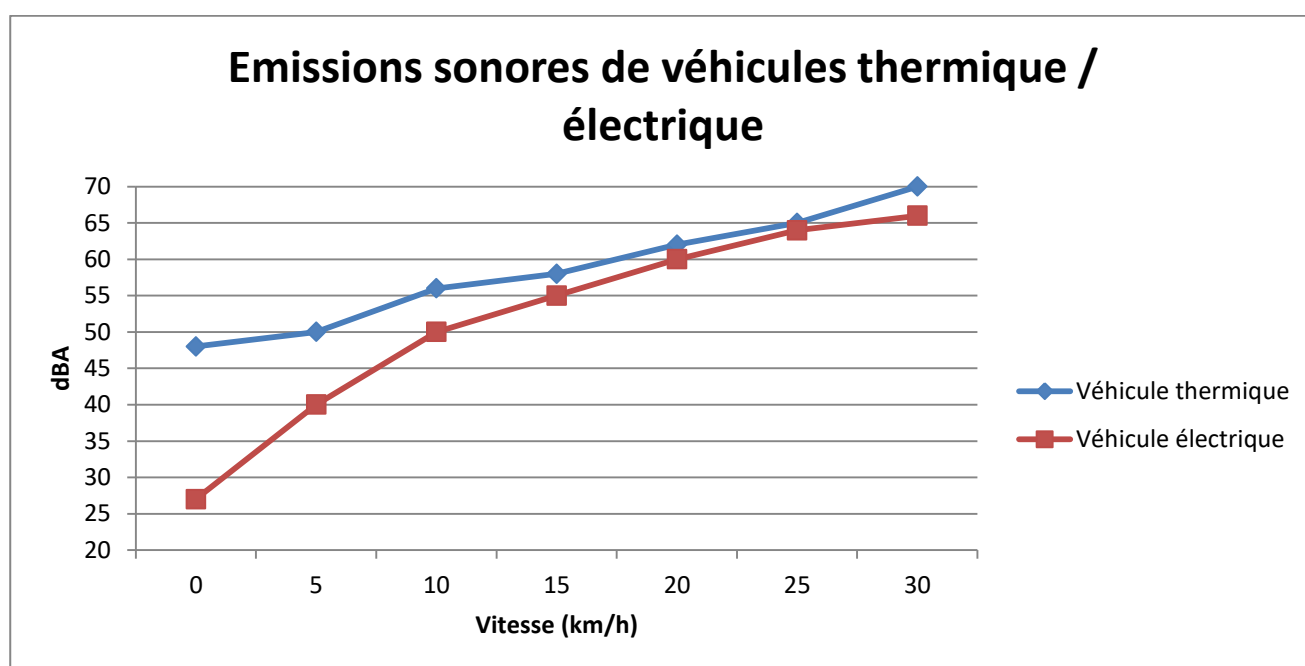
- Utiliser les effets de merlons quand c'est possible, sachant que le milieu urbain ne s'y prête pas particulièrement.

8.3. Les émissions sonores des véhicules électriques

8.3.1. Principe acoustique

A l'heure où ce document est établi, les véhicules électriques commencent à apparaître dans le paysage routier. Ils sont notoirement plus silencieux que les véhicules thermiques, mais leur proportion dans le flot de circulation est très faible et évolue lentement.

Il n'est donc pas possible aujourd'hui de tenir compte de leur influence positive en matière de bruit, d'autant qu'aucun élément de calcul n'est actuellement disponible.



Source : CIDB

En matière d'émission sonore, les véhicules électriques se démarquent le plus des véhicules thermiques **à très basse vitesse**, donc principalement pendant les phases de démarrage et d'arrêt.

On envisage ainsi une réduction des émissions d'un véhicule, allant de – 8 dBA (très basse vitesse) jusqu'à – 4 dBA (basse vitesse). Voici comment se modifierait alors le niveau total de bruit routier, pour deux compositions de trafic :

Composition du trafic	Très basse vitesse	Basse vitesse
25 % électrique + 75 % thermique	-1,0 dBA	-0,7 dBA
50 % électrique + 50 % thermique	-2,4 dBA	-1,6 dBA

Source : CIDB

Limitation des gains envisageables par l'obligation de bruit à très basse vitesse

Des véhicules électriques à basse vitesse, et parfaitement silencieux, constitueraient un **danger pour les piétons** qui ne les entendraient pas.

Depuis le 1^{er} Juillet 2019, tous les véhicules électriques à quatre roues neufs, vendus dans l'Union européenne, doivent émettre un **bruit artificiel** lorsqu'ils roulent à moins de 19 km/h ou font marche arrière.

Ces dispositifs, dits **AVAS**, produisent un son qui ne doit pas excéder 75 dBA, ce qui correspond au niveau sonore d'un moteur à combustion classique.

Les gains sonores à très basse vitesse (< 20 km/h) sont donc annihilés par cette mesure, sauf à l'arrêt.

Les gains acoustiques à attendre ne sont donc que ceux identifiés **en basse vitesse : de 0,7 dBA à 1,6 dBA**.

8.3.2. Préconisations PRUNEL relatives aux véhicules électriques

- Favoriser la circulation des véhicules électriques :
 - o Dans des zones apaisées.
 - o Véhicules de livraison.
 - o Véhicules de service des collectivités.

8.4. Aspect acoustique réglementaire des aménagements routiers

Les textes de référence sont :

- l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- les articles 571-9 et 10, 571-44 à 52 du code de l'environnement (ex décret du 9 janvier 1995)

Les **obligations** du maître d'ouvrage naissent dès lors que l'infrastructure est nouvelle ou significativement modifiée.

La modification est **significative** quand elle amène, à terme, à une augmentation des niveaux sonores de plus de **2 dBA**.

On étudie ensuite si le projet amène les niveaux de façade à dépasser des **seuils**. Ces derniers sont en général de **65 dBA de jour** et de **60 dBA de nuit**, mais d'autres seuils sont précisés pour des cas particuliers (ambiance sonore pré existante modérée, établissements d'enseignement ou de soins, bureaux ...).

Si les seuils sont dépassés, **le maître d'ouvrage doit mettre en œuvre des protections acoustiques à la source** (murs, merlons, ...) et valider leur efficacité.

Si, malgré toutes les protections acoustiques, les niveaux sonores dépassent encore les seuils, **le maître d'ouvrage est tenu de mettre en œuvre des protections de façade efficaces sur les bâtiments concernés**, ce qui consiste principalement à poser des menuiseries isolantes là où elles sont nécessaires.

9. PRESCRIPTIONS ACOUSTIQUES PRUNEL - ESPACES PUBLICS

Dans ce chapitre, deux aspects sont abordés :

- Les **espaces publics bruyants** et les modalités de réduction de bruit associées.
- Les **espaces publics apaisants**, de nature à améliorer le confort acoustique des personnes.

9.1. Les espaces publics bruyants

9.1.1. L'entretien des espaces publics

Les nuisances souvent évoquées sont relatives aux **travaux de fauchage**, effectuées avec des débroussailleuses à moteur thermique et au **soufflage des feuilles** et résidus de tonte, à l'aide de souffleurs également à moteur thermique.

L'entretien des espaces publics est une activité professionnelle, soumise à la réglementation sur le bruit de voisinage (décret d'août 2006).



Préconisations acoustiques PRUNEL

- Respecter des **horaires adaptés** pour les travaux d'entretien, par exemple de 8h30 à 12h00, à l'image de ce que l'arrêté préfectoral de La Réunion n°37 impose aux particuliers.
- Utiliser des **souffleurs électriques** moins bruyants que les thermiques (entre 80 et 90 dBA contre 110 dBA) ou des balais.

9.1.2. Les aires de jeux

Les aires de jeux sont également de sources de nuisances sonores évoquées par les riverains.

En 2018, un couple de jeunes parents de CHAMPFLEUR (SARTHE) a obtenu du tribunal administratif qu'une aire de jeux pour enfants soit démontée à cause des nuisances sonores qu'elle engendrait.



Aire de jeux de CHAMPFLEUR

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Etudier l'impact** d'une aire de jeux avant de procéder à son implantation.
- Privilégier l'installation des aires de jeux dans des **espaces ne jouxtant pas des habitations**.
- Protéger les riverains des émissions sonores par des **murs** ou des **merlons végétalisés**, intégrés au projet d'aire de jeu.

9.1.3. Les équipements sportifs

Les équipements sportifs sont également des sources de nuisances pour les riverains (bruits de ballons, sifflets, cris des supporters et des joueurs,...).

Cette thématique a été étudiée à plusieurs reprises par PHPS, pour la Ville de SAINT DENIS concernant ses gymnases, dont les bruits s'échappent par les ouvertures ménagées pour assurer la ventilation naturelle de l'équipement.



Etude des nuisances du gymnase Patrick CAZAL sur la cité CHATEAU MORANGE (2016)



Etude des nuisances du gymnase de ST FRANCOIS sur un riverain en contrebas

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Etudier l'impact** d'un équipement sportif avant de procéder à son implantation.
- Prévoir une **orientation favorable** du bâtiment quand c'est possible.
- Prévoir des dispositifs d'aération ne laissant passer le bruit que de façon limitée de type **chicanes**.

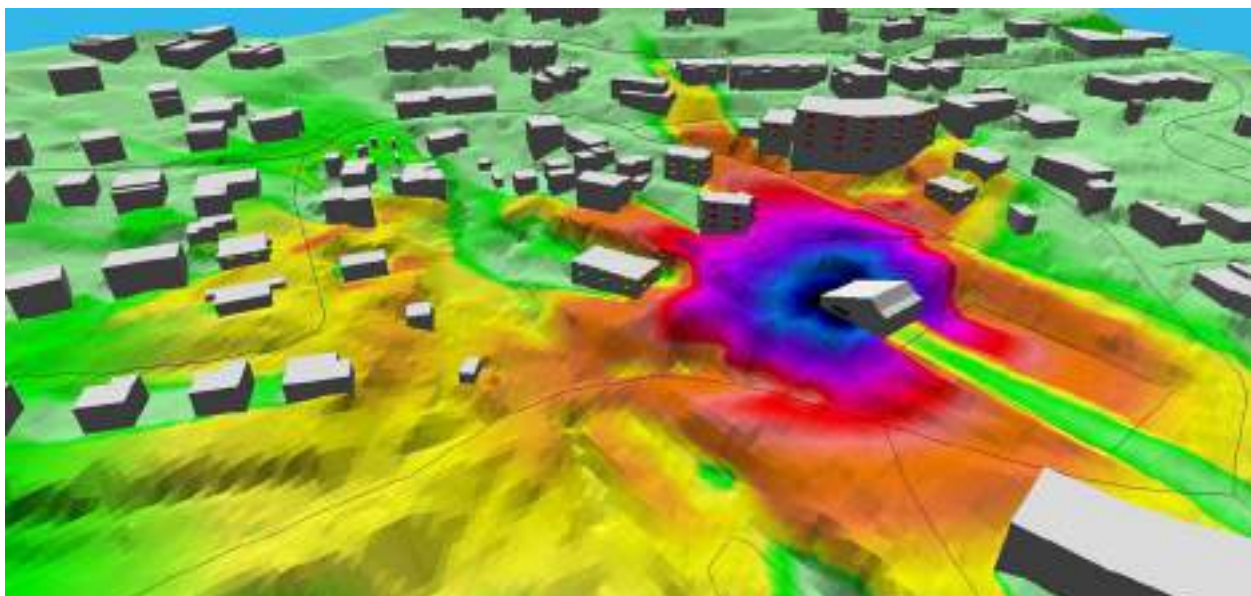
9.1.4. Les salles des fêtes municipales

Les salles des fêtes municipales font souvent l'objet de plaintes des riverains, dans la mesure où elles accueillent des mariages, des baptêmes et autres fêtes familiales, les fins de semaine. Des études ont également été menées par PHPS et on prendra l'exemple de celle de la salle des fêtes de BELLEPIERRE pour la Ville de SAINT DENIS (2017).



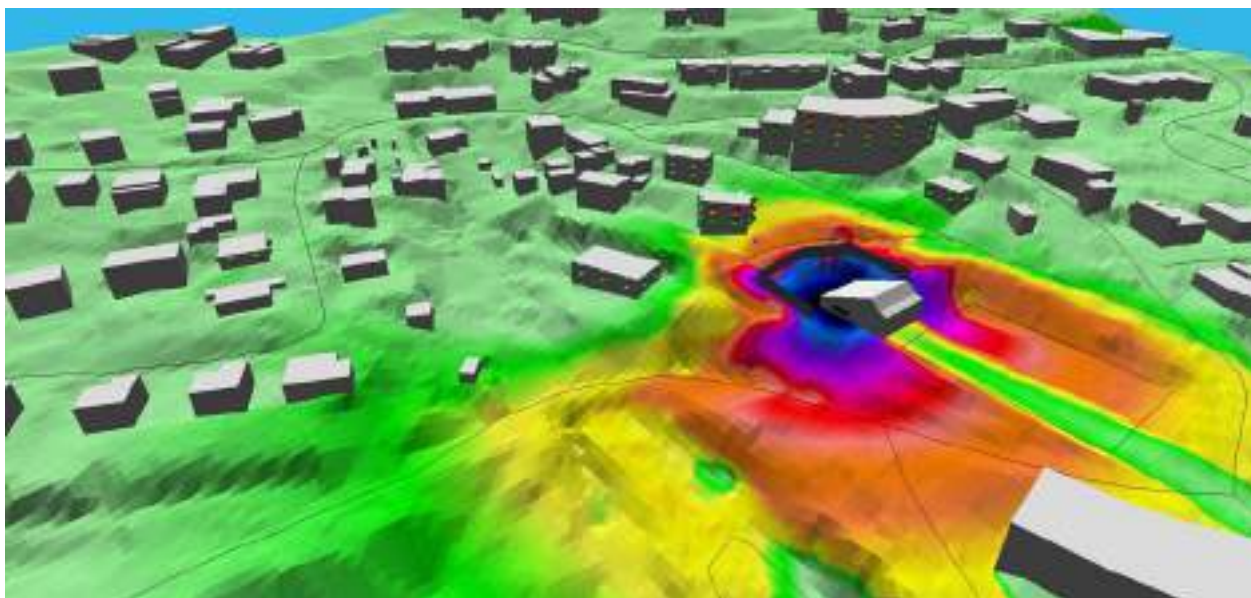
Salle des fêtes municipale de BELLEPIERRE à SAINT DENIS

Une étude de traitement acoustique a été menée pour cette salle suite à la plainte d'un riverain. La diffusion de musique amplifiée lors des fêtes générait des nuisances importantes pour les riverains installés à proximité :



Effets des nuisances de la salle sans protections acoustiques

Les préconisations acoustiques sur ce site ont porté sur le remplacement des jalousies par des baies plus isolantes, la création d'un sas d'entrée, la rénovation de la climatisation/ventilation et la construction d'un mur anti-bruit.



Réduction des nuisances de la salle à l'aide d'un mur anti-bruit

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Encadrer les horaires d'utilisation** des salles, en particulier en soirée et le dimanche.
- **Etudier l'impact** d'une salle des fêtes avant de procéder à son implantation.
- Orienter au mieux les façades émettrices de bruit.
- Si possible, maintenir les salles fermées pendant leur utilisation avec l'installation d'une **climatisation** et d'un sas d'entrée à **double porte**.
- Equiper les salles en sonorisation fixe avec **des haut-parleurs intégré au bâti et un limiteur scellé**. Les utilisateurs apporteront leur matériel musical (platine et table de mixage) et seront tenus de le raccorder **impérativement** à ces derniers.

9.1.5. Les concerts de plein air

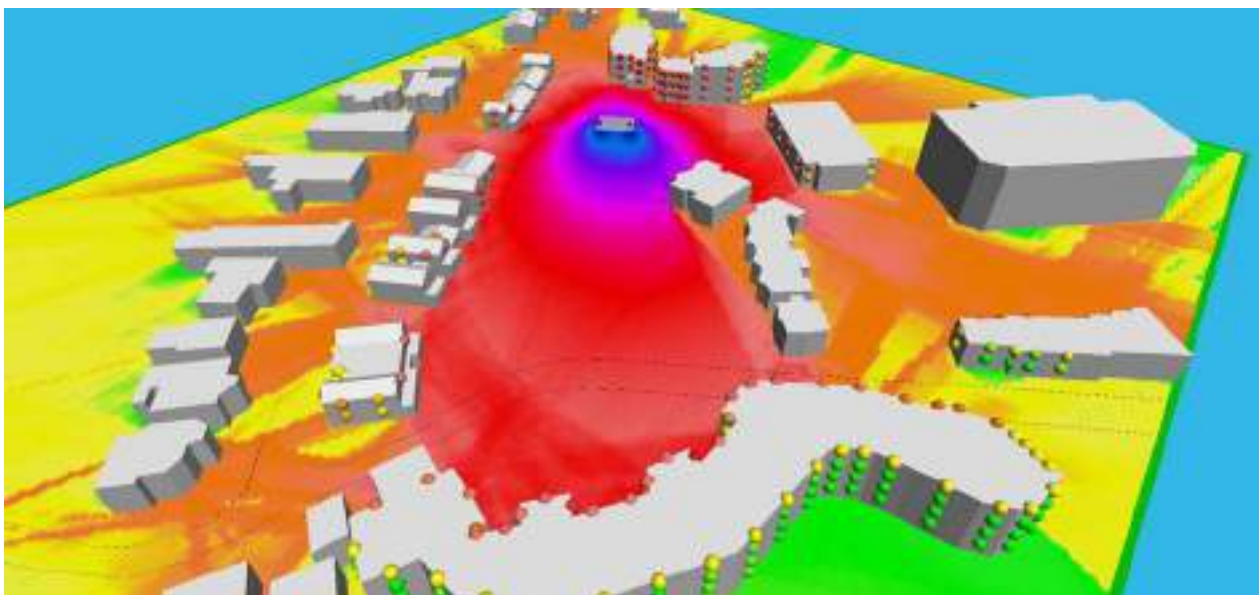
Des concerts de plein air sont souvent organisés sur **les places et placettes du domaine public**, parfois de façon très fréquente. Lors des projets d'aménagement de ces placettes, il est souhaitable de prendre en compte les nuisances sonores pouvant être créées aux logements voisins.

Une telle étude a été menée en 2017 pour la Ville de SAINT PIERRE dans le cadre du réaménagement de la placette de BASSE TERRE (maître d'œuvre UNIVERT DURABLE).

La placette était bordée de logements collectifs, en surplomb. Le principe initialement retenu était de réaliser un podium à ciel ouvert pour les animations musicales :



Placette de BASSE TERRE avant réaménagement

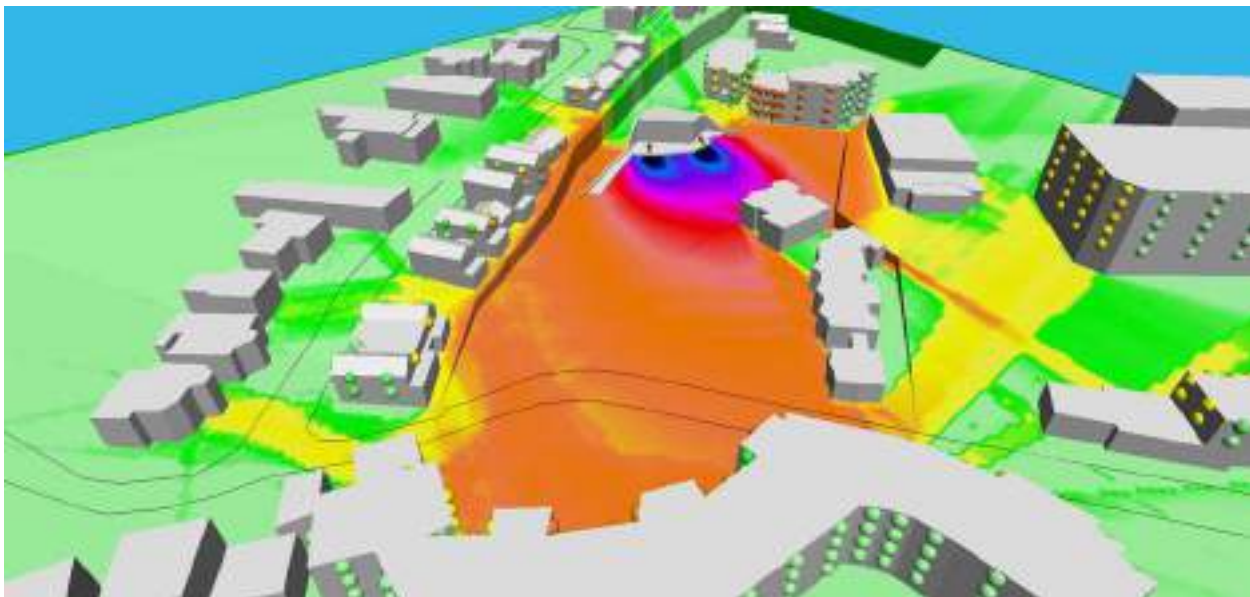


Simulation de l'impact du podium sur les logements

L'étude acoustique a préconisé la réalisation d'une scène couverte revêtue de matériaux absorbants sur ses parois internes.

La couverture a permis de limiter les émissions sonores vers les logements situés à l'arrière et sur les côtés. Le traitement anti réverbérant en béton bois a permis de réduire le niveau du son émis et d'améliorer le confort d'interprétation des musiciens.

De plus, la scène a été réorientée afin de diriger le son vers l'axe où il produisait le moins de nuisances.



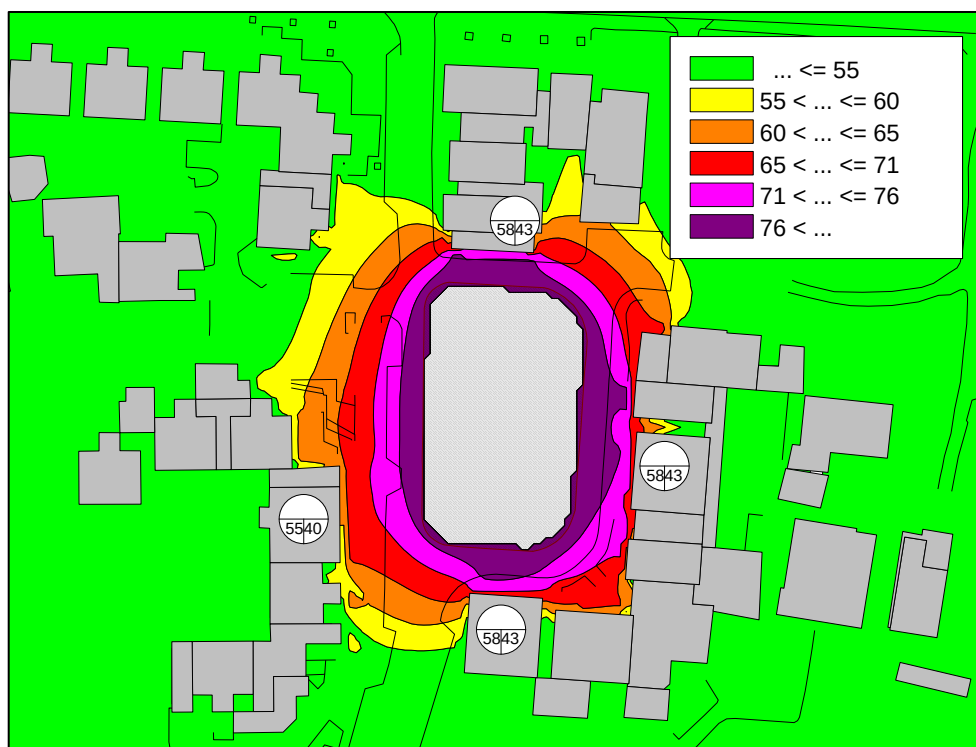
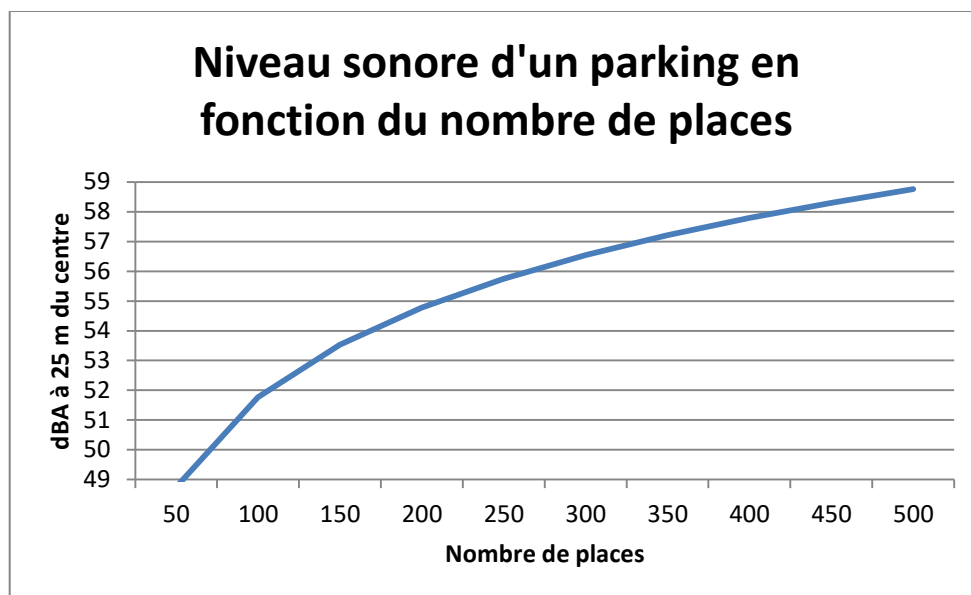
Réduction des nuisances sonores de la scène après traitement acoustique

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Etudier l'impact** des lieux de concert avant de procéder à leur implantation.
- **Imposer le lieu d'émission** en construisant une scène dotée de **retours latéraux** et de **parois absorbantes**.
- Préférer les **scènes couvertes** aux podiums.
- **Orienter** au mieux les scènes.

9.1.6. Les parkings

Les nuisances sonores occasionnées par les parkings ne sont pas prises en compte par la normalisation française. Pour en illustrer l'effet, on se référera à la norme allemande RLS-90 :



Simulation numérique des effets d'un petit parking de 80 places dans une place encaissée réverbérante

On constate un niveau induit de **58 dBA** sur les façades, ce qui n'est pas une valeur négligeable.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Etudier l'impact** des parkings avant de procéder à leur implantation.

9.1.7. Les stations de traitement de l'eau

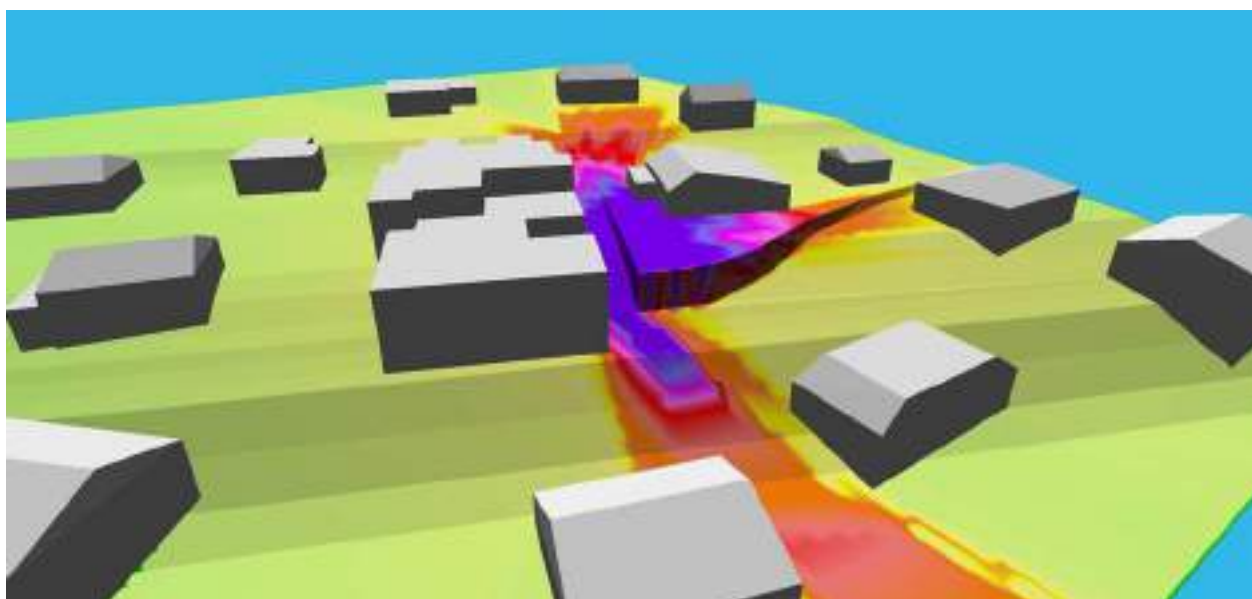
Ces équipements sont souvent implantés en milieu urbain, à proximité des habitations où ils peuvent générer des nuisances sonores. D'autres équipements sont comparables (transformateurs,...)

Les projets nouveaux sont généralement bien traités du point de vue acoustique, avec la réalisation de mesures acoustiques d'état initial et d'état final ainsi que le dimensionnement des traitements insonorisants à prévoir.

Les équipements anciens font parfois l'objet d'émissions trop fortes, surtout lorsqu'ils sont rattrapés par l'urbanisation. PHPS est intervenu sur plusieurs stations de la Ville de SAINT DENIS, voici les enseignements tirés de celle de LA BRETAGNE (2016) dont le local de pompage indisposait un riverain.

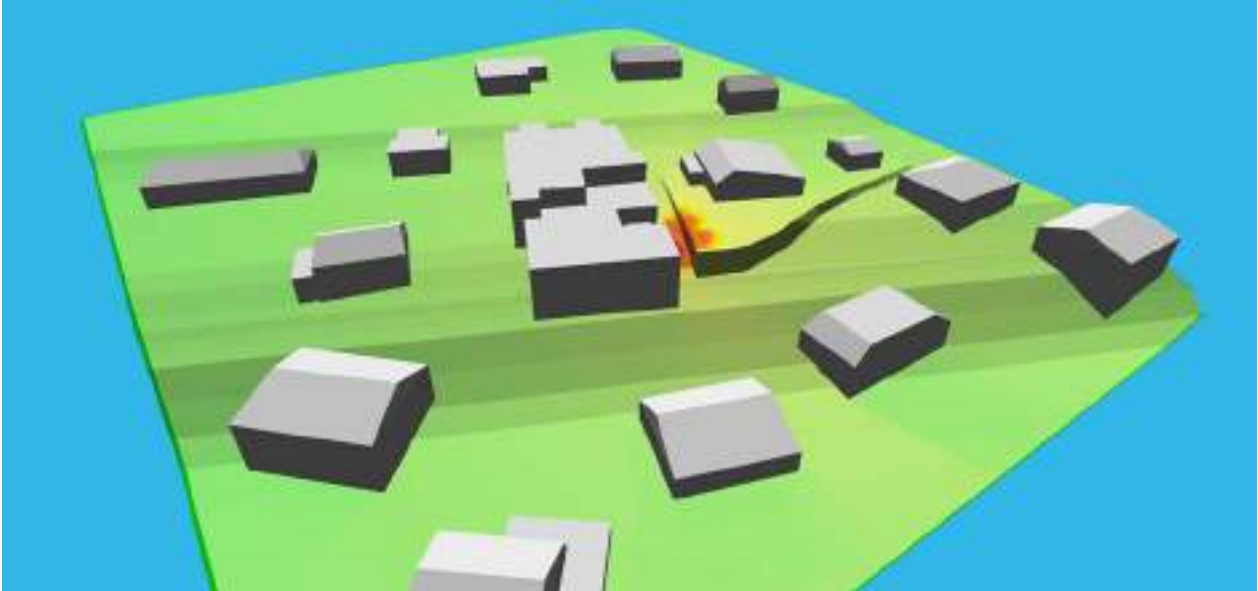


Vue du local de pompage de la station de LA BRETAGNE et du terrain du riverain



Simulation des émissions sonores du local de pompage avant les traitements acoustiques

Les préconisations pour ce local ont été de remplacer la porte en tôle par une porte de bonne performance acoustique et de traiter les entrées et les sorties d'air avec des silencieux adaptés.



Simulation des émissions sonores du local de pompage après les traitements acoustiques

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Etudier l'impact** des stations avant de procéder à leur implantation.
- **Prévoir des traitements acoustiques :**
 - o Installer des silencieux sur les ouvertures de ventilation.
 - o Réduire la réverbération interne par des parois absorbantes.
 - o Utiliser des portes et des fenêtres possédant un affaiblissement acoustique adapté.
- **Eviter la ventilation par des jalousies.**
- Effectuer une **maintenance** dès que des bruits apparaissent (roulements et paliers).

9.2. Les espaces publics apaisants

9.2.1. Les zones piétonnes

La réalisation de zones piétonnes en milieu urbain est une façon radicale de réduire le niveau d'exposition au bruit des riverains.

La circulation y est **limitée** à quelques véhicules autorisés et souvent à des heures bien précises (véhicules des riverains, véhicules de livraison).

La place laissée libre est alors aménagée et l'activité humaine prend toute sa place, parfois créant à son tour de **nouvelles nuisances sonores** (restaurants, ...) et d'autre nature.

Les revêtements de sol de type **pavés sont à proscrire** dans ces zones quand un trafic minimal y est maintenu. En effet, les bruits de roulement qu'ils génèrent sont très élevés.

La mise en place d'une zone piétonne aux fins de réduire le bruit doit donc être envisagée dans toute sa **globalité**.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Etudier l'aménagement des zones piétonnes de façon **globale**.
- **Minimiser les autorisations de passage** surtout en période nocturne.
- Procéder à une **signalisation** de la zone.
- Eviter des **revêtements de sol bruyants**.

9.2.2. Les espaces naturels

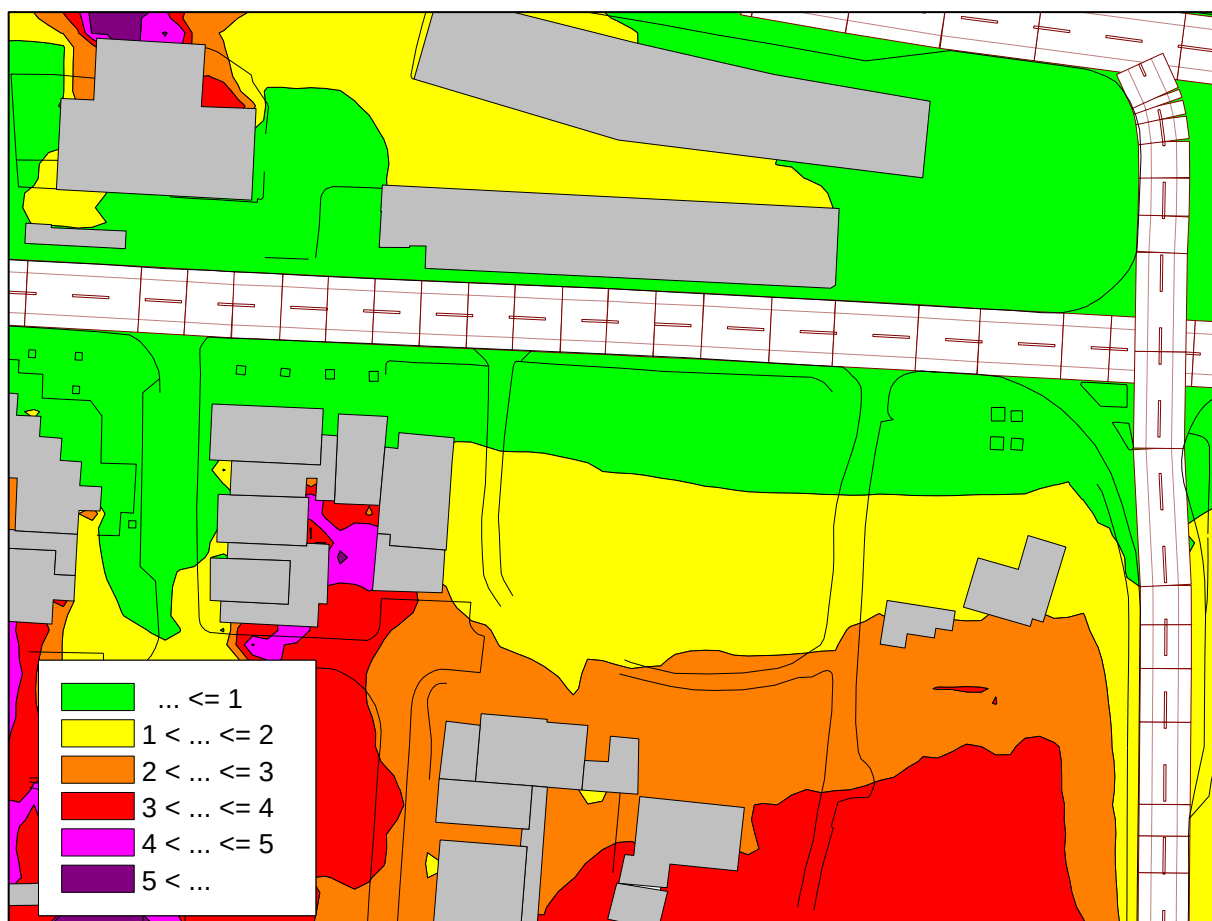
Les espaces naturels végétalisés interviennent de deux façons dans la propagation du son :

- En limitant la réflexion du bruit sur le sol.
- En affaiblissant le son sur son trajet.

Illustrons ces effets par deux exemples :

9.2.2.1. L'influence de la nature du sol

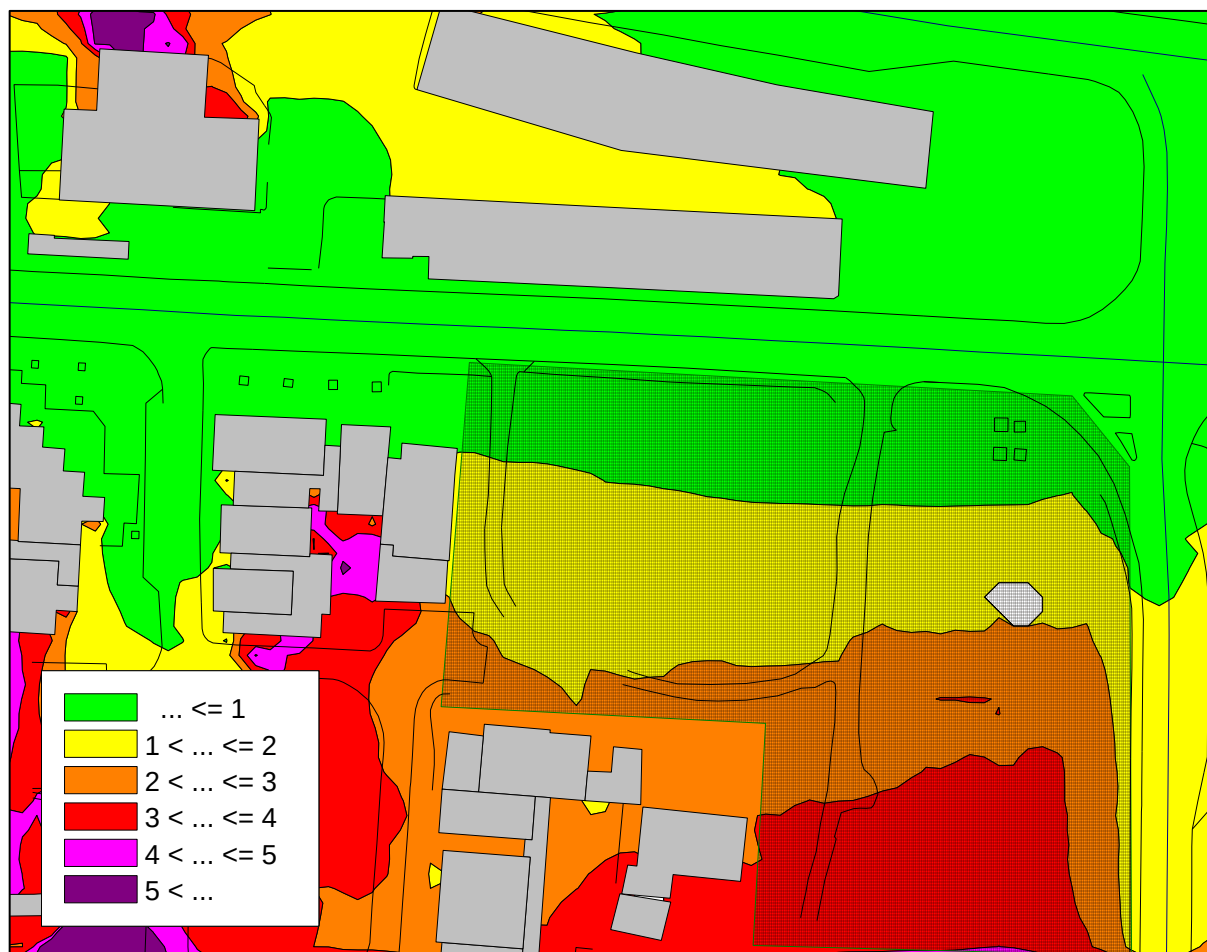
On calcule ici l'amélioration du niveau sonore si des sols **réfléchissants** (enrobés, bétons ...) sont remplacés par des sols **absorbants** (terre non compactée, surfaces engazonnées) :



On constate qu'il y a très peu d'effet sur les immeubles en bord de voie, de l'ordre de – 0,7 dBA. Par contre, les immeubles situés au Sud, à environ 50 m de la voie, bénéficient d'une réduction de bruit de l'ordre de – 2 dBA.

9.2.2.2. Les espaces boisés

On interpose entre la voie et les immeubles une zone boisée de hauteur 4 m dans l'espoir de réduire le niveau sonore du bruit routier sur les habitations :



Les gains à attendre de cette zone végétalisée sur les immeubles à 50 m de la voie sont de l'ordre de – 2 dBA.

Les zones tampons naturelles (herbes ou arbres) apportent des gains perceptibles uniquement à une grande distance des voies, de l'ordre de – 2 dBA à 50 m.

Elles ont cependant un **effet psychologique** indéniable.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Effets sensibles uniquement pour des **grandes étendues** (-2 dBA / 50 m)
- Effet psychologique

9.2.3. Le masquage sonore

Le principe du masquage sonore, repose sur la notion d'**émergence sonore** que nous avons vue précédemment.

Les personnes subissant une nuisance acoustique sont, bien sûr, dérangées par le niveau du bruit (qui est trop fort), mais surtout par la façon dont ce bruit **émerge** du paysage sonore ambiant.

Par exemple, le bruit d'un ventilateur, pratiquement inaudible la journée lorsque le niveau de bruit alentour est élevé, peut devenir insupportable la nuit alors que tout est calme.

L'idée du masquage est de mettre en place un **contexte sonore stable et naturel**, qui fera que l'on entendra moins les bruits perçus comme gênants.

Citons par exemple :

- La mise en place d'une fontaine.
- La sonorisation des espaces publics avec des musiques d'ambiance.

Ces traitements ne peuvent bien sûr qu'avoir un **usage local** dans les projets.



Fontaine du Jardin de l'Etat à SAINT DENIS

10. PRESCRIPTIONS PRUNEL - CONSTRUCTION ET REHABILITATION DE BATIMENTS

Dans ce chapitre, une différence est faite entre l'aspect urbanistique, lié à l'**implantation** des bâtiments sur le foncier, et la **conception** des bâtiments proprement dite.

10.1. L'implantation des bâtiments

La problématique étudiée est celle de l'implantation des bâtiments de logements à proximité des axes routiers.

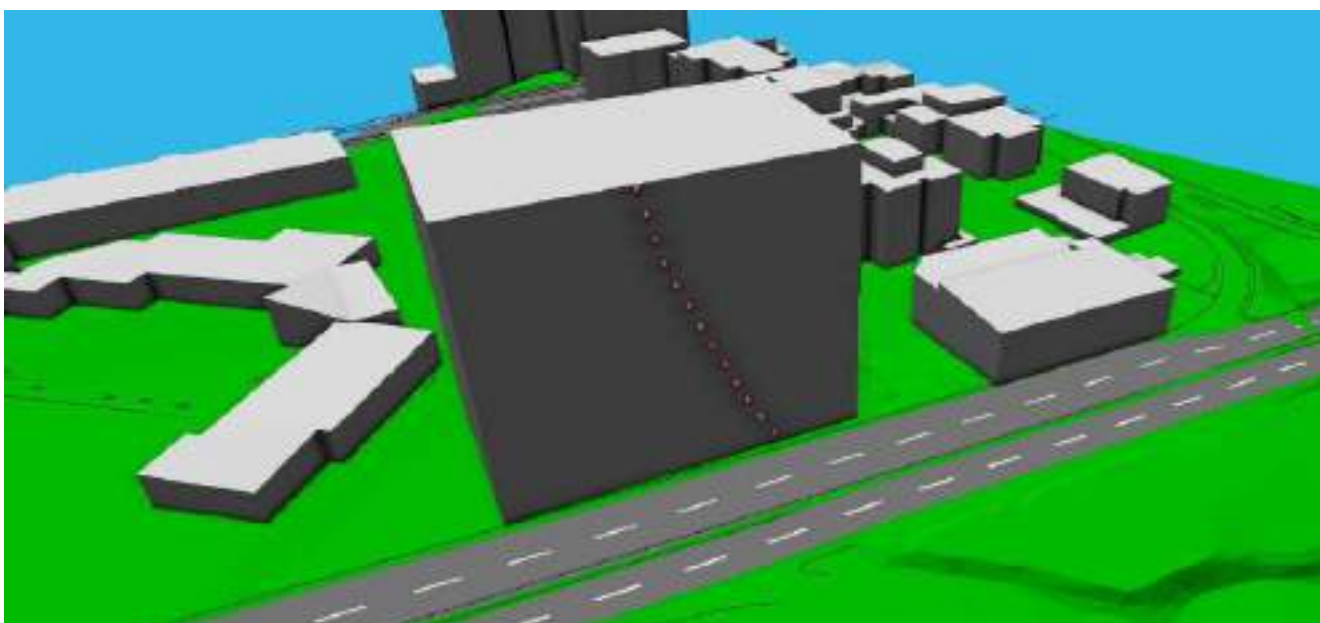
10.1.1. L'influence de la distance et de la hauteur

L'exposition sonore d'un bâtiment au bruit routier est grandement influencée par la **distance à la voie** de la façade critique. On estime, en première approche, que le niveau sonore se réduit de **- 3 dBA** dès lors qu'on double la distance d'implantation à la voie.

On peut également s'interroger sur la façon dont les **différents étages** sont touchés par le bruit pour une même implantation.

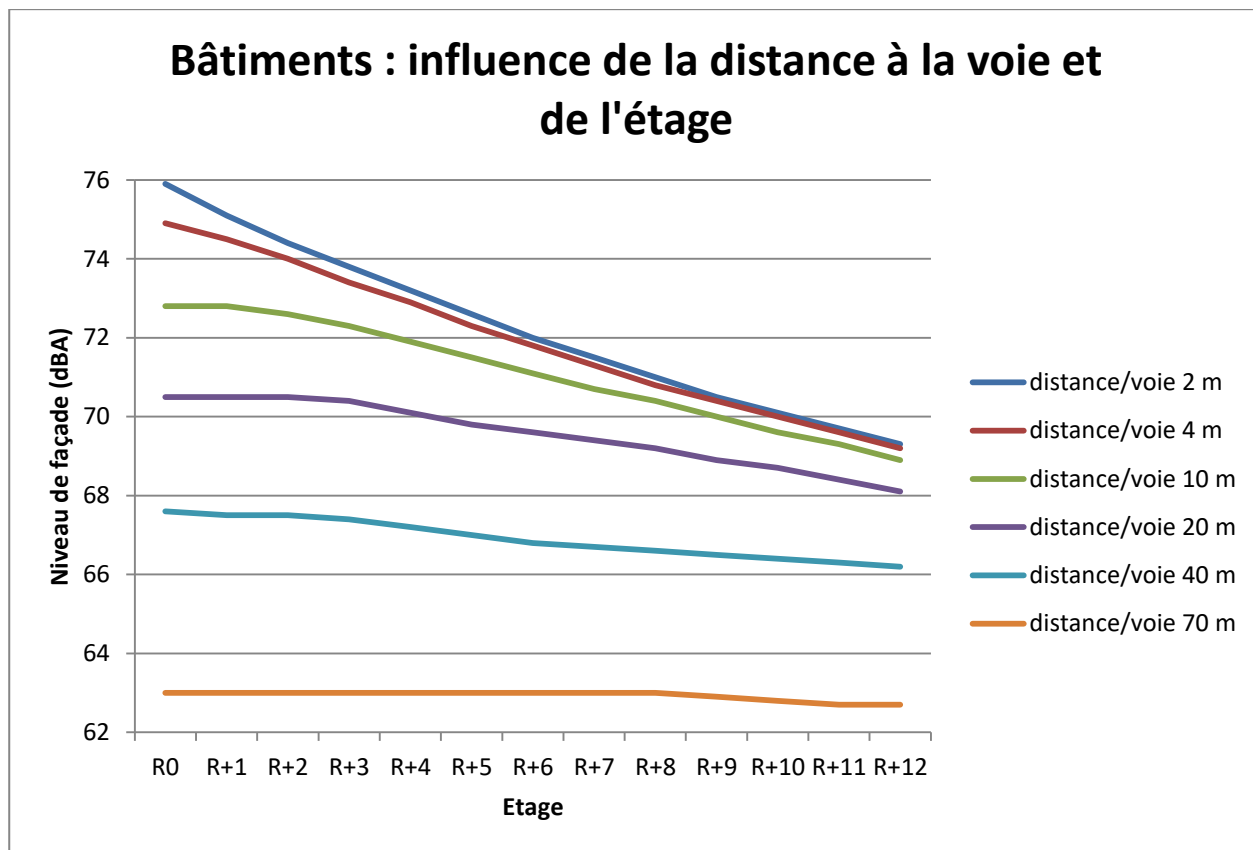
A l'aide de la modélisation numérique d'un bâtiment en bord de boulevard du boulevard LACASTEL à SAINT DENIS, à proximité du point de mesure BR10, on étudie comment évoluent les niveaux sonores de façade pour une nouvelle construction :

- En fonction de la distance d'implantation du bâtiment à la voie, pour plusieurs scénarios.
- En fonction de l'étage.



Simulation numérique pour un bâtiment à construire en bordure du boulevard LANCASTEL à SAINT DENIS

On obtient les résultats suivants :



- **Plus le bâtiment est éloigné de la voie, plus le niveau de façade est bas.**
 - o Au rez-de-chaussée, en passant de 2 m à 20 m de la voie on réduit de – 5,4 dBA.
 - o C'est moins vrai en hauteur, par exemple en R+6, le gain est réduit à – 2,4 dBA.
- **Les étages les plus hauts sont les plus calmes.**
 - o Au rez-de-chaussée, à 2 m de la voie on réduit de – 3,9 dBA entre le R0 et le R+6.
 - o C'est moins vrai lorsqu'on est loin de la voie, par exemple à 20 m de la voie, la différence entre R0 et R+6 n'est plus que de – 0,9 dBA.
 - o Attention cependant, il s'agit des **niveaux de façade**. Les niveaux intérieurs seront étudiés au paragraphe suivant.

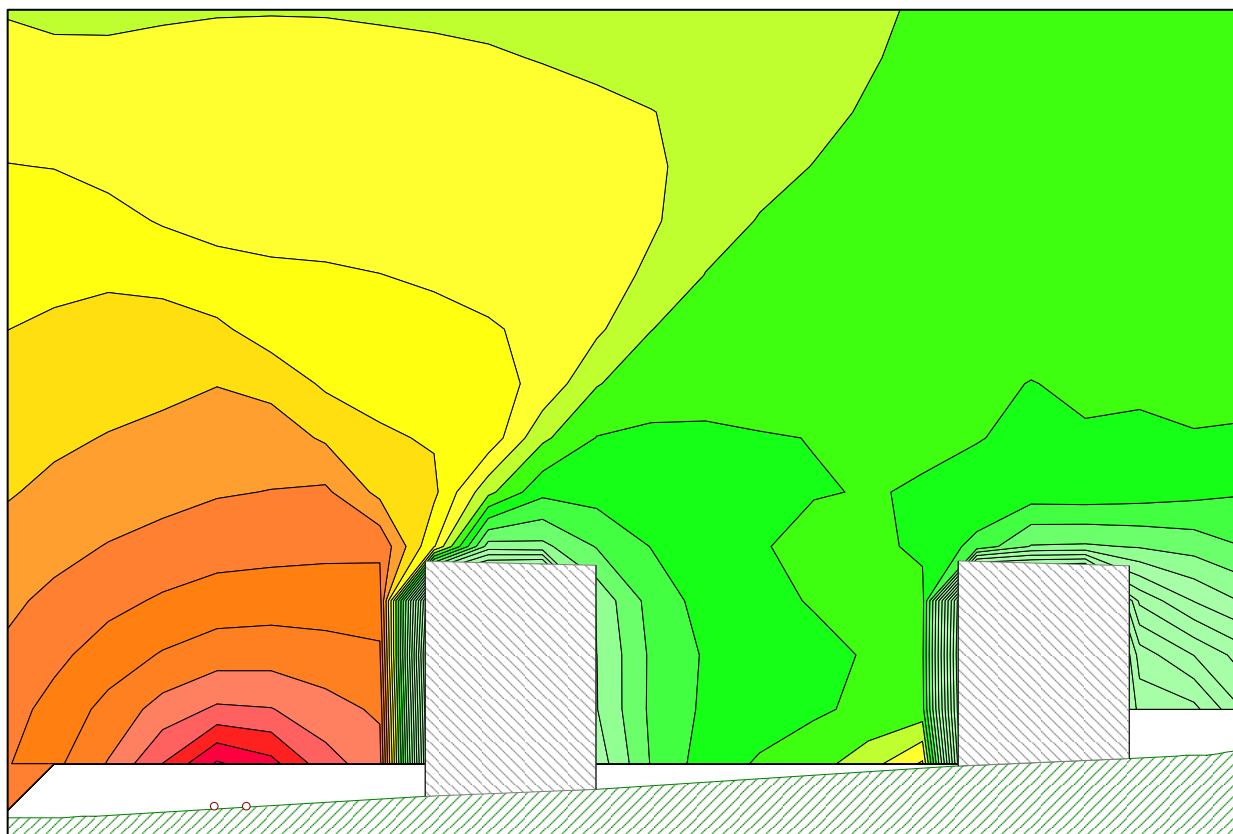
Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Reculer les bâtiments par rapport aux voies** pour réduire leur exposition au bruit.
- Implanter des bâtiments **tertiaires** en bord de voie.

10.1.2. Effet de masque du bâtiment de bord de voie

Le premier bâtiment en bord de voie fait écran aux émissions sonores routières et protège les bâtiments situés à l'arrière.

Voici par exemple comment se propage le son au niveau des immeubles du boulevard VAUBAN, à proximité du point de mesure BR06 :



Effet de masque des immeubles au bord du boulevard VAUBAN à SAINT DENIS

On constate :

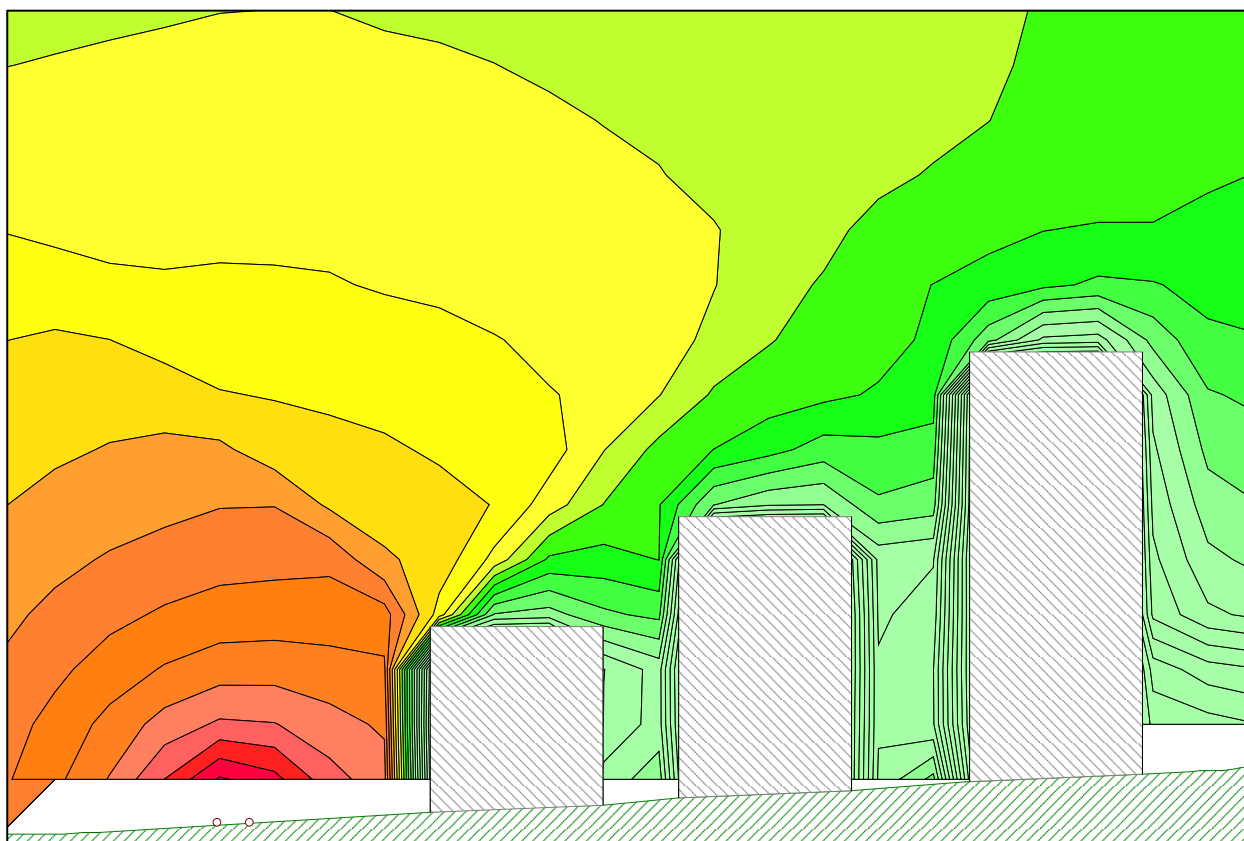
- Que **la zone arrière est très protégée**, près de – 8 dBA.
- Que **tout le potentiel de protection de la zone verte n'est pas exploité** (voir paragraphe suivant).

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Utiliser l'effet de masque** pour créer des zones calmes à l'arrière des bâtiments de première ligne.

10.1.3. Optimisation des hauteurs des bâtiments

Il est possible d'utiliser tout le potentiel de protection acoustique d'un bâtiment en bord de voie en implantant des bâtiments plus hauts à l'arrière, en tenant compte de la « zone d'ombre » générée par le premier bâtiment :



Utilisation optimisée de la zone de protection acoustique du bâtiment de bord de voie

Cette disposition :

- Favorise les hauts étages des bâtiments arrière : moins de bruit, plus de lumière, vue dégagée.
- A l'inverse, suivant les distances d'implantation, peut défavoriser les étages inférieurs par une trop grande proximité des vis-à-vis.

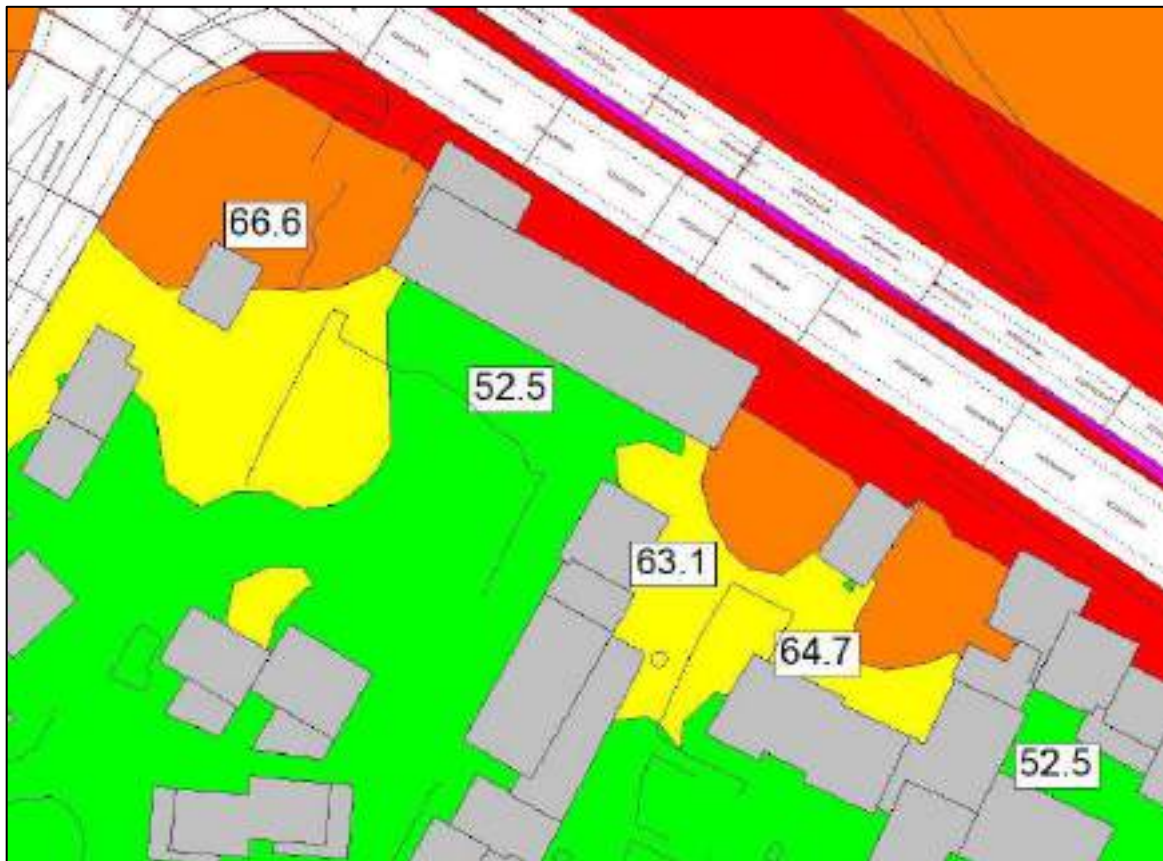
Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Optimiser les hauteurs des bâtiments** pour utiliser tout le potentiel des zones calmes à l'arrière des bâtiments de première ligne.

10.1.4. Effet de la discontinuité des constructions en bord de voie

L'existence de « trous » dans les constructions en bord de voie laisse libre cours au cheminement du bruit routier (effet de couloir).

On peut illustrer ce phénomène sur le périmètre PRUNEL en analysant la propagation du bruit du boulevard LANCASTEL au niveau de la bretelle de la cité AH-SOUNE :



Effet de la discontinuité des constructions en bord de voie (Cité AH-SOUNE SAINT DENIS)

On constate que les bâtiments de seconde ligne non masqués sont exposés au bruit avec un niveau situé entre 65 et 67 dBA (zones orange et jaune). Par contre, dès qu'un bâtiment fait écran, on retrouve un niveau très calme de l'ordre de 53 dBA, soit 12 à 14 dBA de moins.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Assurer une **continuité** des constructions en bord de voie.

10.2. La conception acoustique des bâtiments en milieu tropical

La construction des bâtiments à LA REUNION est **bien encadrée** par un ensemble de textes réglementaires adaptés au contexte tropical.

Nous citerons simplement les principes de ces textes sans entrer dans leurs détails techniques. Nous nous étudierons ensuite des **points acoustiques particuliers**, rencontrés sur le terrain.

10.2.1. Les réglementations en vigueur à La Réunion

La réglementation acoustique s'appliquant à la construction de bâtiments à La Réunion est parfois **différente** de celle en vigueur sur le territoire métropolitain.

10.2.1.1. Dispositions acoustiques applicables à tous les bâtiments de logement à La Réunion

L'**arrêté du 17 avril 2009** modifié en le 11 janvier 2016 définit les caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation neufs à La Réunion, mais également en Guadeloupe, à la Martinique et en Guyane.

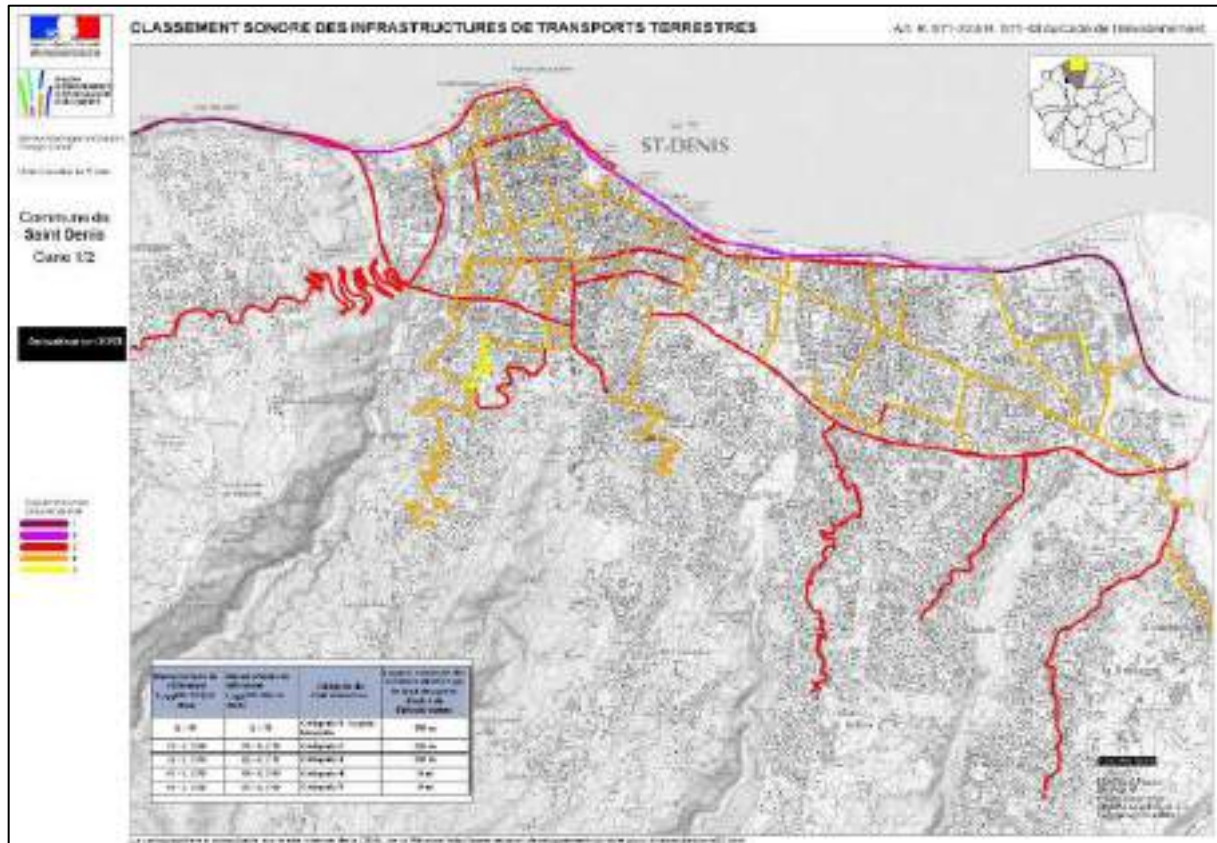
Ce texte définit des obligations de moyens (exigences constructives) ou de résultats (valeurs numériques acoustiques) pour :

- Les isolements aériens.
- L'isolement au bruit de choc.
- Les niveaux maximaux de bruit des équipements.

10.2.1.2. Construction dans des secteurs affectés par le bruit routier à La Réunion

Dans le cas de la construction de bâtiments d'habitation dans des secteurs exposés au bruit des infrastructures terrestres, l'arrêté du 30 mai 1996 dispose d'une partie entière, **le titre III**, dédié au La Réunion mais également à la Guadeloupe, à la Martinique et à la Guyane.

Le classement des infrastructures de transports terrestres à La Réunion identifie et évalue les zones affectées par le bruit.



Classement sonore des infrastructures de transports terrestres à SAINT DENIS - LA REUNION (Source DEAL)

On identifie le classement de la voie concernant le projet, qui se situera ou pas dans un secteur affecté par le bruit.

Pour les voies les plus bruyantes (classées 1, 2 ou 3), le maître d'ouvrage devra ensuite, à l'aide d'une méthode forfaitaire, déterminer un isolement acoustique minimal à respecter pour les façades des pièces principales et des cuisines.

Il pourra également déduire la valeur de l'isolement d'une évaluation plus précise des niveaux sonores en façade, à l'aide de mesures ou de calculs. Dans ce cas, l'objectif est de ne pas dépasser un niveau intérieur de 40 dBA de jour et 35 dBA de nuit.

10.2.1.3. Les autres textes

- L'arrêté du 25 avril 2003, pour les bâtiments d'enseignement, de santé ou les hôtels.
- Le décret no 2016-798 du 14 juin 2016 et l'arrêté du 13 avril 2017 pour les travaux de rénovation importants.
- La norme NFS 31-080, d'application volontaire, pour les bureaux

10.2.2. Le choix des façades exposées au bruit routier

A La Réunion, on observe souvent que les ouvertures des pièces principales des logements sont orientées **vers l'océan**, pour profiter de la vue, souvent dégagée du fait des pentes.

En bordure des axes principaux et en particulier de la RN2, cela coïncide malheureusement avec une orientation **vers la voie**.

De plus, du fait du climat tropical, les logements sont souvent utilisés fenêtres **ouvertes**, laissant largement passer le bruit routier dans les lieux de vie.



Quand « vue sur mer » rime avec « bruit d'enfer ». Avenue Léopold RAMBAUD à SAINT DENIS

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Utiliser les façades donnant sur les voies pour implanter les **circulations** (coursives,...) ou des **pièces secondaires**.
- Implanter en bord de voie des **bâtiments tertiaires**, moins sensibles au bruit, souvent climatisés et vides la nuit.

10.2.3. Les difficultés constatées liées à la ventilation naturelle traversante

La conception de bâtiments durables implique très souvent la mise en place d'une ventilation naturelle traversante, que les anciens appelaient avec bon sens « courant d'air ».

Ce principe qui consiste à faire en sorte que l'air puisse circuler à travers le bâtiment, produit des **difficultés acoustiques dès lors que les locaux concernés sont exposés au bruit extérieur** et particulièrement celui de la route :

- Le fonctionnement fenêtres ouvertes laisse largement entrer le bruit routier dans les locaux.
- La mise en place d'une ventilation naturelle traversante s'accompagne souvent de l'utilisation de **jalousies** qui sont, en général, de véritables passoires acoustiques (voir le paragraphe suivant sur les baies).



Bâtiment à ventilation naturelle traversante implanté en bord de RN2

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Réaliser **systématiquement une étude d'impact acoustique préalable** dès lors qu'un bâtiment à ventilation naturelle traversante est situé dans un secteur affecté par le bruit.
- Dans ce cas, **adapter la conception de la ventilation traversante** (écrans, mur anti-bruit, chicanes, ...)

10.2.4. Niveau de bruit au rez-de-chaussée

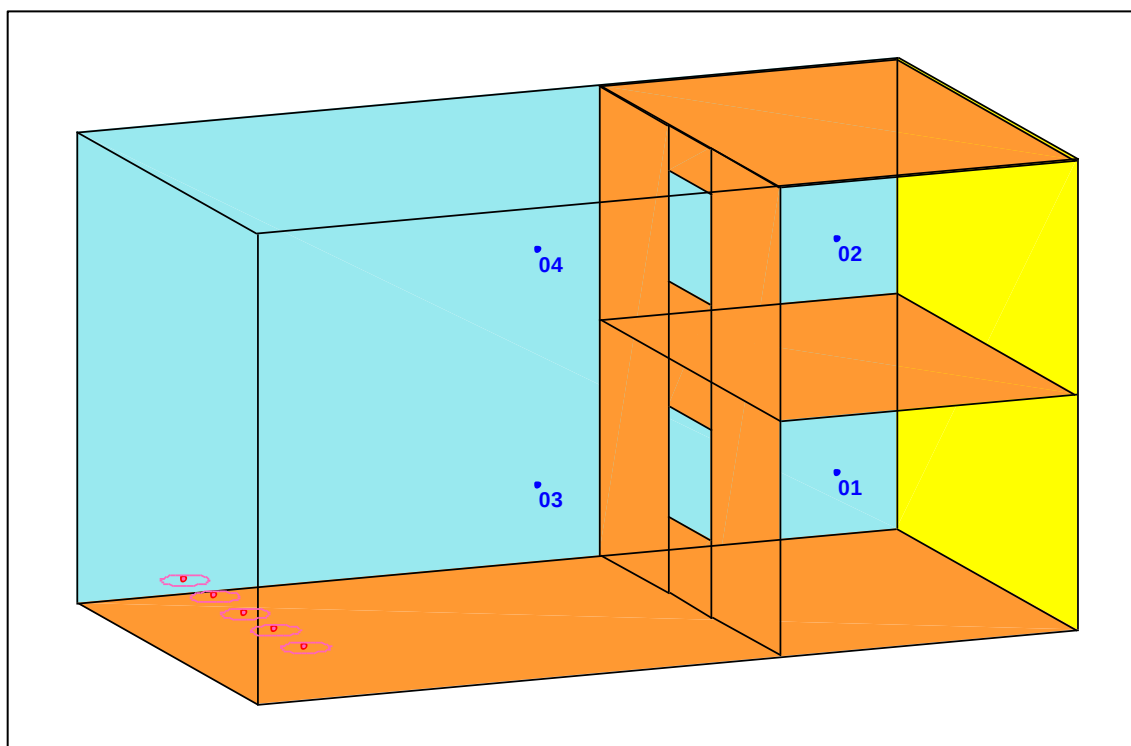
Le bruit routier, ressenti à l'intérieur des logements, n'est pas le même suivant l'étage considéré. On a vu, au paragraphe précédent, que le niveau sonore en façade diminuait avec les étages.

On s'intéresse maintenant à l'écart de bruit **dans les logements** entre un rez-de-chaussée et un premier étage, avec une voie routière relativement proche.

Cette illustration est réalisée à l'aide d'une simulation numérique d'un bâtiment, implanté à 6 m d'une voie du type du boulevard LANCASTEL à SAINT DENIS. La voie est située sur la gauche (cercles rouges), et 4 points de mesure sont étudiés :

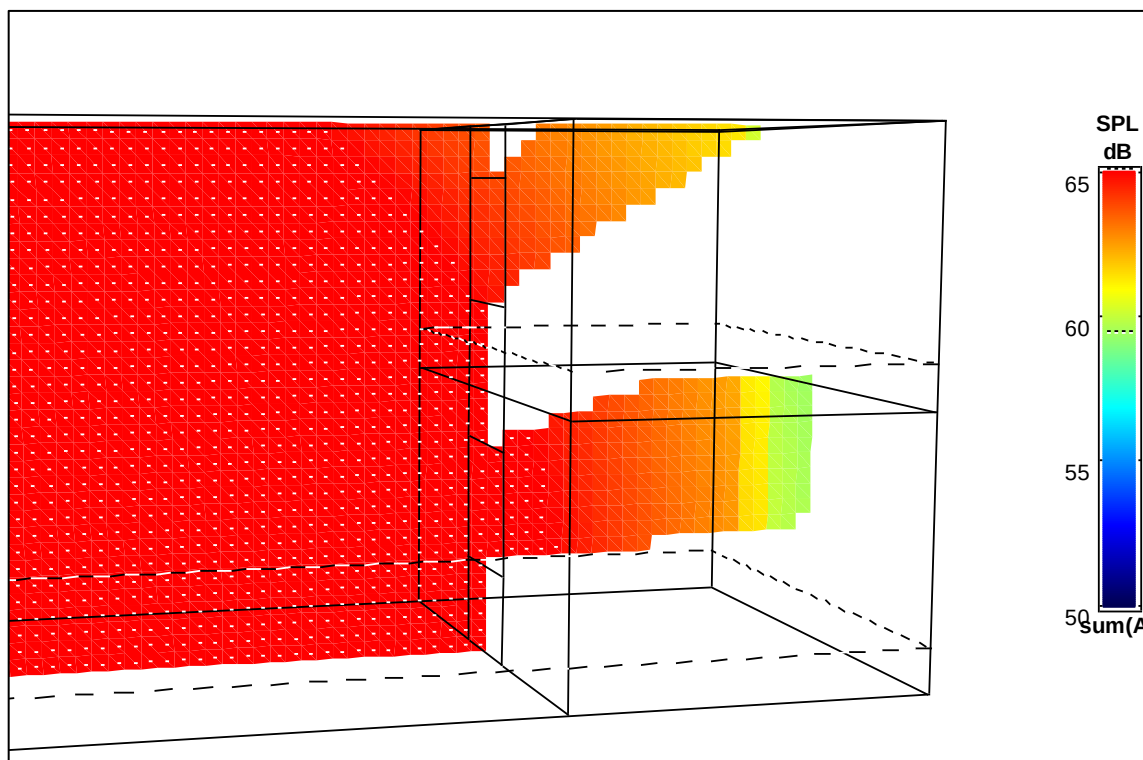
- 1 : niveau sonore dans le logement en R0, au centre de la pièce à 1,5 m du sol.
- 2 : niveau sonore dans le logement en R+1, au centre de la pièce à 1,5 m du sol.
- 3 : niveau de façade en R0, au centre de la fenêtre, à 2 m de la façade.
- 4 : niveau de façade en R+1, au centre de la fenêtre, à 2 m de la façade.

Pour être plus parlante, cette simulation est réalisée avec des **fenêtres ouvertes**. Le principe est le même avec des fenêtres fermées, mais leur affaiblissement isolera beaucoup mieux les logements du bruit de la voie.



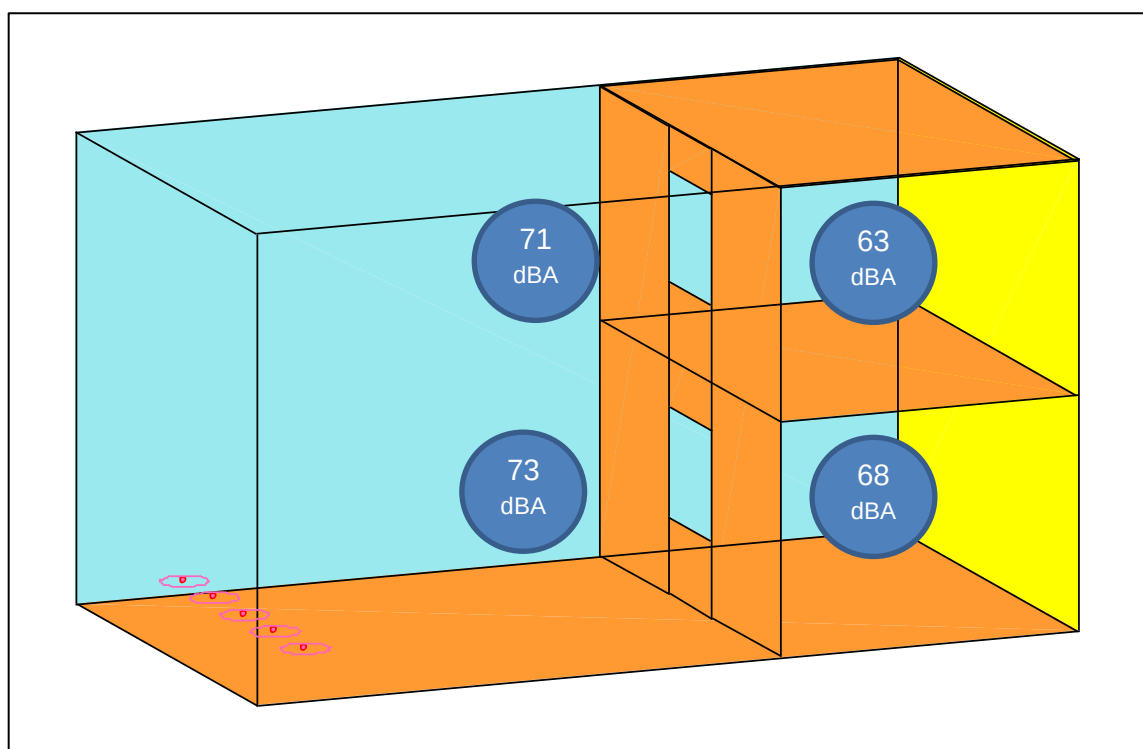
Simulation numérique des niveaux intérieurs suivant les étages

La propagation du son dans les logements est illustrée par le schéma ci-dessous.



Propagation du bruit routier à l'intérieur des logements

Voici les niveaux calculés :



Comparaison niveaux externes / niveaux internes

Le rez-de-chaussée est légèrement plus bruyant que le premier étage, d'environ 5 dBA. Il peut, par exemple, être affecté préférentiellement à des locaux d'activité, moins exigeants en confort acoustique que les logements, en particulier la nuit.

Cet effet est cependant moins sensible pour des voies éloignées de la façade.

Dans la pratique, les effets de la diffraction sur les rebords des fenêtres ouvertes (bien que pris en compte dans le calcul ci-dessus) peuvent également intervenir et faire évoluer les résultats.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Permettre l'installation de **locaux d'activité aux rez-de-chaussée** des immeubles de logement.

10.2.5. Les protections de façade

Il est fréquent que les façades des bâtiments soient munies, au moins en partie, de dispositifs de protection solaire ou simplement esthétiques (lames brise-soleil, claustras,...).

L'aspect acoustique n'est pas particulièrement recherché par ces dispositifs, mais ils influencent cependant la propagation du bruit.

10.2.5.1. Les claustras

Les claustras, souvent en bois, permettent d'habiller les façades tout en laissant passer l'air et la lumière.



Façade munie d'une protection en claustras de bois

Les performances d'affaiblissement acoustique de ce type de protection ne sont pas clairement établies à ce jour. PHPS a réalisé, dans le cadre d'un projet, une étude de simulation par le calcul pour des tasseaux en bois de 5 cm espacés de 7 cm :

	Estimation de l'affaiblissement des claustras								
Fréquences (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	Global
Niveau d'émission (dBA)	81,2	72,6	67,8	67,9	68,9	69,3	68,3	65,7	
Niveau de réception (dBA)	81,1	71,8	65,3	58,5	56,7	61,5	56,8	50,1	
R affaiblissement (dB)	0,1	0,8	2,5	9,4	12,2	7,8	11,5	15,6	Rw = 8 (-1;-3)

Les performances estimées sont relativement modestes : en ce qui concerne le bruit routier, un **affaiblissement théorique de $8 - 3 = 5$ dBA** est envisagé.

10.2.5.2. Les lames de brise soleil



Façades dotées de brise soleil rue maréchal LECLERC à SAINT DENIS

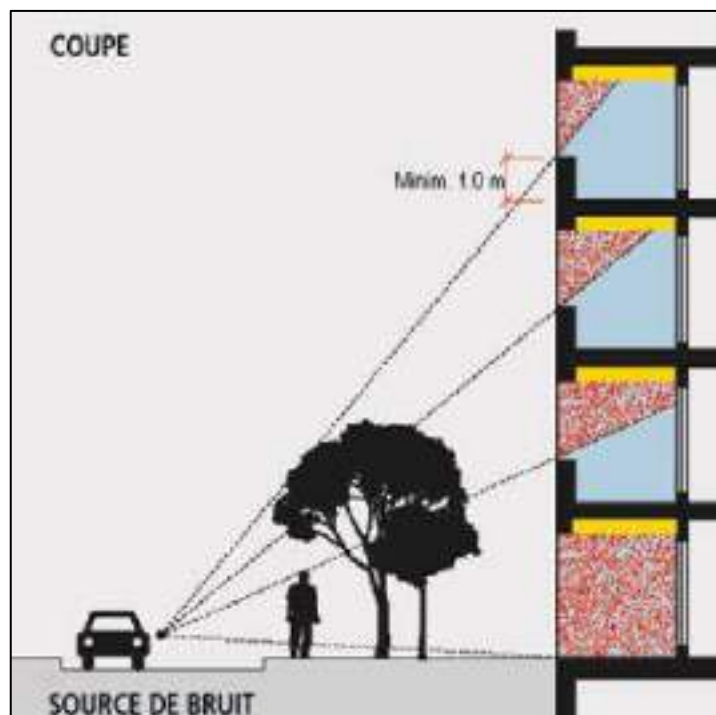
Des fabricants proposent des **lames acoustiques** dotées d'une face perforée et absorbante :



Photo et tableau : source AIRFOIL, à titre indicatif

10.2.5.3. Les loggias et les balcons

La mise en place de **loggias ou de balcons, dotés d'un traitement acoustique absorbant** permet également d'envisager de réduire le bruit de l'ordre de 2 à 3 dBA.



Traitement de loggias (Source STO)

Plus généralement, la **forme de la façade** peut également influencer de façon notable sur l'isolement et donc sur le niveau sonore intérieur. On se reportera à l'annexe C de la norme NF EN 12354-3 pour évaluer cette influence suivant le type de projet.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- L'installation de **claustras, de brise-soleil, de loggias ou de balcons munis d'absorbant phonique** va dans le sens d'une réduction des effets du bruit routier sur les logements.
- Cependant, les gains envisagés, très variables suivant les configurations, doivent être considérés avec **prudence**.

10.2.6. Les portes, les fenêtres et les fermetures

Les portes et fenêtres sont d'autant plus performantes pour protéger du bruit qu'elles sont **étanches à l'air**, avant toute chose.

Viennent ensuite la **nature** et de l'**épaisseur** de leur vitrage ou remplissage.

Particularités de LA REUNION

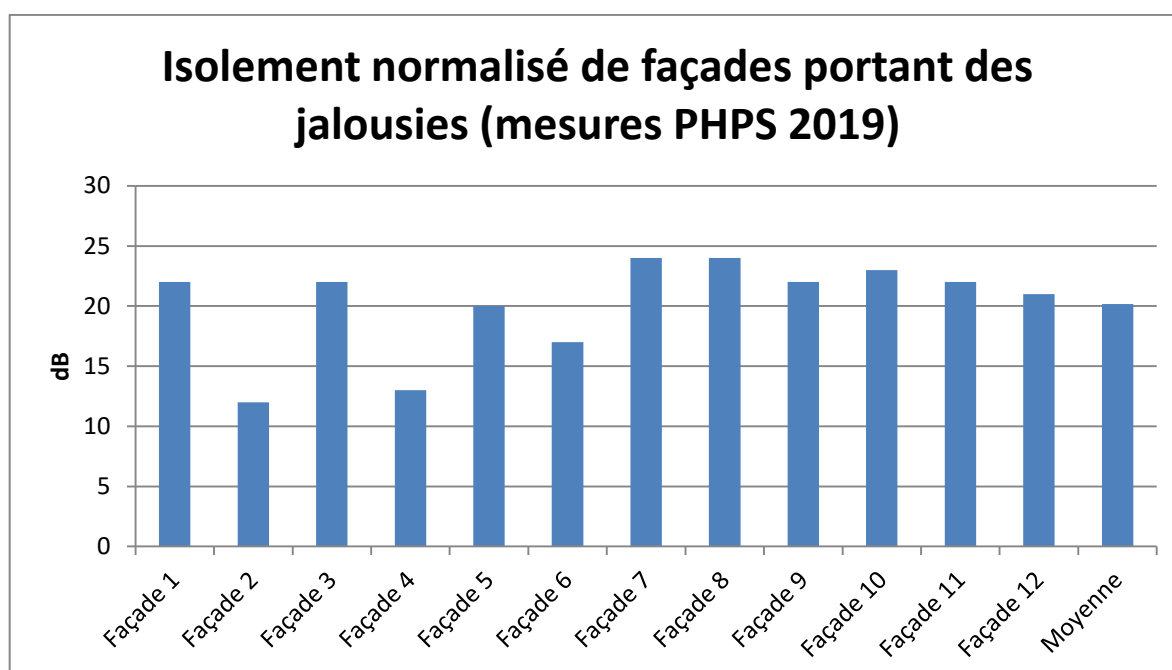
- Peu de doubles vitrages, dans la mesure où il n'y a pas d'exigence thermique.
- Utilisation de baies coulissantes, à l'acoustique moins performantes que les modèles à frappe.
- Utilisation traditionnelle de jalousies.

On trouve également des problèmes de coffres de volet roulant mal isolés du bruit routier.

Les jalousies

L'utilisation de jalousies est très populaire à La Réunion, car elles permettent d'assurer une ventilation permanente sans dégrader la sécurité. Elles posent des problèmes en termes de performances acoustiques du fait de leur **conception**, mais également de la **dégradation** de leur étanchéité dans le temps, du fait de la prise de jeu des mécanismes.

Une campagne de mesures effectuée par PHPS en 2019 sur 12 façades a permis d'établir un **isolement moyen de façades avec des jalousies fermées à 20 dB**, ce qui est faible.

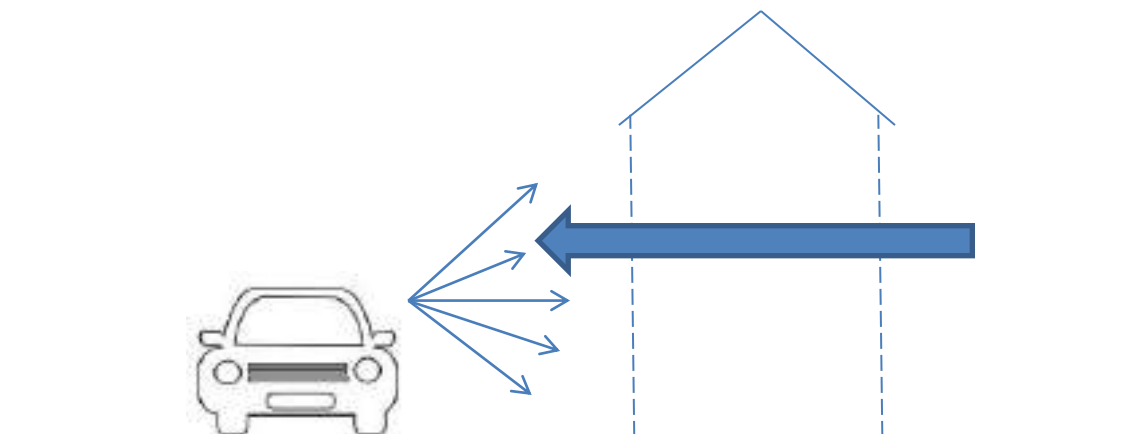


Préconisations acoustiques PRUNEL

- Préférer les **baies à frappe** aux baies coulissantes.
- **Eviter les jalousies pour les façades exposées au bruit.**

10.2.7. La ventilation naturelle

La ventilation naturelle traversante des bâtiments exposés au bruit est souvent problématique pour obtenir un bon confort acoustique. Elle ménage en effet de larges ouvertures dans les façades pour laisser passer l'air mais également les bruits routiers.

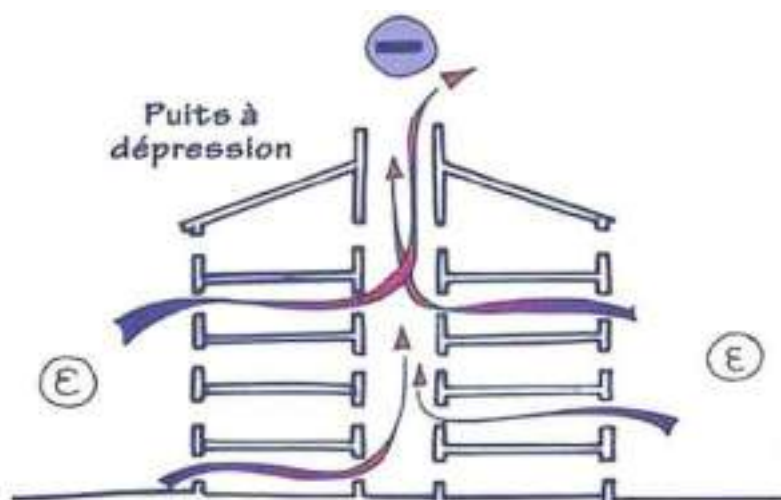


Problématique acoustique de la ventilation des bâtiments

Quelques orientations lors de la conception permettent cependant de concilier les objectifs thermiques et acoustiques.

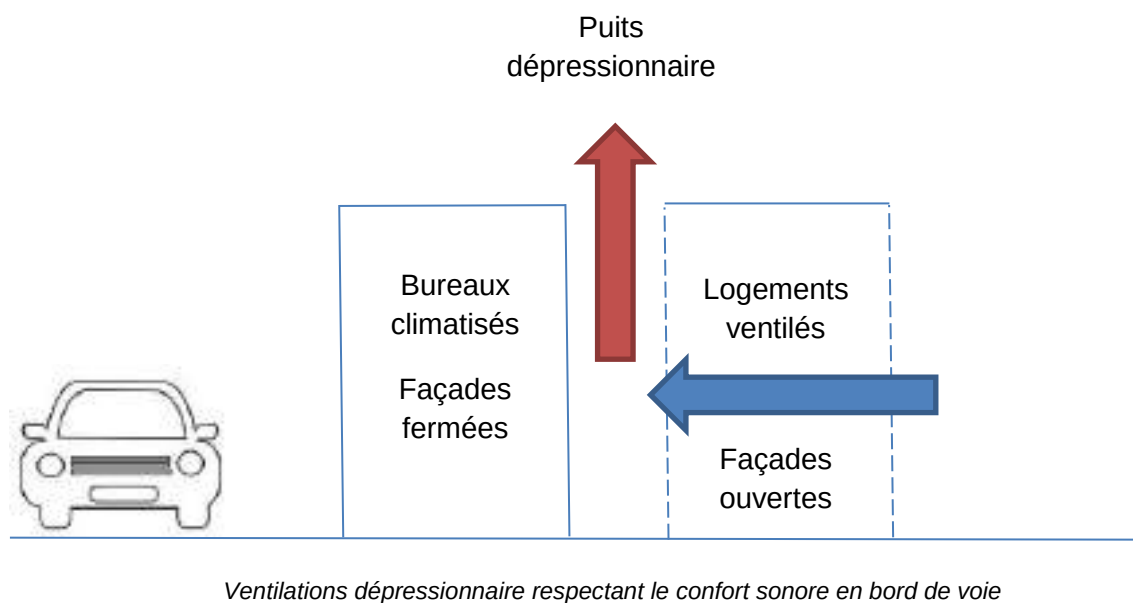
On peut, par exemple citer la ventilation naturelle par puits dépressionnaire. Ce dispositif est par exemple utilisé dans l'amphithéâtre de l'université de la Réunion, localisé sur le campus de Moufia à Saint Denis ou encore dans l'aéroport de La Réunion Roland Garros, le Centre Hospitalier de l'Ouest de La Réunion.

Le principe d'un puits dépressionnaire est de ménager une ouverture de type patio au centre du bâtiment, laissant s'échapper l'air chaud par convection. L'air extérieur est aspiré par les façades et un courant d'air s'établit dans le bâtiment.



Principe du puits dépressionnaire (source Le Moniteur)

Une application de ce principe peut être envisagée afin de protéger les façades du bruit routier :



Préconisations acoustiques PRUNEL

- Prendre en compte la problématique acoustique dans les études de ventilation naturelle.
- Eviter de choisir les façades exposées au bruit routier comme façades de ventilation.
- Etudier l'intérêt de la mise en place de puits dépressionnaires sur les façades exposées au bruit routier.

10.2.8. Les équipements techniques externes

Ce sujet est évoqué pour rappel, il a été traité au § 7.1. Les principaux problèmes rencontrés concernent :

- Les **climatiseurs** individuels extérieurs bruyants (systèmes « split »).
- Le bruit des équipements techniques **en toiture**, principalement pour les bâtiments tertiaire.

Préconisations acoustiques PRUNEL

- Choisir des **équipements silencieux** à l'achat et dans le temps.
- **Etudier l'impact** des équipements techniques externes avant la construction et intégrer leur traitement acoustique au projet, principalement par des écrans.

10.2.9. Cas particulier des établissements scolaires

Les établissements scolaires sont, en général, largement touchés par le bruit routier lorsqu'ils sont implantés près des axes de circulation.

Cette thématique est assez fréquente à LA REUNION et a fait l'objet de plusieurs études acoustiques de PHPS entre 2017 et 2019 :



Ecole primaire Raymond MONDON à SAINT DENIS en bordure du boulevard Sud

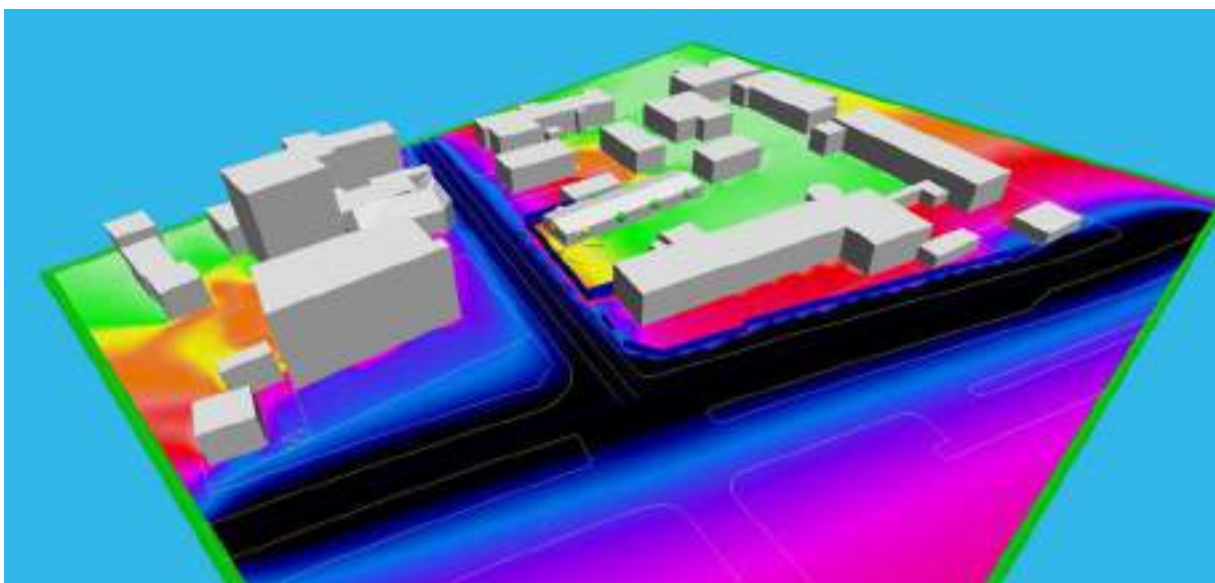


Ecole élémentaire Henri LAPIERRE à LA POSSESSION en bordure de la RN1

Dans les deux cas, les rez-de-chaussée étaient protégés par des murs de bonne hauteur mais les étages étaient systématiquement touchés par un bruit routier élevé et peu propice aux activités d'enseignement.

A chaque fois s'est posé le problème de la ventilation naturelle des salles de cours, qui était réalisée à l'aide de jalousies implantées sur les façades des bâtiments afin de ménager une circulation d'air traversante dans les classes. Une des deux façades était celle la plus exposée à la voie.

Même fermées, les jalousies ne réalisaient qu'un affaiblissement symbolique du bruit. De plus, avec le temps, l'efficacité du système de fermeture s'était souvent détériorée.



Simulation numérique des effets de bruit du boulevard Sud sur l'école primaire Raymond MONDON à SAINT DENIS

Préconisations acoustiques PRUNEL

- **Etudier l'impact** du trafic routier avant de procéder à l'implantation d'un établissement d'enseignement.
- **Eviter les façades des salles de cours orientées vers les voies de circulation.**
- Mettre en place des **murs anti-bruit** sachant qu'ils n'auront d'effet que sur les rez-de-chaussée.
- **Ne pas utiliser de jalousies**, trop peu isolantes, sur les façades exposées au bruit routier.
- **Etudier l'impact acoustique du choix de la ventilation naturelle.**

11. PRESCRIPTIONS PRUNEL – METHODOLOGIES DE PROJETS

Ce chapitre établit quelques propositions méthodologiques liées à la conduite de projet, afin de favoriser la prise en compte des nuisances sonores pour les projets à venir dans le secteur de PRUNEL.

11.1. Définition de zones apaisées

Dans l'étude de la problématique posée par le bruit, on cherche souvent à identifier les zones bruyantes, afin de tenter d'y réduire l'exposition sonore.

Une méthode complémentaire peut être de définir, à l'avance, des zones où le bruit doit être maintenu suffisamment modéré pour assurer un niveau de confort acoustique acceptable, par exemple pour des logements ou des activités de loisir.

Dans ces **zones apaisées**, on peut envisager un certain nombre de critères acoustiques, par exemple :

- Niveau sonore de jour moyen maximal de 60 dBA
- Niveau sonore de nuit moyen maximal de 55 dBA

Un zonage sur plan permet alors d'identifier ces zones et de prendre en compte cette orientation stratégique dans les projets d'aménagement.



Carte d'ambiance sonore de la ville de MEYLAN (Source Boîte à outils de l'aménageur)

11.2. Cahier des charges d'une étude d'impact acoustique

La réalisation d'une étude d'impact acoustique est **une nécessité dès lors qu'un risque de nuisance sonore d'une activité économique est détecté.**

Du point de vue réglementaire, cette étude n'est imposée que dans le cas des lieux musicaux et dans le cas des activités donnant lieu à une enquête publique, principalement les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ou les voies nouvelles.

Il est du ressort de la Maîtrise d'Ouvrage, et principalement de ses assistants techniques, d'identifier les risques de nuisances sonores et de faire réaliser une étude d'impact en tant que besoin. Cette étude :

- Caractérisera l'**état initial** avant la réalisation du projet
- Listera les **sources de bruit du projet** et précisera leurs caractéristiques acoustiques détaillées.
- Imposera des **objectifs acoustiques** et les proposera si aucune réglementation n'est directement applicable.
- Estimera l'impact des sources sonores sur les riverains, éventuellement à travers une modélisation numérique et jugera du **respect de la réglementation et/ou des objectifs**. Cette prévision s'effectue à un horizon de moyen terme (2 ans, mise en place du projet) et un horizon de long terme (10 à 20 ans).
- Proposera éventuellement des **mesures correctives**, en validera l'efficacité, imposera des **objectifs de résultat chiffrés** et estimera les coûts associés.

Les exigences de cette étude d'impact seront reprises dans le programme de l'opération et feront partie du dossier de consultation des entreprises pour les prestations de maîtrise d'œuvre.

11.3. Acoustique en phases de conception et de réalisation

Ces phases sont en règle générale bien traitées dès lors que les objectifs ont été identifiés et posés par la Maîtrise d'Ouvrage et que des bureaux d'études compétents en acoustique ont été intégrés aux équipes de projet.

On citera cependant quelques problématiques fréquemment rencontrées :

- Abandon des objectifs acoustiques en cours de projet, principalement pour des raisons de **coût**, mais parfois aussi de **motivation** des équipes.
- **Absence de caractéristiques acoustiques connues** pour les composants du bâtiment mis en œuvre.
- Absence d'**essais acoustiques intermédiaires** sur des locaux types dans le cadre des chantiers. Ces essais sont relégués au mieux à la réception, au pire aux plaintes des utilisateurs.

La mise en œuvre d'un **label** ou d'une **certification** intégrant des objectifs acoustiques (HQE ou autre) est souvent un bon moyen de maintenir l'enjeu du confort acoustique jusqu'en fin de projet.

11.4. Bruits des chantiers de construction ou de démolition

La réglementation applicable au niveau national est l'article R1334-36 du Code Santé Publique. A La Réunion s'applique également l'arrêté préfectoral du 7 Janvier 2010.

Ces deux textes sont similaires et indiquent que le maître d'ouvrage doit prendre toutes les dispositions pour limiter les effets du bruit du chantier. Aucune disposition technique ni aucun seuil sonores ne sont cependant spécifiés.

On se réfère au Guide n°4 « Bruits de Chantiers » publié par le Conseil National du Bruit. Ce document précise les responsabilités incombant aux différents acteurs et préconise une méthodologie de projet dont on retiendra principalement :

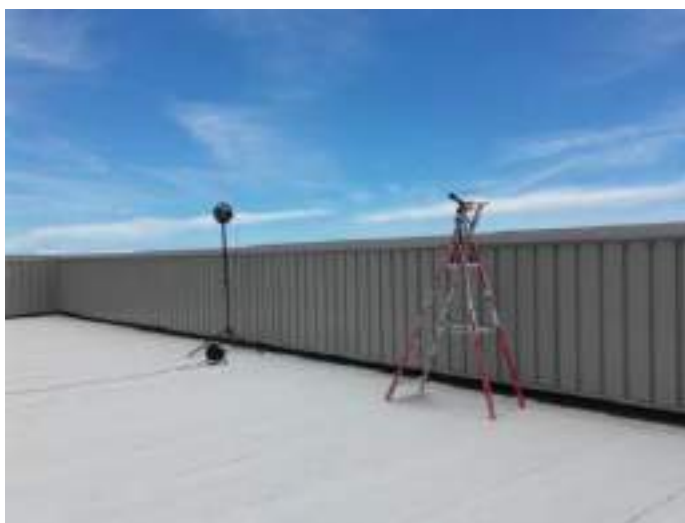
- La nécessité de réaliser, de façon préalable, une **étude d'évaluation du risque de gêne** des riverains comportant des **mesures acoustiques préliminaires** dans l'environnement.
- De prendre en compte l'aspect bruit dans le DCE.
- De procéder à une **surveillance pendant le chantier**, idéalement à l'aide d'un monitoring acoustique automatisé (sonomètres fixes, alertes SMS/mail, rapports hebdomadaires).

Ces prescriptions seront à intégrer dans une démarche de charte de gestion des futurs chantiers.

11.5. Contrôle acoustique des opérations

Le contrôle acoustique des opérations est peu développé à La Réunion, probablement du fait qu'**aucune attestation de conformité acoustique n'y est demandée**, contrairement à ce qui est obligatoire sur le territoire métropolitain.

Les opérations à venir dans le périmètre de PRUNEL pourraient avec profit prévoir une mission de contrôle technique acoustique en fin de chantier, effectuées par un organisme indépendant sur la base minimale des exigences réglementaires.



Contrôle de l'isolement de la couverture sur un bâtiment public de Saint Denis

12. CONCLUSION

La prise en compte du confort acoustique dans le projet d'aménagement PRUNEL est donc une tâche étendue et complexe.

Si le bruit routier est la principale source d'inquiétude, on comprend que les autres aspects de l'environnement sonore ne sont pas à négliger.

Les moyens de lutte contre le bruit existent, tout aussi nombreux, mais ils n'apportent finalement chacun que de petites améliorations à la problématique. L'objectif recherché sera atteint par un ensemble de dispositions et non par une recette miracle.

La complexité technique de la propagation du bruit rend impératives des études préalables, destinées à l'évaluation des situations et au dimensionnement des protections acoustiques.

Le succès d'un environnement sonore apaisé ne peut pas être celui des seuls acousticiens. Il sera le résultat d'un travail commun d'équipes de maîtrise d'ouvrage, de maîtrise d'œuvre, d'exécution et d'exploitation sensibilisées, motivées et donc responsabilisées.

13. BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- SETRA – Préviation du bruit routier – juin 2009.
- CERTU - Fiches Impact acoustique des aménagements de voirie en milieu urbain.
- DDE - Plan local d'urbanisme. La boîte à outils de l'aménageur.
- BRUITPARIF - Etat des lieux des performances acoustiques des revêtements de chaussée.
- LUNAM – IFSTTAR - Aménagements urbains et bruit - M. BÉRENGIER.
- CERTU - Isolation acoustique des façades.
- VILLE DE BRUXELLES - Vadémécum du bruit routier urbain.
- CNB – Guide n°4 - Bruits de chantiers.

INTERNET

- CIDB, centre d'information sur le bruit :
www.bruit.fr
- Guide d'aide à la décision pour la réalisation d'écrans urbains acoustiques :
<http://ecran-urbain.cstb.fr/>
- Classement sonore des infrastructures routières de l'île de la Réunion :
<http://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr/8-consultation-des-donnees-a62.html>

An aerial photograph of a city street scene. A dashed white circle highlights a specific area in the center of the image, encompassing several buildings and a grassy lot. The text "4. PRESCRIPTIONS EPARECA" is overlaid on this highlighted area. The surrounding area includes various residential and commercial buildings, palm trees, and a multi-lane road with traffic at the bottom.

4.
**PRESCRIPTIONS
EPARECA**

TABLE DES MATIÈRES

OBJET ET FORME DU DOCUMENT	4
PRÉSENTATION D'EPARECA	4
CONTEXTES: NOTION DE « COPROPRIÉTÉ »/ GESTION DES IMMEUBLES/ PARTIES COMMUNES.....	5
PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES DE CONCEPTION - PRINCIPES GÉNÉRAUX	5
TYPE DE COMMERCES CONCERNÉS ET LEURS PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES	6
GÉNÉRALITÉS CONCEPTION ET SÉCURITÉ DES LIEUX	6
CONTRAINTES TECHNIQUES GÉNÉRALES.....	9
DESSERTE/ FLUX/AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS	11
FAÇADES	11
ÉCLAIRAGE NATUREL ET ARTIFICIEL.....	14
CLIMATISATION, CHAUFFAGE	15
LES OBJECTIFS EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE	15
DESCRIPTIF TECHNIQUE COMPLÉMENTAIRE.....	16

OBJET ET FORME DU DOCUMENT

Le présent document expose les recommandations d'EPARECA à l'intention de tous les acteurs de la construction participant aux programmes de mise en œuvre des locaux commerciaux destinés à entrer au patrimoine de l'établissement.

Ce cahier des charges se présente en 2 volets, le premier s'apparente à un cahier des charges technique général reprenant les attentes d'EPARECA en matière de doctrine constructive et d'urbanisme, fort de son expérience et d'une longue présence au cœur des quartiers en politique de la ville.

Le deuxième volet (pages 16 à 23) est plus technique et reprend lot par lot les attendus de l'établissement concernant les prescriptions de mise en œuvre des locaux commerciaux à destination de nos futurs preneurs.

Il appartient à l'équipe de management de projet en charge des opérations de vérifier la compatibilité du projet avec les réglementations en vigueur.

PRÉSENTATION D'EPARECA

EPARECA intervient à défaut d'initiative privée praticable, en qualité de Maître d'Ouvrage, investisseur et exploitant de centres commerciaux et artisanaux de proximité dans le cadre de la politique de la ville.

Créé en 1996 en application de la Loi du Pacte de Relance pour la Ville, EPARECA accompagne les collectivités locales dans la reconquête de leurs zones commerciales et artisanales de proximité, au sein des quartiers en difficulté, afin d'apporter du confort de vie et recréer durablement du lien social.

EPARECA n'est pas en concurrence avec les opérateurs commerciaux (investisseurs et gestionnaires).

EPARECA a vocation à intervenir sur saisine du Maire ou du Président de l'EPCI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale) concerné, uniquement lorsque les opérateurs traditionnels ne le peuvent pas, dans le cadre de la géographie priorisée de la politique de la Ville :

- pour des raisons juridiques (maîtrise des droits immobiliers), en mettant en jeu si besoin des prérogatives de puissance publique (DUP, expropriation);
- pour des raisons économiques (déficit d'opération ne permettant pas un traitement par le privé);
- pour des raisons de contexte temporel (intégration dans une opération de restructuration urbaine).

Vie et commerce au cœur des quartiers

Epareca

**Etablissement Public National
d'Aménagement
et de Restructuration
des Espaces Commerciaux
et Artisanaux**

12, Place Saint-Hubert
59043 LILLE cedex
Tél. 03 28 52 13 13
Fax 03 28 52 13 19
www.epareca.org
contact@epareca.org



La construction conduite par EPARECA doit aboutir à une configuration économiquement viable et donc raisonnablement profitable. Le but est de rendre pérenne la poursuite de l'objectif politique à caractère social, celui de conforter ou de constituer une offre de proximité présentant une qualité et diversité minimales au cœur des quartiers. EPARECA vise le retour au droit commun dans le cadre du « marché ».

Le retour au droit commun est l'objectif qui constitue la mesure de l'efficacité de son intervention : par constitution de chiffres d'affaires assurant une rentabilité de nature à permettre une constitution de valeur locative de marché. Le loyer de chaque commerce ou activité de service est calculé en fonction de la nature du commerce et de l'espérance de chiffre d'affaires.

Depuis 2008, l'établissement, dont le siège social est à Lille, a installé deux établissements, à Lyon et à Paris, renforçant la proximité de ses équipes auprès des collectivités territoriales.

CONTEXTES :

NOTION DE « COPROPRIÉTÉ »/ GESTION DES IMMEUBLES/ PARTIES COMMUNES

EPARECA vise à demeurer propriétaire, directement ou via une société filiale, des locaux qu'il construit, pendant plusieurs années.

Aucune partie commune n'est souhaitée par EPARECA (pas de local poubelle, technique, accès, stockages...), sauf le local sécurité dédié à la vidéo-protection.

Le concepteur devra donc s'appliquer à rechercher une desserte et une distribution qui évitent toutes formes de parties communes nécessitant des répartitions ou de la refacturation de charges.

Le commerçant et EPARECA sont ainsi maîtres de leurs propres consommations et dépenses de gestion.

En règle générale, EPARECA ne réalise pas les espaces extérieurs : les parkings, les accès, et autres.

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES DE CONCEPTION - PRINCIPES GÉNÉRAUX

Il appartient à chaque acteur de vérifier la compatibilité du projet avec la réglementation en vigueur.

Qualité de commercialité

› Emplacement

Le chaland, entre son départ et son arrivée, choisira le chemin le plus direct et le plus accessible.

- L'activité commerciale doit être sur son chemin, facilement accessible pour le piéton et son caddie ou véhicules, très visible et très lisible.
- Privilégier les mails simples, larges et ouverts.
- Proscrire les différences de niveaux.
- Positionner l'appareil commercial sur un axe important drainant les flux de circulation automobile et piéton, entre le logement et les lieux professionnels, multimodaux ou publics.
- Ne pas créer de surfaces commerciales dans les espaces résiduels d'autres programmes (les poteaux, la hauteur sous plafond ou les circulations entre autres pourraient rendre inexploitable les locaux).

› Boutiques d'angle

Lors de conception de centre en « L » ou en « U », les boutiques d'angles ne peuvent pas être de simples délaissés dans lesquels le rapport surface commerciale/vitrine est insatisfaisant.

TYPE DE COMMERCE CONCERNÉS ET LEURS PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

Les différents types d'activités commerciales avec leurs particularités vouées à occuper les locaux construits ou achetés par EPARECA sont les suivants :

- Commerces alimentaires : boulangerie, boucherie, épicerie...
- Libre-service, Supérette...
- Pharmacie
- Tabac, PMU, Presse
- Café, Brasserie, Restauration rapide...
- Laveries automatiques, coiffure, pressing...
- Banques, La Poste, DAB...
- Cabinet médical, Laboratoire, auto-école,
- Taxiphone, téléphonie...

Cette liste est non exhaustive.

GÉNÉRALITÉS CONCEPTION ET SÉCURITÉ DES LIEUX

Les mails (circulations intérieures) sont à proscrire.

Éviter les mails fermés sur lesquels s'ouvrent les commerces, mais **préférer les centres directement ouverts sur le domaine public** (indispensable dans le cas de petits centres), éviter les parties communes.

Les éléments à prendre en compte pour tous les centres sont :

- ne pas créer de coins sombres ou d'impasses non commercialisables, sources d'insécurité, ainsi que d'éléments architecturaux permettant un regroupement ou une stagnation d'individus (tel que porche, galerie, banc, murets...);
- veiller à la pérennité des matériaux;
- mettre en place des éléments difficilement dégradables ou démontables et facilement réparables;
- faciliter l'entretien, le nettoyage anti tags, par la mise en œuvre de matériaux lisses;
- privilégier les éléments de construction dont le coût de maintenance est raisonnable (préférer une standardisation);
- éviter les éléments architecturaux qui favorisent la présence de volatiles;
- prévoir l'installation de vidéo-protection sur le Centre commercial;
- prévoir l'accessibilité aux forces de sécurité et de secours.

Vidéo-protection

La vidéo-protection doit être tournée, pour filmer, sur l'entrée des commerces et de leurs façades pour obtenir une meilleure efficacité, et doit être prévue dès les études préalables afin d'être prise en compte techniquement et financièrement.

La gestion des images doit privilégier un export vers un local de la collectivité (PC vidéo), par dérogation s'il n'existe pas, les images seront stockées sur site à disposition des forces de police.

Une étude spécifique sécuritaire sera préalablement établie en étroite relation avec les partenaires (Ville, aménageurs, collectivités...), services de police, référents et la Préfecture.

Les commerçants ont la possibilité d'avoir une vidéo-protection à l'intérieur de leurs locaux, le tout étant à leur charge.

Pour le local de stockage ou de renvoi d'images, le Maître d'œuvre devra tenir compte des données suivantes:

- dans la mesure du possible, prévoir un local indépendant, sécurisé et discret dont l'accès se fait par le domaine public;
- surface de 3m² à 8m² maxi;
- porte et serrure renforcées et parois béton;
- raccordement EDF et France Télécom;
- arrivée de fourreaux pour fibre de connexion caméras.

Banques, Postes, Locaux à risques et DAB

D'une façon générale, le futur preneur est en mesure de fournir un cahier des charges propre à son activité.

Toutefois, le Maître d'œuvre devra tenir compte des données suivantes:

- dans la mesure du possible, regrouper les commerces cibles d'une délinquance violente (bijouterie, PMU, tabac), en position centrale sur l'espace commercial et empêcher l'accès de véhicules automobiles direct;
- éviter les banques à proximité de lieux sensibles (bar tabac, restauration rapide, par exemple);
- créer un cheminement différent pour les transporteurs d'objets précieux, afin que le transport ne soit visible ni du magasin, ni des parties communes ni, si possible, de l'extérieur.

Transporteurs de fonds

Décret n° 2012-1110 du 1er octobre 2012 modifiant le décret n° 2000-1234 du 18 décembre 2000 modifié déterminant les aménagements des locaux desservis par les personnes physiques ou morales exerçant l'activité de transport de fonds et portant diverses dispositions relatives au transport de fonds.

Plusieurs principes de construction peuvent être appliqués:

- créer un accès indépendant pour les transporteurs, de façon à ne jamais être en contact avec les salariés ni avec le public;
- supprimer tous cheminements piétons et effectuer le transfert sans quitter le véhicule;
- créer un stationnement spécifique avec marquage au sol « Transport de fonds »;
- faciliter l'arrivée et le départ du véhicule de son stationnement. Manœuvre à proscrire.

Contraintes dimensionnelles

› Distribution des boutiques

Les principes de division en volumes, d'autonomie juridique et fonctionnelle des locaux commerciaux, de gestion individualisée des charges doivent diriger l'organisation de l'immeuble.

Les entrées des commerces doivent être dissociées.

Un pré-découpage des commerces en lots est nécessaire, de sorte à prévoir en nombre suffisant les attentes sur réseaux, mais aussi les possibilités de multiplication, ou de réduction, du nombre des accès principaux et des issues de secours éventuelles, en fonction de la distribution adoptée après commercialisation des cellules (division ou regroupement de lots) et d'éventuelles contraintes d'évolutivité.

› Structure/trame

Les structures poteaux – poutres sont à favoriser pour la souplesse d'aménagement, il est préféré une structure métallique ou bois plus souple et plus rapide de mise en œuvre.

Les structures en voiles de refends classiquement utilisées pour les immeubles de logements, sont pénalisantes pour l'encombrement des espaces à rez-de-chaussée et leur évolutivité. Le transfert des charges de la superstructure en voiles de refends nécessite la mise en œuvre de retombées de poutres importantes en plancher haut du rez-de-chaussée. Le Maître d'Œuvre appréciera cette contrainte dès l'origine du projet, pour respecter les hauteurs préconisées et prévoira dans les poutres les réservations nécessaires aux passages de fluides et de réseaux divers.

Les murs rideaux seront privilégiés aux structures par façades - porteuses, car elles sont très restrictives dans le choix du dimensionnement des percements et prédéterminant ceux-ci dès la construction de l'immeuble.

Une trame constructive régulière doit être proposée, pour des raisons d'économies sur le coût des travaux.

Une trame de refends d'environ 6 mètres de large, convient aux petites boutiques (de l'ordre de 60 à 100 m²), mais s'avère contraignante pour les moyennes surfaces de l'ordre de 300 m² et plus.

› Dimensions des cellules

Le principe est d'avoir le plus de vitrines possible, avec une surface de vente, des réserves et des locaux sociaux.

Les surfaces courantes des petites boutiques se situent entre 50 m² et 70 m², voire 100 m² à 150 m² selon l'activité, l'environnement du projet, le dynamisme commercial.

La forme est généralement **rectangulaire** et peut être de dimension :

- **5 m x 10 m,**
- **6 m x 12 m,**
- **7 m x 14 m.**

Le Maître d'œuvre doit avoir à l'esprit que la programmation commerciale est évolutive pendant l'élaboration du projet, et qu'il peut être conduit à retravailler son projet.

Les surfaces sont définies lors de la programmation commerciale par EPARECA.

› Cheminements

L'homogénéité des niveaux doit être recherchée, même lorsqu'il existe une contrainte de pente longitudinale des cheminements de desserte. L'absence de dénivelé introduit de la souplesse dans le découpage en lots commerciaux, ou dans le regroupement de cellules. C'est également un facteur d'évolutivité.

Effectuer un cheminement le plus simple possible (pas de recoins, de contournements...).

Éviter au maximum les marches et les différences de niveau. Interdit en cas de supermarchés avec caddies. **Pente maximum: 2 %.**

› Pas de commerces en étage

Le concepteur peut toutefois envisager l'emplacement de bureaux, locaux du personnel, réserves et locaux techniques en étages ou mezzanine. Ces aménagements doivent répondre aussi à l'exigence réglementaire, et normative.

CONTRAINTES TECHNIQUES GÉNÉRALES

Réseaux divers/gaines/gestion de l'énergie

Les cellules commerciales doivent être desservies par les réseaux d'alimentations en fluides (électricité, eau, gaz, téléphone) et d'évacuations (eaux usées, eaux vannes, bacs à graisse pour certains commerces).

Ces dispositions doivent être prises dès la construction de l'immeuble, sur des réseaux indépendants et individuels, dont les parcours devront être projetés, et les réservations correspondantes (trémies, fourreaux, gaines) réalisées, pour permettre les installations futures.

Dans la lignée de ce qui précède, le concepteur étudiera des installations techniques permettant d'individualiser les réseaux de chaque lot commercial.

Les comptages individuels seront placés de préférence en façade sur rue – facilement accessible.

Chaque commerçant devra maîtriser avec précision ses consommations individuelles en fluides (eau, gaz, électricité...). Ce contrôle des dépenses « au réel » économise les frais de gestion collective, mais aussi la consommation énergétique.

Les gaines techniques éventuellement nécessaires aux commerces (pour la ventilation, extraction de fumée, la climatisation...) emprunteront des parcours établis en servitudes, si nécessaire.

Les gaines horizontales en plafonds sont à éviter.

Durabilité, protection, coût d'entretien

Le Maître d'œuvre devra tenir compte des données suivantes:

- prescrire des **matériaux les plus résistants possibles** (la dalle en béton quartzée teintée plus que le carrelage ou la résine, et que le plaquage bois qui est à proscrire);
- mettre en œuvre des **matériaux pérennes et standards**;
- prévoir, dès le descriptif, tous les éléments de protection tels que **peinture anti-graffiti, protection anti-caddies, matériel anti-vandalisme** (luminaires, serrurerie...);
- les chemins de câbles et autres **réseaux doivent être inaccessibles du public** pour éviter toute dégradation;
- veiller à la qualité et à la **résistance des sols**, traiter les bas de murs et les pieds de poteaux avec le même soin;
- prévoir une **démarche H.Q.E ou BREEAM**, même informelle, c'est-à-dire construire en coût global (construction + entretien), en **qualité environnementale** (énergie renouvelable, isolation et réduction des pollutions, notamment lutte contre les gaz à effet de serre) et en **équité sociale**;
- privilégier des **éclairages à basse consommation** de Type LED;
- les systèmes de fermeture « sophistiqués » (télécommande, ouverture automatique, badge...) sont fragiles et coûteux; privilégier les **systèmes basiques et robustes**;
- des servitudes pour l'entretien seront précisées par le Maître d'œuvre;

- un **plan d'implantation des compteurs** sera élaboré par le Maître d'œuvre et transmis à EPARECA pour validation, puis mis à jour avec l'entreprise et les concessionnaires. Le plan sera transmis à EPARECA à l'achèvement des travaux avec le relevé des compteurs établi lors de la livraison des locaux commerciaux. **Tous les compteurs doivent être protégés des agressions extérieures par des habillages métalliques renforcés et intégrés aux façades.**

Il est rappelé que les constructions se font dans des secteurs pouvant se révéler sensibles.

Sécurité incendie (selon réglementations des ERP en vigueur)

Le Maître Œuvre (concepteur) doit tenir compte de toutes les réglementations en vigueur dans leur dernière édition.

Logistique

› Réserves et livraisons

Les cellules commerciales, en fonction de leur surface, mais aussi de leur destination, ont besoin de volumes de stockage. Ces « réserves » doivent être facilement accessibles depuis l'extérieur aux livreurs pédestres, aux chariots, aux camionnettes, ou aux semi-remorques... (Selon la nature des commerces).

Suivant le contexte urbain et le projet d'aménagement, **les livraisons se feront par la façade sur rue, ou, le cas échéant, par la façade arrière, dans les 2 cas la marche en avant des denrées alimentaires sera obligatoire.** Les flux, le stationnement des véhicules, devront être étudiés particulièrement, et notamment en fonction des réglementations de voirie et du projet urbain.

Malgré tout, il est indispensable que les activités de type alimentaire, entre autre, soient accessibles aux livraisons faites par poids lourds châssis long de 19T minimum.

› Adresse postale

Les commerces doivent être reliés au réseau de distribution de La Poste. Dans le cas général, une **boîte aux lettres aux normes réglementaires sera prévue pour chaque cellule et pour l'association des commerçants.**

Dans le cas de boîtes aux lettres en batterie, celles-ci seront positionnées dans un **lieu protégé du vandalisme.** Elles doivent être intégrées dès la conception du bâtiment et des façades.

Toute disposition envisagée doit être présentée à l'approbation d'EPARECA.

› Gestion des Déchets

Le concepteur initial veillera aux contraintes de stockage et d'évacuation des déchets. Les sujétions diffèrent considérablement, en fonction de la surface et de la nature des commerces (déchets spéciaux par exemple, ou alimentaires), mais aussi du mode de collecte publique (périodicité, tri sélectif...). Chaque projet nécessite une étude spécifique.

Les locaux communs sont proscrits, **chaque commerce doit gérer ses déchets par l'aménagement d'un local intérieur de dimensions suffisantes pour recevoir des bennes de type tri sélectif**, et suivant l'activité et la réglementation imposée par la ville (voirie, hygiène).

Ce local est à prévoir dans tous les locaux commerciaux dès la conception du bâtiment.

DESSERTE/ FLUX/ AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS

La desserte des commerces doit être abordée avec EPARECA, mais on privilégiera des accès par les façades avant. Un schéma des flux d'approvisionnement doit être proposé par le Maître d'œuvre à EPARECA pour validation.

L'implantation des cellules commerciales doit être examinée au regard des cheminements piétons extérieurs (« achalandage ») et des nécessités d'approvisionnement (livraisons) ou de stationnement « d'impulsion » (pour certains commerces), ou d'arrêts momentanés (transports de fonds, médicaments urgents...).

La largeur des trottoirs, l'existence de contre-allées, les plantations, les obstacles éventuels, etc. sont autant de moyens d'intervention et de contrôle des flux.

Les bancs et les jardinières sont à éviter à proximité des accès des locaux.

Il est rappelé qu'EPARECA n'est pas propriétaire des aménagements extérieurs.

Ces aménagements sont usuellement à la charge de la collectivité ou de l'aménageur comme indiqué dans la convention, toutefois, le plan des aménagements doit être soumis à l'approbation d'EPARECA et être traité en coordination entre les différentes Maîtrises d'œuvre.

FAÇADES

La notion de façade commerciale, de « linéaire marchand » est importante. Il convient d'éviter au maximum les ruptures de vitrines, de minimiser l'impact des éléments perturbateurs, annexes logistiques des commerces, locaux de service (poubelles par exemple), etc. Il est préférable que ces éléments annexes au programme puissent être implantés en dehors du linéaire commercial, sur les façades cour ou opposées par exemple.

La plus grande liberté est souhaitable. Les structures poteaux - poutres, et refends sont plus favorables (a contrario des façades porteuses).

Sauf à devoir respecter une discipline architecturale très forte, la meilleure solution consiste à proposer une **grande simplicité des façades** à rez-de-chaussée.

Dans tous les cas, il importe de ne pas encombrer les façades en imposant des trumeaux ou des allèges. La localisation précise des portes d'accès aux commerces (accès principaux et de secours) dépend davantage du fonctionnement des locaux que du dessin des façades.

Les murs aveugles (de moyennes surfaces par exemple) ou les arrières de centres (qui reçoivent des livraisons, locaux poubelles...) ainsi que les toitures (5^e façade), doivent faire l'objet d'une attention particulière et d'un traitement spécifique de même qualité architecturale que le reste de l'édifice, et doivent être soumis à l'approbation d'EPARECA.

Concernant la signalétique globale de la façade, le concepteur devra :

- privilégier la signalétique commerciale du bâtiment par une entité forte, plutôt que plusieurs petites signalétiques;
- mettre la signalétique commerciale, enseignes et vitrines, visible depuis le passage routier, piéton ou de stationnement;
- éviter les galeries en retrait du bâtiment et les arcades, par exemple, pour privilégier les auvents hauts, légers et aériens à une hauteur minimale de 4 m.

Totem

Le Maître d'œuvre (concepteur) devra étudier la **possibilité d'implanter un totem sur l'espace public** avec la validation et/ou à la charge de la Ville ou de l'Aménageur - selon la convention.

Celui-ci devra être alimenté sur le réseau public et être dimensionné de façon à recevoir l'ensemble des enseignes présentes sur le site.

Enseignes

La composition des façades doit tenir compte de la nécessité de communication des installations commerciales.

Les commerces auront besoin de vitrines (supports d'achalandage), mais aussi de surfaces pour accueillir les enseignes publicitaires, dans le plan des façades, ou « en drapeau », selon dispositions des lieux.

Il est souhaitable que ces fonctions soient intégrées dès l'origine, raisonnées sous forme de discipline architecturale, et déclarées dans le Permis de Construire.

La disposition générale des enseignes, leur forme, et les matériaux qui les composent doivent être étudiés soigneusement.

Le Maître d'Œuvre doit les intégrer dans la composition architecturale, et édicter des règles qui satisfassent la fonction commerciale, le respect des autres programmes eu égard aux nuisances visuelles et lumineuses, et la qualité d'ensemble de l'immeuble.

La disposition des **enseignes en bandeaux** sur des supports prévus pour les recevoir paraît devoir être privilégiée dans la plupart des cas, par rapport aux enseignes en drapeaux ou sur potences.

Les bandeaux offrent de meilleures garanties d'homogénéité, surtout dans le cas d'enseignes lumineuses. Les éclairages par spots sur tiges en consoles doivent être proscrits.

Le cas échéant, et si les programmes sont connus à l'avance, les enseignes spécifiques (tabac, pharmacie, loto, etc.) doivent faire l'objet d'une étude particulière d'intégration.

Le Maître d'œuvre (concepteur) devra **prévoir une charte des enseignes et bandeaux**.

Auvents

Les auvents sont fréquents sur les centres commerciaux. S'ils sont hauts, légers et « aériens », ils participent davantage à la signalétique commerciale qu'à une protection quelconque vis-à-vis du climat, soleil ou intempéries, sauf conditions particulières d'exposition (dans certains départements, et dans certains cas d'orientation géographique).

Si ceux-ci sont composés de vitrages, nous préconiserons dans les régions exposées un vitrage teinté permettant d'atténuer le rayonnement solaire sur les vitrines.

La signalétique commerciale, enseignes et vitrines, doit être implantée directement sur les cheminements. Les arcades sont donc à proscrire. Les auvents bas, assimilables à des arcades, sont d'autant plus à proscrire qu'ils deviennent souvent le lieu de rassemblements indésirables.

Les auvents participent à la signalétique commerciale et à une protection climatique.

L'entretien doit être facilement gérable: accès facile

Ils doivent être conçus dans des matériaux pérennes, et l'entretien doit être abordé dès la conception.

Vitrines

La conception des vitrines devra refléter une certaine « simplicité » propice à la polyvalence et à l'évolutivité.

Toutes les vitrines (murs rideaux) seront en **métal très résistant à rupture de pont thermique** équipées de **vitrages retardateurs d'effraction** (voir caractéristiques dans le descriptif technique par lots en fin de document).

L'ensemble devra procurer une **transmission lumineuse de 70 %** et un **facteur solaire de 42 %** (suivant exposition du site).

La hauteur libre des vitrines ne devrait jamais **être inférieure à 2,50 mètres et supérieure à 3,00 mètres**.

Aucune devanture de boutique ne sera équipée de portes automatiques sauf dérogation éventuelle pour les **pharmacies et les moyennes surfaces et autres locaux sur dérogation validée par Epareca**.

Suivant la composition architecturale de façade, la hauteur du plénum correspond à une retombée de linteau, à un bandeau, ou à un vide..., auquel cas le châssis de façade comporte une imposte opaque au-dessus de la vitrine proprement dite: au moins un de ces imposte, par local, sera oscillo-battant.

Il est préférable d'implanter les vitrines dans le plan du nu extérieur des façades, pour éviter les appuis extérieurs servant parfois de bancs pour des hôtes indésirables.

À défaut, il est souhaitable d'installer des vitrines toute hauteur, en veillant à respecter un soubassement maçonné de 15 cm, pour la sécurité et l'entretien.

Le nettoyage des baies vitrées et verrières devra pouvoir se faire facilement et à faible frais.

Les vitrines obéissent aussi à des contraintes fonctionnelles spécifiques, en fonction des différents types d'activités commerciales.

Rideaux métalliques de protection extérieure

Les équipements annexes des vitrines que constituent les protections antieffraction ont un impact non négligeable sur l'aspect général et la « convivialité » du linéaire commercial. Ils doivent être conçus en fonction des types de commerces et dans la mesure du possible uniformisés dans leur aspect (volets à lames horizontales pleines et/ou perforées) et dans leur implantation (à l'intérieur ou à l'extérieur des boutiques).

L'implantation extérieure est à privilégier pour des raisons de protection des vitrines.

EPARECA demande l'installation de **volets à lames horizontales micro perforées**, sur axes motorisés, installés à l'extérieur des boutiques (avec boîtier de commande extérieur sécurisé encastré et trappe d'accès au débrayage extérieur pour manœuvre manuelle en cas de panne de courant).

Dans le cas où le local jouit d'un accès secondaire, les boîtiers de commandes et câbles de débrayage seront positionnés à l'intérieur du local commercial.

Dans le cas où s'impose à nous **l'implantation du rideau à l'intérieur**, il est indispensable (s'il n'existe pas d'accès secondaire) de prévoir :

- un recul de 50 cm minimum de la vitrine avec accès à la boîte de commande et du débrayage;
- ou un retrait de la porte au droit de l'accès principale (d'au moins la largeur du vantail) avec ouverture vers l'extérieur (forme de sas);
- ou une ouverture vers l'extérieur de la porte d'accès au local sur le domaine public - nécessitant une autorisation de la Ville;
- à défaut le rideau sera secouru sur batterie.

Prévoir un **coffre démontable et accessible** pour l'entretien.

ÉCLAIRAGE NATUREL ET ARTIFICIEL

En milieu de journée à mi-saison, une boutique doit recourir au minimum à l'éclairage artificiel. Le dessin des volumes vitrés des vitrines, l'étude des ombres portées... (Un auvent par exemple) doivent favoriser une luminosité uniforme et passive. Un choix judicieux de matériaux et de couleurs peut ajouter encore à la clarté propice aux bonnes conditions d'usage.

Il est indispensable d'éviter les « seconds jours » et de prévoir **un éclairage naturel des zones de travail en arrière du local**, selon la réglementation en vigueur du Code du Travail.

L'éclairage naturel doit être privilégié dans l'ensemble du local commercial.

La conception de l'éclairage artificiel s'attachera à satisfaire les besoins fonctionnels des boutiques, sans négliger l'impact nocturne du linéaire commercial. Une conception d'ensemble est nécessaire, incluant l'éclairage public, les enseignes lumineuses, les vitrines.

Un éclairage de 200 Lux au sol dans les zones de ventes est à prévoir.

Le concepteur devra :

- éviter les coins sombres;
- valoriser l'éclairage des vitrines des boutiques;
- veiller au système de fixation et au **caractère anti-vandalisme des matériels installés** dans les zones extérieures.

Dans tous les cas, il est préconisé **des éclairages dits de basse consommation (éclairage indirect)** à variation pour tenir compte de la lumière naturelle, sur horloge dans les espaces techniques et peu utilisés, voire à détection de mouvements dans les zones de circulations de services et secondaires.

Exemple: ZUMTOBEL 2x24W T16 ou équivalent



Pour des raisons économiques, l'éclairage LED sera prévu en option :



*Omega LED de THORN réf. 96241576,
ou E-core LED panel de TOSHIBA
ou équivalent*

CLIMATISATION, CHAUFFAGE

Plusieurs solutions existent tant en climatisation qu'en chauffage. Le choix ne peut se faire qu'au cas par cas, suivant la taille du centre et son orientation, la forme du local et son implantation. L'importance de l'éclairage artificiel, (100 W au mètre carré) et la chaleur humaine (une personne égale 100 W) font que le chauffage des boutiques n'est pas toujours nécessaire. La climatisation procure un confort certain, mais nécessite un investissement financier supérieur et un entretien permanent. Du reste il est mal pondéré par la réglementation RT 2012.

EPARECA préconise et demande de préférence:

- **des PAC (Pompe à Chaleur) pour assurer le chauffage et la climatisation réversible** (permettant éventuellement l'obtention d'un label énergétique).

Système individualisé par commerce avec unité intérieure dans le faux plafond; système gainable pour assurer une modularité facile suivant les éventuels aménagements futurs des commerçants (ajout de cloisons...).

Les unités extérieures seront placées judicieusement pour répondre aux objectifs suivants:

- ▶ facilité d'accès pour l'entretien,
- ▶ protection contre le vandalisme,
- ▶ minimiser la gêne sonore et l'impact visuel pour les voisins (notion de 5° façade).

LES OBJECTIFS EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les priorités d'EPARECA sont les suivantes:

- L'obtention d'un label écologique ou énergétique pour certaines opérations à définir au stade de la programmation (BREEAM, HQE, BBC, EFFINERGIE...): dans ce cas, un cahier des charges Développement Durable sera établi.
- Amélioration de la qualité architecturale et de leur insertion urbaine, paysagère et sociale: dans le traitement de la 5° façade, les toitures seront végétalisées.
- Amélioration des performances énergétiques suivant la norme de KWh/m²/an qui sera retenue pour les commerces en constructions neuves (Bbiomax).
- Développement d'une gestion responsable de la ressource d'eau (récupération d'eau pluviale par exemple) et, plus généralement, d'une notice d'exploitation permettant une meilleure économie des ressources non renouvelables pour limiter les charges locatives.

- Application de la charte chantier propre EPARECA et agenda 21 de la commune.
- Analyse multicritères des choix écologiques: produits et matériaux de construction, énergie, eau, chantier, transport, pollution, déchets, air, CO2, ozone, bonne utilisation des installations, enquête de satisfaction, évaluation thermique, ressenti conceptuel et spatial.

DESCRIPTIF TECHNIQUE COMPLÉMENTAIRE

› Propos liminaires

Les prestations énumérées ci-après décrivent de manière succincte, le mode constructif et le niveau de finition attendu pour la réalisation des centres commerciaux d'EPARECA. Cela sans distinction du mode de promotion, qu'ils soient sous maîtrise d'ouvrage directe, sous mandat ou achetés en VEFA; ni distinction du mode d'intervention ou d'attribution, c'est-à-dire qu'ils fassent l'objet de travaux neufs ou de réhabilitation, allotis ou en entreprise générale.

Ces prescriptions s'entendent répondre à tous les textes réglementaires et leurs évolutions, les normes, les obligations incendie, hygiène et autres spécificités propres aux activités envisagées dans les locaux commerciaux remis aux preneurs sous bail avec EPARECA.

Le descriptif ci-dessous est dissocié par lot et reflète le souhait d'EPARECA, sous-entendu qu'il ne constitue pas à proprement parler un CCTP et peut par conséquent présenter des options dépendantes du parti pris architectural.

LOT GROS ŒUVRE:	
Généralités	Ce lot a à sa charge: l'implantation, l'état des lieux, le terrassement, le cantonnement de chantier, le panneau de chantier, le panneau de pré commercialisation, la gestion du compte prorata, la sécurité du chantier, la signalétique routière, la mise en œuvre de la charte chantier vert
Structure	Il est préféré une structure poteaux poutres permettant une grande modularité et remplissage parpaings ou bardage, à défaut (hormis les bâtiments mixtes commerces + logements) les murs bétons sont préfabriqués. La hauteur est a minima de 2m50 et 3m en superette sous faux plafond. Les volumes des boutiques sont libres de poteaux, elles sont séparées par des cloisons coupe-feu assurant la 5^e catégorie (ERP). La finition sur les murs en béton laissé brut doit être de type « prêt à peindre ».
Plancher	Le plancher bas reprend une surcharge de 1 tonne en surface courante.
Particularité	Le DAB est un cube béton 6 faces ferrailé, le local vidéo comprend l'accès en toiture.

LOT CHARPENTE COUVERTURE ÉTANCHÉITÉ:

(HORS VEFA AVEC LOGEMENTS EN ÉTAGES)

Charpente	Il est préféré une charpente métallique ou bois et une couverture bac acier. La charpente comprend l'ensemble des éléments de structure tels que les arbalétriers, pannes, structure du auvent, chevêtres et renforts pour les sorties en toiture et la pose d'organes de type groupes froids, climatiseurs, ventilation etc., les protections de toiture (sécurité et sûreté) et les supports d'éclairage ou de réseaux, l'échelle d'accès en toiture, la peinture et/ou la galvanisation des éléments.
Couverture	Idéalement la couverture est en bac acier végétalisée et isolée conformément à la RT2012, elle comprend toutes les suggestions telles que l'isolation, les réservations, les relevés, protections pour circulation et engravures, les descentes d'eau et couvertines, rives, brises soleil, les lanterneaux et leur protection ou désenfumage, les habillages d'éléments techniques, les ouvrages annexes (crosses, solins, manchon de ventilation, support de parabole etc.) En cas de toiture terrasse béton, les mêmes services doivent être rendus. L'objectif final visuel est une végétation de type Sopranature extensive Pampa (ou équivalent) C'est une prairie naturelle de graminées et de plantes vivaces à fleurs évoluant chaque été en prairie « sèche ». Sopranature® a sélectionné une gamme de plantes de prairies, permettant d'en recréer l'aspect. Ces herbes hautes et légères passent d'un vert tendre printanier à une teinte de paille en été. Pampa associe les graminées (fétuques, pâturins) aux plantes succulentes (dont les sedums) et à de petites plantes vivaces de type œillet, iris, ciboulette, campanule, euphorbe, qui agrémentent et colorent l'ensemble.
Étanchéité	Ce lot comprend tous les ouvrages de mise en œuvre du complexe d'étanchéité tels que les systèmes élastomères, joints, relevés etc., et la protection des ouvrages.
Particularité	Il sera pris en compte dans ce lot toutes les sorties et équipements spécifiques décrits dans les fiches espaces du centre commercial par type d'activité.

LOT FAÇADE MENUISERIE SERRURERIE :

Façades

Les façades sont de type murs rideaux en acier, les vitrines et les portes sont à rupture de pont thermique. Les vitrages sont anti effraction retardateur :

- face extérieure: vitrage feuilleté de sécurité type Stadip Protect 510 (ou similaire)
- lame d'argon de 12 mm
- face intérieure: vitrage feuilleté de sécurité type Stadip Protect 44.2 (ou similaire)



Les portes sont battantes à la française hormis disposition spécifique voir les fiches espace (pharmacie et superette avec des portes coulissantes).

Les sabots hauts et bas des vantaux semi fixes seront métalliques.

Les portes automatiques sont coulissantes équipées de coulisses basses de renfort et détection avec carillon (avec rideau d'air chaud; voir lot électricité).

Les rideaux métalliques extérieurs sont en acier laqué micro perforés, débrayables et manœuvrables de l'extérieur manuellement (si absence de porte de service), le coffre de volet est encasté et isolé. Les coulisses sont de type « grand vent » et une serrure et prévue sur la traverse basse.



Le boîtier de commande extérieur (si pas de porte de service) sera de préférence encastré.

Les portes de service sont métalliques de sécurité serrure 3 points à crémone pompier.

Le totem commercial est à la charge du présent lot et sera soumis à la validation d'EPARECA, la signalétique et les boîtes aux lettres également.

Les supports d'enseignes sont implantés au droit des vitrines et soumis à la charte graphique élaborée par l'architecte de l'opération.

Les barillets provisoires de chantier sont remis à EPARECA ou remplacés par le canon définitif lors de la remise aux commerçants.

LOT FAÇADE MENUISERIE SERRURERIE :

Totem	Le totem est à la charge du lot serrurerie conformément au plan de l'architecte validé par le service communication d'EPARECA et après validation de l'emplacement par les services voirie ainsi que du conseil municipal en ce qui concerne le nom du centre.
Boîtes aux lettres	 Prévoir 1 boîte à lettres par commerce à intégrer dans la façade. Référence préconisée (anti vandalisme): RENZ Soléa

LOT CLOISONS PLAFOND ISOLATION MENUISERIE INTÉRIEURE :

Cloisons	Hormis les sanitaires, et locaux poubelles, les cloisons sont à la charge du futur preneur. Le lot cloison reprend les prestations d'enduit plâtre, doublage thermique, isolation, cloisons de distribution, plafond modulaire, jouées, soffites, cloisonnement et habillage des gaines et des compteurs tarif jaune, ainsi que les travaux d'étanchéité à l'air le cas échéant.
Menuiserie	Les portes et bâtis sont en bois à âme alvéolaire ferrées avec butées de porte, pré-peintes blanches.
Plafonds	Les faux plafonds suspendus sont en dalles acoustiques 60x60 sur rails, de type hygiène selon localisation (voir fiches espace) ou, ils accueillent tous les équipements d'éclairage ou de CVC.

LOT SOLS:

Dallage

Les sols sont idéalement en béton finition quartzé ou ciré teinté haute résistance, niveau fini 1 cm sous les seuils permettant l'ajout d'un revêtement par le preneur ou laissé tel quel. Les plinthes carrelées sont posées.



Le tapis de sol mince est posé à même la dalle quartzée.

Les siphons de sol implantés selon les fiches espace avec pointe de diamant, l'étanchéité sous dalle est obtenue par la mise en œuvre d'une sous couche liquide.

La résistance des sols est de 1 tonne au m²; des renforts peuvent être mis en œuvre selon les fiches espace.



Faïence

Faïence 20x20 sur 2 m de hauteur dans le local poubelle et le sanitaire.

LOT PEINTURE:

Peinture

Les peintures sont réalisés dans les règles de l'art sur tous les supports tels que: les métaux préparés anti rouille et passivé, les menuiseries, les canalisations métalliques et PVC, les enduits et plaques de plâtre. À l'intérieur la peinture est une sous couche d'après blanche anti poussière permettant la mise en couleur par le preneur.

À l'extérieur il peut s'agir d'une lasure sur béton, ainsi que d'un anti graffiti.

Nettoyage

Ce lot contient la prestation de nettoyage fin avant la remise des clés, il comporte le nettoyage des sols, des appareils sanitaires, robinetteries, cuvettes de WC et débouchage éventuel, appareils électriques, vitrerie, ouvrages en PVC, dépoussiérage des faux plafonds etc.

LOT PLOMBERIE SANITAIRE:

Plomberie	Tous les échantillons seront présentés à la fin du lot gros œuvre et les notices remises à EPARECA (tous lots), l'entreprise fait son affaire des relations nécessaires avec le concessionnaire, tous les appareils sont de qualité « collectif intense », le nombre d'alimentation d'AEP est indiqué dans les fiches espace. Les robinets sont de type presto ou thermostatiques à détection, toute la tuyauterie et robinetterie fait l'objet d'une attestation ACS et d'un PV de nettoyage et désinfection après les essais de mise en pression, les COPREC sont exigés. Le nombre de collecteurs et d'exutoires est défini dans les fiches espace. Les ballons d'ECS sont installés dans le faux plafond des sanitaires, capacité définie dans les fiches espace. Le nombre de siphons de sol est défini dans les fiches espace. Le bac à graisses est à poser dans les locaux destinés aux métiers de bouche (voir les fiches espace).
Sanitaire	Les WC sont aux normes PMR: la cuvette est suspendue sur bâti support équipé d'un abattant double et d'une barre de relèvement handicapés, avec chasse à économie 3/6l.
Local poubelles	Le local poubelle est doté d'un robinet de puisage et d'un siphon de sol.

LOT CHAUFFAGE VENTILATION CLIMATISATION:

Chauffage	Le chauffage est assuré par des PAC réversibles, elles sont raccordées à un tableau de commande et une télécommande est également remise. Un projet de contrat d'entretien sera remis par l'attributaire du lot à EPARECA en vue de la souscription par le futur commerçant, les mises en service, la démonstration de fonctionnement et les notices également.
Ventilation	Les VMC sont auto-réglables, elles ont un rôle hygiénique de renouvellement d'air sanitaire. La ventilation nécessité par l'activité ou le process du preneur reste à sa charge, en revanche les sorties ou gaines techniques sont dimensionnées pour permettre le respect de ce principe.
Climatisation	En dehors du rafraîchissement permis par la PAC, toute autre installation de production de froid, que ce soit pour des raisons de confort ou d'activité professionnelle reste à la charge du preneur. Dans ce cas les sorties en toiture, gaines techniques et pré-équipement sont à prévoir dans l'enveloppe du bâtiment ainsi que toutes les commodités d'entretien du matériel.

LOT ÉLECTRICITÉ:

Courant fort

Le lot électricité a la charge du courant de chantier.

L'éclairage des locaux commerciaux est de 200 lux moyen (soit 5 lumen/m²) par tubes fluo indirect (ou en option par LED).

Les prises de courant sont au nombre de 10 (16A) réparties dans le local.

La puissance est indiquée dans les fiches espace en général tarif bleu (sauf mention contraire), les tableaux électriques disposent de 30 % de réserve, la distribution est posée en faux plafond (dans des chemins de câbles) et sous goulottes de sorte à être modifiable.



Les rideaux d'air chaud (dans le cas des portes coulissantes) seront intégrés dans le faux plafond.

Les comptages sont individualisés et différenciés par type de consommation.

Le Consuel est remis à la réception après essai des installations sur courant de chantier, la souscription de l'abonnement est à la charge du preneur.

Une attente électrique est prévue à l'extérieur pour l'enseigne y compris coffret de coupure pompier.

Les coffrets sont à la charge de ce lot.

Dans le cas d'éclairage extérieur le niveau moyen est de 25 lux, le raccordement se fait sur le compteur « services généraux » positionné dans le local vidéo, celui-ci est commandé par un détecteur ou une horloge, ainsi que l'alimentation du totem.

Courant faible

Les réseaux FT sont amenés sur la réglette DTI 12 plots à proximité des compteurs EDF ainsi que 2 connecteurs RJ 45.

La distribution intérieure supplémentaire est à la charge du preneur, le nombre de paires est indiqué dans les fiches espace, une baie de brassage est posée.

Les éclairages de secours, alarmes techniques et alarmes incendie sont conformes à la législation en vigueur (alarme type IV dans les ERP 5^e catégorie).

Vidéo protection

Un système de vidéo protection couvrant les vitrines et les issues est mis en œuvre après autorisation de la préfecture, les images peuvent être exportées via une « box » internet, le report vers un PC vidéo communal est rendu possible. Le système est constitué du nombre de caméras nécessaire à une couverture correcte avec une bonne résolution des images, le stockage des images sur 30 jours et le téléchargement par les forces de police simple et usuel.

LOT VRD:

VRD

Dans le cas où EPARECA est aménageur des espaces extérieurs, les réseaux sont amenés sur le principe de l'individualisation par local, la distribution se fait en « peigne », les réseaux doivent pouvoir être rétrocedés et idéalement mis en tranchée commune.

Le parvis est en béton désactivé, les places de stationnement en enrobé (écologique si possible), des places sont dédiées aux handicapés, arrêt minute, convoyeurs de fonds et livraisons en tenant compte des rayons de giration. Les flux sont gérés en bonne intelligence avec les autres véhicules, passants et chalands, caddies, poussettes etc. ainsi que les secours.

Les aménagements disposent autant que nécessaire des regards, séparateurs d'hydrocarbures, borne d'incendie, bouche avaloir, mâts d'éclairage public, porte, barrière, borne escamotable, corbeille, marquage au sol et panneau de signalisation etc.

Toutes les circulations sont aux normes d'accessibilité en vigueur, les espaces extérieurs sont minéraux pour éviter l'entretien, le mobilier urbain est composé de poubelles, de dispositifs anti bélier et d'une zone d'apport volontaire des conteneurs poubelles pour le ramassage.



ANNEXE 2

Présentation pédagogique de l'étude d'adaptation au changement climatique de palette végétale et des techniques de plantation, Communauté d'agglomération du Sicoval, 2024



Assistance à maîtrise d'ouvrage Étude d'adaptation au changement climatique de palette végétale et des techniques de plantation

Projet du parc d'activités du Rivel

Restitution du 27 août 2024

Groupement ONF Végétis / Arbre Ville et Paysage / Sol paysage



Le Parc d'activités du Rivel, un quartier durable à Energie positive bas Carbone



Enjeux liés à l'insertion paysagère et à la prise en compte de la biodiversité



Assistance à la maîtrise d'ouvrage

Partie 1 : Rechercher les plantations les plus adaptées au changement climatique en prenant en compte le contexte du projet.

Partie 2 : Réaliser un benchmark de solutions innovantes, applicables au Rivel, de techniques de plantations et d'entretien, ainsi que tout outil d'aides à la décision pour accompagner la collectivité et les porteurs de projet.



Quercus hypoleucoides



Cupressus dupreziana



Abies concolor



Prunus italica



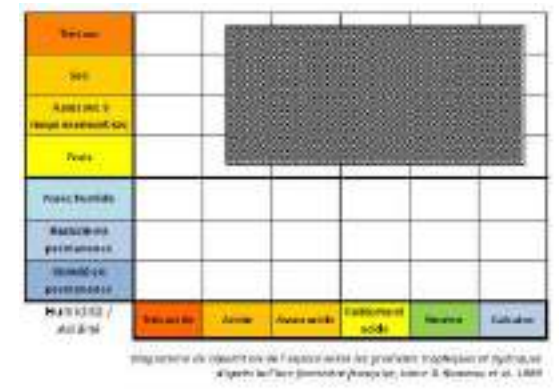
Celtis sinensis

Partie 1 : Rechercher les plantations les plus adaptées au changement climatique en prenant en compte le contexte du projet.

La résilience des plantations dans le contexte du changement climatique repose sur deux principes :

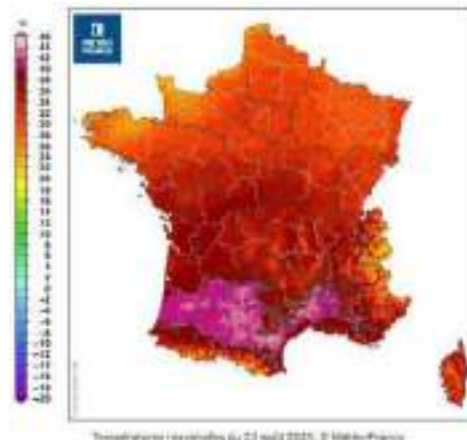
- **Diversifier au maximum les plantations** (la diversification porte sur les genres et les espèces plantées, la forme des plantations, mais également sur la diversité génétique des plantes utilisées).
- **Rechercher l'optimum écologique des plantations** (c'est-à-dire choisir les espèces à planter en fonction des caractéristiques pédoclimatiques du site de plantation : nature des sols et du régime hydrique, exposition et caractéristiques microclimatiques locales).

Le travail réalisé lors de cette première partie a consisté à analyser les caractéristiques pédologiques et climatiques actuelles et tendanciennes du secteur de la ZAC du RIVEL afin de définir une large palette d'essences d'arbres ayant le plus de potentialité de réussite dans ce contexte.



Pour respecter ces principes il est donc nécessaire de procéder en 4 étapes :

1. **Connaître les caractéristiques des sols du secteur du Rivel**, et plus globalement du territoire du SICOVAL
2. **Connaître les caractéristiques climatiques locales actuelles, et analyser les scénarios d'évolution** de ces caractéristiques pour les prochaines décennies.
3. **Établir une palette végétale diversifiée** accompagnée de données autécologiques associées afin de bien connaître les exigences écologiques de chacune de ces espèces, mais également d'un diagnostic de leur potentiel d'adaptation aux impacts du changement climatique.
4. **Définir des itinéraires techniques** indispensables pour fiabiliser la démarche de plantation



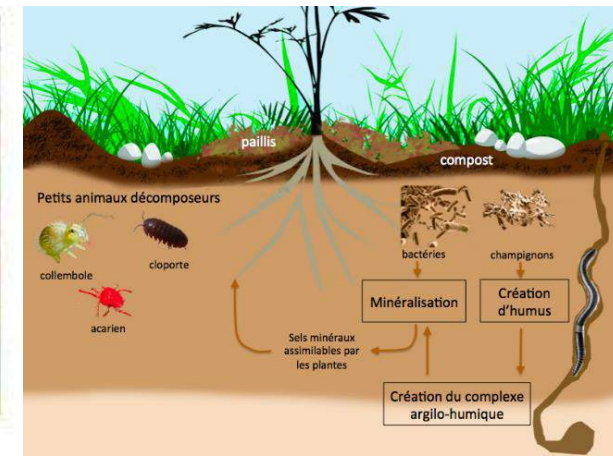
Celtis sinensis



Cupressus dupreziana



Abelia engleriana



1. Définition des caractéristiques pédologique du site d'aménagement, et plus généralement du territoire du SICOVAL

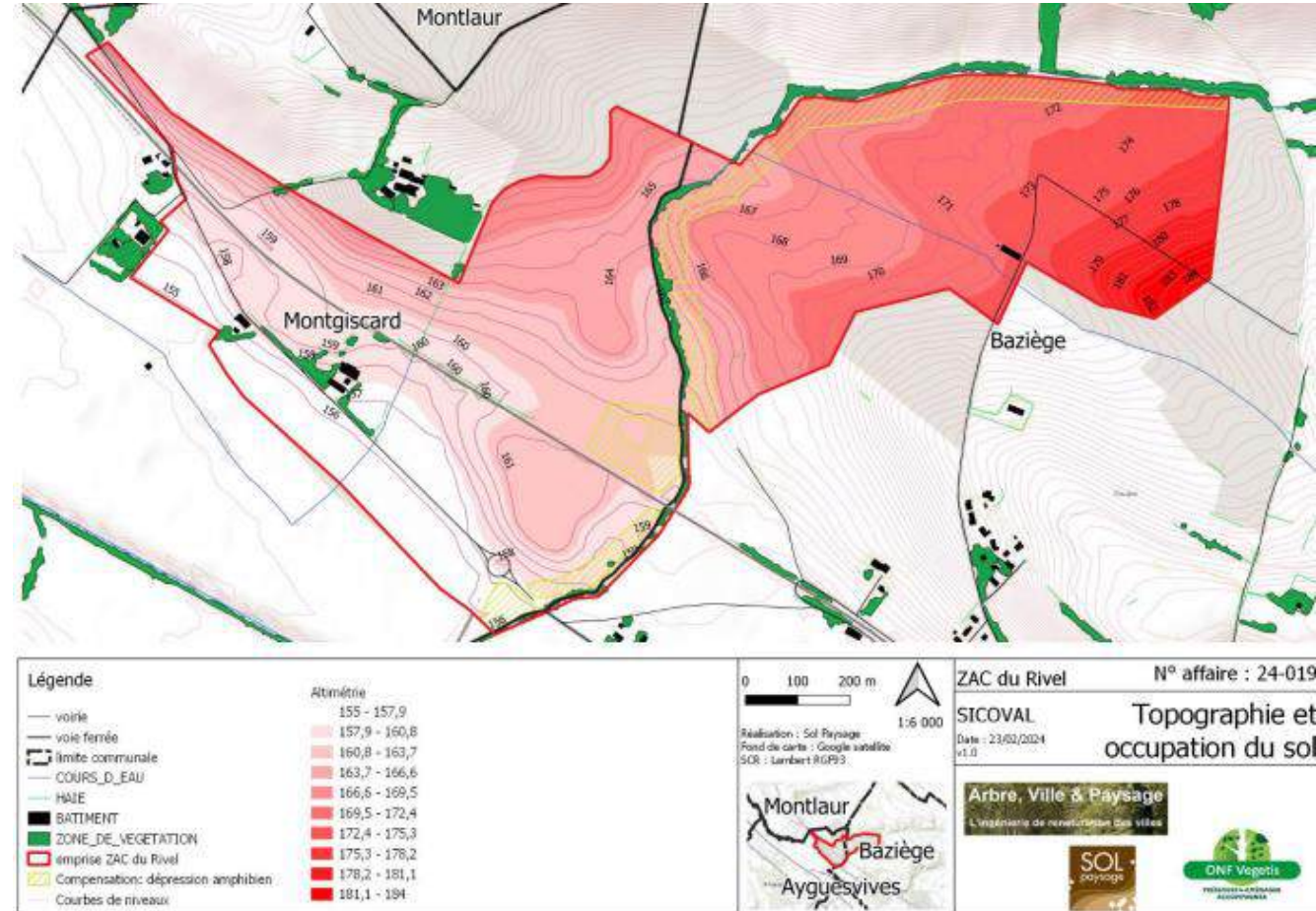


Sol épais lessivés,
hydromorphe
limoneux en
surface et argileux
en profondeur

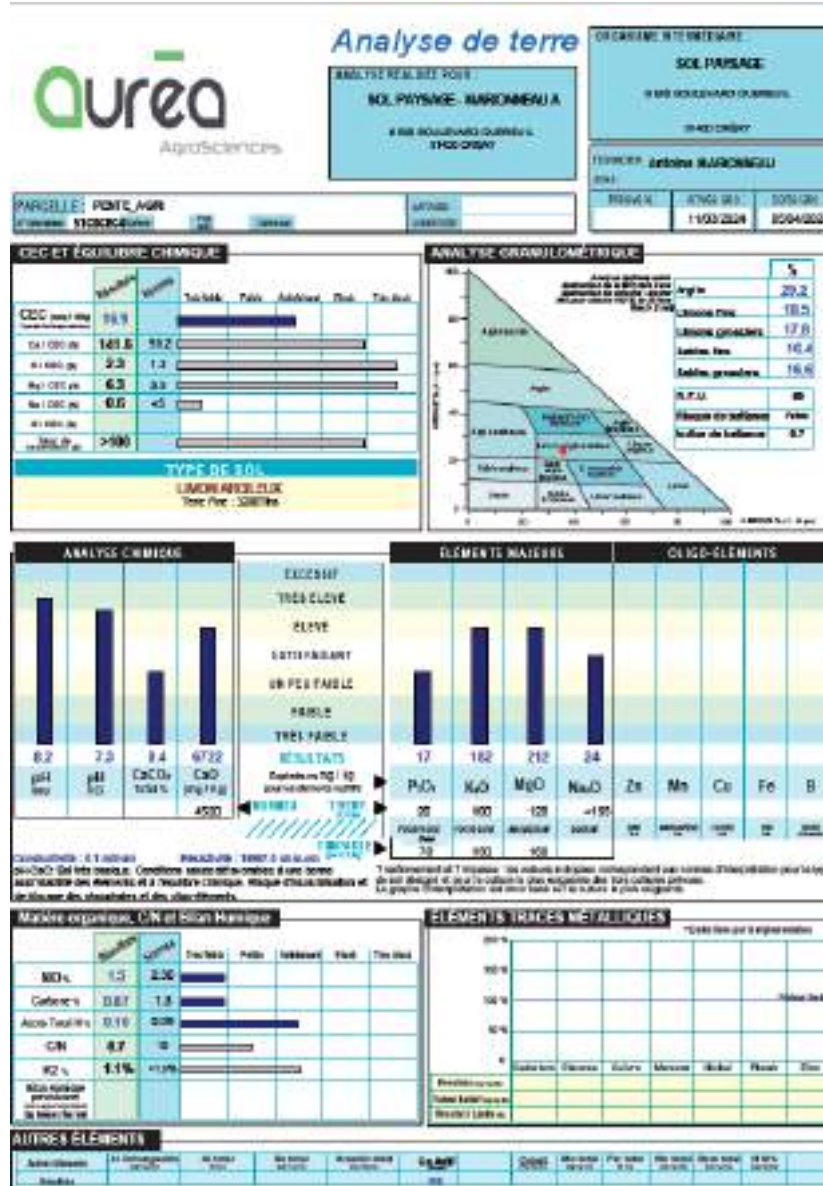
Sol moyennement épais calcaire ou calcique, argileux, à hydromorphie fossile

Sol épais calcaire
limono-sablo-argileux

Sol épais calcaire peu évolué, argileux



1. Définition des caractéristiques pédologique du site d'aménagement, et plus généralement du territoire du SICOVAL



Sur l'ensemble de l'espace de projet, et plus largement sur le territoire du SICOVAL les arbres anciennement présents, y compris en bordure de ruisseaux ou de fossés de drainage, présentent une croissance en hauteur limitée : chênes, cèdres, peupliers noirs ou frênes ne dépassent pas 15 à 20m de hauteur, alors qu'ils pourraient dans des conditions favorables atteindre plus de 30m.

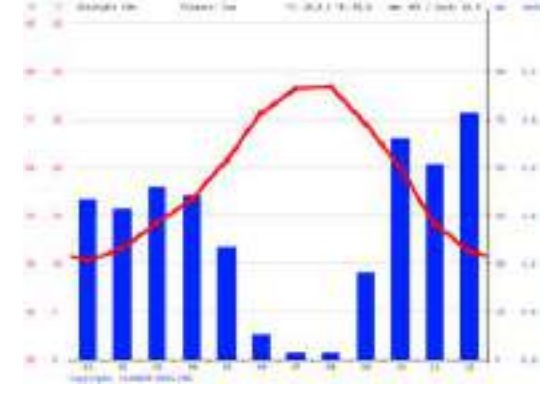
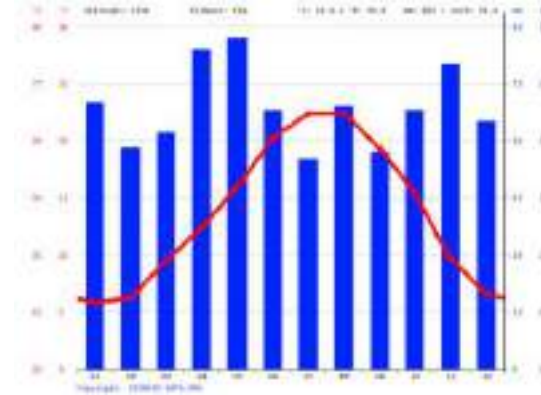
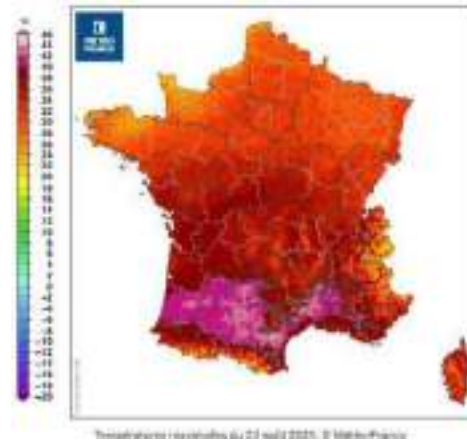
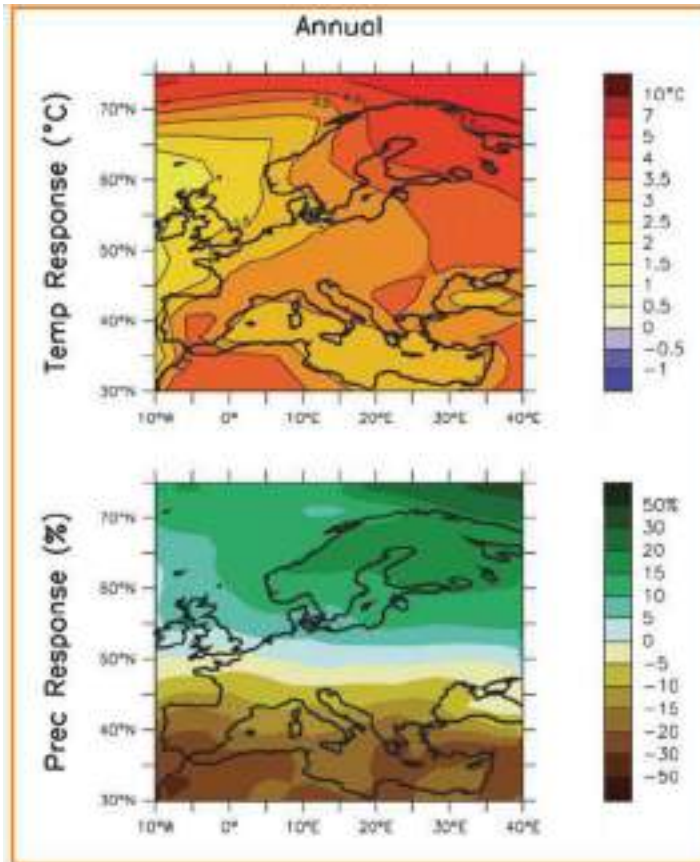
La contrainte hydrique est liée à la faible pluviométrie du secteur, notamment en période estivale. Elle conduit à un assèchement des sols en période de forte demande hydrique des plantes, plus marqué sur les points hauts et les pentes, mais également présent sur les points bas où les ruisseaux sont souvent asséchés en période estivale. Sur les points bas plus argileux, la faible hauteur des arbres peut également être liée à une hydromorphie hivernale des sols qui empêche l'enracinement en profondeur des arbres et les expose donc au problème de sécheresse marqué en été sur les horizons supérieurs du sol

La contrainte éolienne : la plaine du Lauragais est connue pour être un couloir à vents, parfois violents. Les deux vents dominants sont le_Cers venant du nord-ouest et l'Autan, plus violent que le premier, venant du sud-est. Ces vents réguliers et parfois forts contribuent également à limiter la croissance des arbres en dégradant les parties les plus fragiles de la plante comme les jeunes feuilles, les bourgeons et les jeunes rameaux. De plus, le vent, notamment en période estivale sèche, contribue à assécher le sol et à augmenter le déficit hydrique des arbres, limitant également leur développement.



1.2 Les scénarios d'évolution climatique sur le secteur du SICOVAL pour les prochaines décennies

Focus année météorologique Occitanie/PACA 2023 :



Les différents scénarios s'accordent à une augmentation des températures qui va au moins se réaliser jusqu'en 2050 : le scénario (RCP8.5) qui prévoit une augmentation moyenne de 4°C à l'horizon 2071-2100

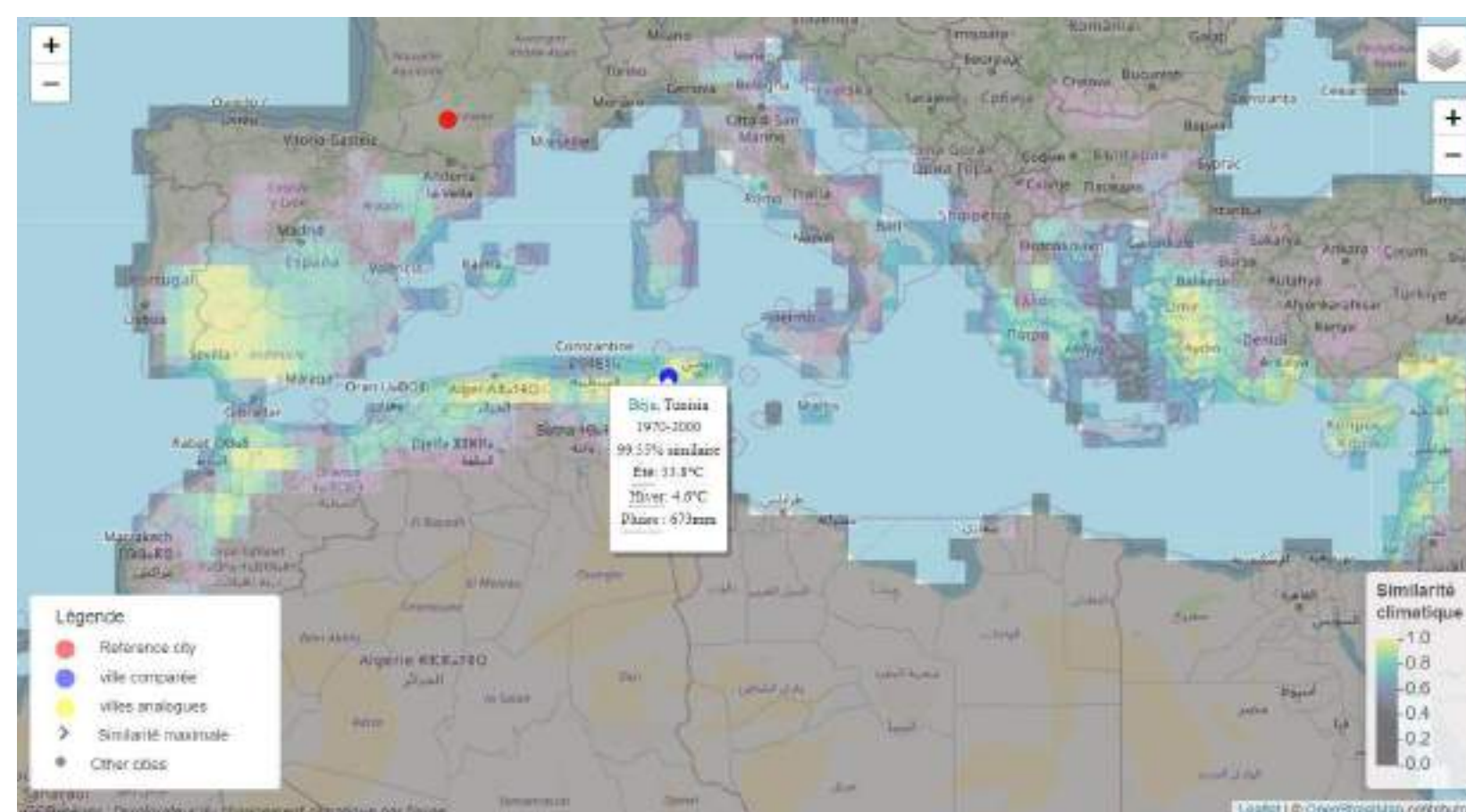
-> correspond au climat méso-méditerranéen observé à Séville.

De ce fait, comme précédemment évoqué, **nous avons orienté l'intérêt de cette étude vers des formations forestières semi-arides d'altitude** qui se caractérisent par :

- des précipitations faibles (mais qui peuvent intervenir durant la saison de végétation),
- des températures estivales élevées,
- une humidité de l'air faible,
- et des rigueurs thermiques nocturnes et hivernales.

<https://ccexplorer.eu/>

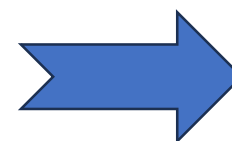
•Le site **Climate Change Explorer**, mis au point par l'INRAE à partir de la compilation de données climatiques mondiales, permet de modéliser les similarité climatique que l'on peut envisager pour les prochaines décennies. Ici une carte pour la période 2060-2080 selon le scénario climatique tendanciel. Sont analysées les températures minimum et maximum ainsi que les précipitations annuelle. On voit que la région toulousaine aura un climat actuellement situé dans le sud méditerranéen (Andalousie, Magreb, Moyen Orient...).



3. Proposition d'une palette végétale adaptée au contexte pédoclimatique actuel et aux impacts du changement climatique.

Classe de potentiel de l'essence	NOM EN LATIN	Nom vernaculaire	Hauteur	Dimension du houppie	Port	Période de floraison	Période de fructification	Intérêt mellifère	Approvisionnement	Potentiel invasif
3	<i>Abies cephalonica</i>	Sapin de Grèce	H>20 m	6 m	Conique	Juin	Automne	Aucun intérêt mellifère	Difficile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Abies pinsapo</i>	Sapin d'Espagne	H>20 m	6 m	Élancé	Juin	Printemps	Aucun intérêt mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Acer buergerianum</i>	Erable de Buerger	8 à 15 m	6 à 9 m	Globuleux	Mai à Juin	Automne	Mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
2	<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre	10<H<15 m	5 à 15 m	Ovoïde	Avril à Mai	Août à Septembre	Très mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Acer cappadocicum</i>	Erable de Cappadoce	15<H<20 m	6 à 9 m	Ovoïde	Mai à Juin		Mellifère	Difficile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Acer monspessulanum</i>	Erable de Montpellier	10<H<15 m	4 à 9 m	Ovoïde	Avril à Mai	Automne	Mellifère	Assez facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Acer opalus</i>	Erable à feuilles d'obier	H<10 m	5 à 10 m	Ovoïde	Avril	/	Mellifère	Difficile	Aucun potentiel invasif
1	<i>Acer platanoides</i>	Erable plane	H>20 m	15 à 20 m	Ovoïde	Avril à Mai	Juin	Très mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Acer x zoeschense</i>	Erable hybride campestre x cappadocicum	H<10 m	H<10 m	Globuleux	Mai	Automne	Mellifère	Difficile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Alnus cordata</i>	Aulne à feuilles en cœur	15<H<20 m	5 à 8 m	Conique	Février	Septembre	/	Facile	Aucun potentiel invasif
1	<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux	H>20 m	8 à 12 m	Conique	Mars à Avril	Septembre	Très mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Alnus x spathulifolia</i>	Aulne de Späth	15<H<20 m	7 à 8 m	Conique	Janvier à Février	Septembre		Difficile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Amelanchier ovalis</i>	Amelanchier à feuilles ovales	H<10 m	2 à 4 m	Globuleux	Avril à Mai	Juillet à Août	Très mellifère	Assez facile	Aucun potentiel invasif
4	<i>Arbutus andrachne</i>	Arbousier de Chypre	H<10 m	5 m	Étalé	Janvier à Mars	Automne	Mellifère	Assez facile	Aucun potentiel invasif
4	<i>Arbutus x andrachnoides</i>	Arbousier de Crète	H<10 m	5 m	Globuleux	Janvier à Mars	Automne	Mellifère	Assez facile	Aucun potentiel invasif
1	<i>Betula pendula</i>	Bouleau verruqueux	10<H<15 m	7 à 12 m	Élancé	Avril à Mai	/	Aucun intérêt mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Broussonetia papyrifera</i>	Mûrier à papier	10<H<15 m	6 m	Ovoïde	Mai	Août	Mellifère	Difficile	Aucun potentiel invasif
2	<i>Calocedrus decurrens</i>	Calocèdre panaché	H>20 m	8 à 10 m	Élancé	Avril	Septembre	Aucun intérêt mellifère	Facile	Aucun potentiel invasif
1	<i>Carpinus betulus</i>	Chêne commun	H>20 m	6 à 8 m	Conique à Ovoïde	Avril à Mai	Septembre	/	Facile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Carpinus orientalis</i>	Chêne d'Orient	H<10 m	H<10 m	Globuleux	Avril	Automne	Aucun intérêt mellifère	Difficile	Aucun potentiel invasif
3	<i>Carya cordiformis</i>	Carya amer	H>20 m	H<10 m	Ovoïde	Mai	Automne	Mellifère	Assez facile	Aucun potentiel invasif

Suite aux résultats de l'analyse agropédologique du site et plus globalement du territoire du SICOVAL, et en tenant compte des éléments de modélisation climatique, nous avons pu proposer une palette végétale comprenant **110 d'espèces d'arbres**.



Réparties selon 4 Classes de potentiel d'adaptation de l'essence aux enjeux de changement climatique

Le tableau est ensuite décliné en fiche technique détaillant les caractéristiques et exigences de chaque espèce



Classe de potentiel : 4

Nom Latin : *Arbutus andrachne*
Nom Français : Arbousier de Chypre
Famille : Ericacees

Hauteur âge adulte : H<10 m
Dimension du houppier : 5 m
Type de port naturel : étalé

Période de floraison : Janvier à Mars
Période de fructification : Automne
Intérêt mellifère : Mellifère



Approvisionnement : Assez facile
Potentiel invasif : Aucun potentiel invasif identifié à ce jour
Gradient pH : Calcaricole
Gradient hydrique : Xérophile
Type de feuille : Simple
Qualité ombrage : Dense
Persistance des feuilles : Persistant
Caractéristiques gênantes toxicité : Non comestible



Régulation de la qualité de l'air : NC
Maintien de la biodiversité : NC
Stockage de carbone : NC
Rafraîchissement du climat urbain : NC
Réduction du ruissellement : NC
Limiter l'érosion et fixer les sols : NC
Contribuer à la tram verte et bleue : NC
Paysage et cadre de vie : NC
Alimentations des êtres humains : NC





Classe de potentiel : 4

Nom Latin : *Arbutus x andrachnoides*
Nom Français : Arbousier de Crête
Famille : Ericacees

Hauteur âge adulte : H<10 m
Dimension du houppier : 5 m
Type de port naturel : Globuleux

Période de floraison : Janvier à Mars
Période de fructification : Automne
Intérêt mellifère : Mellifère



Approvisionnement : Assez facile
Potentiel invasif : Aucun potentiel invasif identifié à ce jour
Gradient pH : Indifférente
Gradient hydrique : Xérophile
Type de feuille : Simple
Qualité ombrage : Dense
Persistance des feuilles : Persistant
Caractéristiques gênantes toxicité : Non comestible



Régulation de la qualité de l'air : NC
Maintien de la biodiversité : NC
Stockage de carbone : NC
Rafraîchissement du climat urbain : NC
Réduction du ruissellement : NC
Limiter l'érosion et fixer les sols : NC
Contribuer à la tram verte et bleue : NC
Paysage et cadre de vie : NC
Alimentations des êtres humains : NC

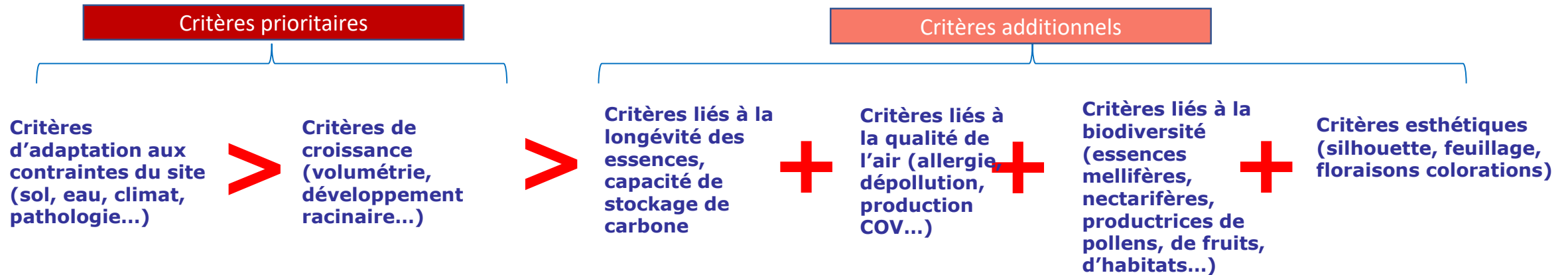


Les 4 classes de « potentiel d'adaptation de l'essence aux enjeux de changement climatique »

- CLASSE 1 : Les essences inadaptées à court ou moyen terme** : ces essences sont déjà assez affectées actuellement par les conséquences du changement climatique, les modélisations bioclimatiques confirment l'accroissement de leur inadaptation au fil du temps. **Leur utilisation est donc à éviter au maximum.** Ex : bouleau verruqueux ou érable sycomore
- CLASSE 2 : Les essences faiblement adaptées** : ces essences qui actuellement se comportent plutôt bien, vont être de plus en plus affectées par les conséquences du changement climatique. Les modélisations prévoient une évolution régressive de ces espèces à long terme. Ces essences sont donc à utiliser avec modération en respectant l'ensemble de leurs exigences écologiques. **Sur les sites où ces exigences ne seront pas satisfaites, il vaudra mieux éviter de les planter**
- CLASSE 3 : Les essences à fort potentiel d'adaptation dont la plantation doit être encouragée** : ces essences d'avenir ont été déjà testées dans de nombreuses plantations urbaines ou périurbaines en France des dernières décennies, elles devraient bien supporter les conséquences du changement climatique.
- CLASSE 4 : Les essences potentielles à tester** : ces essences ne sont pas aujourd'hui plantées, ou très rarement, et il n'existe donc pas suffisamment de données pour réaliser des modélisations. Néanmoins leurs origines et les observations de développement dans des collections botaniques et des arboretums en France et dans le Monde, laissent penser qu'elles peuvent potentiellement être bien adaptées au climat de demain. Ces essences sont donc à tester davantage dans les programmes de plantations.

Définir et hiérarchiser les critères de choix des essences

« Le bon arbre au bon endroit »

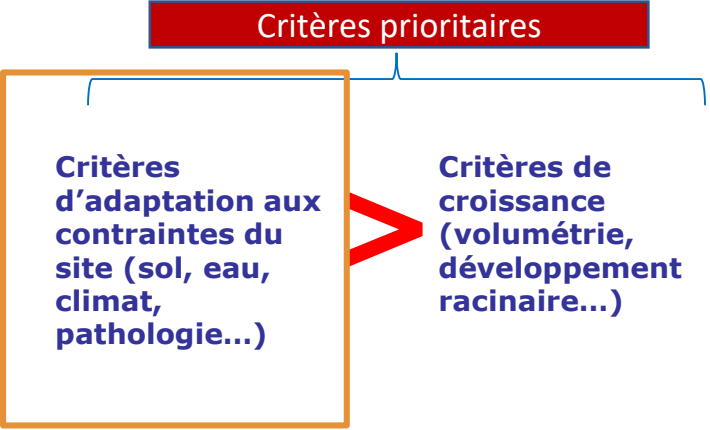


Le choix du bon arbre au bon endroit n'est pas une science exacte et l'on peut poser de nombreuses exigences différentes sur les propriétés de l'essence ou sur les services que l'on attend d'elle. Néanmoins parmi ces différents critères, deux sont jugés prioritaires : tout d'abord le critère d'adaptation de l'essence au caractère du site de plantation, en effet si l'arbre ne pousse pas il ne rendra aucun des autres services attendus. Ensuite le critère de développement, afin d'optimiser le volume de l'arbre par rapport à l'espace disponible.

Une fois que ces exigences prioritaires sont satisfaites, il est possible de finaliser le choix des essences en se basant sur une autre exigence, la longévité de l'espèce, ou sa capacité à stocker du carbone, son potentiel pour la qualité de l'air ou pour la biodiversité, ou encore des critères esthétiques comme la floraison ou les couleurs d'automne.

Définir et hiérarchiser les critères de choix des essences

« Le bon arbre au bon endroit »



Le critère prépondérant est celui de la capacité d'adaptation de l'essence au site de plantation. Pour cela, il faut avoir un diagnostic précis de chaque site de plantation (nature du sol, disponibilité en eau, exposition au vent et au soleil...) et confronter ces caractéristiques aux exigences écologiques de l'essence envisagée pour voir s'il y a une bonne correspondance.

Les critères du site, que l'on appelle souvent les critères stationnels, peuvent être utilisés dans le tableau des essences pour réaliser des tris à partir d'un ou de plusieurs critères.

Les exigences écologiques des essences, que l'on appelle les données autécologiques de l'espèce, sont à rechercher dans les fiches essences. Ces données peuvent être complétées par des recherches sur le site développé par Plante et Cité en libre accès, et qui compile les connaissances actuelles sur les exigences de milliers d'espèces végétales :



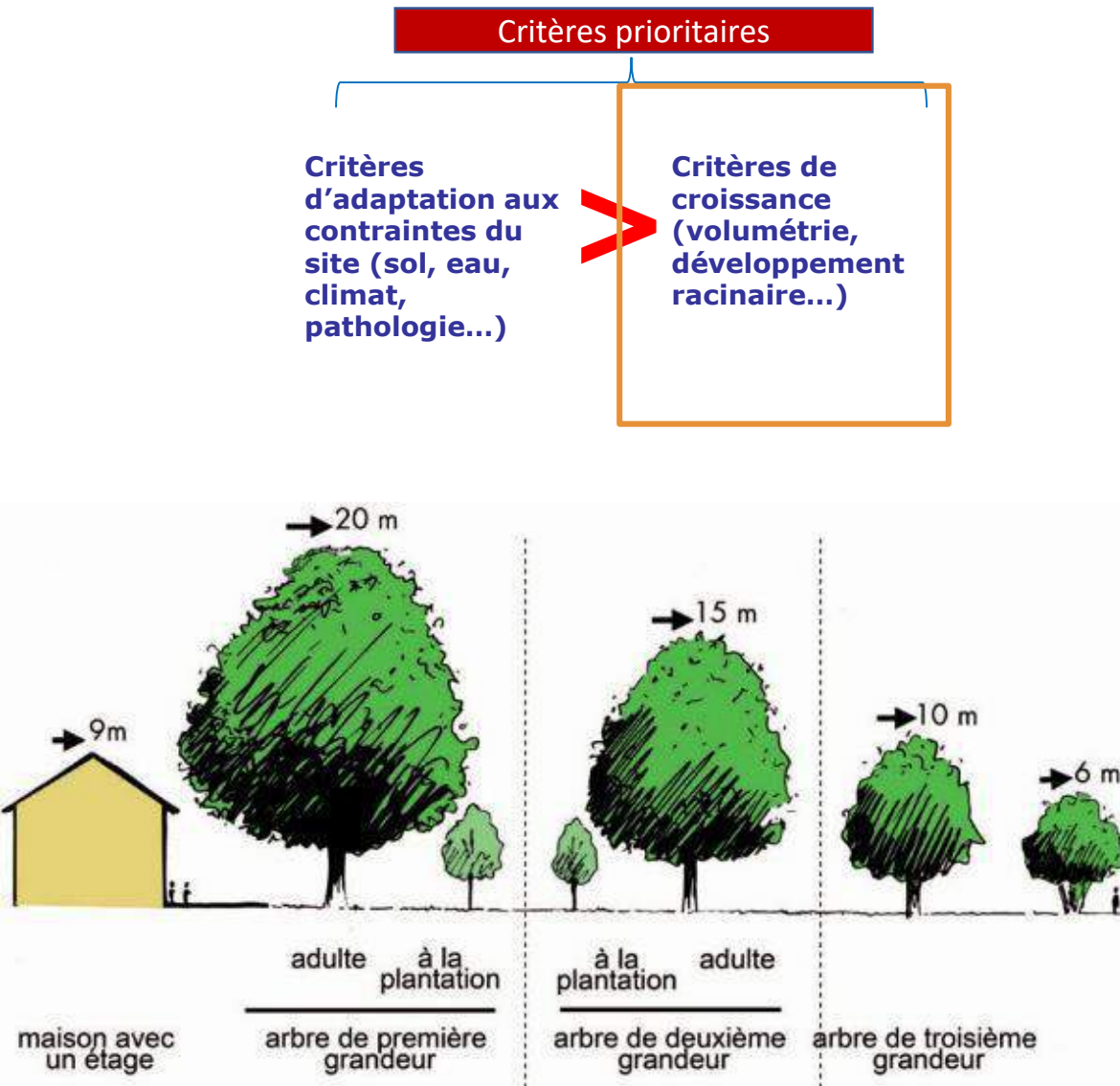
FLORISCOPE

<https://www.floriscopes.io/>

Exigences bioclimatiques du Tilleul à petites feuilles						
Besoin en chaleur	Sensibilité					
	froid	gelées tardives	gelées précoces	Neige collante	vent	sécheresse
Moyenne	Très faible	Moyenne	Faible	Faible	Faible	Moyenne
Textures de sol favorables au développement du tilleul à petites feuilles						
	très sableuse S	grossière SA, LS, SL	limoneuse LmS, LM, LI, LIS	intermédiaire LAS, LSA, LA, AL	argileuse A, AS	très argileuse Alo
	défavorable	tolérée	favorable	favorable	favorable	tolérée
Besoins et sensibilité du tilleul à petite feuilles pour l'eau et les nutriments						
		Besoins en eau	Sensibilité engorgement temporaire	Besoin en nutriments (Ca, Mg, K)	Besoins en Azote et Phosphore	Sensibilité au calcaire actif
		Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Faible

Définir et hiérarchiser les critères de choix des essences

« Le bon arbre au bon endroit »



Le second critère prépondérant est celui de la volumétrie potentielle de l'espèce. Cela concerne à la fois la hauteur de l'arbre, mais aussi la largeur que peut prendre sa couronne. Il existe en effet plusieurs formes d'arbres avec des couronnes très étroites ou au contraire très larges.

La volumétrie de l'essence est importante à considérer, car si elle est trop petite pour l'espace disponible on minimisera les services potentiels rendus par l'arbre, si elle est trop grande on risque de générer des nuisances qui entraîneront des besoins de taille récurrentes, coûteuses et néfastes à la santé de l'arbre. Il faut néanmoins noter que ces tailles adultes sont indicatives, car elles dépendent beaucoup des conditions de fertilité du site de plantation.

La connaissance du potentiel de développement racinaire peut-être à prendre en compte si des infrastructures ou des réseaux sont à proximité.



Questions à se poser pour évaluer les caractéristiques du site de plantation :

- **Le sol :**

- ✓ A-t-on une bonne connaissance du sol naturel, du sol encaissant et des terres rapportées ?
- ✓ Quel est le pH du sol (acide, neutre ou basique), y a-t-il présence de calcaire actif ?
- ✓ La terre est-elle favorable à une bonne vie biologique du sol ?
- ✓ Le volume de sol prospectable par les racines est-il compatible avec l'essence envisagée ?

- **L'eau**

- ✓ La texture du sol offre-t-elle des bonnes capacités de rétention en eau ? (mesure de la RFU)
- ✓ Quelles sont les données de pluviométrie annuelle du site de plantation.
- ✓ Quel volume de pluie va être récupéré par l'arbre (impluvium réduit, impluvium normal, plusieurs fois son impluvium)
- ✓ Y a-t-il des végétaux concurrents pour l'eau au pied des arbres ?

- **Le climat**

- ✓ Quels sont les données climatiques actuelles du site de plantation ? (mini, maxi, gelées tardives...)
- ✓ Quelle est l'évolution envisagée du climat dans la région ?
- ✓ L'arbre a-t-il une exposition dégagée au sud-ouest ? (risque d'échaudure)

Exigences autécologiques des essences envisagées

Questions à se poser pour évaluer les caractéristiques du site de plantation :

- **Pathologies**

- ✓ Quelles sont les principales pathologies des arbres présente dans la région ?
- ✓ Quelles sont les maladies émergentes ?

- **Espace disponible :**

- ✓ L'espace souterrain est il contraint, très contraint ou pas contraint (volume de sol, présence de réseaux...)
- ✓ L'espace aérien disponible est-il :
 - Important (>10m) : possibilité d'arbre de 1^{ère} grandeur à port large
 - Moyen (entre 6 et 10m) : possibilité d'arbres de 1^{ère} grandeur étroits ou d'arbres de 2^{ème} grandeur
 - Limité (entre 4 et 6m) : possibilité d'arbres de 2^{ème} grandeur étroits ou d'arbres de 3^{ème} grandeur
 - Faible (< 4m) : possibilité d'avoir des arbres de 3^{ème} grandeur étroits, ou 4^{ème} grandeur.

Optimisation de l'ombrage produit et de la gestion ultérieure

1.4 Proposition méthodologique pour améliorer les conditions de plantation et optimiser la résilience des végétaux.

Des pistes d'amélioration ont été proposées dans le document de synthèse et porte sur les points suivants :

- 1. la préparation des sols de plantation,*
- 2. lien avec la gestion alternative de l'eau pluviale,*
- 3. tailles optimales des végétaux,*
- 4. conditions de plantations,*
- 5. suivi et travaux de finalisation,*
- 6. orientation de gestion à moyen et long terme dans une optique de rationalisation des dépenses d'entretien.*
- 7. Stratégie d'approvisionnement en végétaux*

Partie 2 : Réaliser un benchmark de solutions innovantes, applicables au Rivel, de techniques de plantations et d'entretien, ainsi que tout outil d'aides à la décision pour accompagner la collectivité et les porteurs de projet.

1. Analyse bibliographique de synthèse des connaissances théoriques existantes sur les principales contribution du végétal à la production de services écosystémiques
1. Benchmark et recherche de projets inspirants selon trois entrées thématiques majeures :
 - *L'entrée sol* : comment la connaissance des sols, leur gestion pendant le projet et leur amélioration peut optimiser les services écosystémiques
 - *L'entrée eau* : comment la gestion de l'eau comme ressource peut générer des plus-values en termes de services écosystémiques.
 - *La stratégie végétale* : que le choix des dynamiques végétales, des associations de palettes végétales peut optimiser la performance de ces services rendus.

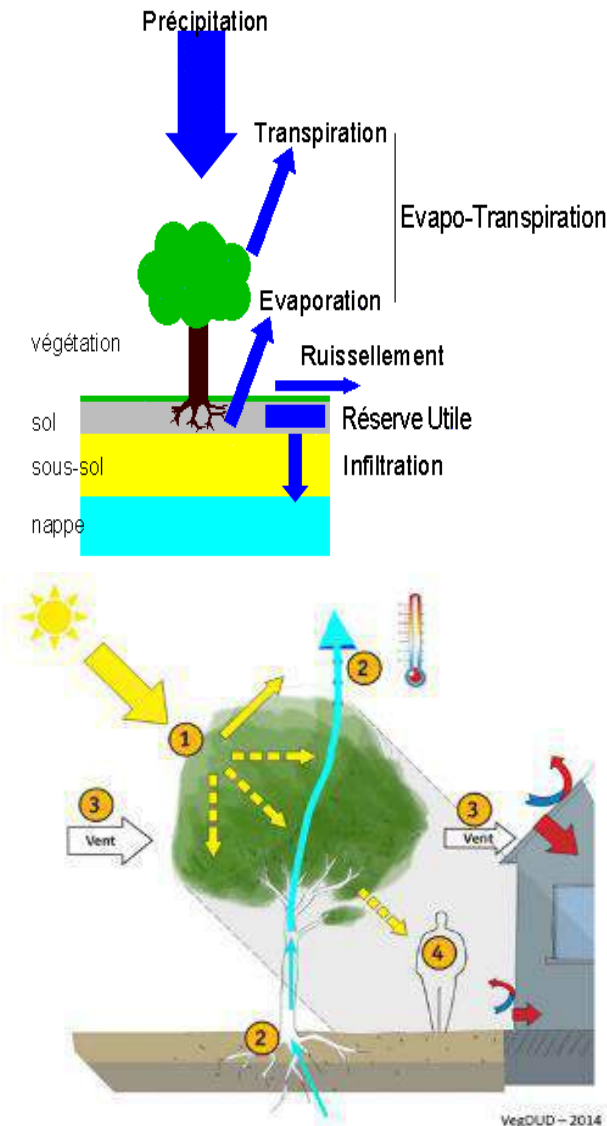
Analyse bibliographique de synthèse des connaissances théoriques existantes sur les principales contribution du végétal à la production de services écosystémiques

Le projet de paysage de la ZAC du Rivel cherche à maximiser un certain nombre de services écosystémiques rendus par les sols et la végétation de l'opération

- La filtration de l'air et de l'eau,
- La réduction d'apports en eau,
- La fertilisation des sols,
- Le rafraîchissement du climat urbain,
- La réduction du ruissellement,
- La limitation de l'érosion et la fixation des sols,
- Le stockage de carbone

L'analyse réalisée vise donc à présenter des éléments de compréhension des différentes Solutions Fondées sur la Nature envisageables permettant de produire ces différents services. Il s'agit donc :

- De présenter les principales caractéristiques de ces services
- D'analyser la pertinence de la recherche de ces objectifs pour le secteur du Rivel
- De définir les modalités d'actions à intégrer au projet



Service : La filtration de l'air et de l'eau

Principales caractéristiques de ces services : les plantes et les arbres en particulier assurent des fonctions dépolluantes qui concernent autant l'air, l'eau que le sol. En ce qui concerne l'air, à côté des services positifs de dépollution (absorption et métabolisation de polluants gazeux, fixation de particules fines...) les plantes produisent aussi des disservices négatifs (production de pollen parfois allergisant, production de COV...). Le bilan sur la qualité de l'air est néanmoins globalement positif. En ce qui concerne l'eau; les plantes peuvent grâce à leurs capacité de phytoépuration améliorer la qualité de l'eau notamment en dégradant les matières organiques. La phytoremédiation porte sur la capacité des végétaux d'agir sur la pollution du sol. Cela concerne toute une série d'actions (stabilisation, dégradation, extraction...) qui portent sur de nombreux polluants (hydrocarbures, métaux lourds...). Néanmoins ces services se peuvent s'envisager que sur le temps long.

La pertinence pour le secteur du Rivel : le site ne présente pas une exposition marquée aux polluants, que ce soit au niveau de l'air, de l'eau ou des sols. La trame paysagère du projet contribuera néanmoins positivement sur l'ensemble de ces questions : filtration des particules fines produite par la circulation automobile, amélioration de la qualité de l'eau pluviale de la ZAC.

Les modalités d'action à intégrer au projet : éviter les essences fortement allergènes et diversifier au maximum la palette végétale, chercher la capacité de dépollution de l'eau par la végétation pour la gestion des eaux des voiries et espaces artificialisés.

Sources de polluants

Anthropiques :

Circulation des véhicules

Chauffage

Industrie

Agriculture (engrais, pesticides)

Naturelles :

Erosion des sols

Volcanisme

Principaux polluants

Ozone O3

Particules en suspensions

(PM2,5, PM10)

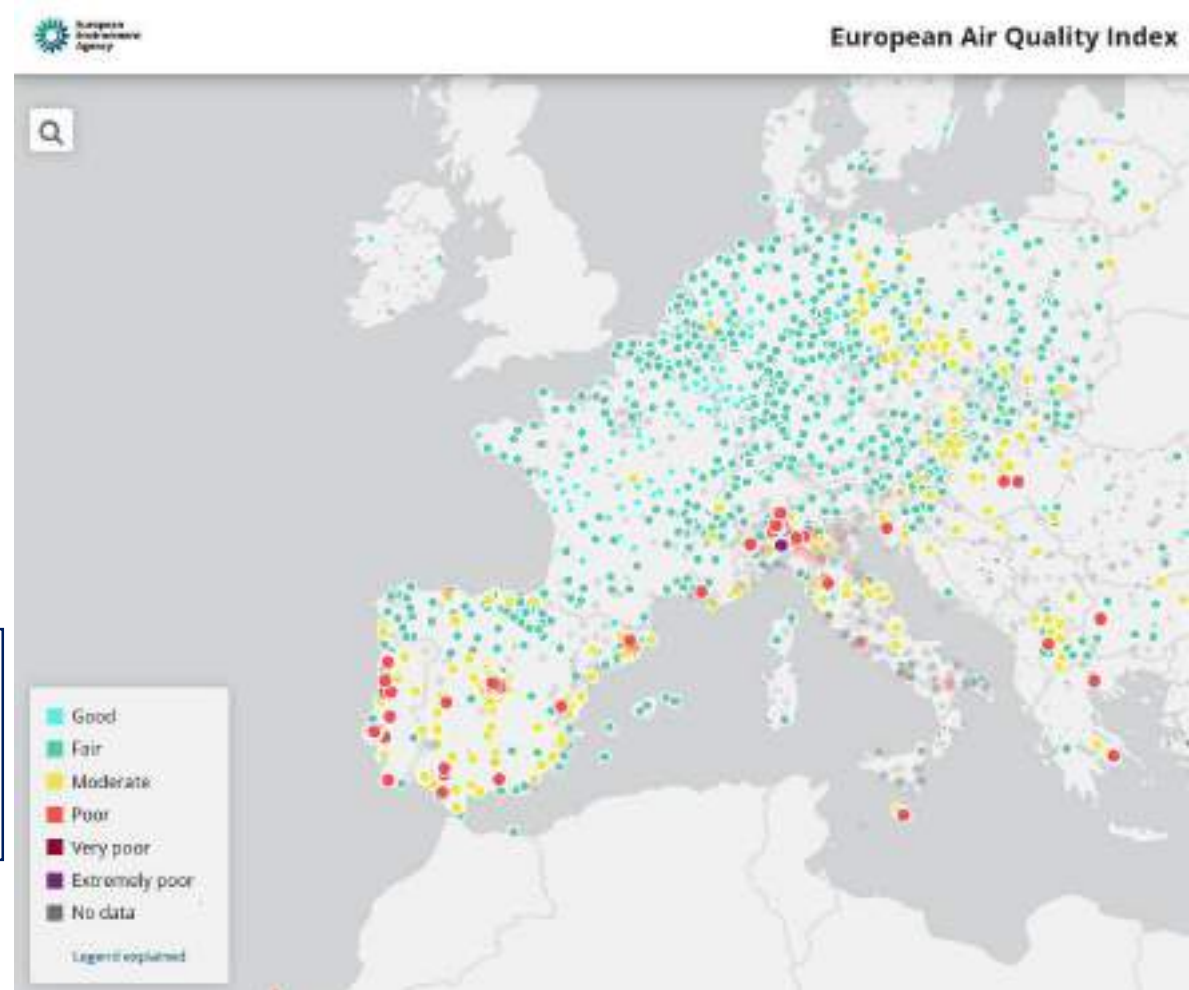
Oxyde d'azote (Nox)

Poussières désertiques

Dioxyde de Souffre (SO2)

L'European Environment Agency produit également un suivi en temps réel les données des stations de contrôle de la qualité de l'air.

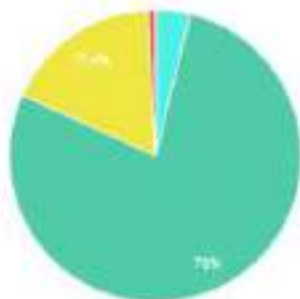
<https://airindex.eea.europa.eu/AQI/index.html>



SICOVAL (FR12041)

Air Quality Index: Moderate (due to O3)
Date: 2024-07-23 15:00 UTC+2
Country: France
Location: MONTGISCARD
Classification: Background
Area: Suburban

Accumulated past 365 days



General population

Enjoy your usual outdoor activities.

Sensitive population

Consider reducing intense outdoor activities, if you experience symptoms.

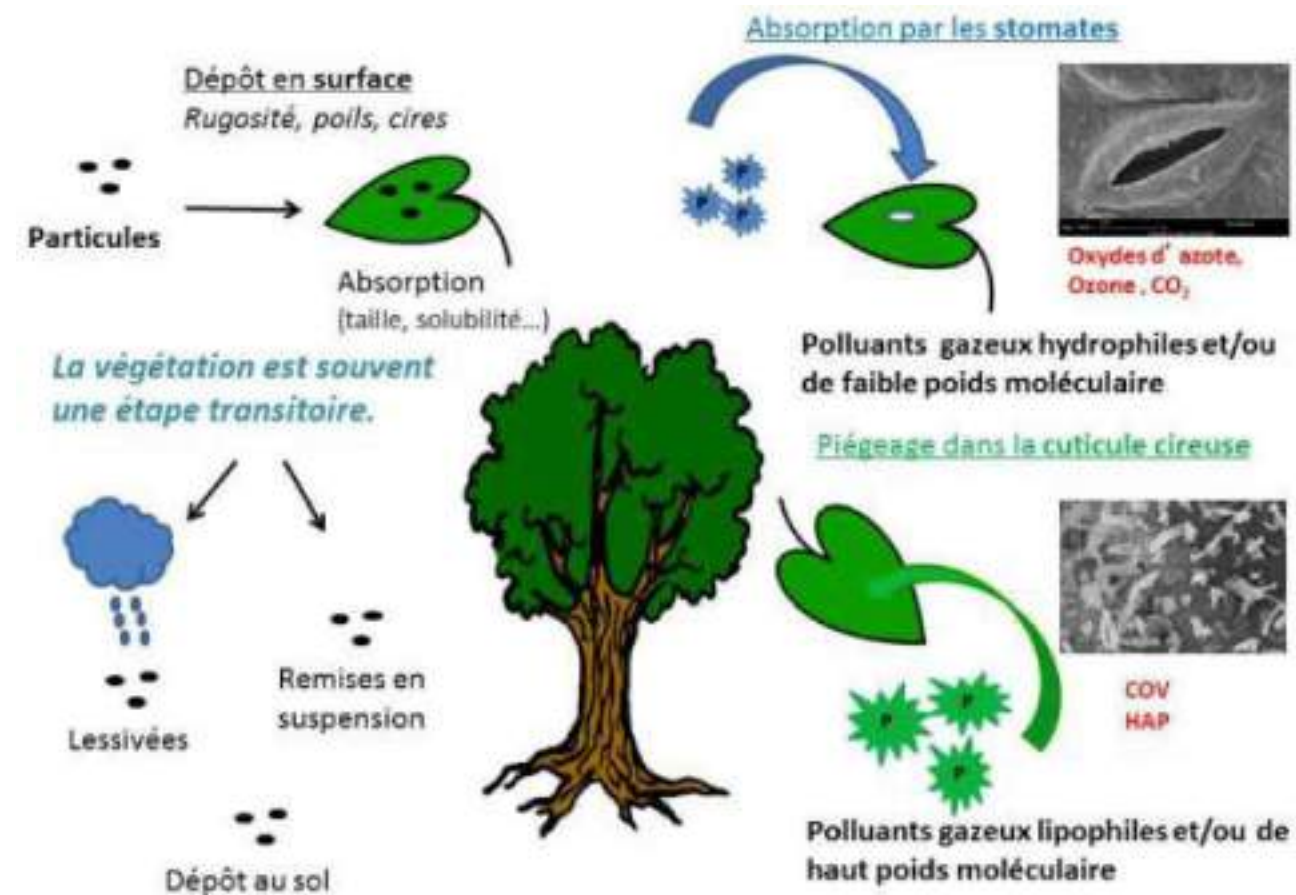
Global

O3

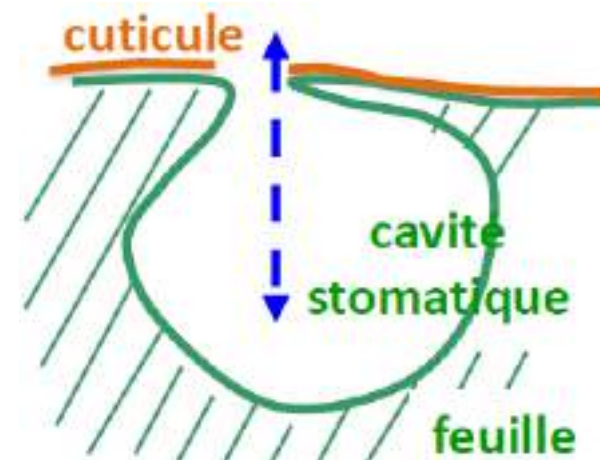


Good Fair Moderate Poor Very poor Extremely poor

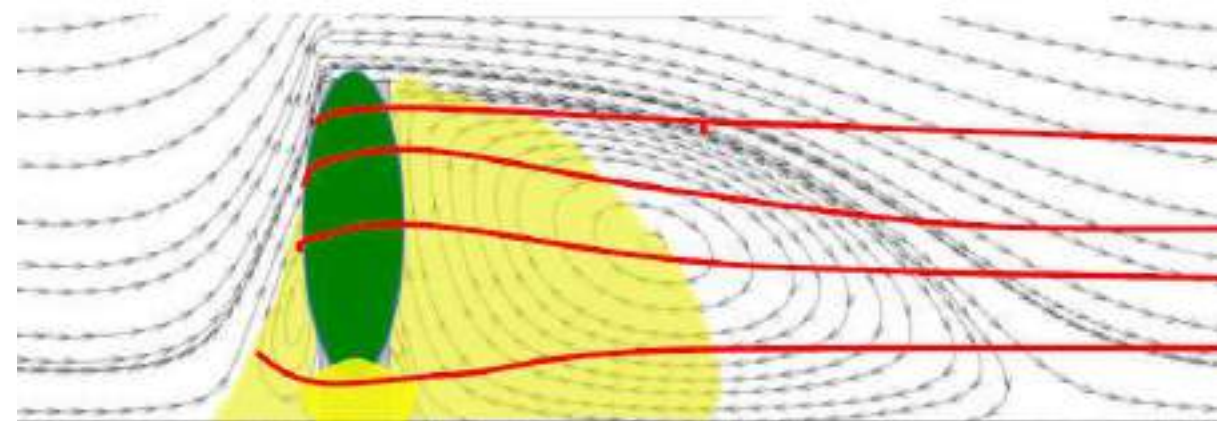
Différentes capacités de dépollution de l'air par les arbres.



Zoom sur un stomate foliaire lieux d'absorption et de métabolisation de polluants gazeux, et sur la cuticule cireuse située sur les faces des feuilles et capable de piéger certains polluants (COV, HAP).



Rôle de filtre à particule de la canopée



Etude Nowak et al. (2006) portant sur les fonctions de dépollution de l'air par les arbres urbains dans 55 villes américaine. On mesure des réductions de pollution :

- Localement jusqu'à 16% pour O₃ et SO₂, 9% pour le NO₂
- En général (valeurs horaires) de l'ordre de 1 à 4% des polluants.

Les disservices des plantes : production de pollens

ARBRES	Potentiel	ARBRES	Potentiel
Cyprés	5	Olivier	3
Bouleau	5	Tilleul	3
Aulne	4	Peuplier	2
Frêne	4	Mûrier	2
Chêne	4	Hêtre	2
Noisetier	3	Châtaignier	2
Saule	3	Orme	1
Charme	3	Pin	0
Platane	3		

R _{A₁₀}	0	1	2	3	4	5
	Nul	Très faible	Faible	Moyen	Élevé	Très élevé

Herbacées	Potentiel
Graminées	5
Ambroisie	5
Pariétaire	4
Armoise	4
Plantain	3
Chénopode	3
Oseille	2
Ortie	1



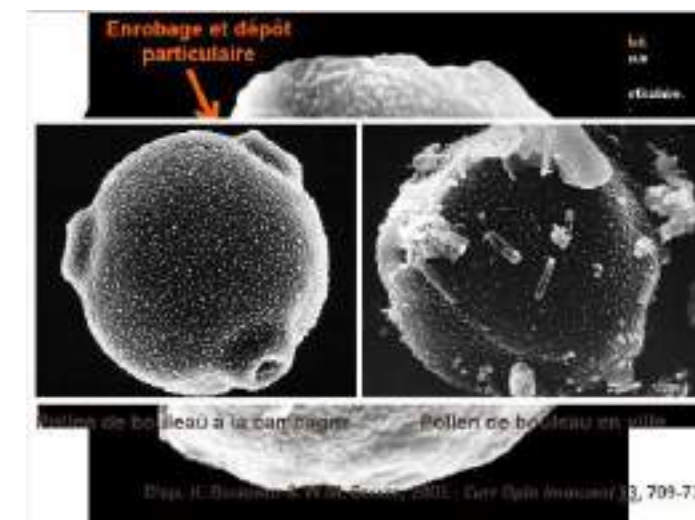
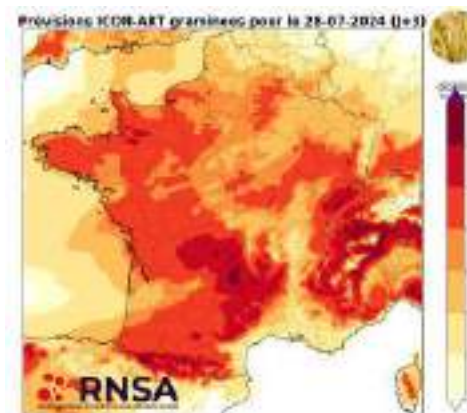
Les polluants (NO₂, O₃, PM₁₀ et PM_{2.5}) agissent:

- En fragilisant l'appareil respiratoire
- Sur les aéroallergènes contenus dans les grains de pollen
- Sur la structure des grains de pollen
- Sur l'allergénicité des grains de pollen

<https://pollens.fr/>



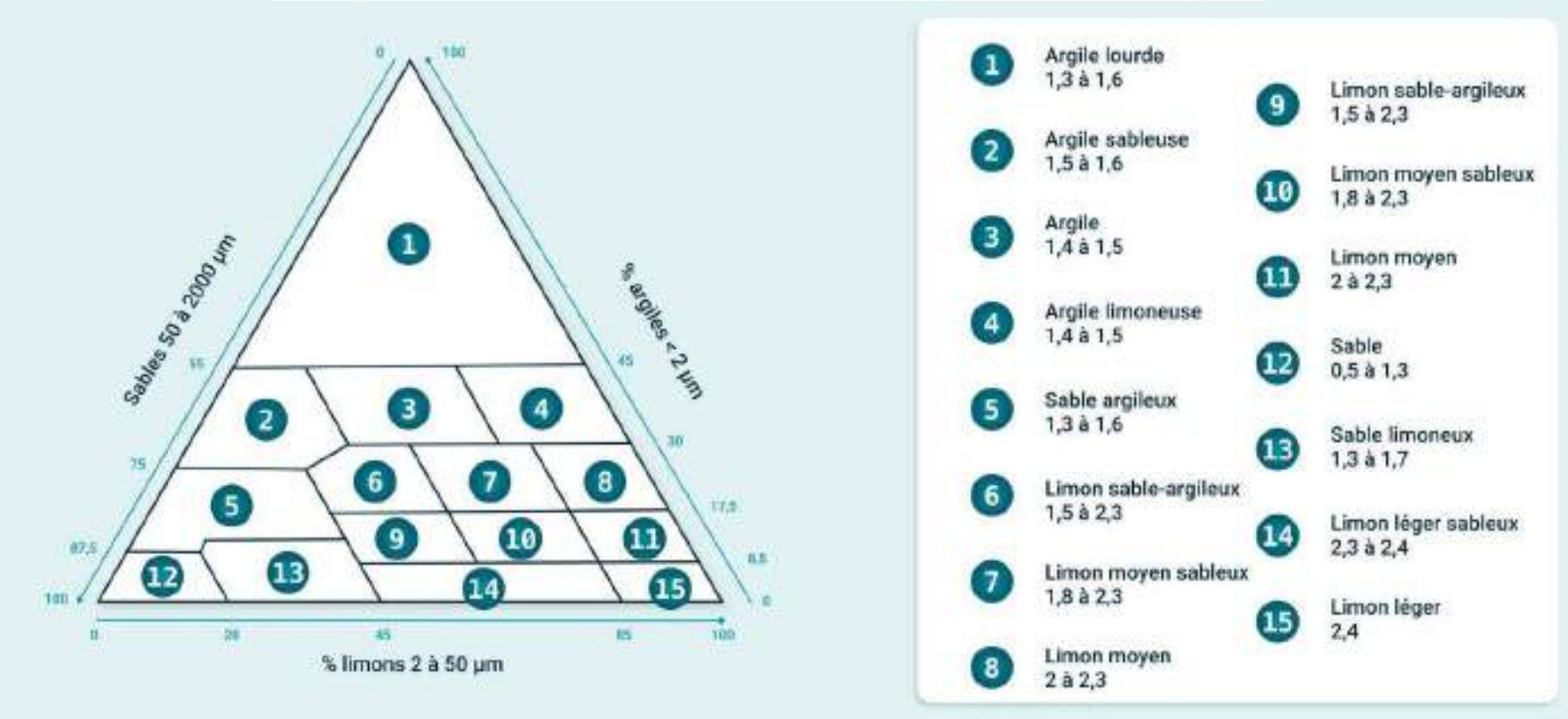
Le RNSA assure en France un suivi des pollen dans l'air sur une trentaine d'essences et produit des alertes, des cartes de situation et des prévisions.



La réduction d'apports en eau

Le **Réservoir en Eau Utilisable d'un sol (RU)**, souvent appelé « **Réserve Utile** », représente la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et restituer aux racines pour la vie végétale. La valeur du RU dépend de plusieurs caractéristiques du sol : - la **texture de la terre fine** : le RU d'un horizon de sol argileux est de l'ordre de 1,7 mm/cm de sol, celui d'un horizon de sol argilo-limoneux de l'ordre de 2 mm/cm de sol et celui d'un sol sableux de l'ordre de 0,7 mm/cm de sol ; - la **teneur en éléments grossiers** : le RU dépend à la fois de la quantité et de la nature des éléments grossiers, par exemple, des silex retiennent de l'ordre de 2% d'eau, tandis que des calcaires peuvent en retenir plus de 30 ; - la **profondeur du sol** : le RU est une grandeur intégrée sur l'épaisseur de sol, qui diffère grandement selon ce paramètre.

Schéma : Estimation de la réserve utile d'un sol en fonction de sa texture.
Ce triangle indique les valeurs de RU en mm/cm d'épaisseur pour différentes classes de texture.
Les chiffres sont issus de travaux de l'INRAE et d'ARVALIS – Institut du Végétal.



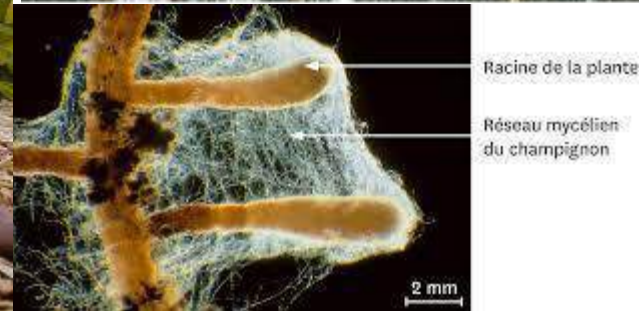
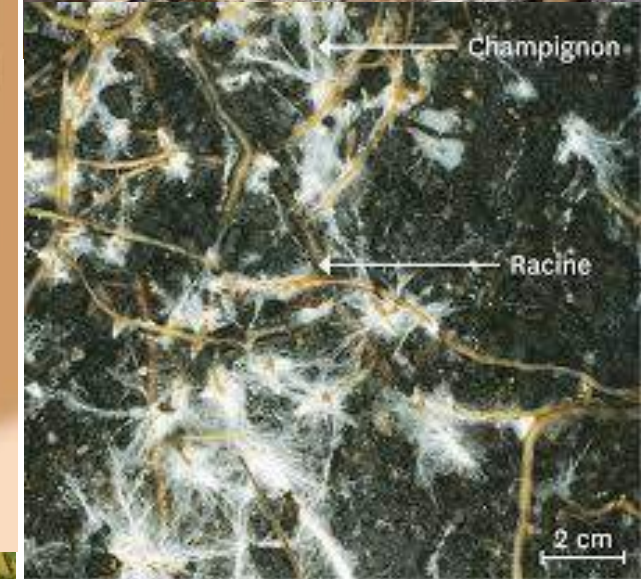
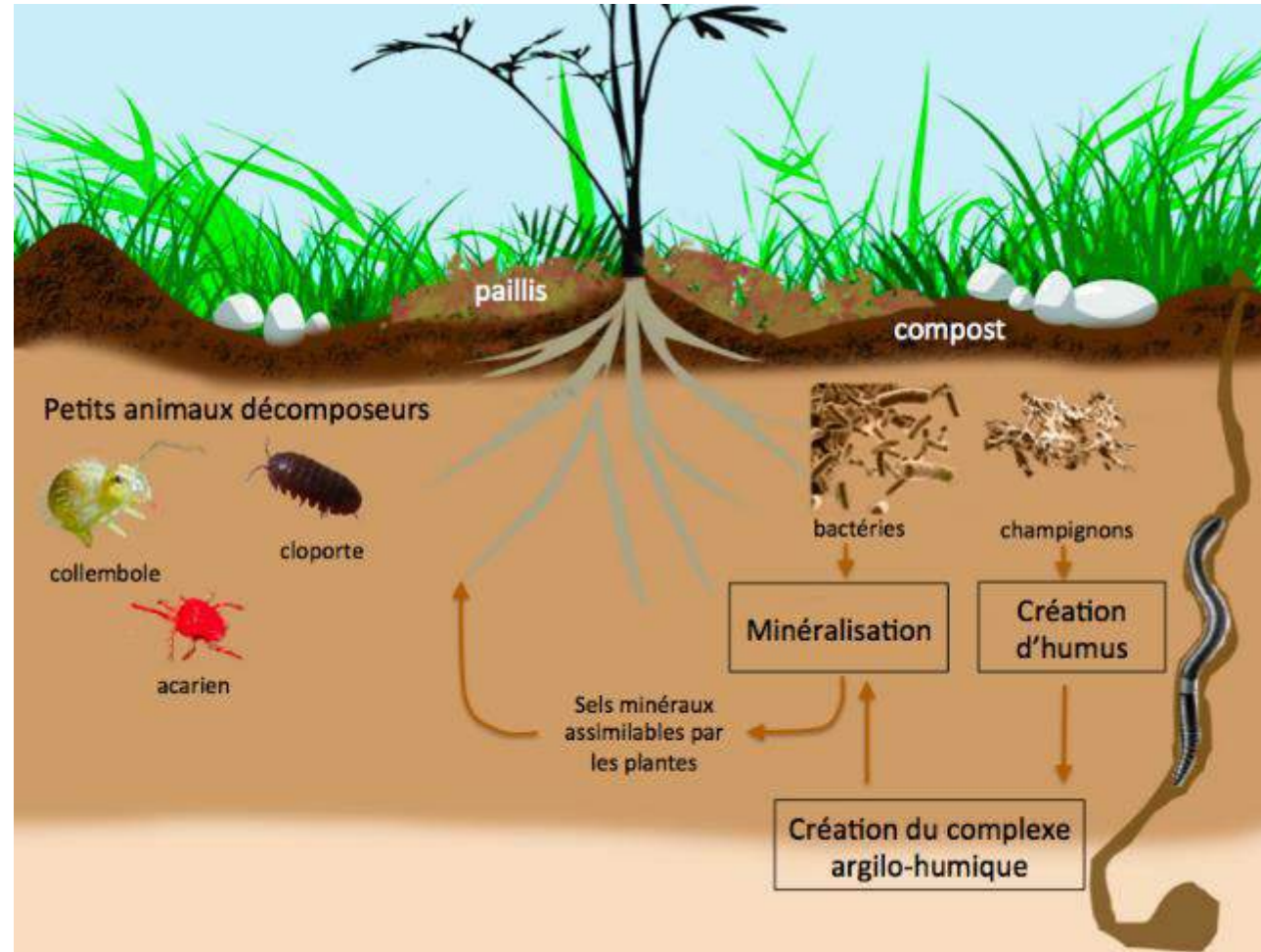
L'étude des sols réalisée sur le secteur de la ZAC du RIVEL caractérise des sols à dominante limoneuse (limon-argilo-sableux) et assez profonds (>1m d'épaisseur de sol). Ces deux caractéristiques sont très favorable à la rétention en eau. Néanmoins, ces sols longtemps utilisé par l'agriculture en sont relativement marqué aujourd'hui : très faible taux de matière organique, très faible vie biologique, sol tassé, notamment à la hauteur de la "semelle de labour". Un travail autour de ces axes d'amélioration peut permettre d'optimiser les qualité intrinsèques des matériaux pour la rétention en eau.

Favoriser la vie biologique du sol : un sol vivant pour des plantes résilientes

Les organismes vivant dans le sol contribuent à sa structuration. Cela contribue à augmenter la porosité du sol et donc sa capacité d'infiltration mais également de rétention d'eau.

De plus les végétaux vivent en symbiose avec des champignons microscopiques formant des mycorhizes. Cette symbiose permet à la plante de profiter du réseau de filaments du champignon pour démultiplier son alimentation en eau.

Entretien et favoriser la vie biologique des sols permet donc d'améliorer le lien entre les plantes et l'eau. L'apport de matière organique (composr



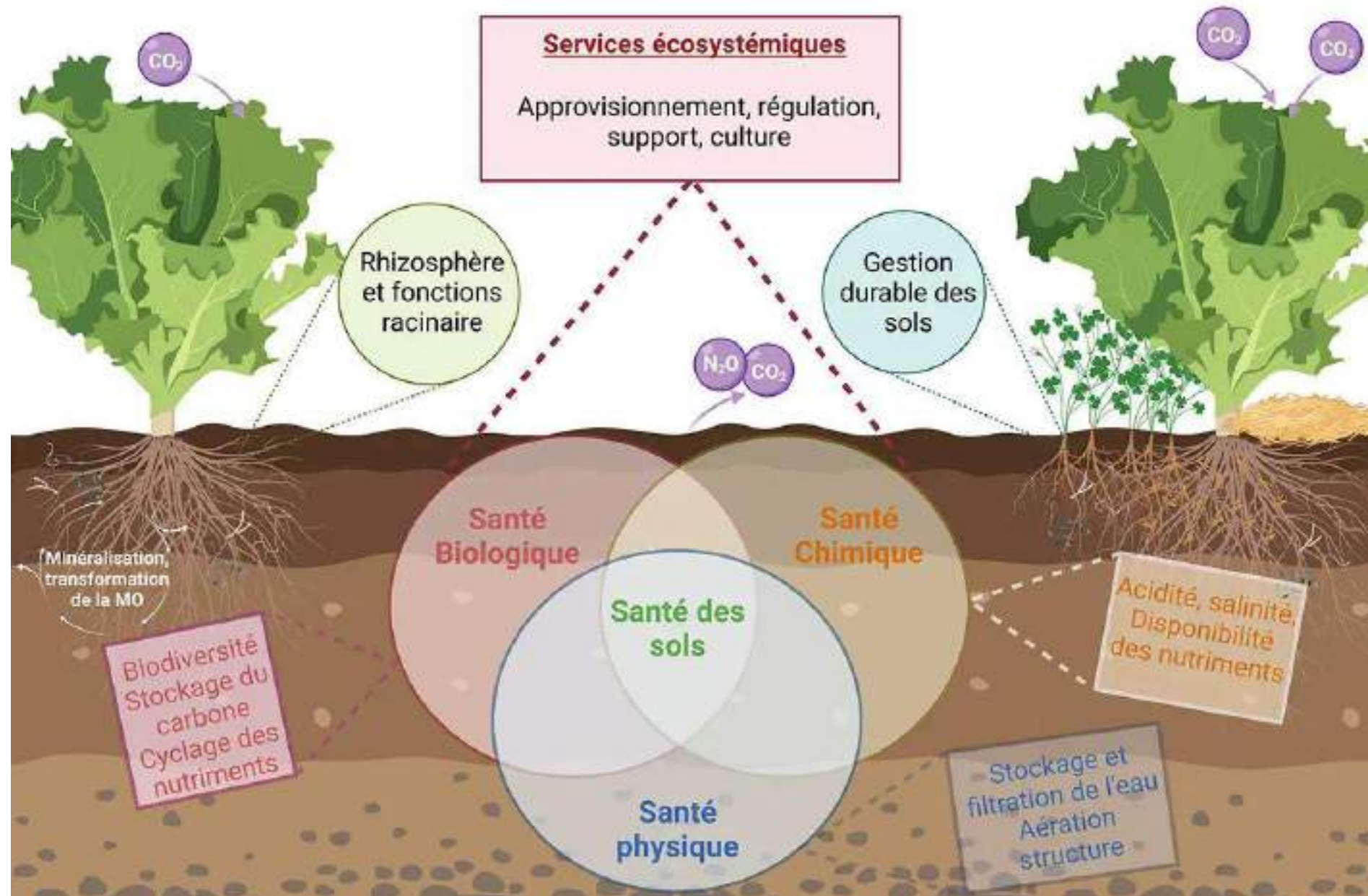
La fertilisation des sols

Le développement racinaire, la litière végétale et l'activité biologique associée au végétal contribuent à la formation et à la préservation d'un sol fertile, riche en matière organique et en éléments nutritifs.

L'application de compost, de paillages ou d'engrais verts permet d'entretenir la fertilité des sols urbains et de favoriser la croissance saine des plantations.

Une bonne fertilité des sols se traduit par une meilleure vigueur, une productivité accrue et une meilleure résistance aux stress des végétaux urbains.

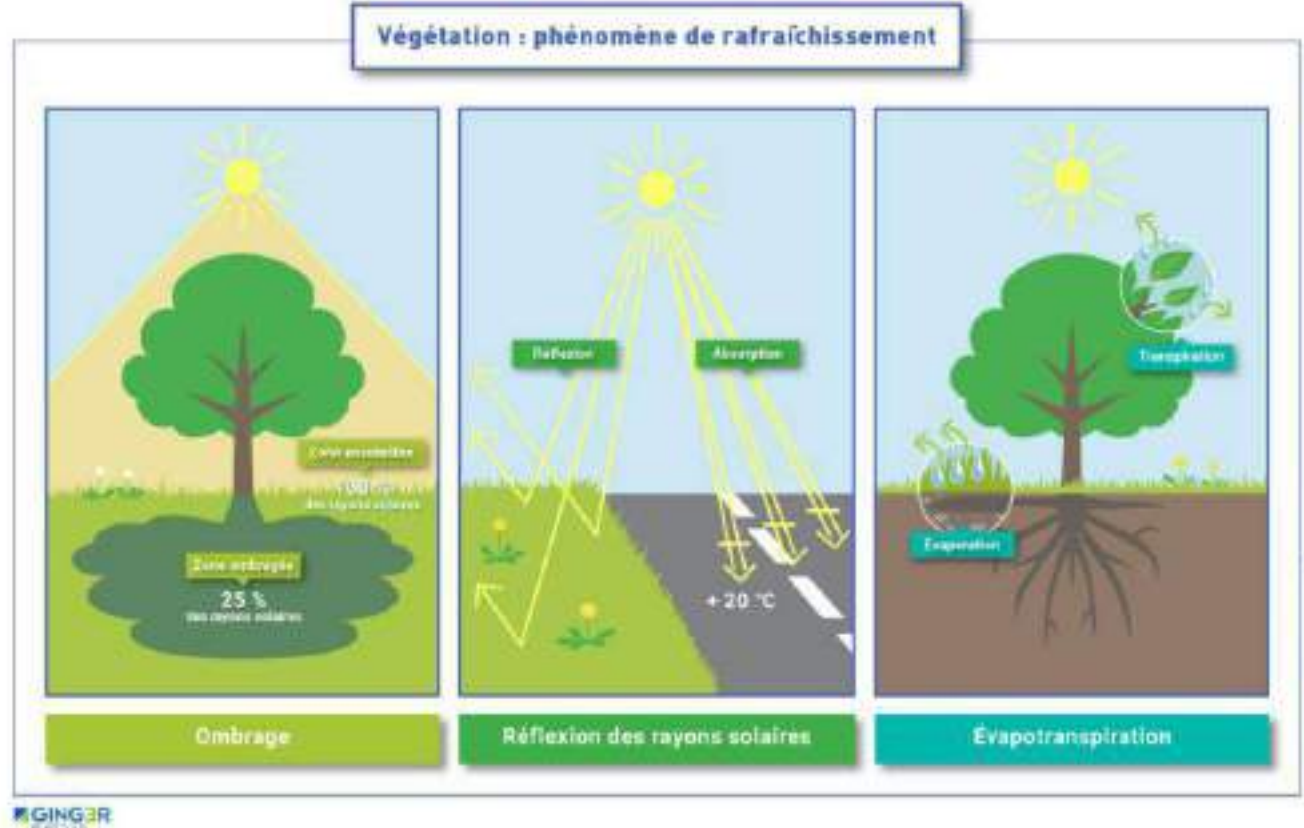
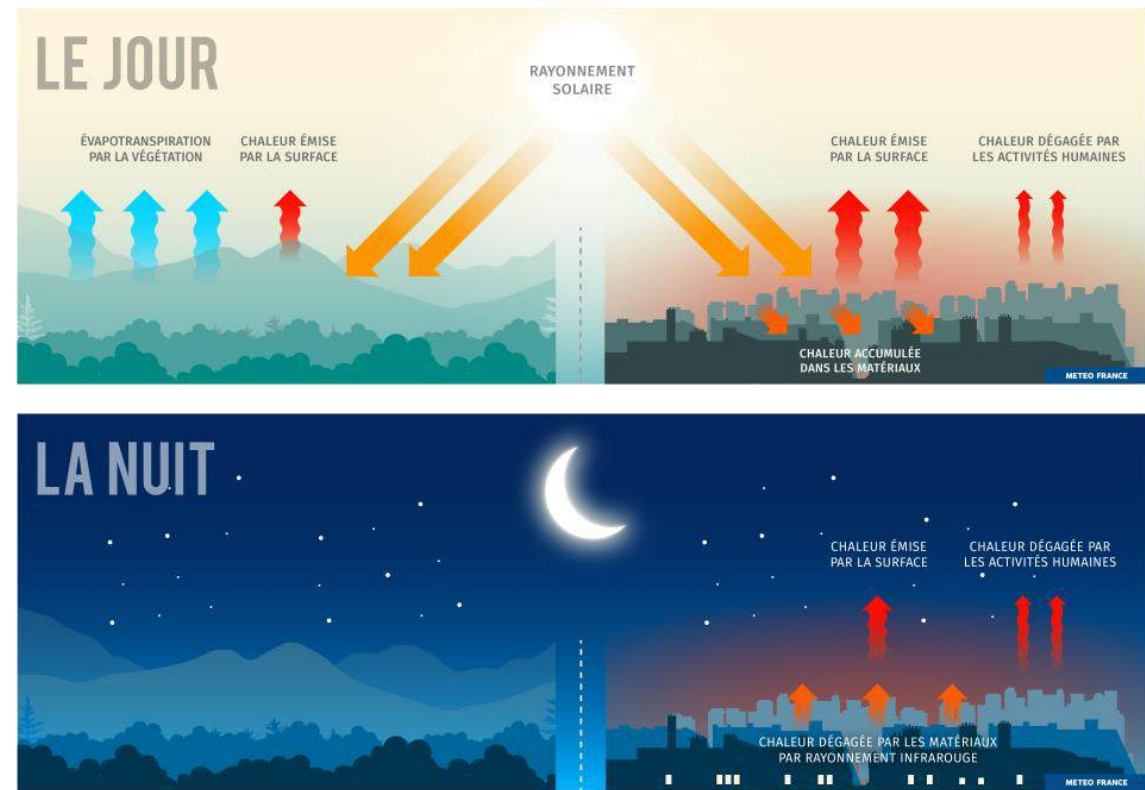
La préservation de la fertilité des sols contribue également à la séquestration du carbone, à la régulation des cycles de l'eau et à la biodiversité des écosystèmes urbains.



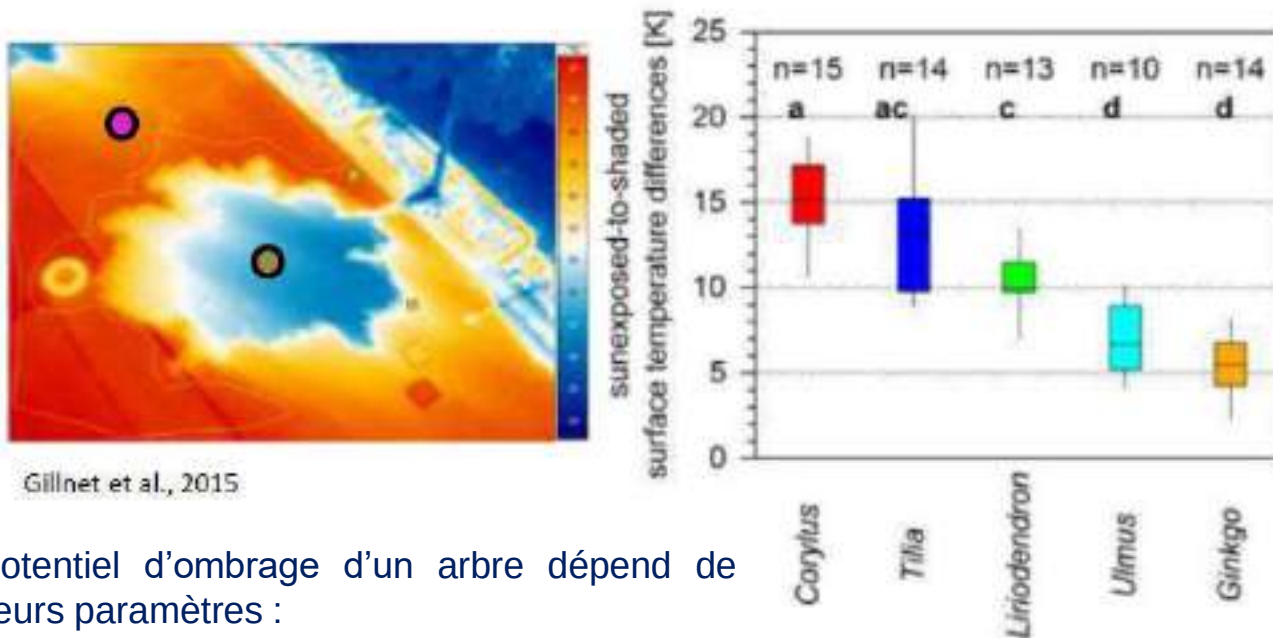
Le rafraîchissement du climat urbain

La végétation et en particulier les arbres agissent de différentes façons sur le microclimat. Tout d'abord par **l'effet d'ombrage** : l'interception du rayonnement solaire par les feuilles du houppier améliore le confort thermique de jour (jusqu'à 9 à 10° de différence de température ressentie à l'ombre d'un arbre). L'effet d'ombrage limite également l'accumulation de chaleurs sur les surfaces minérales situées sous l'arbre et qui sont ainsi protégées de l'ensoleillement. Enfin, le feuillage rafraîchi par **transpiration** : plus de 90% de l'eau pompée dans le sol par un arbre est ainsi vaporisée, créant un abaissement de température et permettant également de recharger les nuages en humidité.

On parle souvent à tort de l'effet d'îlot de chaleur, qui est un phénomène spécifique aux zones urbaines où les surfaces minérales, sombres et imperméables accumulent la chaleur le jour et la restitue la nuit, empêchant ainsi un rafraîchissement de l'air ambiant. Ce phénomène existe à l'échelle de l'ensemble d'un territoire urbain, et c'est à cette échelle globale qu'il se combat par la désimperméabilisation et la végétalisation. Sur la ZAC du Rivel, c'est plutôt l'amélioration du confort thermique de jour qui doit être recherché. Cette amélioration se joue au contraire de manière locale par l'effet d'ombrage. Aussi faut-il définir les zones à rafraîchir et réaliser les plantations d'arbres qui vont permettre de les ombrager.



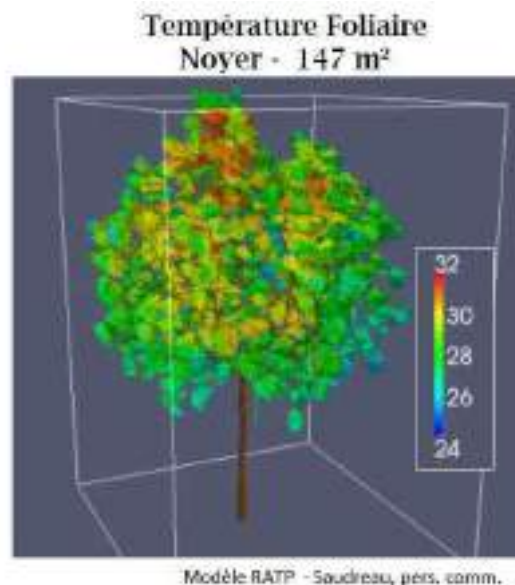
Le rafraîchissement du climat urbain,



Le potentiel d'ombrage d'un arbre dépend de plusieurs paramètres :

- La structure du houppier (ramification des branches, densité des branches, forme du houppier...)
- La forme et la taille des feuilles (petites, grandes, composées...), la densité du feuillage, l'inclinaison des feuilles (qui laisse plus ou moins passer le soleil).

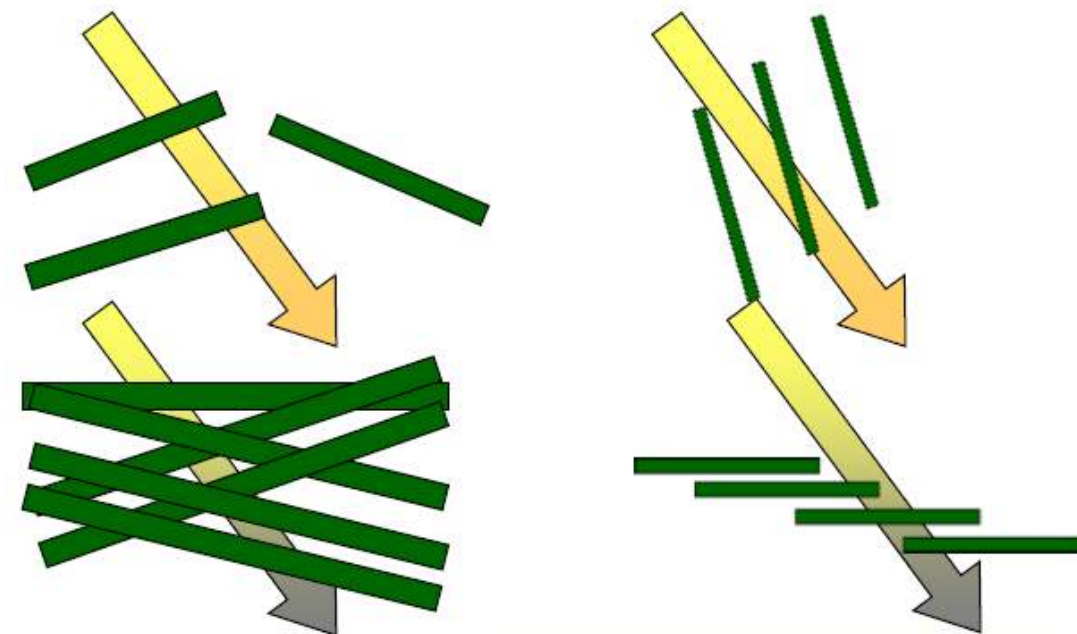
On utilise comme mesure l'indice foliaire (LAI) qui varie de 2 (essences à ombre très légère comme le pin à 10 (essences à ombre dense comme le hêtre ou le marronnier). Cet indice dépend bien sûr de l'état de santé et de la vitalité de l'arbre.



Ombrage : Propriété structural des houppiers
Agencement spatial des

feuilles

Densité foliaire et angles inclinaisons

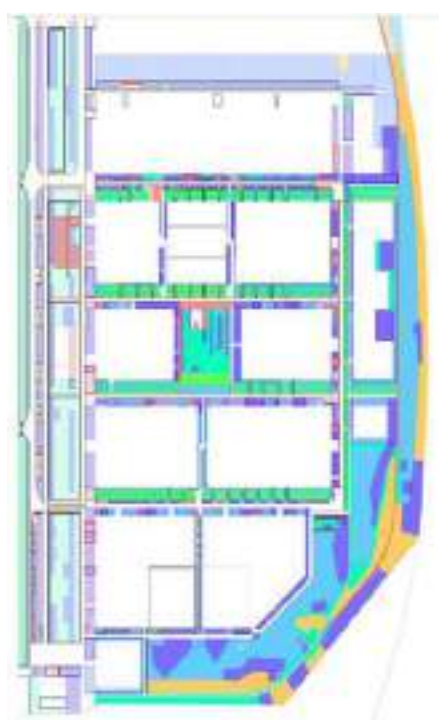


L'indice foliaire, ou indice de surface foliaire (LAI, en anglais *Leaf Area Index*) : surface total de feuille/ surface de sol ombragé. Varie de 2 à 10 selon les espèces

Partie 2 : Réaliser un benchmark de solutions innovantes, applicables au Rivel, de techniques de plantations et d'entretien, ainsi que tout outil d'aides à la décision pour accompagner la collectivité et les porteurs de projet.

Les différents services écosystémiques étudiés précédemment convergent vers trois principales entrées thématiques sur lesquelles a porté le travail de Benchmark. Cette recherche permet de proposer des préconisations méthodologiques et techniques qui peuvent être inspirantes et répliquables sur le projet du Rivel et plus généralement sur le territoire du SICOVAL :

1. **L'entrée sol** : comment la connaissance des sols, leur gestion pendant le projet et leur amélioration peut optimiser les services écosystémiques
1. **L'entrée eau** : comment la gestion de l'eau comme ressource peut générer des plus-values en termes de services écosystémiques.
1. **La stratégie végétale** : que le choix des dynamiques végétales, des associations de palettes végétales peut optimiser la performance de ces services rendus.



L'entrée sol : comment la connaissance des sols, leur gestion pendant le projet et leur amélioration peut optimiser les services écosystémiques

Les apports méthodologiques pour le projet du Rivel en ce qui concerne les sols vont porter sur les questions suivantes :

- *Comment organiser la connaissance des sols pour optimiser le projet de paysage ?*
- *Comment optimiser le décapage, le stockage et le réemploi des matériaux terreux pour reconstituer des sols fertiles de plantation pour le projet ?*
- *Comment valoriser hors chantier les excédents terreux ?*
- *Comment entretenir la vie biologique des sols après l'aménagement ?*
- *Comment créer des sols portants sous les espaces de circulations (trottoirs, pistes cyclables, stationnement...)*

- **Comment organiser la connaissance des sols pour optimiser le projet de paysage ?**

La caractérisation agropédologique des sols de l'emprise d'aménagement nécessite un travail de terrain, complémentaire aux études géotechniques et/ou aux études de pollution :

- Implantation des observations : plan des sondages à la tarière ou des fosses pédologiques

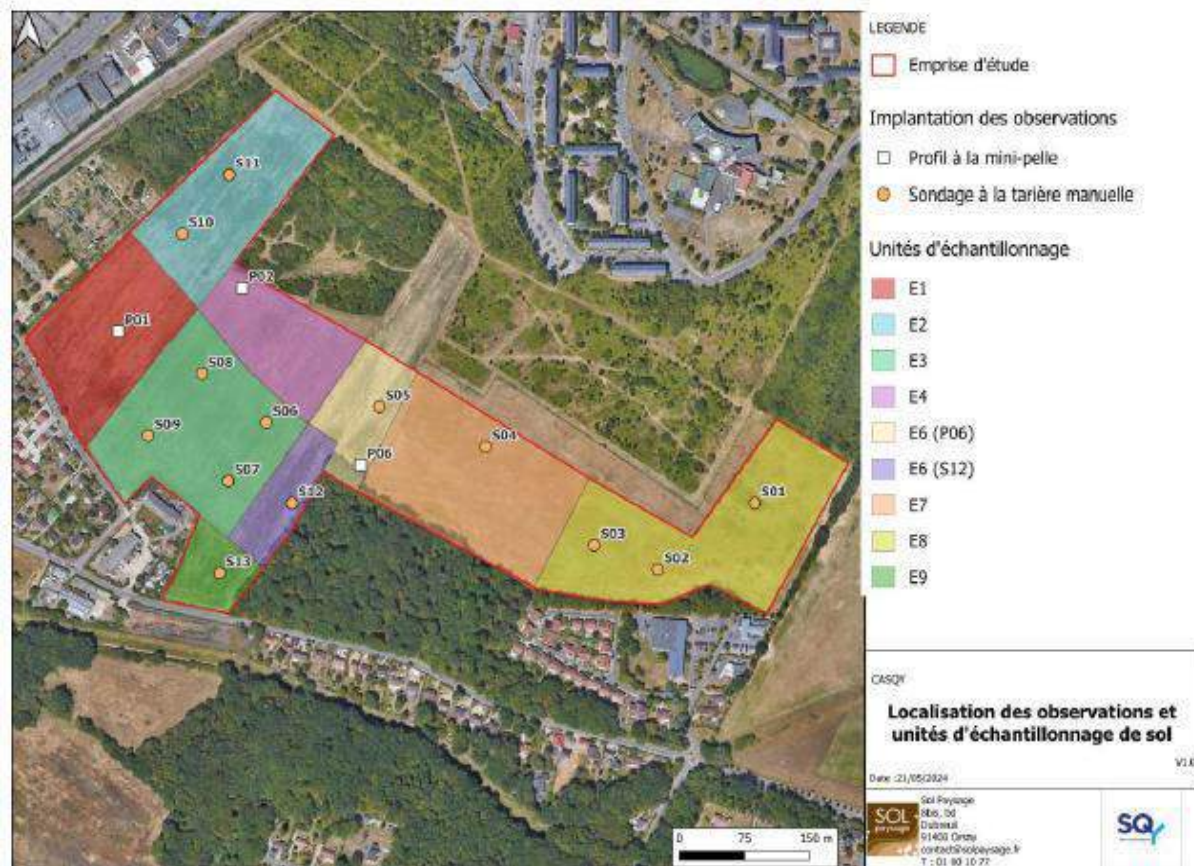


Figure 3: Carte de localisation des observations et des unités d'échantillonnage



Figure 4: carte des profils

- **Comment organiser la connaissance des sols pour optimiser le projet de paysage ?**

La caractérisation agropédologique des sols de l'emprise d'aménagement nécessite :

- Observations de terrain : texture, couleur, compacité, humidité, matière organique...



P02 : Localisation



P02 : Ensemble du profil



P02 : Horizon H1



P02 : Horizon H2



P02 : Horizon H3



P02 : Détail des matériaux composant les horizons

LOCALISATION ET DESCRIPTION GLOBALE	
Coordonnées GPS	Latitude Nord : 48.45013 Longitude Est : 1.56127 Système de coordonnées : WGS84 (degré minutes)
Pente	0%
Zone	0
Couvert végétal	friche herbacée
Aspect de surface	Couvert végétal

Description générale	Brumisol redoxique sur argile à meulière
----------------------	--

Description par horizon										
N° ET NOM	PROF. CM	TEXTURE	HUMIDITE	COULEUR	HYDRO-MORPHIE	TEST HCL	STRUCTURE	PORESITE	COMP.	COMMENTAIRE
H1 0	0-10	LSa	très humide	Brun clair	g : rares tache(s) d'oxydation, fines, peu contrastées ; aucune tache(s) de réduction ; plusieurs nodules(s), moyens, contrastés	0	GRU M	3 - BR3	PC	1% MO ; 3% : présence de galeries ; plusieurs racines (< 1mm) ; aucun EG naturel ; aucun EG anthropiques
H2 0	10-30	La	très humide	Brun jaunâtre	g : plusieurs tache(s) d'oxydation, moyennes, contrastées ; aucune tache(s) de réduction ; aucun nodule(s)	0	POLY	2 - STR2	AC	1% MO ; 3% : présence de galeries ; quelques racines (< 1mm) ; rares EG naturels ; aucun EG anthropiques
H3 0	30-80	Al	humide	Brun gris rose	g : très nombreuses tache(s) d'oxydation, très grosses, contrastées ; aucune tache(s) de réduction ; aucun nodule(s)	0	POLY	1 - STR1	AC	MO : 1% ; absence de galeries ; aucune racines ; quelques EG naturels ; aucun EG anthropiques
H4 0	80-120	A	humide	Brun gris rose	g : très nombreuses tache(s) d'oxydation, grosses, très contrastées ; aucune tache(s) de réduction ; aucun nodule(s)	0	FRS M	1 - STR1	C	MO : 0% ; absence de galeries ; aucune racines ; aucun EG naturels ; aucun EG anthropiques

• Comment organiser la connaissance des sols pour optimiser le projet de paysage ?

La caractérisation agropédologique des sols de l'emprise d'aménagement nécessite :

- analyses d'échantillons de terre et interprétation agronomique

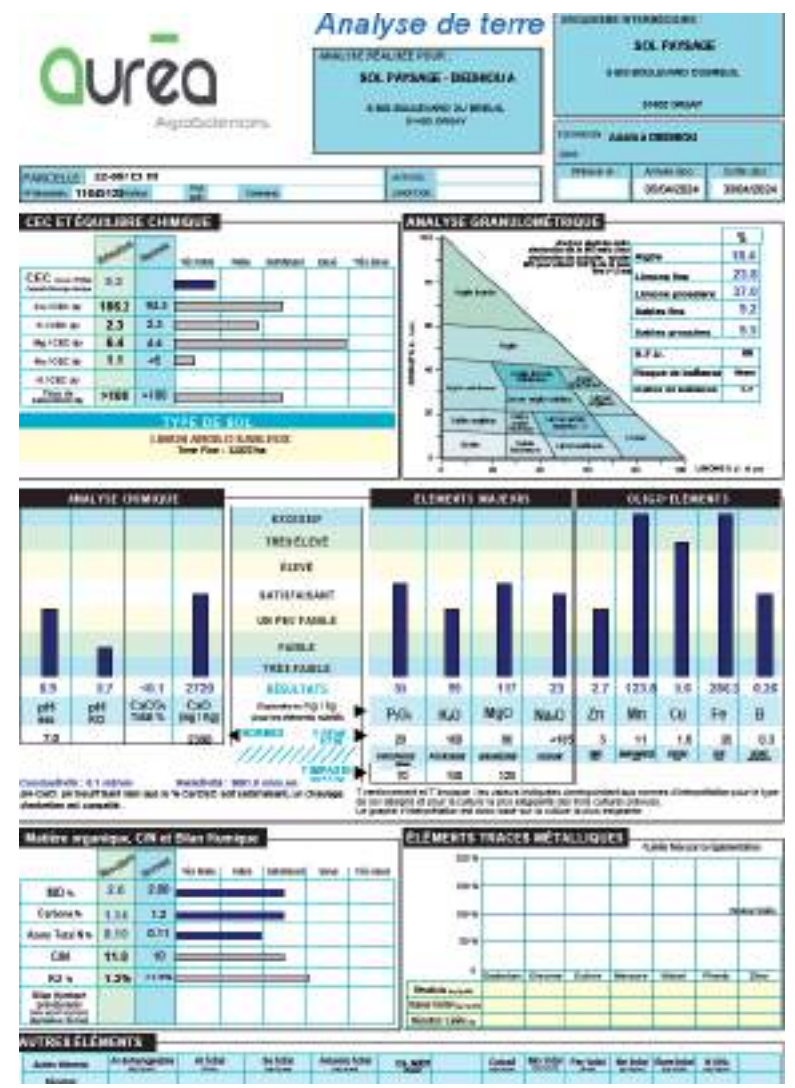


Tableau 4: Granulométrie et indice de battance des horizons de sous-face

Table with 12 columns: Horizon, Perçelle, Horizon, Références échantillons, Code matériel observé, Texture selon le triangle de Goppert des textures, Sables grossiers (%), Sables fins (%), Limons grossiers (%), Limons fins (%), Argiles (%), Indice de battance.

Tableau 11: Biomasse microbienne des horizons de surface

Table with 9 columns: Horizon, Perçelle, Horizon, Références échantillons, Code matériel observé, Texture selon le triangle de Goppert des textures, Matière organique (%), Biomasse microbienne (%), Biomasse microbienne (mg/kg).

- **Comment organiser la connaissance des sols pour optimiser le projet de paysage ?**

Le diagnostic agropédologique permet d'orienter les choix de végétaux du paysagiste concepteur du projet selon leur adaptation au sol :

- Sols profonds / superficiel
- Sol acide / légèrement acide / carbonaté
- Sol compact / sain filtrant / très poreux
- Sol sec ou frais
- Sols hydromorphes

5.3.1 Palette 1 , listes espèces d'arbres pour les sols fertiles de plantation

Nom scientifique	Genre	Nom commun	Strate	Type	Compacité	pH	Hydromorphie	Alimentation en eau	Profondeur	ZoneClimat	NoteSol	NoteClimat	NoteGlobale
					Sain filtrant	Carbonaté	Non Hydromorphe	Sec	Profond	4			
Acer campestre	Acer	Erable champêtre	Arbre	Feuille	2	2	2	1	2	2	5	2	5,2
Aesculus hippocastanum	Aesculus	Mamonnier d'Inde	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Betula verrucosa	Betula	Bouleau verrucosé	Arbre	Feuille	2	1	2	2	2	2	5	2	5,2
Carpinus betulus	Carpinus	Charme commun	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Cedrela sinensis	Cedrela	Acajou de Chine	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Chamaecyparis Noot.	Chamaecyparis	Cyprès de Noot	Arbre	Conifère	2	2	2	2	2	2	6	2	6,2
Cryptomeria japonica	Cryptomeria	Cryptomère du Japon	Arbre	Conifère	2	1	2	2	2	2	5	2	5,2
Cupressocyparis leyli	Cupressocyparis	Cyprès de Leyli	Arbre	Conifère	2	1	2	2	2	2	5	2	5,2
Melia azedarach	Melia	Lilas de Perse	Arbre	Feuille	2	2	2	2	2	2	6	2	6,2
Pinus nigra laricio cala.	Pinus	Pin noir laricio	Arbre	Conifère	2	1	2	2	2	2	5	2	5,2
Populus alba	Populus	Peuplier blanc	Arbre	Feuille	2	2	2	1	2	2	5	2	5,2
Prunus avium	Prunus	Mersier	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Prunus pissardii	Prunus	Prunus de Pissard	Arbre	Feuille	2	2	2	1	2	2	5	2	5,2
Quercus cerris	Quercus	Chêne charaie	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Quercus sessiflora	Quercus	Chêne sessile	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Sorbus aria	Sorbus	Alisier blanc	Arbre	Feuille	2	2	2	2	2	2	6	2	6,2
Sorbus aucuparia	Sorbus	Sorbier des ois	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Sorbus domestica	Sorbus	Cormier	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Sorbus intermedia	Sorbus	Alisier de Suède	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2
Sorbus torminalis	Sorbus	Alisier torminal	Arbre	Feuille	2	2	2	1	2	2	5	2	5,2
Taxus baccata	Taxus	If	Arbre	Conifère	2	2	2	1	2	2	5	2	5,2
Tilia tomentosa	Tilia	Tilleul argenté	Arbre	Feuille	2	1	2	1	2	2	4	2	4,2

L'entrée eau : comment la gestion de l'eau comme ressource peut générer des plus-values en termes de services écosystémiques.

Les apports méthodologiques pour le projet du Rivel en ce qui concerne l'entrée eau vont porter sur les questions suivantes :

- *Quelles données hydrologiques et hydrographiques sont à rassembler en amont du projet ?*
- *Comment optimiser la récupération de l'eau au plus près de son point de chute ?*
- *Comment diviser le site de projet en une succession de mini-bassins versants emboîtés ?*

L'entrée eau : comment la gestion de l'eau comme ressource peut générer des plus-values en termes de services écosystémiques.

- *Comment diviser le site de projet en une succession de mini-bassins versants emboîtés ?*

Les connaissances acquises sur la topographie et l'hydrologie du site à aménager permettent de le découper en une série de bassins versants contigus ou successifs. Ces données sont alors à analyser finement pour chaque bassin et à retraduire dans le projet par un découpage plus fin encore de l'espace en une série de sous-bassins et de mini bassins qui permettront de répartir de manière équilibrée l'eau de pluie en la captant au plus près de son point de chute. C'est donc un travail conjoint et en dialogue entre le positionnement des bâtiments et des infrastructures (voiries, parkings...), le positionnement des surfaces minérales perméables et des espaces végétalisés exutoires de l'eau pluviale (donc situées en point bas) et le nivellement. Une logique de zoom progressif est donc à imaginer pour relier la stratégie globale de gestion de l'eau aux micro-choix d'aménagement.

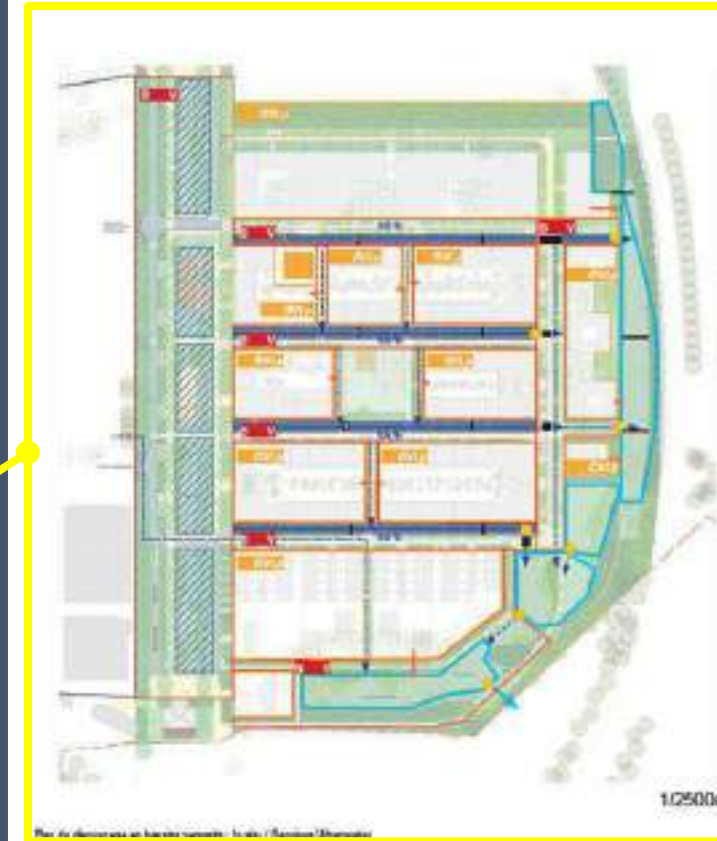
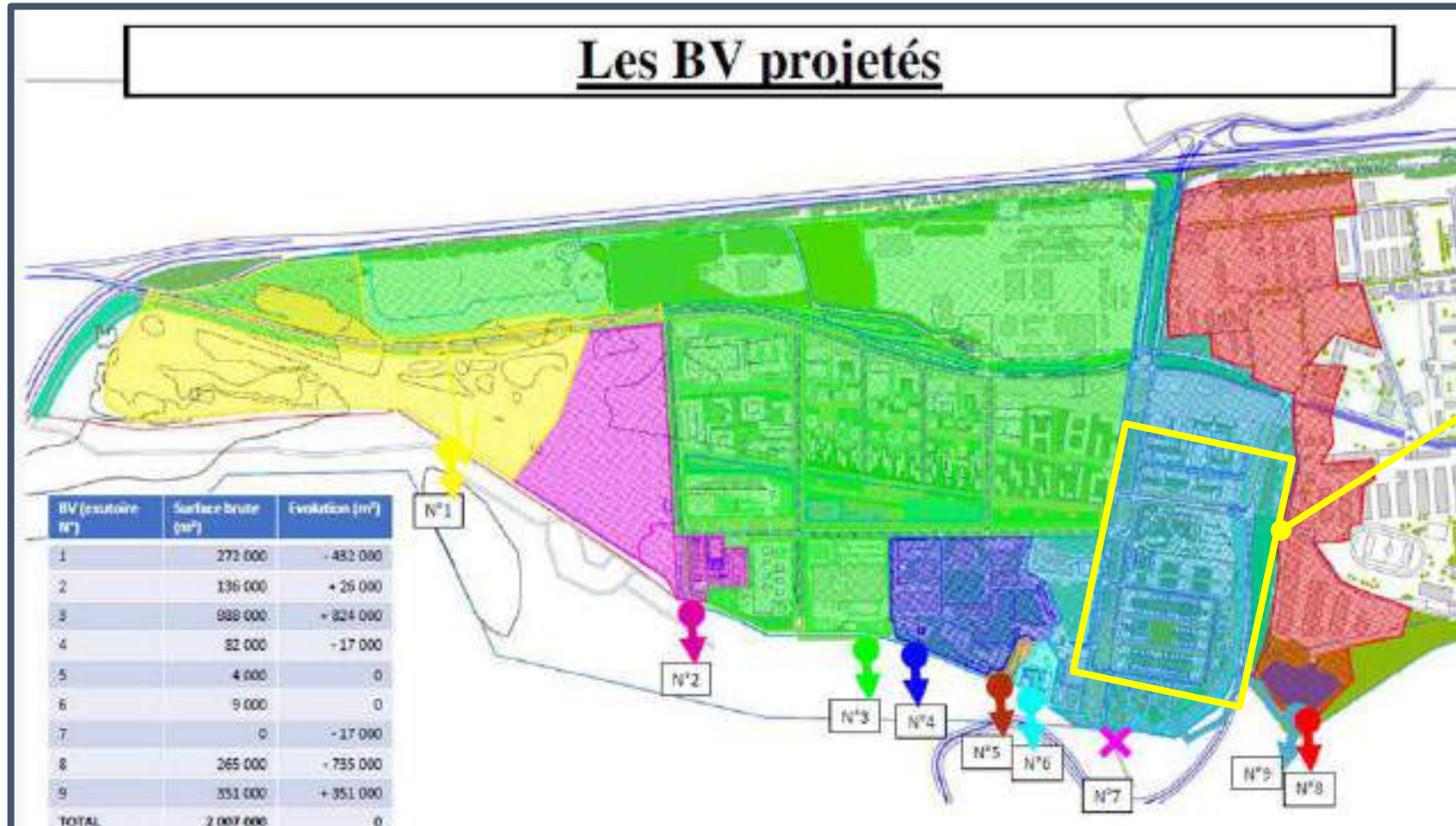


Lien entre la gestion de l'eau, le nivellement et la conceptions
des espaces plantés – Aménagement de la Rue de la
République, Vaulx en Velin (69), 2022

Comment diviser le site de projet en une succession de mini-bassins versants emboîtés ?

Projet ZAC Satory à Versailles (en cours d'études)

Les études topographique permettent de diviser l'ensemble de la ZAC en 9 principaux bassins versants. A l'intérieur de chacun, le projet redécoupe progressivement l'espace en plusieurs niveaux de sous-bassins qui permettent de gérer l'eau au plus prêt de son point de chute. Les surfaces végétalisées sont positionnées et dimensionnées pour recevoir cet écoulement gravitaire.

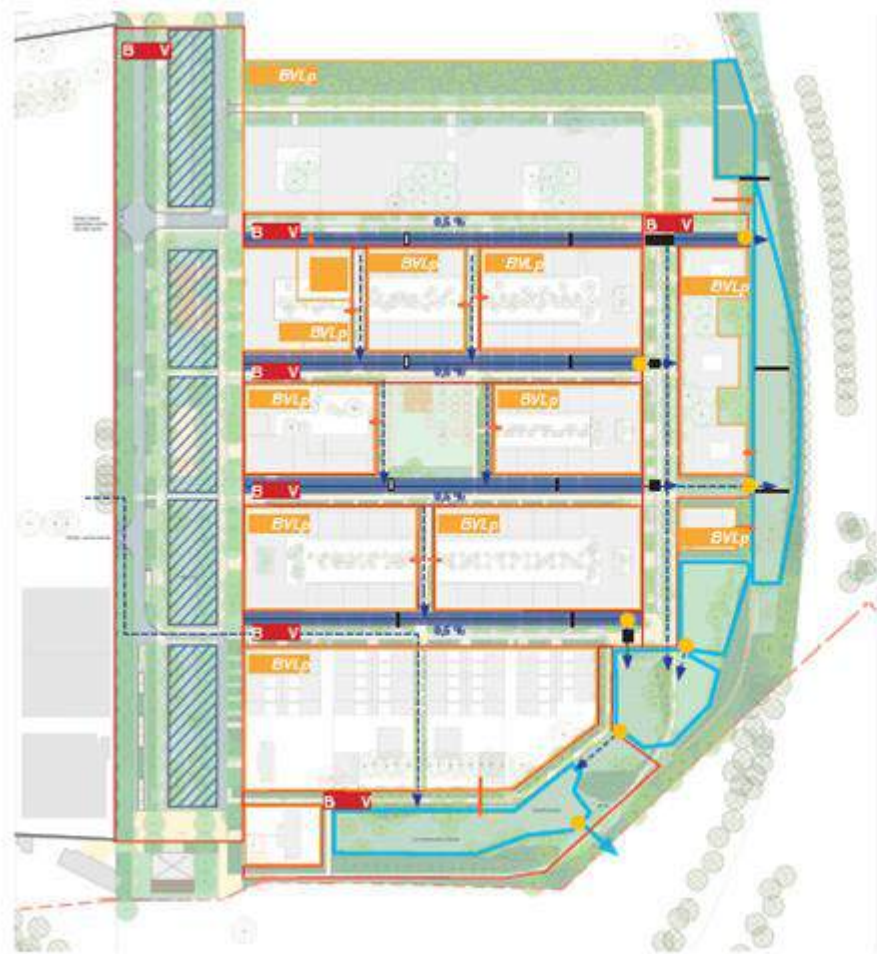


Mini-bassins versants à l'échelle du quartier Lisière, et les chemins de l'eau envisagés.

Découpages en bassins versant majeurs à l'échelle de la ZAC

Projet ZAC Satory à Versailles (en cours d'études)

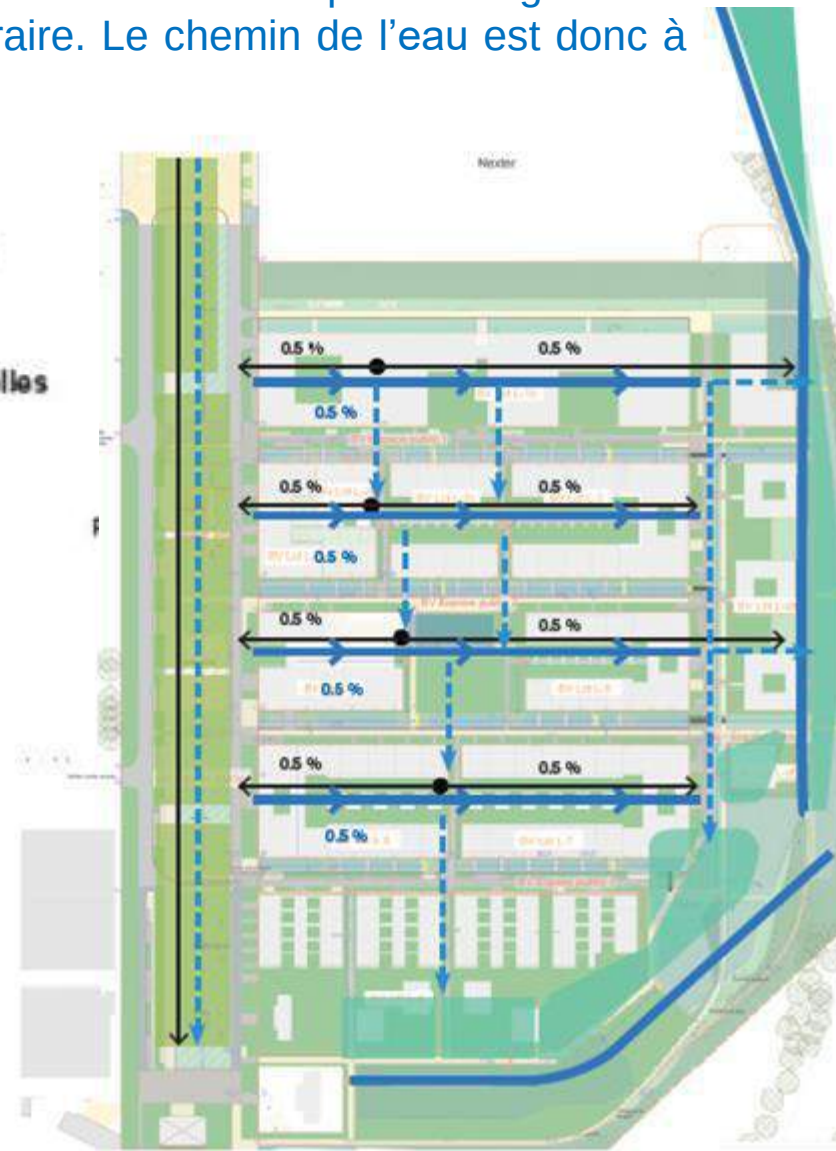
Les mini-bassins versants permettent de gérer directement les pluies petites et moyennes. Pour les pluies exceptionnelles, il est important de mettre en réseaux ces différents bassins vers des espaces végétalisés complémentaires conçus en creux qui pourront servir de bassin de rétention temporaire. Le chemin de l'eau est donc à étudier à l'échelle du projet dans son ensemble.



1/2500e

Plan du découpage en bassins versants - In situ / Rapproches Urbanwater

Mini-bassins versants à l'échelle du quartier Lisière, et les chemins de l'eau envisagés.



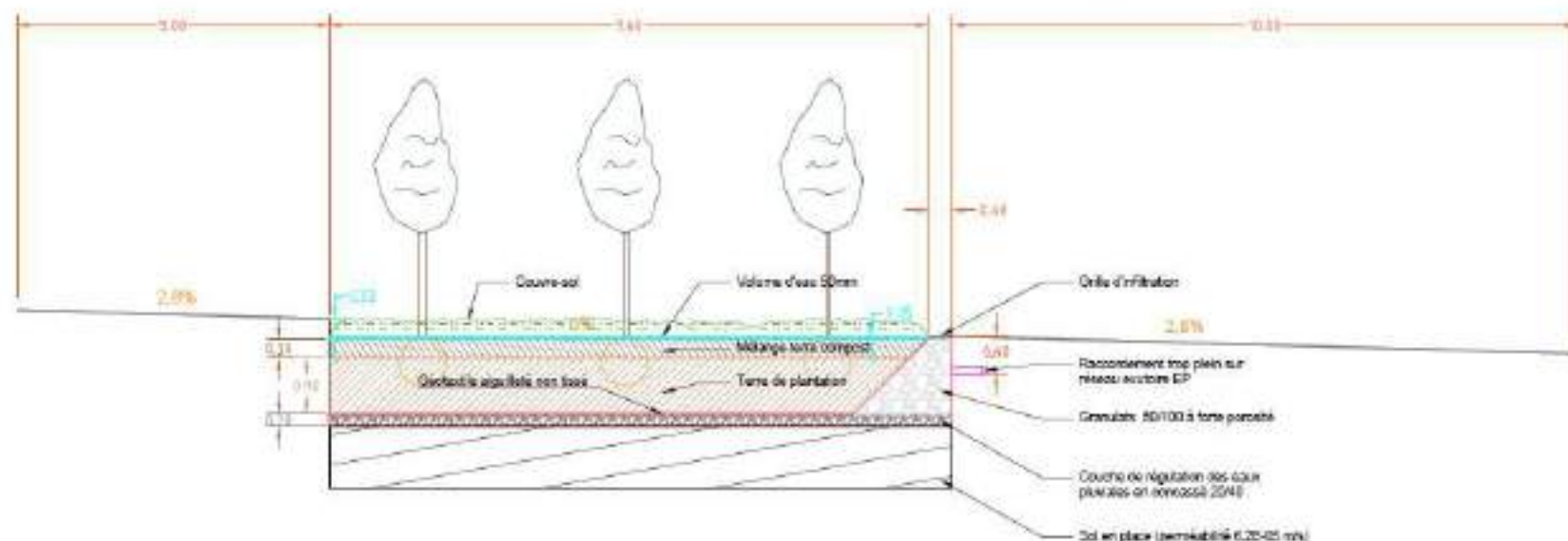
Plan de nivellement pour l'écoulement des eaux pluviales - In situ / Rapproches Urbanwater

Si on étudie la traduction détaillée de la conception, on voit comment un espace d'infiltration (ici une fosse continue de plantations) est reliée à un mini-bassin versant (emprise du sous-bassin versant sur le schéma en bleu).

Ce type de conception nécessite donc un travail combiné des différents acteurs du projet, afin que le paysage soit le lien qui unifie les différentes fonctionnalités de l'aménagement.

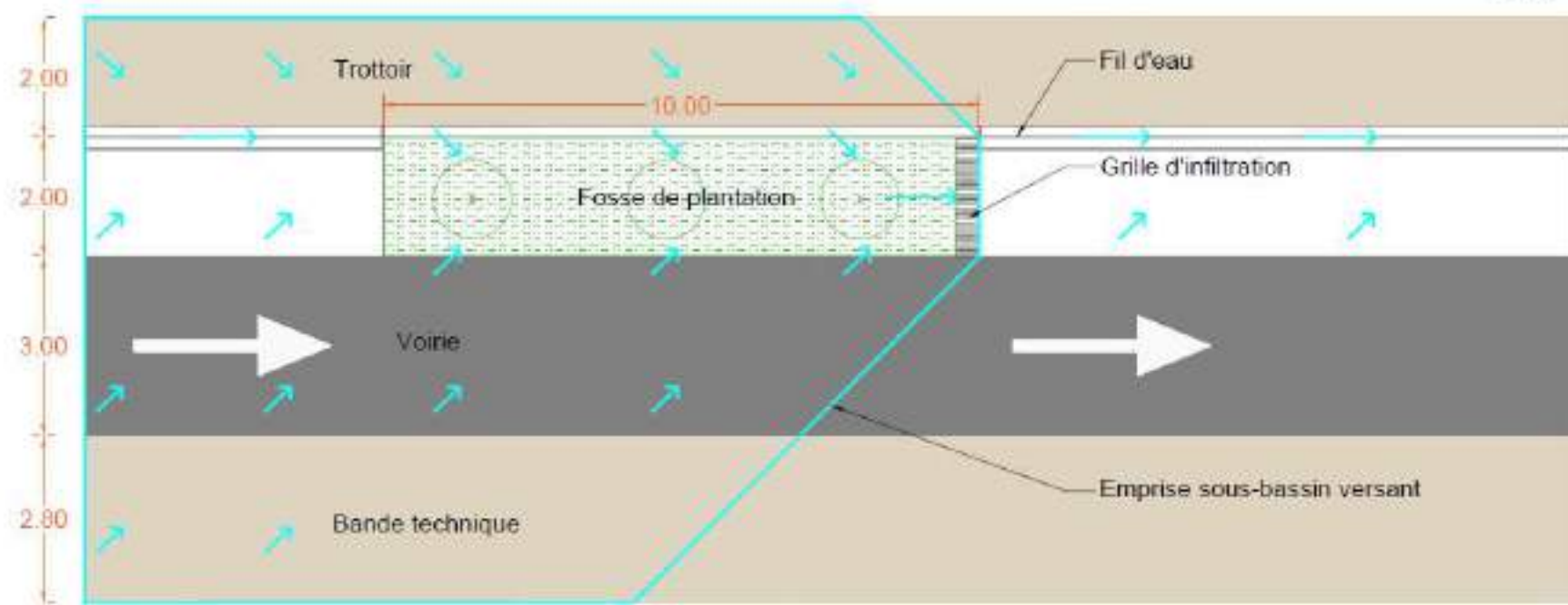
Sol Paysage - Projet de réaménagement du quartier Zoccola-Les Crottes pour EPA Euroméditerranée, à Marseille (13) -2018

Zoccola - AVP- Coupe longitudinale de principe - Sol Paysage - le 10/08/2022



Ouest

Est



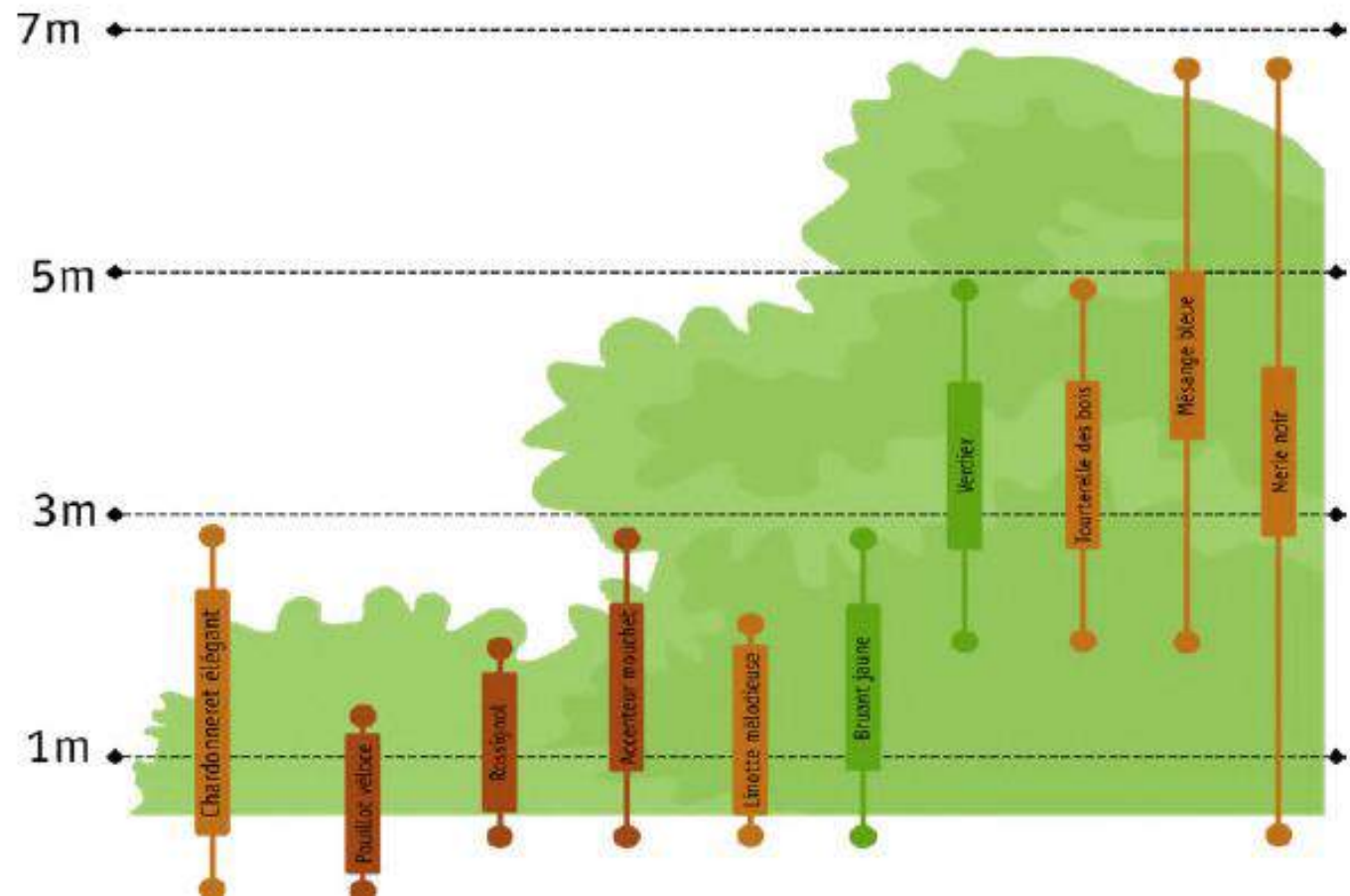
La stratégie végétale : que le choix des dynamiques végétales, des associations de palettes végétales peut optimiser la performance de ces services rendus.

Les apports méthodologiques pour le projet du Rivel, en ce qui concerne la stratégie végétale, vont porter sur les questions suivantes :

- *Pourquoi et comment diversifier la palette végétale ?*
- *Comment adapter finement le choix des espèces aux caractéristiques de chaque espace de plantation ?*
- *Comment associer les strates végétales pour favoriser la biodiversité ?*
- *Comment mixer les forces des végétaux pour améliorer le rendu paysager à court et long terme ?*
- *Comment minimiser les charges de gestion grâce aux choix de plantation ?*

- **Comment associer les strates végétales pour favoriser la biodiversité ?**

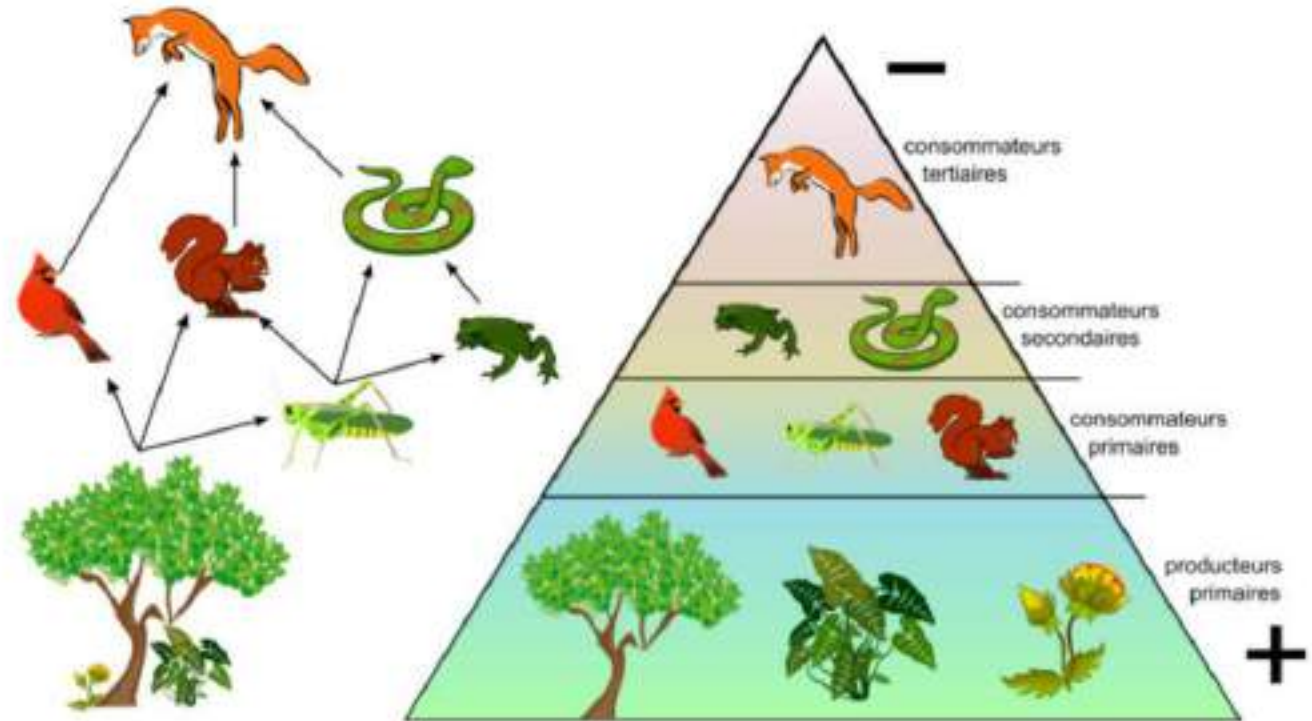
Pour favoriser la biodiversité, il faut agir à la fois sur l'offre de nourriture et sur l'offre d'habitat. L'offre de nourriture doit permettre, grâce à une palette végétale diversifiée et adaptée d'apporter tout au long de l'année les principales sources de nourriture des animaux (feuilles, nectar, pollen, fruits, matière ligneuse...). Pour diversifier les habitats potentiels, il faut créer des paysages multistrates (c'est à dire composés de plusieurs strates végétales depuis la mousse au sol jusqu'à l'arbre), ainsi que des hétérogénéité du couvert végétal. Plus un paysage sera diversifié en forme, comme en espèces végétales, plus il aura un fort potentiel d'accueil pour les animaux.



Zone de nidification de plusieurs espèces d'oiseaux selon la hauteur et le positionnement dans une haie multistrates (adapté de Alsace Nature 2023 "Herbes folles et petites bêtes").

- **Comment associer les strates végétales pour favoriser la biodiversité ?**

La composition végétale doit permettre de recréer les conditions de fonctionnement naturel d'un écosystème. Ces conditions sont basées sur une bonne adéquation entre la palette végétale et son biotope, c'est à dire à l'ensemble des conditions physico-chimiques de ce site (nature du sol, pH, températures, disponibilité en eau...). Une palette végétale bien installée et différenciée va naturellement attirer un cortège d'animaux en permettant la recréation de chaînes alimentaires. Cela démarre par le bon fonctionnement du sol favorisée par une forte vie biologique. Cela se poursuit par un développement des végétaux qui offre des sources de nourritures pour les insectes (feuilles, nectar, pollen...). Ces derniers attirent alors des oiseaux qui enrichiront enfin le paysage par des apports de graines.



Réseau trophique d'un aménagement paysager. La "pyramide trophique" montre la quantité de biomasse à chaque étage de ce réseau.

- **Comment associer les strates végétales pour favoriser la biodiversité ?**

Exemple de projet : Parc Technologique de la Porte des Alpes (1995/2005)

Le Parc Technologique de la Porte des Alpes à St Priest, près de Lyon, est un projet assez similaire à celui de la ZAC du Rivel. Ce parc d'activité économique développé sur 140 Ha d'anciens terrains agricole à du, pour permettre son acceptation beaucoup investir dans la qualité de son insertion paysagère. Cette exigence s'est porté à la fois sur la proportion des espaces végétalisés, mais également sur un partage équilibré entre l'effort sur le domaine public et sur les espaces privés. Sur plus du tiers de sa superficie il comprends donc des espaces paysagers et naturels recréés, formant des habitats très diversifiées (lac, zones humides, forêt, prairies...) et des ambiances variées supports d'usages récréatifs et sportifs variés, notamment des personnes travaillant sur le site. Un suivi écologique sur plus de 20 ans à permis de suivre la reconquête progressive de la biodiversité animale dans les espaces de nature créés suite à l'aménagement. Ainsi 42 espèces de papillons, 32 espèces d'oiseaux et plus de 320 espèces végétales ont ainsi été répertoriées sur le site. Sa gestion écologique lui a permis d'être labellisé Ecojardin.



- **Comment associer les strates végétales pour favoriser la biodiversité ?**



Zone humide recréée en bordure de la forêt de Feuilly plantée suite à l'aménagement de la zone d'activité

Insertion paysagère des bâtiments d'activités : création d'une bande plantée continue sur 15m de largeur (public-privé). La bande est plantée d'arbres, d'arbustes et de tapissantes et recueille les eaux de pluie de la chaussée.

Parc Technologique de la Porte des Alpes



Un des 3 lacs servant à la gestion des eaux de pluie et valorisant le paysage. Siège d'une grande augmentation de la biodiversité depuis la création



Boisements linéaires encadrant une vaste prairie fauchée.

ANNEXE 3

Méthode de conception d'une palette végétale, Territoire de l'Ouest, 2024

METHODE DE CONCEPTION D'UNE PALETTE VEGETALE



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Préalables

1 - Appréhender les **conditions pédoclimatiques** du terrain à aménager : types de sol et aléas climatiques qui vont impacter les espaces végétalisés.

2 - Intégrer le processus de **changement climatique** actuel avec l'intensification des phénomènes cycloniques et les périodes de sécheresse plus longues et plus fréquentes.



© Vincent BOULLET

**Savane du Système fluvial actif sec de la
Rivière des Galets (BOULLET 2022)**

Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

3 - Appréhender la **végétation**, la **flore** et les **habitats** existants à l'intérieur du périmètre opérationnel de la ZAC Ecocité Phaonce.

- Extraction BD Mascarine
- Etude d'impact sur l'environnement (2021)
- Etude de la végétation des savanes (BOULLET 2022)
- Typologie descriptive des habitats de La Réunion (LACOSTE & FERARD 2021)

Système savanaire adlittoral semi-aride des alluvions ensablées de la Plaine Chabrier



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

4 - Analyser et intégrer d'**autres palettes végétales réalisées dans le même secteur** bioclimatique

- Espèces plantées existantes sur la ZAC Ecocité Phaonce (Etude d'impact environnemental 2021)
- Palette végétale du prolongement de l'Axe Mixte traversant la ZAC (Région, TCO, Département, St-Paul)
- Notice paysagère Pôle Vélo et Glisse Urbaine réalisée par Laurence BREGENT Zone-Up Paysage (sept. 2023)
- Plantations de l'Ecoquartier Cœur de Ville, La Possession
- Autres palettes végétales existantes

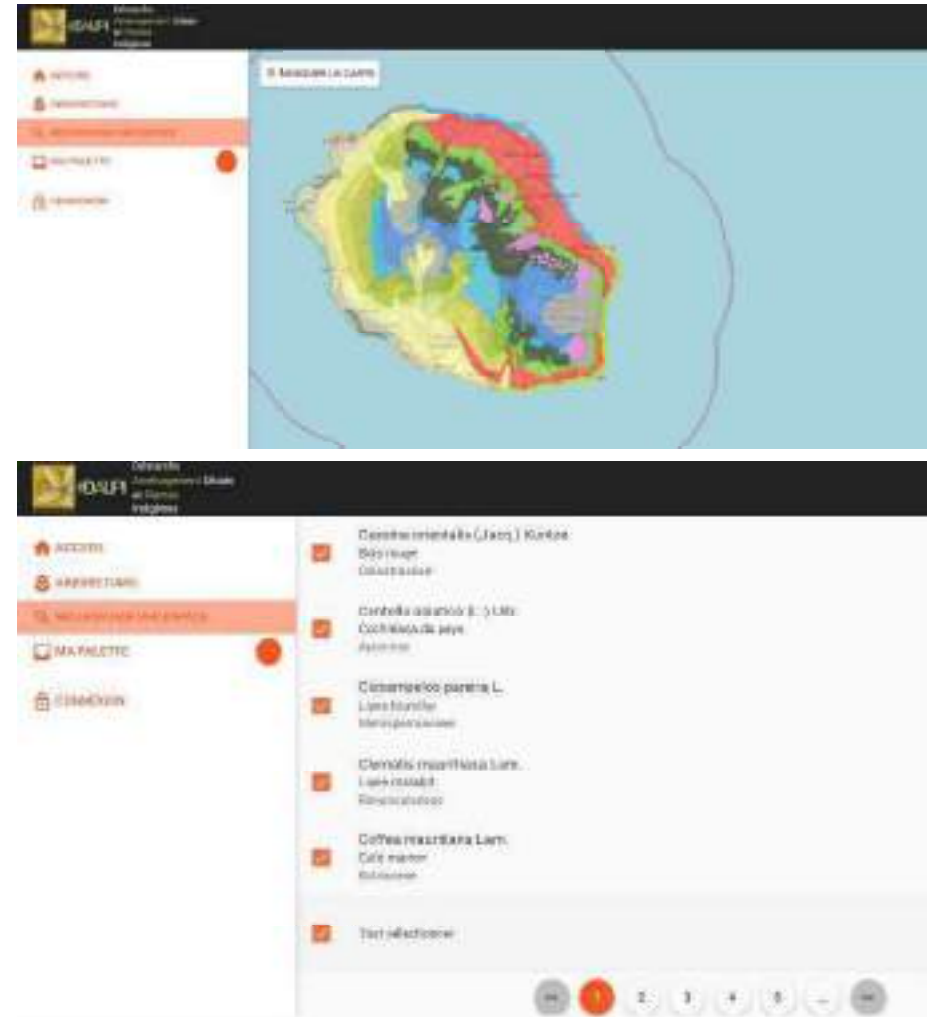


Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 1 : créer une **palette végétale d'espèces indigènes DAUPI** grâce à l'outil en ligne « Ma Palette » <https://daupi.cbnm.org/palette/>

Palette initiale enrichie avec d'autres espèces végétales indigènes et exotiques adaptées au contexte et aux usages de la ZAC Ecocité Phaonce



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 2 : privilégier des **espèces indigènes** et des espèces **exotiques non envahissantes adaptées**

Choisir ou **filtrer** (éliminer) les espèces **selon des caractéristiques biologiques, écologiques et statutaires** :

1. **Types biologiques** : arbres, arbustes, (sous-) arbrisseaux, herbacées (dont fougères), plantes succulentes, lianes, palmiers, bambous (proportion à définir)

Bois de sinte



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 2

2. **Port** fonction de la croissance/ramifications
3. **Hauteur** maximum
4. **Feuillage** persistant vs caduque
5. **Système racinaire**
6. **Statut d'indigénat**
7. **Statut de menace** (UICN)
8. **Statut de protection**
9. **Invasibilité**

Liane blanche



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 2

10. Exigences et tolérances écologiques :

- Exigences : lumière (pleine lumière/ demi-ombre/ombre), sol pauvre *versus* riches
- Résistances : sécheresse, vents cycloniques, passage du feu, pollution, maladies
- Tolérances : embruns marins, élagages

Bois rouge



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 3 : privilégier des **espèces facilement mobilisables**. Stratégie végétale de production de et plantation ; multiplication de quantités suffisantes et maîtrise culturale

Choisir ou **filtrer** (éliminer) les espèces **selon plusieurs critères** :

1. **Croissance** relative
2. **Capacité de production**
3. **Délais de production**
4. **Domestication** : espèce domestiquée versus sauvage non encore domestiquée
Ex. Cascavelle, Jolivave, Ti l'affouche...
5. **Maîtrise culturale** (ITP)



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 3

- **Connaitre et intégrer la disponibilité en pépinière.** Espèce non disponible : production soutenue par une collectivité territoriale
- **S'assurer de la diversité génétique** des palettes végétales



***Bois
puant***



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 4 : privilégier des **espèces** selon leurs **rôles dans l'aménagement** (ombrage, alignement ...), leurs **fonctions** (structuration, écologique, ...) et leurs **usages**.

Choisir ou **filtrer** les espèces **selon plusieurs critères** :

1. Aménagements et fonctions

Structuration des espaces : arbre isolé, alignement, haie, écran, barrière défensive, bosquet, couvre-sol, ...

Aménagements paysagers : espace paysagé, parc de loisir

Confort thermique : ombrage, îlots anti-chaueur

Fonctions (agro-)écologiques : brise-vent, anti-érosion, corridor écologique, pollinisation, noue végétalisée (biorigole), conservation *ex situ*, ...

Mouroungue



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 4

2. **Gestion différenciée** des espaces, respectueuse de l'environnement, adaptée à leur situation et à leur vocation

3. **Plantes apiphiles**, dites « mellifères », produisant du pollen et du nectar, attractives pour les abeilles et autres insectes pollinisateurs

Veloutier bord de mer



Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 4

4. Intérêts et usages :

- Plantes ornementales
- Plantes aromatiques & médicinales (PAPAM)
- Plantes alimentaires : fruitiers, légumes, brèdes
- Plantes fourragères, de pâturage et agroforestières
- Plantes utiles : matériaux (bambous, bois, textile, papier), combustible, teinture, biocarburant, ...
- Plantes traditionnelles (artisanat), culturelles & cultuelles
- Plantes multiservices



© 2020 Jean Pawek

Brède kaoki - Goji

Méthode de conception d'une palette végétale

Principales étapes

Etape 5 : **échanger avec des professionnels et des experts** pour recueillir leurs avis, et **éliminer / repêcher** éventuellement certaines espèces non recommandées après le retour d'expérience de leur utilisation en aménagement.

- Ateliers de travail du 14 février et du 25 mars 2024
- ✓ Botanistes (CBNM)
 - ✓ Paysagistes (Objectif Paysage)
 - ✓ Bureaux d'études, MOE, MOA

Méthode de conception d'une palette végétale

Liste d'espèces extraite de Mascarine / DAUPI / palettes existantes

Filtres

- ✓ Retrait des EEE (invasibilité 5, 4, 3, 3+, 2, 2P, 1P)
- ✓ Retrait des espèces menacées Liste Rouge UICN (CR, EN, VU, DD) et protégées (AM 2017), **sauf si maîtrise culturelle, largement domestiquées et traçabilité assurée**
- ✓ Retrait des espèces difficiles à différencier ou à identifier
- ✓ Retrait des espèces non adaptées (hygrophiles, sensibles au vent...)

Palette d'espèces retenues

Palette végétale proposée

Matrice de données (tableur Excel) + Note explicative accompagnant la palette

1. **Identité taxonomique et nom** : nom vernaculaire, nom scientifique, famille botanique ;
2. **Liste Optimisée de VEgétaux pour les professionnels des aménagements paysagers - LOVE** : Code LOVE et notoriété (%)
3. **Sélection des espèces et commentaires des experts**
4. **Caractéristiques et statuts** : type biologique, port, hauteur max., feuillage, système racinaire, statut d'indigénat, catégorie de menace UICN, statut de protection, invasibilité ;
5. **Ecologie** : exigences / lumière, sol, résistance à la sécheresse, aux vents cycloniques, aux incendies, tolérance aux embruns, à l'élagage ;
6. **Multiplication** : croissance, capacité et délais de production, domestication, maîtrise culturale ;
7. **Usages** : aménagements/fonctions, gestion différenciée, plante apiphile, intérêts ;
8. **Remarques LOVE** : libellé, remarques, strate ;
9. **Sources d'informations**

ANNEXE 4

Présentation de l'outil Sésame, CEREMA, 2022

SESAME

PRÉSENTATION LAB'2051

6 décembre 2023

Tarik YAÏCHE
Responsable de secteur Biodiversité

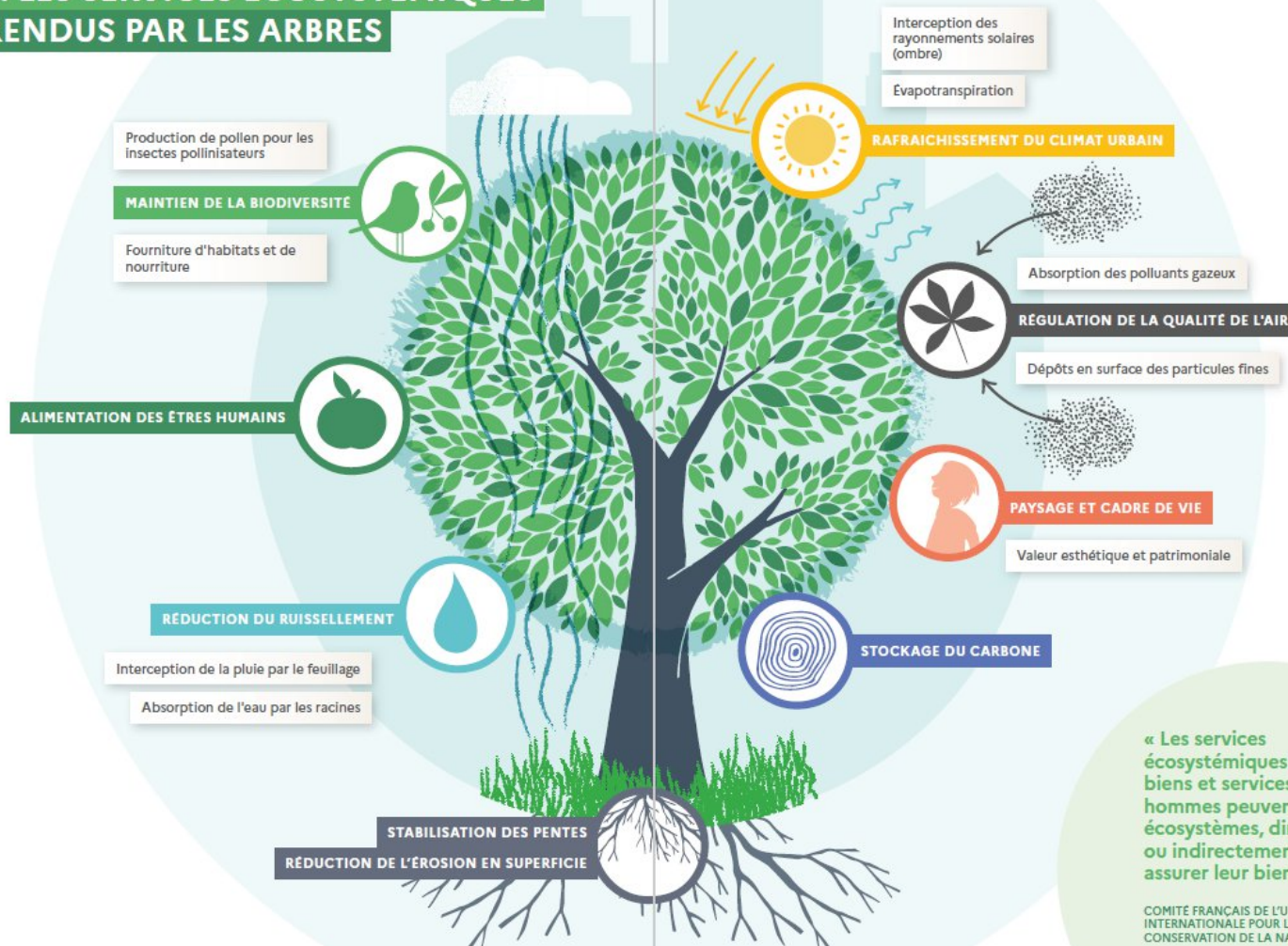


Planter sans se planter



LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ?

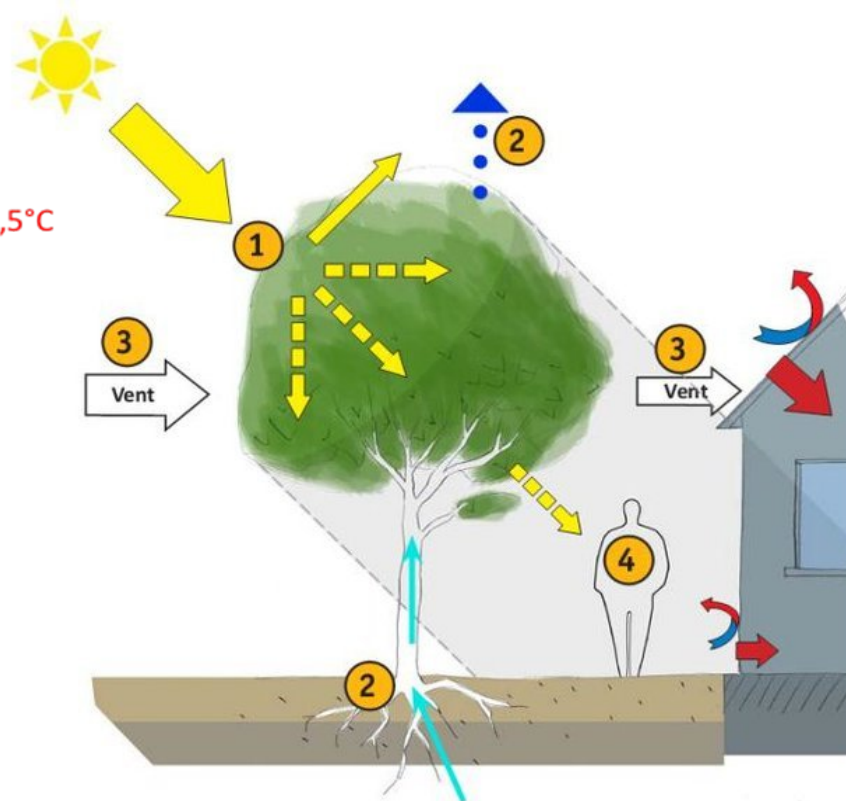
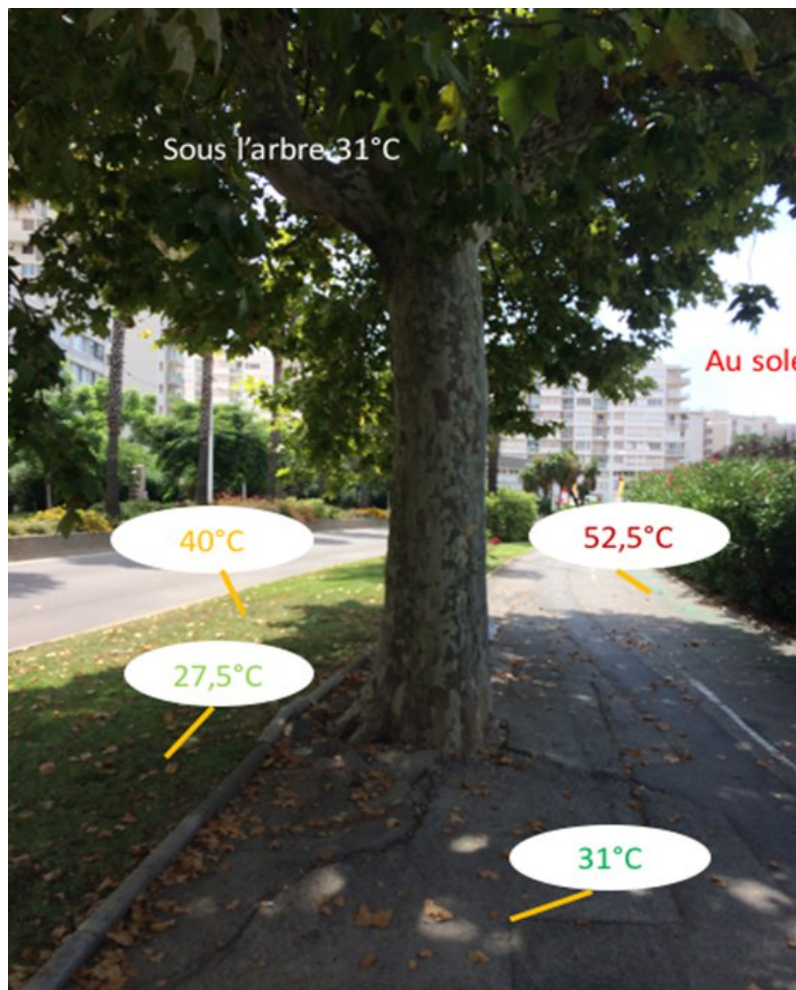
2. LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES RENDUS PAR LES ARBRES



« Les services écosystémiques sont les biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement pour assurer leur bien-être »

COMITÉ FRANÇAIS DE L'UNION
INTERNATIONALE POUR LA
CONSERVATION DE LA NATURE

LA SURCHAUFFE URBAINE



LE CHOIX DES ESPÈCES : UNE REFLEXION PLUS LARGE

Pas d'espèce parfaite

- Fruits toxique ;
- Pollène / allergisants ;
- Système racinaire ;
- Sécrétion de miellat ;
- Caractère inflammable ;
- Etc ...



Ces éléments de contraintes comme de qualité sont renseignés pour chaque espèce.



OUTIL ET DEMARCHE SESAME

Sources



Services écosystémiques :

- qualité de l'air
- régulation du climat
- support de biodiversité
- paysage et cadre de vie
- ...

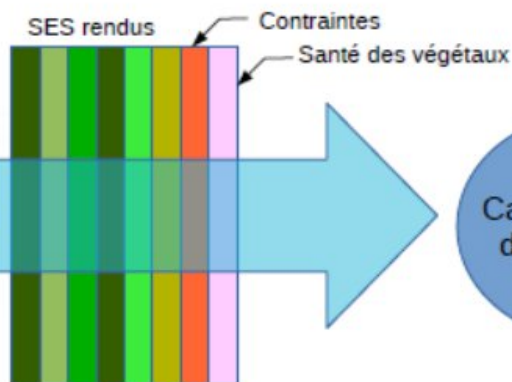
Contraintes :

- contraintes sanitaires
- contraintes physiques, nuisances

Adaptation au climat :

- climat local
- climat urbain
- changement climatique

Santé des végétaux



Méthodes

produits

... des fiches « espèces »



Pour produire :

Un outil d'aide à la conception



« j'ai un projet de parc urbain sur un terrain sec et calcaire, dans lequel je souhaite favoriser la fixation des polluants et la biodiversité, mais aussi sur le plan paysager évoquer l'eau, quelle gamme d'espèces puis-je privilégier ? »

#1 - LES RENDUS DE L'OUTILS

Type de paysage ⓘ

Grande voie de Circulation X v



"Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum."

Type de sol ⓘ

☐ Sol Acide-Humide ☒ Sol Acide-Frais ☒ Sol Acide-Sec

☐ Sol Neutre-Humide ☒ Sol Neutre-Frais ☒ Sol Neutre-Sec

☐ Sol Basique-Humide ☐ Sol Basique-Frais ☐ Sol Basique-Sec

Je ne sais pas ☐

Résilience ⓘ

☐ Tolérer les sols calcaires ☒ Tolérer les fortes chaleurs ☐ Tolérer les fortes gelées

☐ Tolérer les sols pauvres ☒ Tolérer les sécheresses ☐ Tolérer les sols compacts

☐ Tolérer les sols salés ☐ Tolérer les courtes inondations ☐ Tolérer les vents forts

Luminosité ⓘ

Type de lumière: MI-Ombre

Les services écosystémiques ⓘ

Adaptation au climat urbain



- 1 +

Régulation des polluants particulaires



- 1 +

Régulation des polluants gazeux



- 1 +

Régulation du microclimat



- 1 +

Régulation de l'érosion de surface



- 1 +

Stabilisation des pentes



- 1 +

Participation à la biodiversité



- 1 +

Régulation du ruissellement



- 1 +

Rôle paysager



- 1 +

Approvisionnement pour l'Homme



- 1 +

#2 - LES RENDUS DE L'OUTILS

Aesculus hippocastanum, Marronnier d'Inde

DESSCRIPTIF DE L'ESPÈCE

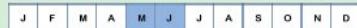
Famille : Sapindaceae

Taille : 30.0 m

Description : Grand marronnier au houppier imposant et arrondi. Grands panicules blancs parfumés

Feuillage : Feuilles caduques composées de folioles oblongues

Floraison :



ÉCOLOGIE

Caractéristiques
du sol

	Humide	Frais	Sec
Acide			
Neutre			
Basique			

Résilience

- ☐ Sol pauvre
- ☒ Sol calcaire
- ☒ Sel
- ☒ Inondations de courte durée
- ☒ Fortes gelées
- ☒ Sol compact
- ☒ Vent
- ☒ Fortes chaleurs
- ☒ Fortes sécheresses

SITUATION SANITAIRE

Aesculus hippocastanum possède un risque sanitaire moyen. Les bioagresseurs principaux de cette espèce sont assez dispersés dans le Grand-Est et occasionnent des dégâts plutôt importants sur le végétal.

ADAPTATION AU CLIMAT LOCAL ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Un des arbres les plus plantés en ville, il a fait ses preuves de son adaptation au climat urbain. Il supporte bien les sécheresses.

RÉSUMÉ

LIMITES & CONTRAINTES

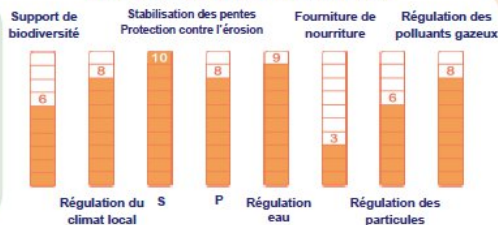
Contraintes fortes

Racines superficielles ou puissantes susceptibles de causer des dommages, Fructification pouvant entraîner des dommages, Grande hauteur

Contraintes moyennes

Branches cassantes

ÉVALUATION DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES



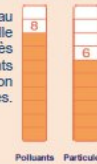
+

-

Aesculus hippocastanum, Marronnier d'Inde

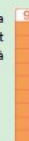
RÉGULATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Très grand arbre au port arrondi, au feuillage dense, et caduc. Feuilles de taille moyennes, palmées et glabres. Très bonne capacité de fixation des polluants gazeux et assez bonne capacité de fixation des particules fines.



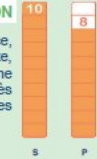
RÉGULATION DU RUISSELLEMENT

La grande taille de l'espèce, sa densité foliaire importante, sa forte transpiration estivale et son système racinaire colonisant plusieurs horizons lui confèrent une très bonne capacité à réguler le ruissellement.



STABILISATION DES PENTES ET PROTECTION CONTRE L'ÉROSION

Le système racinaire de l'espèce, comportant à la fois une racine pivotante, un fort étalement en superficie et une grande densité de racines fines, est très favorable à la fois à la stabilisation des pentes et à la réduction de l'érosion.



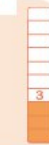
RÉGULATION DU CLIMAT LOCAL

Très grand arbre au port arrondi, au feuillage dense, et caduc. Feuilles de taille moyennes, palmées et glabres. Très bonne capacité d'ombrage et d'échanges avec l'atmosphère environnante.



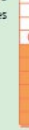
FOURNITURE DE NOURRITURE POUR LES HABITANTS.E.S

Période de consommation :
Non consommable



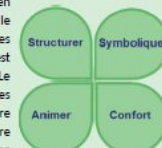
SUPPORT DE BIODIVERSITÉ

Espèce particulièrement attractive pour les pollinisateurs, le marronnier d'Inde est aussi un gîte potentiel important de chiroptères et autres espèces cavicoles.

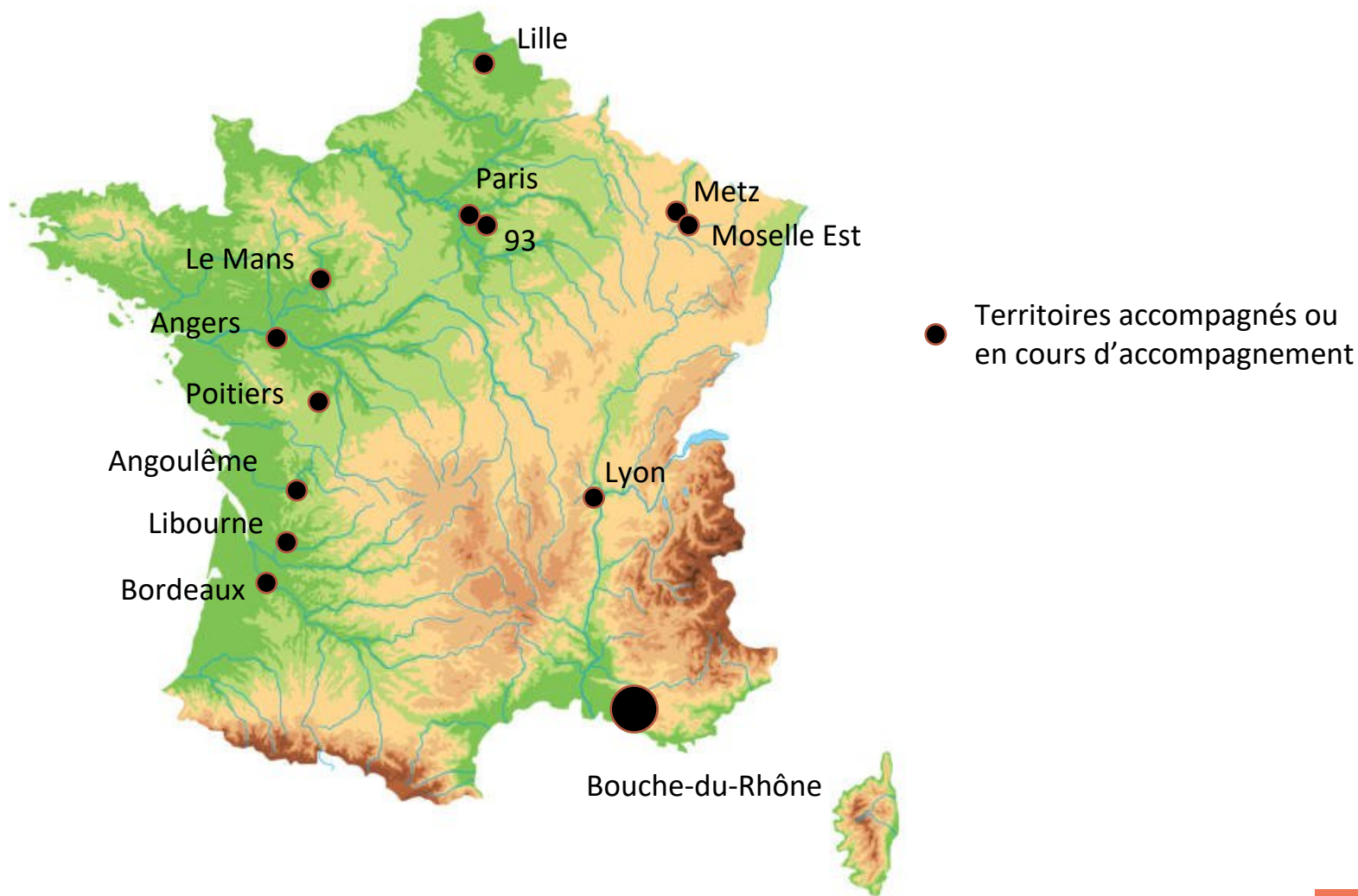


PAYSAGE ET CADRE DE VIE

Arbre majestueux à l'architecture imposante, aux rameaux denses recourbés et important volume foliaire. Qu'il soit planté en alignement en mail ou en isolé dans les parcs ou sur une place de village, le marronnier d'Inde est emblématique des paysages urbain et ruraux de l'est. Sa floraison est abondante est très décorative en panicules blanches au printemps. Le feuillage vire au roux précocement notamment lors des étés chauds. La production de marrons en septembre est annonciatrice de l'automne. Il offre une ombre dense et généreuse dans les grands espaces et le long des axes de promenade.



DÉPLOIEMENT DES DEMARCHES SESAME





MERCI POUR VOTRE ATTENTION

tarik.yaiche@cerema.fr

<https://sesame.cerema.fr/>

ANNEXE 5

**PRUNEL - « Lutte contre les îlots de
chaleur urbains en milieu tropical -
Guide des bonnes pratiques », CAUE
de La Réunion, Agence TER, La
Fabrique urbaine, l'Ademe, la DEAL, le
Laboratoire Piment et l'ONU Habitat,
mars 2022**

LUTTE CONTRE LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS EN MILIEU TROPICAL

GUIDE DES BONNES PRATIQUES



PRÉAMBULE

Élaboré dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir, ce guide recense des solutions simples et opérationnelles pour lutter contre les îlots de chaleur en milieu tropical dans un site déjà urbanisé.

Il synthétise les connaissances acquises dans le cadre du Projet de Renouvellement Urbain Nord Est Littoral (PRUNEL) porté par la Ville de Saint-Denis et la CINOR, engagé depuis 2015 avec la signature du Contrat de Ville.

Il propose également une synthèse des éléments clés pour concevoir un habitat confortable et adapté au climat tropical.

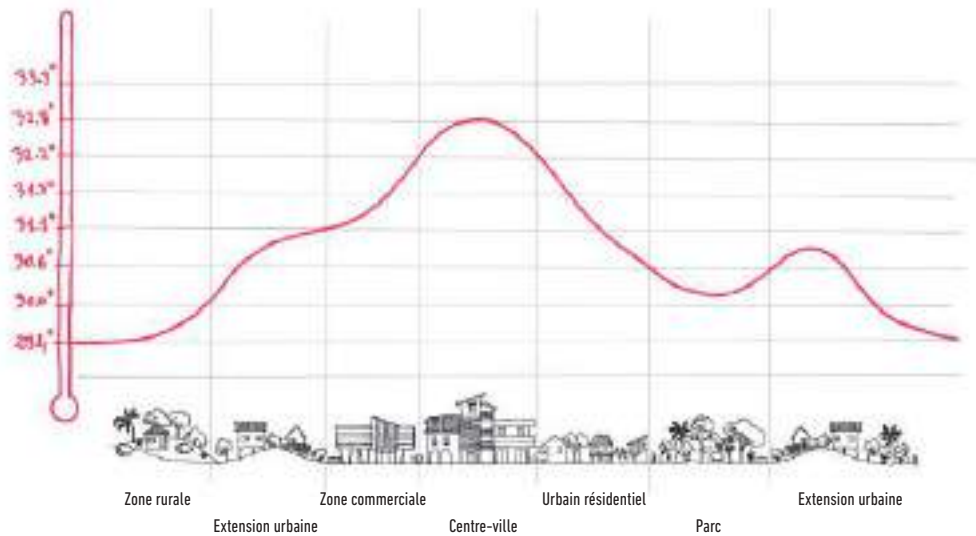
À destination des opérateurs – particuliers, promoteurs, collectivités locales, bailleurs sociaux - intervenant sur le périmètre PRUNEL, ces recommandations ont toutefois vocation à être transposées à d'autres projets urbains réunionnais.

Ce travail de capitalisation des bonnes pratiques existantes s'appuie sur différents documents et études réalisés par le CAUE de La Réunion, l'Agence TER, la Fabrique urbaine, l'Ademe, la DEAL, le Laboratoire Piment et l'ONU Habitat.

L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN EN MILIEU TROPICAL



L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

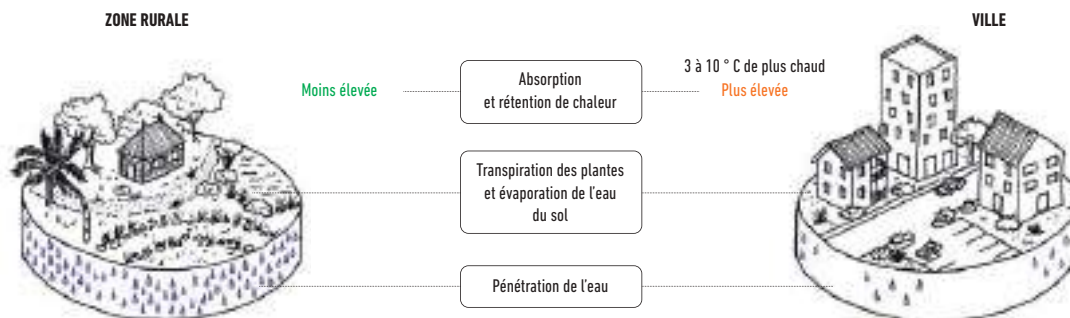


L'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène physique d'effet de dôme thermique créant une sorte de microclimat urbain au sein duquel les températures sont significativement plus élevées. Il est plus important dans un centre-ville très urbanisé et très bâti que dans des espaces plus arborés. Les bâtiments et le sol emmagasinent davantage de chaleur en zone urbaine que rurale. Les arbres et les espaces plantés ont un effet important sur la diminution de la température.

L'ICU est causé par le cumul de différents phénomènes :

- La densité et la forme urbaine ;
- L'artificialisation des sols ;
- Les propriétés d'absorption et de stockage de chaleur des matériaux de construction ;
- Les activités humaines (transport, climatisation, bétonisation...) ;
- La raréfaction d'espaces végétalisés ;
- Le climat.

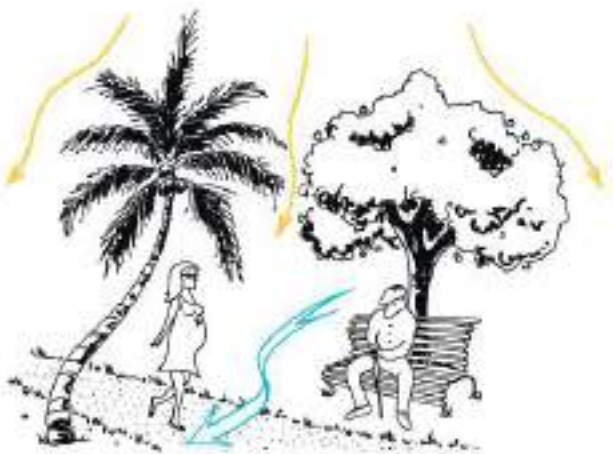
Les villes sont très vulnérables aux vagues de chaleur, car elles sont constamment sujettes au phénomène d'îlot de chaleur urbain. L'impact sur les populations et les infrastructures est amplifié.



L'îlot de chaleur urbain est révélateur de la différence de température observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes. Les températures des centres urbains sont en moyenne supérieures de 3°C et peuvent atteindre jusqu'à 10°C de plus.



L'INCONFORT THERMIQUE DES CITADINS

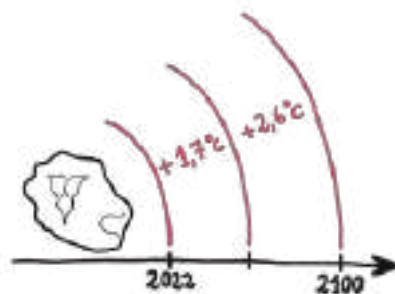


Le ressenti thermique d'un individu ne dépend pas seulement de la température. D'autres paramètres entrent en considération : l'hygrométrie, la vitesse du vent, le rayonnement du soleil et des surfaces environnantes, ou encore l'âge de la personne, son métabolisme, son habillement, son activité, son habitat, ses capacités de mobilité...



LA RÉUNION, UNE ÎLE TROPICALE

L'analyse des tendances de température réalisée par Météo France pour La Réunion révèle une hausse significative des températures moyennes de l'ordre de 0,15°C à 0,2°C par décennie (soit un peu moins de 1°C en un demi-siècle). Cette tendance devrait se poursuivre avec une hausse des températures prévue pour la fin du siècle comprise entre 1,7 et 2,6°C, comme cela est déjà arrivé en 2019 avec un record de température (+1,6°C par rapport à la moyenne).



LE CONFORT THERMIQUE, UN ENJEU FORT

Dans une île tropicale comme La Réunion qui connaît pendant de longs mois de fortes températures, notamment dans les Bas, l'enjeu consiste à :

- Créer des îlots de fraîcheur dans un milieu déjà urbanisé ;
- Développer le potentiel de ventilation à l'échelle urbaine ;
- Améliorer le confort thermique grâce aux protections solaires ;
- Concevoir un habitat confortable et adapté au climat tropical.

LE PÉRIMÈTRE DE PRUNEL

Le Projet de Renouvellement Urbain Nord Est Littoral (PRUNEL) porté par la Ville de Saint-Denis et la CINOR est engagé depuis 2016 avec la signature du protocole de préfiguration avec l'ANRU.

Situé à proximité immédiate du centre-ville de Saint-Denis, il s'étend sur 65 hectares.

Il regroupe trois quartiers classés Politique de la Ville : Butor, bas Maréchal Leclerc et Vauban.

Déjà urbanisé, il compte 5 500 habitants et 2 100 logements dont 70% de logements sociaux.

Deux contraintes fortes :

- Il est encadré au Nord par le boulevard Lancastel et au Sud par le boulevard Jean Jaurès, deux axes de circulation majeurs apportant bruit et pollution.
- Il est balayé sur sa façade nord, par les alizés et les embruns de l'océan Indien, ce qui occasionne une usure plus rapide des équipements, du mobilier urbain et des bâtiments.

Ce projet soutenu et financé par l'Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU) associe l'État, la CINOR, la ville de Saint-Denis, Action Logement, la Caisse des Dépôts, l'ADEME et les bailleurs sociaux (la SEDRE, la SEMADER, la SHLMR, la SIDR et la SODIAC).





LES ENGAGEMENTS DE PRUNEL



Engagé dans la démarche Eco Quartier, PRUNEL a pour objectif de donner la priorité à l'humain, à sa dignité, à la création de liens social et intergénérationnel dans un cadre de vie valorisé. Ces engagements se déclinent en actions opérationnelles qui visent à répondre aux attentes des habitants.

→ UN HABITAT AGRÉABLE, DURABLE ET FACTEUR DE MIXITÉ SOCIALE

- Proposer aux habitants des logements dignes et durables ;
- Favoriser des bâtiments sobres en énergie (en réhabilitation ou en construction) ;
- Diversifier les parcours résidentiels, c'est-à-dire le changement de logement en fonction de l'évolution des besoins de leurs occupants ;
- Veiller à une plus grande mixité sociale ;
- Développer les espaces de convivialité co-construits avec les habitants, pour une meilleure qualité de vie favorisant le vivre-ensemble ;
- Mettre en place une gestion urbaine de proximité, pour une meilleure articulation des nombreux intervenants et pour contribuer au maintien et à l'entretien des aménagements à venir.

→ DES ESPACES PUBLICS GÉNÉREUX ET OMBRAGÉS FAVORABLES AUX MOBILITÉS DOUCES ET ACTIVES

- Multiplier les lieux de rencontre et de vivre-ensemble pour toutes les générations ;
- Accéder à pied, à vélo, en fauteuil ou en transports en commun aux commerces, équipements publics renouvelés, lieux publics naturellement rafraîchis, quartiers historiques du centre-ville et à l'océan ;
- Préserver les continuités écologiques et paysagères (littoral, ravines) en privilégiant les modes doux et actifs ;
- Prendre en compte les évolutions du transport en commun.

**DES ÉQUIPEMENTS PUBLICS CONVIVIAUX AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT HUMAIN**

- Renouveler les équipements existants pour mieux répondre aux attentes des habitants et au développement humain des quartiers ;
- Favoriser le développement d'équipements structurants à usages mixtes, facilement accessibles et attractifs pour développer les rencontres et les pratiques solidaires et de bien-être ;
- Associer les instances représentatives à la formalisation de ces projets, comme le conseil citoyen de PRUNEL ou les conseils de quartier.

**UNE REDYNAMISATION ÉCONOMIQUE, ACCOMPAGNER LES ACTEURS ET CHANGER L'IMAGE DES QUARTIERS**

- Renforcer la polarité commerciale et économique du bas de la rue Maréchal Leclerc par un aménagement qualitatif et par un accompagnement multi-partenarial, notamment à l'égard des commerces ;
- Développer l'offre d'immobilier tertiaire orienté vers l'accueil des petites entreprises ;
- Accueillir sur la partie nord du quartier Vauban un pôle tertiaire, véritable locomotive pour le quartier ;
- Redynamiser le Butor avec de nouvelles activités (culturelles, économiques...) ;
- Accompagner les habitants vers la formation et l'insertion ;
- Favoriser l'expérimentation de l'inclusion et de l'innovation numériques ;
- Valoriser les quartiers et accompagner les porteurs de projets issus de PRUNEL.

**Un projet « Ville Durable et Solidaire »**

PRUNEL bénéficie de l'action « Ville Durable et Solidaire » du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA VDS). La convention signée avec l'ANRU en mars 2018 permet d'accompagner plus fortement le projet sur les aspects innovants, tout en maintenant l'ambition de co-construction et d'un développement urbain au service de l'humain.

Cette convention repose sur 3 axes :

- Privilégier des quartiers sobres en énergie ;
- Lutter contre les îlots de chaleur ;
- Promouvoir des actions pour favoriser la bonne santé de la population.

**Une production locale en milieu urbain tropical**

Elle se décline en trois projets :

- La création d'une micro ferme urbaine (création d'un espace maraîcher, d'une champignonnière en sous-sol...) ;
- La mise en place de jardins collectifs (création de jardins collectifs, développement des connaissances des plantes médicinales et aromatiques) ;
- L'implantation de ruches.

Ces projets sont en cohérence avec le programme « Mieux manger » de l'ARS déjà déployé sur PRUNEL.

CRÉER UN ÎLOT DE FRAÎCHEUR URBAIN EN VÉGÉTALISANT

Élément indispensable dans la lutte contre les îlots de chaleur, la végétation joue un rôle essentiel aussi bien dans l'espace public qu'au niveau des résidences. Elle doit faire l'objet d'une *stratégie végétale* répondant aux objectifs de qualité environnementale, de confort thermique, de biodiversité et de gestion écologique.

Au niveau de l'espace public

(arbres d'ombrage, espaces potagers partagés ou privés, jardins communs, haies...)

- Le débordement de la végétation sur l'espace public contribue à un apport d'ombre ;
- La végétation peut diriger les vents vers un bâtiment, bloquer le flux d'air ou créer des couloirs qui augmentent la force du vent ;
- La préservation des arbres existants permet de conserver les habitats qui s'y trouvent.

Au niveau des résidences

(toitures, dalles et façades, jardins privés, jardinières sur les balcons, circulations communes...)

L'intégration de la végétation dans la conception des bâtiments améliore la biodiversité et offre un cadre visuel agréable. Bien qu'elle n'ait pas de réelle fonction acoustique, elle joue cependant un rôle essentiel au niveau du ressenti.



La végétation permet de rafraîchir l'air avant qu'il ne traverse le logement, grâce à :

- L'apport d'ombre sur le bâtiment ;
- L'évapotranspiration des plantes, notamment des arbres (jusqu'à -4°C) ;
- La protection des ouvertures qui participent à la ventilation naturelle des logements.



La gestion écologique

Elle consiste à mettre en œuvre des pratiques d'entretien respectueuses de l'environnement et de la biodiversité. Elle a pour objectif d'appliquer des modes de gestion différents selon la typologie des espaces, le rendu souhaité et leurs usages.



L'évapotranspiration

Elle provient de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes.

Ces pertes de vapeur d'eau sont dues à la photosynthèse et dépendent particulièrement de la chaleur fournie par le rayonnement solaire, de la quantité d'eau disponible dans le sol, mais aussi de l'espèce végétale.



DES SOLUTIONS INNOVANTES D'OMBRIÈRES

Faciles d'entretien, les ombrières doivent permettre d'améliorer le confort thermique de l'espace extérieur par la création de zones ombragées pour piétons dans les zones identifiées comme les plus fréquentées et potentiellement sujettes à l'inconfort.



CRÉER UN ÎLOT DE FRAÎCHEUR URBAIN EN VÉGÉTALISANT



DES ARBRES D'OMBRE ET D'ALIGNEMENT

Identifier des espèces d'arbres endémiques les plus adaptées (à fort potentiel ombrageant et faible consommation d'eau) afin d'ombrager l'espace extérieur et de limiter les apports en eau tout en facilitant la maintenance.



Principales prescriptions pour PRUNEL

- **Arbres d'ombrage et d'alignement** Arbre à miel, Carambole marron, Manguier, Badamier
- **Palmiers** Palmier Paul et Virginie, Palmier à bétel, Cocotier, Latanier rouge
- **Petits arbres et arbustes hauts** Bois de Judas, Bois d'éponge, Bois d'arnette, Bois de sable
- **Arbustes et couvre-sols** Russelie fausse-prêle, Saliette, Thunbergie, Café fleur
- **Lianes** Liane Saint-Jean, Liane d'argent, Liane de cire, Liane de quisqualis.



Arbres sur la voie publique



Arbres sur la voie publique



Plante balcon



Jardin partagé



LE CHOIX DES OMBRES

L'ombre d'un arbre dépend de son port.



ARBRES AU PORT ÉTALÉ

- brise-vents
- ombres larges et affirmées (parking, cuisine extérieure, etc)
- ombres portées larges sur bâtiments



ARBRES AU PORT ÉRIGÉ

- ombres portées grandes et fines, idéales pour protéger les ouvertures à l'étage.



ARBRES AU PORT PARASOL

- mi-ombres larges (coin sieste ou lecture, etc)
- beaux arbres ornementaux.



Recommandations pour les plantations

Développer une stratégie végétale répondant aux objectifs de qualité environnementale, de confort thermique, de biodiversité et de gestion écologique.

- N'utiliser aucune plante invasive ;
- Privilégier les plantes locales endémiques et indigènes ;
- Choisir des plantes ornementales adaptées au milieu urbain (faible besoin en eau, racines n'engendrant pas de gêne...) ;
- Veiller au maintien des grands arbres existants ;
- Diversifier la palette végétale ;
- Réduire la présence de gazon.



Recommandations pour la gestion et l'entretien

- Former les futurs gestionnaires du site et les sensibiliser à la gestion écologique ;
- Pour les espaces moins fréquentés, opter pour une végétation plus naturelle, nécessitant moins d'entretien ;
- Réguler l'arrosage automatique pour limiter la consommation d'eau ;
- Sensibiliser et impliquer les habitants dans l'entretien des espaces plantés via la mise en place de projets collectifs (jardins, potagers, composteurs...).

CRÉER UN ÎLOT DE FRAÎCHEUR URBAIN EN INTERVENANT SUR LE SOL

Le traitement du sol qui entoure la construction est essentiel pour limiter le réchauffement de l'air et éviter le rayonnement vers les parois de la construction. Il est recommandé de réduire *a minima* les sols imperméables et de privilégier les matériaux pérennes, locaux, robustes et ne gardant pas la chaleur.



LAISSER TOMBER LE BÉTON

Le béton imperméabilise les sols, réverbère les rayons du soleil et stocke la chaleur pour la restituer en soirée. Il réchauffe également les brises thermiques. Si on l'utilise pour une allée ou un parking, il faut veiller à réduire la surface bétonnée au strict minimum et la mettre à l'ombre.

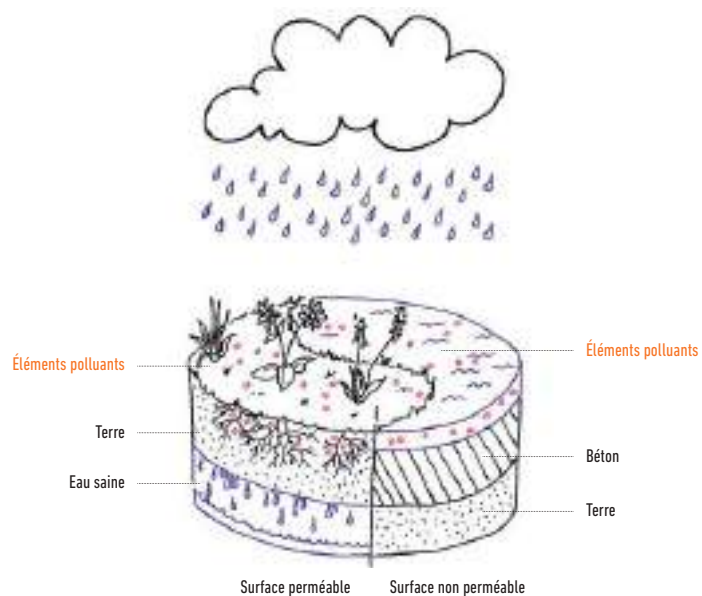


Les plantes réfléchissent moins les rayons du soleil que le béton et absorbent la chaleur. La différence de température entre un sol minéral (béton, pierre...) et une surface végétale est de l'ordre de 10°C.



FAVORISER L'INFILTRATION DE L'EAU

Afin de limiter les risques de ruissellement et/ou d'inondation, les règlements d'urbanisme imposent que 30 à 40% de la surface d'une parcelle soit perméable. Les végétaux permettent également de retenir les polluants présents dans l'eau.





PRIVILÉGIER L'ALTERNANCE

Pour PRUNEL, les revêtements de sol s'adaptent à l'échelle de l'espace et du degré de privatisation souhaitée. Ils alternent :

- Béton désactivé ou balayé ;
- Dalles et pavés de basalte avec joints enherbés ou gravillons ;
- Stabilisé pour les zones avec une pente inférieure à 2%, du fait des risques de dégradation par ruissellement lors d'épisodes pluvieux ;
- Mélange terre-pierre...



Pas japonais



Scories



Terre battue



Scories



Parking

DÉVELOPPER LE POTENTIEL DE VENTILATION À L'ÉCHELLE URBAINE

Développer une ventilation naturelle efficace nécessite :

- Un site suffisamment exposé aux vents ;
- Un relief ou des bâtiments ne compromettant pas l'exposition aux vents ;
- Une construction bien alignée avec l'axe des vents dominants ;
- Une architecture externe et interne favorisant les courants d'irrigation interne (et n'autorisant pas les obstructions) ;
- Des ouvertures et des évacuations d'air réglables et gérables.

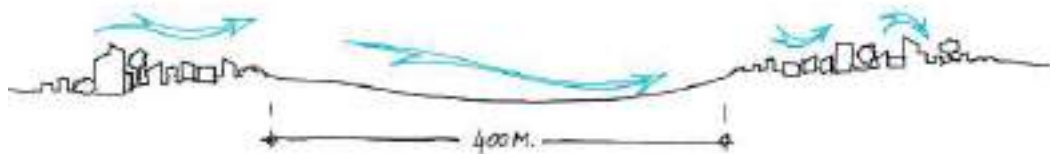
La non prise en compte d'un maillon de ce système compromet son ensemble.
Pour connaître les caractéristiques du vent sur un site, on peut se référer à l'outil « bâtiment PERENE Réunion » qui propose quatre zones climatiques géographiques avec des stations de référence climatiques où des bases de données sont disponibles.



BANDE BÂTIE AU VENT, FAVORABLE À LA VENTILATION NATURELLE



Quand le vent pénètre dans une urbanisation de ville, la première bande bâtie au vent de 200 mètres peut utiliser la dynamique du vent incident. Au-delà l'amortissement du vent est trop grand sauf si la construction émerge largement au-dessus de la hauteur moyenne des constructions.



Il faut 400 mètres d'espace libre de construction et de végétation au sein d'une urbanisation de ville pour que le vent « retombe » et « se restructure ».



Pour une ventilation naturelle efficace

Si pour l'ensemble des directions des vents dominants (alizés et brises thermiques) un niveau de vitesse moyenne supérieur ou égal à 2,50 m/s à une hauteur d'environ 10 mètres au sol est atteint et dépassé 50% du temps, alors on pourra développer une ventilation naturelle efficace. Dans le cas contraire, il faudra envisager, en plus d'une conception thermique poussée, la mise en place de brasseurs d'air et de systèmes de ventilation forcée.



ORIENTATION DES BÂTIMENTS PAR RAPPORT AU VENT

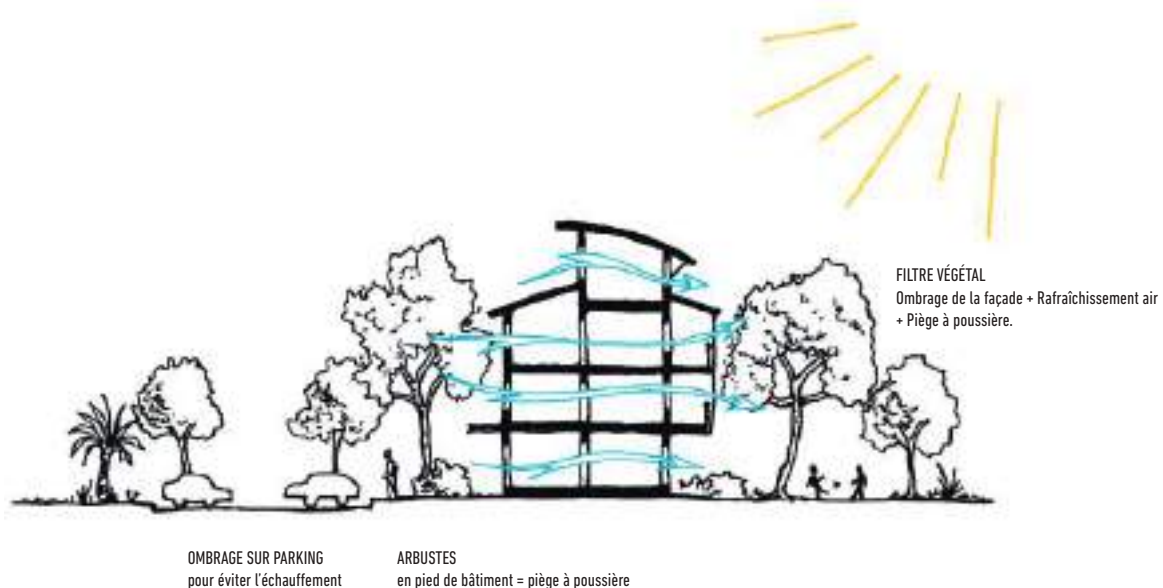
Il s'agit d'optimiser la ventilation naturelle et de profiter du potentiel aéraulique¹ du site, tout en veillant à une bonne protection vis-à-vis des vents dominants.

Profiter du potentiel aéraulique

- Ouvrants traversants Nord/Sud pour exploiter les brises thermiques ;
- Systèmes permettant de « capter » le flux d'air pour exploiter les alizés d'Est, et de s'en prémunir totalement par fermeture ;
- Ouvertures permettant de profiter des vents frais venant de la montagne ou des grandes ravines.

Se protéger de l'intensité du vent

- Filtres végétaux autour du bâtiment (arbres de haute tige, tapis arbustif) pour atténuer les vents forts, rafraîchir l'air et piéger les poussières ;
- Protection contre les vents d'Est (claustras, fermeture varangue, persiennes...), contre les vents cycloniques et les forts épisodes de pluie pour limiter l'impact des embruns sur les loggias ;
- Protection des ouvertures orientées plein Ouest lors de leur manipulation.



¹ Aéraulique : étude ou science de l'écoulement de l'air.

CONCEVOIR UN HABITAT CONFORTABLE ET ADAPTÉ AU CLIMAT TROPICAL

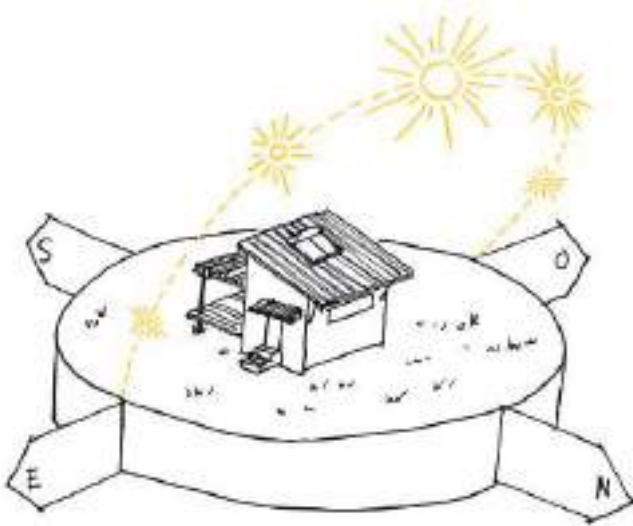
Depuis 2010, la Réglementation Thermique, Acoustique et Aération ou RTAA DOM s'applique à toutes les constructions neuves et parties nouvelles de bâtiments existants à usage d'habitation. Elle vise à garantir un confort thermique minimal aux occupants, sans recours à la climatisation, mais aussi à limiter la consommation d'énergie et à freiner le recours aux énergies fossiles au profit des énergies renouvelables.



SE PROTÉGER DU SOLEIL

ORIENTATION DES BÂTIMENTS PAR RAPPORT AU SOLEIL

L'orientation d'un bâtiment a un fort impact sur le confort thermique et la consommation d'énergie. Une bonne implantation favorise la circulation de l'air, offre un éclairage naturel maximal et limite le recours aux protections solaires.



PROTECTION DES BÂTIMENTS CONTRE LE SOLEIL

45% de la chaleur provenant des parois verticales, leur protection tout comme celle des ouvertures est un réel vecteur d'amélioration du confort thermique des logements.

Isolation du bâtiment

- Isoler la toiture ;
- Créer des débords de toit pour faire de l'ombre sur les façades ;
- Isoler les murs et baies exposés ;
- Isoler les parois par un bardage extérieur et/ou un doublage intérieur.

Protection des ouvertures

- Protéger les ouvertures de l'ensoleillement direct par des auvents, des casquettes pleines ou persiennées ;
- Adapter les protections solaires en fonction de l'orientation des façades ;
- Privilégier l'ombrage des façades très exposées par des doubles-peaux espacées de la façade d'au moins 80 cm ;
- Optimiser la ventilation naturelle, en optant pour des protections solaires des baies et des ouvrants : extérieures, orientables, relevables ou escamotables, panneaux claustras coulissants en fermeture de varangue...



CHOIX DES MATÉRIAUX

Privilégier les couleurs claires et les matériaux à faible inertie

- Naturels ;
- Bio-sourcés ;
- Issus de filière courtes et locales ;
- Déjà présents dans le paysage urbain du quartier ;
- Issus des filières de récupération.

Ils doivent être choisis pour leurs qualités propres en termes :

- Esthétique et technique ;
- De pérennité ;
- De protection thermique et solaire ;
- De réponse aux cibles environnementales.



CONCEVOIR UN HABITAT CONFORTABLE ET ADAPTÉ AU CLIMAT TROPICAL



LAISSER L'AIR CIRCULER

La ventilation naturelle de la construction doit permettre le rafraîchissement et le renouvellement continu de l'air.

Les recommandations

- Diminuer la largeur des bâtiments ;
- Bien positionner les ouvertures ;
- Créer des ouvrants de bonne taille ;
- Répartir les ouvrants sur les façades opposées ou latérales ;
- Adapter l'aménagement intérieur pour faciliter le balayage de l'air ;
- Installer des brasseurs d'air pour augmenter la vitesse de l'air ;
- Aérer les pièces de service (cuisine, salle de bains, WC) pour améliorer l'évacuation de l'air vicié.

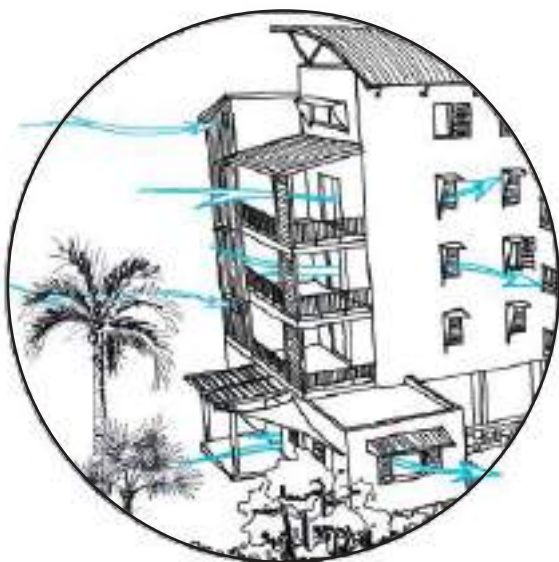


LUTTER CONTRE LES NUISANCES SONORES

Pour améliorer le confort des habitants, le logement doit être protégé des bruits intérieurs et extérieurs.

Les recommandations

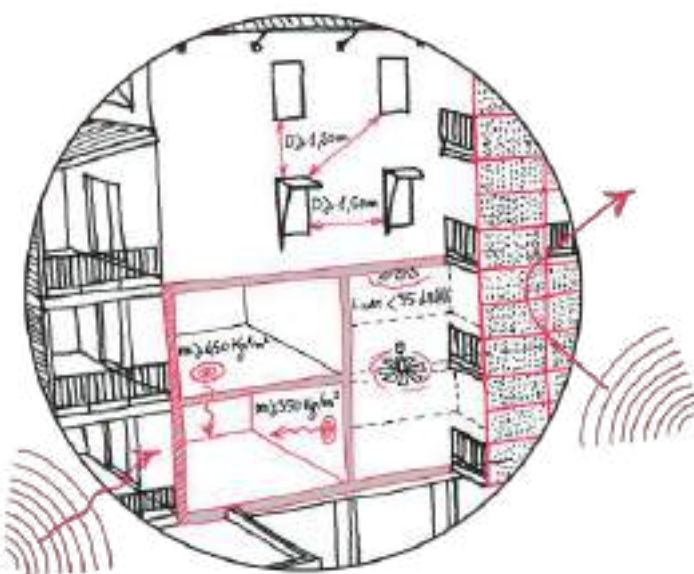
- Réaliser une isolation acoustique des façades par rapport aux voies de circulation ;
- Respecter une distance minimum de 5 mètres pour les maisons individuelles groupées ou jumelées en vis-à-vis ;
- Prévoir une distance suffisante pour les ouvertures, baies et fenêtres sur une même façade ;
- À l'intérieur, isoler acoustiquement les parois mitoyennes à un autre logement pour réduire le niveau sonore et notamment les bruits d'impact ;
- Apporter une attention particulière au choix des équipements techniques (brasseur d'air, Ventilation Mécanique Contrôlée).



La circulation d'un flux d'air à l'intérieur des logements participe à la sensation de bien-être.



La réglementation prévoit des caractéristiques minimales d'isolation acoustique des parois et des distances à respecter.



POUR ALLER PLUS LOIN



5 astuces pour réduire la chaleur dans le logement

1. Fermer les volets, les stores et les rideaux en journée

Le moyen le plus simple pour conserver une température agréable dans un logement, est d'éviter de laisser entrer la chaleur. Lorsque la température extérieure est supérieure à celle de l'intérieur, il est recommandé de tout fermer : fenêtres, volets et/ou stores et rideaux, afin d'éviter que la chaleur rentre.

2. Laisser entrer l'air la nuit

Il est recommandé d'ouvrir les fenêtres à partir du coucher du soleil et pendant la nuit pour permettre à l'air frais de faire son entrée. Cette technique permet au moins de bien dormir au frais et d'assurer une bonne aération du logement. Attention à penser à tout refermer dès que le soleil fait son retour.

3. Limiter l'usage d'appareils électriques

Plaques de cuisson et four sont de gros producteurs de chaleur. Mieux vaut limiter leur usage. Remplacer les plats chauds par des salades permet également de lutter contre la sensation de chaud.

Mieux vaut éteindre les lampes et les appareils électroniques qui dégagent de la chaleur même lorsqu'ils sont en veille. Les couper permet de diminuer la température de la pièce et de baisser sa facture d'électricité.

4. Utiliser les pouvoirs des plantes

Les plantes vertes peuvent avoir un effet rafraîchissant, car elles filtrent les rayons du soleil et libèrent de la vapeur d'eau. Il est conseillé de les arroser le soir. Certaines plantes peuvent également apporter de l'ombre et même avoir un « effet parasol » lorsqu'elles sont placées près des fenêtres, dans les jardinières, sur une terrasse, un balcon.

5. Mouiller le sol du logement avec de l'eau froide

Pour créer un peu de fraîcheur dans son intérieur, rien de mieux que d'humidifier le sol avec une serpillière. L'eau froide va s'évaporer et permettre de profiter d'un peu de fraîcheur au moindre courant d'air.

Si le sol ne peut recevoir d'eau : placer des linges humides devant les fenêtres permettra de rafraîchir l'atmosphère.



BIBLIOGRAPHIE

- PRUNEL, cahier de prescriptions urbaines, architecturales, paysagères et environnementales, Agence Ter, Zone Up paysage, La fabrique urbaine et Sicle AB, 2020.
- RTAA Dom, Fiche pratique 10 - Carnet aspects réglementaires, publication du Conseil d'Architecture et d'Urbanisme de La Réunion.
- Un jardin pour rafraîchir sa case, Fiche pratique 5 - Carnet Conduire son projet, publication du Conseil d'Architecture et d'Urbanisme de La Réunion.
- La RTAA DOM 2016. Réglementation thermique, acoustique et aération pour les logements neufs à La Réunion, publication de la DEAL.
- Lutte contre les îlots de chaleur urbains, Prunel, publication du Laboratoire Piment, Université de La Réunion.
- Charte pour la conception des bâtiments durables et des éco-quartiers dans les pays tropicaux, publication ONU Habitat.
- PRUNEL, Un projet de rénovation urbaine pour le bien-être des habitants, conception Stratégies et Territoires.
- La ventilation naturelle en pratique, Méthodologie pratique du développement de la ventilation naturelle dans la construction, appliquée à l'île de La Réunion, Ademe, 2016.
- Rafraîchir les villes, des solutions variées, Ademe Éditions, mai 2021.
- Contextualisation à La Réunion des engagements du label national éco quartier, Préfet de La Réunion, février 2017.
- Le défi de Beauséjour, Une ville tropicale durable à La Réunion, Dominique Gauzin-Müller, éditions Eyrolles, 2014.
- La ventilation naturelle à La Réunion, 12 enseignements à connaître. Agence Qualité Construction, 2017.



SITOGRAFIE

france-renov.gouv.fr
www.caue974.com
doc.cerema.fr
www.meteofrance.re
<https://www.saintdenis.re/prunel>
www.envirobat-reunion.com
<https://monexpert-renovation-energie.fr>



PERMANENCES CAUE

Plus d'informations sur www.caue974.com

Soutenu et financé par l'Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU),
PRUNEL associe l'État, la CINOR, la Ville de Saint-Denis, Action Logement, la Caisse des Dépôts,
l'ADEME et les bailleurs sociaux (SEDRE, SEMADER, SHLMR, SIDR et SODIAC).



ANNEXE 6

Boîte à question sur les études aérodynamiques – les réponses du CSTB



Les études aérauliques, pourquoi et comment faire

- ➡ - il besoin d'avoir recours à ces études techniques pour être exemplaire en termes de bioclimatisme ?

Il existe de **grands principes sur lesquels on peut s'appuyer**, mais les formes urbaines sont trop complexes pour que les dynamiques des fluides soient prévisibles à dire d'expert : un quartier n'est pas fait de cubes de la même taille, la variabilité et **la complexité des aménagements produisent des interactions en milieu bâti que seules les études peuvent objectiver**.

La densité prévue du projet peut donner une indication sur la nécessité ou non de conduire des études aérauliques : sur un quartier très peu dense, quelle que soit l'orientation et la disposition des bâtiments, la ventilation sera suffisante. Passé un **seuil**, les études sont nécessaires pour s'assurer du bon fonctionnement des principes de ventilation naturelle.

- ➡ -on identifier des risques et des précautions liés à l'utilisation de ces

Comme toute simulation, les études aérauliques utilisent des modèles qui comportent des biais. Dans le cas des simulations aérauliques, les biais sont plutôt conservateurs, car dans les bâtiments modélisés sont pleins et présentent des façades étanches. La porosité des façades n'est donc pas prise en compte, or elle peut fortement influencer positivement les écoulements d'air.

Les études aérauliques ne sont pas des produits miracles et, pour faire une simulation de qualité, il faut disposer de données très précises. Si cela n'est pas prévu très tôt dans le projet, le temps de collecte et de mise en forme des données peut être tr

- ➡ -ce pertinent de le mettre en œuvre pour du tissu urbain constitué

Les études aérauliques, appliquées à du tissu urbain existant, peuvent permettre d'identifier des zones particulièrement mal ventilées et de comprendre les causes de cette situation, en vue d'une remédiation. À travers l'installation d'éléments poreux (des écrans, de la végétation) l'aération peut être améliorée, ou à l'inverse si des espaces sont trop aérés, des « casquettes » peuvent être installée pour atténuer le vent.

- ➡ **Comment objectiver l'impact positif des études sur le confort des usagers**

Des indicateurs permettent d'objectiver la température, la vitesse de l'air, le rayonnement. Par exemple, le confort hygrothermique tient compte de la vitesse du vent. La température physiologique équivalente repose sur un principe de

comparaison : dans une pièce sans vent, ni soleil, avec une humidité moyenne, à quelle température ressentirait-on un stress thermique équivalent

Quelques ressources sur le sujet

Thèse de Merveil Muanda Lutete (2024) sur les outils d'évaluation des ambiances urbaines :

Evaluation microclimatique des mesures d'adaptation de l'environnement urbain aux contraintes du réchauffement climatique » <https://theses.hal.science/tel->

Rapport de l'ADEME, 2023 : Concevoir un urbanisme climatique en milieu tropical – conception urbaine favorisant la ventilation naturelle <https://librairie.ademe.fr/batiment/6552->

Guide du CSTB sur la climatisation naturelle de l'habitat en climat tropical humide :

- Tome 1 : méthodologie de prise en compte des paramètres climatiques dans l'habitat et conseils pratiques,
- Tome 2 : exemples de solutions architecturales développant la ventilation naturelle,
- Tome 3 (2002) : Principes aérodynamiques de la ventilation naturelle dans l'habitat tropical



Quelle méthode et quelle portée des études aérauliques

➡ Comment choisir la bonne méthode

Les études aérauliques peuvent être réalisées en soufflerie ou par des outils numériques. Les simulations en soufflerie peuvent tolérer plus d'approximations dans les bases de données, puisque les erreurs peuvent être constatées et corrigées au moment de la réalisation de la maquette. Ce sont aussi des solutions plus interactives, qui permettent de plus facilement des modifications évolutions dans le projet. Les simulations numériques demandent un travail de collecte et de mise en forme des données plus important, si le travail de recueil des données n'est pas pensé pour la simulation dès le début du projet. Néanmoins, elles fournissent des données spatialisées exhaustives, contrairement aux simulations en soufflerie qui ne permettent d'obtenir que des mesures ponctuelles. Elles offrent aussi la possibilité de croiser les observations, en simulant à la fois la circulation des flux d'air, les niveaux sonores et le confort hygrothermique.

Selon la qualité des données des constructions, le temps prévu pour les études, le besoin et le budget qu'on veut y consacrer,

➡ À quelle phase du projet est-il nécessaire de lancer ces études

Les études aérauliques peuvent être initiées à chaque étape du projet, avec un niveau de précision adapté :

- En phase aide : Utilisation de volumes simplifiés et de directions de vent principales pour valider la viabilité globale et la cohérence des zones qualifiées.
- En phaseénagement : Application d'une approche systématique et affinée pour stabiliser les orientations.

Quand serait le moment idéal ? Le créneau optimal se situe au début du projet, lorsque les masses bâties sont esquissées mais restent modulables. L'enjeu est d'intervenir assez tôt pour que les leviers (densité, hauteur) soient encore activables, mais assez tard pour que les ambitions soient claires. Une étude trop tardive sur un projet figé perd son rôle d'aide à la conception.

-on faire des études simplifiées si on arrive tard dans le projet ?

C'est envisageable. L'objectif se déplace alors vers la validation de la conception ou la détermination des espaces nécessitant un traitement spécifique (ventilation naturelle vs climatisation).

De quelles données a- -on besoin pour lancer des études aérauliques - elles normalisées

La question des données doit être abordée le plus tôt possible afin de garantir une représentativité statistique, l'idéal étant de collecter des données météorologiques plusieurs années avant le début des simulations.

Différentes méthodes existent pour constituer une base de travail, comme l'approche statistique pluriannuelle, la création d'une année type moyenne ou le choix d'une année représentative d'aléas spécifiques.

Bien que l'installation d'une station météo sur site offre des données réelles précieuses pour un coût modéré, un recalage avec une station Météo France reste indispensable pour assurer la fiabilité statistique des résultats.

En annexe 2, les recommandations du CSTB pour mettre en forme les données d'un projet en vue d'études aérauliques.

Jusqu'à quel niveau de précision peuvent aller ces études ? Quelles possibilités en termes de scénarisation

Le niveau de précision est ajustable selon les objectifs et peut concerner le détail de l'aménagement, les phénomènes physiques en interaction ou la dynamique temporelle. Actuellement, ces études demeurent des processus lourds pour tester une multitude de scénarios de manière fluide.

Quels sont les coûts associés à ces études

→ **Combien coûtent ces études techniques ? Quelle proportion par rapport au coût global de l'opération ?**

Les budgets sont directement corrélés à la surface et à la complexité de l'opération. Pour des projets d'envergure incluant des simulations croisées, le coût peut atteindre 160 000 €, comme illustré par la ZAC Phaonce.

À l'inverse, des essais en soufflerie pour l'optimisation d'un plan masse de quartier se situent généralement entre 30 000 € et 40 000 €. Pour des projets de faible ampleur, des actions simples comme la comparaison de deux options d'aménagement restent accessibles pour quelques dizaines de milliers d'euros.

→ **Quel est le coût associé à la révision du plan masse du projet**

La révision peut faire l'objet d'une expertise théorique humaine ou d'une simulation numérique (CFD). Selon la complexité de l'intervention, les coûts s'échelonnent de 1 000 € pour du temps de conseil à 10 000 € pour une simulation plus poussée.

→ **L'utilisation de ces études induit-elle systématiquement un surcout en phase de réalisation ? Ou est-ce au contraire plus sobre en génie civil**

L'idée est d'investir en réflexion lors de la conception pour éviter des corrections a posteriori. Si la phase d'étude peut s'avérer légèrement plus onéreuse, elle génère des économies à l'usage et réduit le besoin d'équipements compensatoires ou de modifications lourdes en génie civil, rendant l'opération plus sobre sur le long terme.

→ **Le maître d'ouvrage a-t-il besoin de développer des compétences et particuliers**

Le recours à des bureaux d'études locaux est préconisé. Leur analyse sensible du terrain et du climat local permet d'établir des hypothèses robustes en amont et de proposer un accompagnement réel tout au long du projet, facilitant l'appropriation des résultats techniques par les équipes opérationnelles.



Comment une étude aéraulique peut influencer mon projet

→ **La végétalisation des espaces extérieurs a-t-elle un impact sur les conditions aérauliques ? au-delà de l'aéraulique, comment évaluer le rôle du végétal sur le confort hygrothermique**

Une végétation très dense freine les écoulements d'air, ce qui confirme son impact direct sur l'aéraulique. Au-delà du vent, elle joue un rôle prépondérant sur le confort thermique par l'ombrage et l'évapotranspiration, à condition que

l'arrosage soit suffisant. Plusieurs projets visent actuellement à mieux caractériser scientifiquement ces effets.

➡ **- il d'autres études importantes à lancer avant en amont d'un projet bioclimatique**

L'aspect hygrothermique et le rôle du végétal doivent être liés à l'étude aéraulique pour une approche globale des ambiances, malgré le volume de données supérieur (variantes jeune/adulte). Une campagne de mesure in situ de la vitesse et de la direction du vent est nécessaire pour recaler le potentiel éolien par rapport à la tation Météo France de référence, au moins sur la période la plus défavorable. À défaut, il faut fournir plusieurs années d'archives météo.

Pour la ZAC coCité Phaonce, la simulation numérique a ainsi permis de croiser les enjeux thermiques, aérauliques et acoustiques sur une base scientifique. Enfin, ces modélisations aérauliques peuvent être réutilisées pour des études de dispersion de polluants, qu'il s'agisse de trafic routier ou de sources ponctuelles.

➡ **A quels types de propositions de modifications (forme urbaine, plan d'aménagement, hauteur et orientation des bâtiments...) peuvent conduire les études aérauliques**

Ces études influencent directement la répartition des volumes bâtis, notamment l'espacement entre les bâtiments, leur orientation, la hiérarchie des hauteurs ou encore la disposition des ouvertures. Elles peuvent également conduire à l'intégration de dispositifs aérodynamiques tels que des déflecteurs ou des écopés. Si l'organisation urbaine ne permet pas d'atteindre les objectifs de confort, des architectures spécifiquement dédiées à la ventilation naturelle doivent être développées.

➡ **Comment les prescriptions doivent-elle être ensuite prises en compte en matière architecturale - il des contre-exemples de dispositions architecturales non-compatibles ?**

Les prescriptions se traduisent souvent par des taux d'ouverture par façade ou des emprises de volumes spécifiques. À l'inverse, un cloisonnement intérieur "étanche" est incompatible avec une stratégie de ventilation. De plus, la protection acoustique vis- -vis du bruit extérieur et la protection contre les pluies battantes sont des points de vigilance majeurs qui doivent être conciliés avec le passage des

➡ **- il des incompatibilités avec la prise en compte de l'aléa cyclonique**

L'aléa cyclonique doit être intégré dès la conception pour s'assurer du comportement des solutions proposées. Paradoxalement, certaines stratégies de

ventilation peuvent réduire la vulnérabilité du bâtiment. Par exemple, une ouverture en toiture peut limiter la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur, rendant la structure plus résistante à l'arrachement, à condition de prévoir la fermeture des ouvertures en façade.

ANNEXE 7

Préconisations du CSTB pour des données CAO 3D exploitables

L'intérêt d'un modèle numérique commun est de pouvoir réaliser les études aérodynamiques, acoustiques, ventilation et confort sur une même base.

Il est également important d'avoir un géoréférencement pour exploiter les données de l'environnement lointain et du relief (base de données IGN), pour un recalage avec station météo par exemple.

Pour faciliter l'analyse et les évolutions, une paramétrisation du modèle numérique est souhaitable. Le besoin pour les simulations est d'avoir les enveloppes des bâtiments localisés par rapport au terrain naturel.

Afin d'éviter un lourd travail de vérification des données 3D, nous suggérons la démarche suivante en début de projet :

1/ Définition des contours des bâtiments (simulation aérodynamique et acoustique)

Partir d'un format STL / Dxf / 3dm

Avoir une indication de géoréférencement (coordonnées du fichier ou point de référence)

Avoir un classement par nombre d'étages (permet de définir la hauteur du bâtiment)

- Dans le nom des couches (layer en dxf)
- RDC, R+1, R+2 .../ avec/sans pilotis
- ou autre appellation avec signification (hauteur totale et hauteur des

Définition des éléments annexes type voiles d'ombrage (simulation aérodynamique et acoustique)

Plan 2D (3D si surfaces non horizontales)

Même géoréférencement que les contours de bâtiments

Règles de décalage en hauteur si besoin

3/ Définition de la nature du sol (ambiances extérieures via modélisation thermo-aérodynamique)

Format STL / Dxf / 3dm

Indication de géoréférencement (coordonnées du fichier ou point de référence)

Classement par couches

- Appellations parlantes (bitume sombre, bitume clair, herbe, béton, ...)
- Ou autre appellation avec signification (facteur de réflexion, photo, ...)

4/ Définition de la nature des façades (ambiances extérieures via modélisation thermo-aéraulique)

Même plan 2D que pour la définition des contours

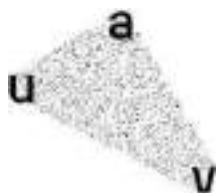
Même géoréférencement que les contours de bâtiments

Classement par couches pour chaque ligne de contour si besoin

- Appellations parlantes (béton, bois, métal, taux de vitrage, ...)
- Fichier texte définissant les caractéristiques associées à chaque appellation.

ANNEXE 8

Caractérisation d'une méthode de projet "à la Bongraine" et formalisation d'un bilan critique, Aquitanis, 2024



Un bilan possible de la « méthode Bongraine »

Caractérisation d'une méthode de projet "à la Bongraine" et formalisation d'un bilan critique

Octobre 2024

une
autre
ville



**« Faire naître à Bongraine un
quartier sobre et vivant, permettant
aux habitants de s'impliquer dans
une écologie joyeuse et volontaire »**

Intention du projet, 2024

Sommaire

1.	Qu'est-ce-que la « méthode » Bongraine ?	5
1.1	A l'origine de la « méthode Bongraine », l'imbrication des ambitions écologiques et participatives	6
A.	Extrait du cahier des charges d'Aquitanis, « Ecologie et communautés d'engagement » (2020)	6
B.	Extraits de l'offre du groupement de maîtrise d'œuvre urbaine (2020)	6
1.2	Une démarche d'accompagnement des changements plutôt qu'un travail de composition urbaine	7
1.3	Qu'appelle-t-on « Méthode Bongraine »	8
2.	Les implications concrètes de la « méthode Bongraine »	11
2.1	Les implications concrètes de la « méthode Bongraine »	12
A.	La conscience de notre impact sur le sol, sur le vivant et sur la vie de 800 familles et bien plus	12
B.	L'envie, la créativité	12
C.	La transversalité des savoirs et des savoir-faires	13
D.	La sincérité et la confiance dans nos compétences et celles des autres	13
E.	Le soin apporté aux liens entre nous	13
F.	La conviction que le temps doit continuer à bonifier le projet	14
2.2	Ce qui a été fait pour préparer les communautés habitantes à gagner en autonomie et à s'impliquer dans une écologie joyeuse et volontaire	15
A.	La permanence	15
B.	Des premiers ateliers citoyens dès 2021	15
C.	L'habitat participatif comme condition pour construire à Bongraine	16
D.	L'association des communs de Bongraine	16
E.	Les modalités de prises de décisions	16
F.	Les communs de Bongraine (à compléter avec LSDLV)	17
2.3	Ce qui change aujourd'hui	18
3.	Bilan critique	19
3.1	Les conditions de la bifurcation écologique sont-elles réunies ?	20
A.	Fluidité des canaux de communication (intensité + facilité)	20
B.	Capacité de la « méthode Bongraine » à permettre la diffusion de l'intention du projet auprès des nouvelles parties prenantes	22
C.	Considération de la parole des différentes parties prenantes	23
D.	Niveau d'envie et de confiance des parties prenantes du projet	24

E.	Amélioration continue de l'impact environnemental du projet	25
F.	Capacité à entraîner la bifurcation du territoire élargi	26
G.	Capacité à intégrer les propositions ou renoncements issus de l'intelligence collective / accords obtenus sur des sujets non balisés	27
H.	Montée en compétence collective	28
I.	Capacité du projet à faire de la place pour la créativité de tou.te.s	29
3.2	Les contions de l'implication citoyenne sont-elles réunies ? (à compléter avec M&E)	30
3.3	Les conditions de faisabilité du projet sont-elles réunies ? (à compléter avec Aquitanis)	31
A.	Capacité à mettre l'argent du projet là où il sert le plus l'intention	31
B.	Capacité à tenir un calendrier de projet raisonnable	32
4.	Comment caractériser un projet « à la Bongraine » pour passer le relais à l'AMU et aux habitants ?	33
4.1	Les fondements	34
4.2	Les changements à accompagner	34
4.3	Les critères de réussite	34
4.4	Eloge des petites victoires (en faire une annexe ?)	34

1.

Qu'est-ce-que la
« méthode » Bongraine ?

Ce qui fonde la recherche et la mise en place d'une méthode alternative de projet, c'est d'abord l'ambition environnementale, posée dès le départ par la CDA, puis l'enjeu participatif, défendu par Aquitanis comme condition sine qua non d'une écologie sincère. La « méthode Bongraine » cherche à déjouer la règle qui veut que l'ambition environnementale d'un projet se dégrade à mesure qu'il avance dans l'opérationnalité et dans la mise en usage.

La méthode Bongraine, initiée par l'équipe de maîtrise d'œuvre urbaine en réponse à cette demande, part de l'idée que pour opérer le renversement, on ne peut plus se contenter de propositions d'ajustements techniques mais qu'il faut pouvoir embarquer l'humain pour encourager des changements plus profonds des modes de faire. Cela passe par :

- L'implication des professionnels comme membres d'une communauté d'engagement initiale modélisante et vouée à disparaître
- Le déjargonage de la fabrique du projet urbain pour donner du pouvoir d'agir aux premiers concernés : les futurs habitants du quartier.

1.1 A l'origine de la « méthode Bongraine », l'imbrication des ambitions écologiques et participatives

A. EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES D'AQUITANIS, « ECOLOGIE ET COMMUNAUTES D'ENGAGEMENT » (2020)

« Un projet écologique ne peut se penser comme un projet d'experts techniques qui produit habitats et espaces publics vertueux, auxquels les habitants de demain devront s'adapter, grâce à une pédagogie prescriptive d'un mode de vie considéré « en chambre » comme « éco-responsable ». Aujourd'hui, les producteurs d'une ville durable pensent connaître les attendus des citoyens et pouvoir agir grâce à des solutions ; et on trouve une standardisation des solutions : conciergerie, jardins partagés.

Mais sait-on vraiment comment les citoyens souhaitent et peuvent intégrer l'impératif écologique ? Quelles sont les réalités de leur vie quotidienne ? et en quoi les services proposés répondent concrètement d'abord à leurs besoins ? »

B. EXTRAITS DE L'OFFRE DU GROUPEMENT DE MAITRISE D'ŒUVRE URBAINE (2020)

« La participation citoyenne doit être outillée puis elle doit enrichir le projet, au risque de l'infléchir. Cela suppose une double logique de diffusion des connaissances sur l'écologie urbaine, à travers une démarche d'éducation populaire, et d'infusion/appropriation des enjeux par les habitants et l'ensemble des parties prenantes, dans une logique d'accompagnement des changements et non pas de pédagogie des usages vertueux, pour que le projet soit incarné et pris en main après notre départ ».

« Notre intervention dans la vie du territoire sera circonscrite dans le temps. Nous comprenons qu'il ne s'agit pas de livrer le produit le plus performant possible à l'issue de cette période mais de

contribuer à une montée en compétence progressive et collective pour créer les conditions d'une amélioration continue du projet dès le démarrage et bien après notre départ. »

« Quelques principes clés :

- Faire sortir l'expertise environnementale du champ purement technique
- Ne pas figer le projet dans un dessin
- Être partie prenante ... pour impliquer les parties prenantes
- Décloisonner les étapes du projet urbain
- Donner du crédit à l'expression citoyenne dès le départ »

En 2023, arrivée d'une équipe AMU alignée sur cette vision



« L'ambition de Bongraine est salubre et nécessaire. Elle l'est bien évidemment par sa conception, ses objectifs et son attention au monde qui vient, aux enjeux climatiques, énergétiques, de boucle courte alimentaire, de mobilités douces et de bâtiments frugaux. En observateur et acteur du monde qui vient, on sait bien que celui-ci va mal s'accorder des demi-mesures et que préparer les communautés à gagner en autonomie dans un environnement adapté n'est pas vraiment une option. »

Extrait de l'offre de l'AMU, 2023

1.2 Une démarche d'accompagnement des changements plutôt qu'un travail de composition urbaine

En plaçant l'écologie urbaine comme mandataire du groupement de maîtrise d'œuvre, puis en choisissant Une autre ville, Aquitanis a fait le choix de favoriser la logique d'accompagnement sur celle du dessin.

Le projet Bongraine assume que pour encourager une dynamique profonde de conversion écologique, les expertises (technique, environnementale, opérationnelle...) ne sont pas suffisantes, et qu'il importe d'explorer des alternatives dans la manière d'impliquer et de soutenir l'ensemble des acteurs du projet., en intégrant les principes de l'accompagnement des changements au cœur de la gestion de projet.

En pleine crise covid, dans un terreau humain sincèrement concerné par les enjeux écologiques et dans une volonté collective non dissimulée de renverser les modes de faire habituels, la proposition de concevoir un projet urbain dans une logique d'accompagnement des changements a suscité l'enthousiasme. C'était expérimental (jamais fait dans un projet urbain), donc vraiment risqué et incertain mais rendu possible par une volonté commune de l'équipe projet de départ.

Une quinzaine d'acteurs clés du projet Bongraine ont été formés à l'accompagnement des changements entre 2020 puis en 2023. Si ces personnes, dont une partie a quitté le projet depuis, ne sont pas du tout représentatives des parties prenantes d'aujourd'hui ni, encore moins, de demain, elles ont été les instigatrices d'un certain état d'esprit dont on peut

énoncer quelques principes simples qui innervent aujourd'hui encore la « méthode Bongraine » :

- La création d'un cadre de confiance réciproque pour oser modifier ses habitudes dans un cadre sécurisé
- L'acceptation que les changements profonds ne se décrètent pas, qu'ils rencontrent des résistances légitimes et qu'ils prennent du temps
- La transversalité des échanges pour renforcer la capacité d'action collective et la robustesse des propositions
- L'écoute totale pour comprendre et activer les moteurs propres à chacun.e pour passer à l'action
- La reconnaissance du libre arbitre comme condition d'implication dans la mise en œuvre effective et durable des mesures écologiques souhaitables
- Le dépassement des positions de principe et des rapports de force habituels en faveur d'une montée en capacité d'action.

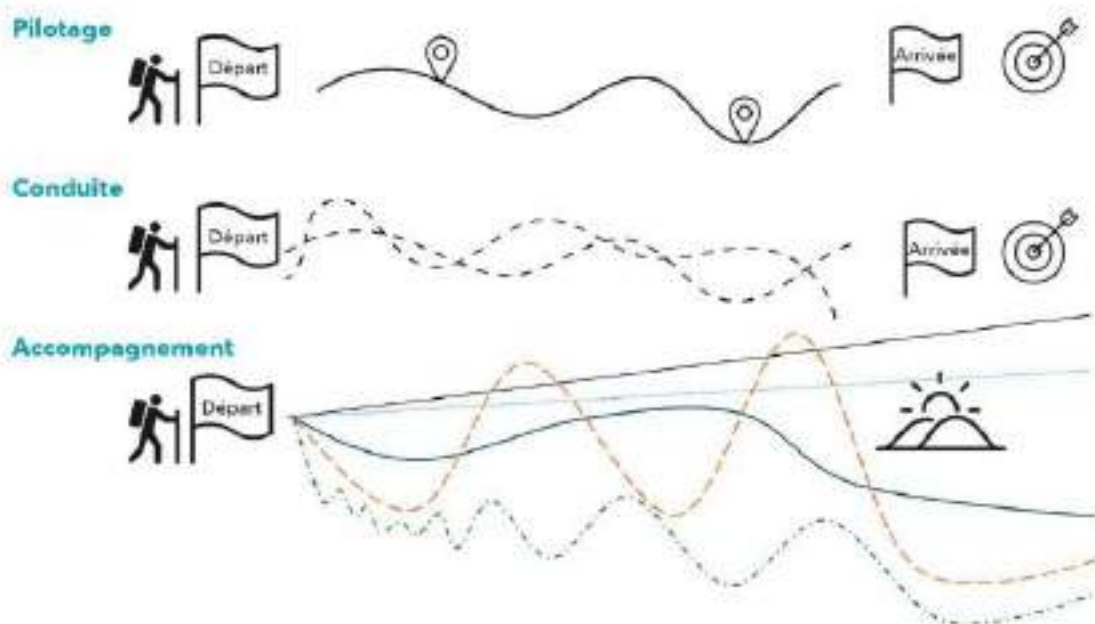
Progressivement, cette démarche a fait émerger une première communauté de projet regroupant différentes compétences – avec la volonté de l'élargir, dans une logique de « passage de relais » aux autres parties prenantes : opérateurs immobiliers et leurs maîtrises d'œuvre, entreprises de construction, riverains, futurs habitants ou usagers du site...

1.3 Qu'appelle-t-on « Méthode Bongraine »



Différentes manières de qualifier la méthode Bongraine selon les personnes à qui on s'adresse (source : une quinzaine d'entretiens menés en 2023 auprès de professionnels et d'habitants impliqués sur le projet)

Force est de constater que la « méthode Bongraine » recouvre des significations bien différentes selon les gens, ce qui rend complexe son analyse critique. Ce qui est certain, c'est qu'on l'appelle improprement « méthode » puisqu'elle n'est ni une démarche rationnelle de l'esprit pour découvrir ou démontrer une vérité, ni un ensemble de processus ordonnés pour parvenir à un résultat.



Schématisation du principe de l'accompagnement des changements

Elle est plutôt un processus vivant fondé sur des engagements partagés par une première communauté de professionnels et qu'il convient de remettre à plat aujourd'hui parce que **ce texte n'engage que ceux qui l'ont rédigé.**

LA MÉTHODE BONGRAINE...

... C'est prendre le risque de faire mieux que ce qu'on sait déjà faire, en s'appuyant sur :

- ☐ la conscience de notre impact sur le sol, sur le vivant et sur la vie de 800 familles et même bien plus
 - le réflexe écologique et participatif dépasse les injonctions et les référentiels. Lorsque des choix sont à faire, c'est cette intention qui les guide.
- ☐ l'envie, la créativité
 - le plaisir d'expérimenter est une affaire sérieuse, il a sa place dans notre travail.
- ☐ l'écoute, la transversalité des savoir (-faire)
 - Chacun compte, au-delà des postes, des rôles, des années d'exp.
- ☐ la confiance
 - Nous avons la responsabilité de nourrir naturellement nos forces et nos capacités d'action.
- ☐ le soin apporté aux liens entre nous
 - Nos réunions, notre manière de travailler incarnent l'esprit du projet Bongraine.
- ☐ la conviction que le temps doit continuer à bonifier le projet
 - Le projet n'est pas figé, il encourage les changements profonds et durables qui nous dépassent. Ces changements ont besoin de temps. Ils doivent infuser et concerner tous les acteurs actuels et futurs. Aucun d'entre nous ne les porte seul sur ses épaules mais nous en sommes tous et toutes responsables.

2.

Les implications concrètes
de la « méthode
Bongraine »

Avant d'entamer le bilan critique, il est utile de recenser ce qui a été mis en place à Bongraine en accord avec l'esprit du projet et avec les engagements compilés dans le texte de la méthode.

L'un des objectifs assumés est de rendre hommage à l'investissement des ouvriers de cette étape du projet, qui ont accepté de mettre leur énergie et leur créativité au service de l'intention du projet en sortant de leur zone de confort et sans garantie de résultat. Il aurait probablement été possible de faire mieux mais cette base, constituée dans l'enthousiasme, peut aussi être considérée comme un déjà-là précieux (un trésor) pour le projet.

L'autre objectif, lié au premier mais plus opérationnel, est de permettre aux habitants et aux nouveaux acteurs du projet, de savoir sur quelles bases ils peuvent s'appuyer pour la suite. Le passage à l'opérationnel rend le travail plus complexe et les échanges plus âpres mais ils n'arrivent pas sur un terrain hostile à défendre. Au contraire, ils ont dans l'équipe projet des alliés qui ont eu à cœur de leur faciliter la tâche, et même de la rendre joyeuse.

2.1 Les implications concrètes de la « méthode Bongraine »

A. LA CONSCIENCE DE NOTRE IMPACT SUR LE SOL, SUR LE VIVANT ET SUR LA VIE DE 800 FAMILLES ET BIEN PLUS

Le réflexe écologique et participatif dépasse les injonctions et les référentiels. Lorsque des choix sont à faire, c'est cette intention qui les guide. C'est ce qui a conduit à mettre en place les actions détaillées dans la partie suivantes, mais cet engagement a aussi eu pour conséquence :

- La mise en place de réunions en extérieur sur la fiche, de visites de site et, plus globalement, l'imprégnation de l'espace du projet et de ses transformations, quelles soient liées aux travaux préparatoires, au cycle des saisons ou aux aléas climatiques
- L'identification anticipée de ressources locales en amont de la conception des bâtiments (filières de matériaux biosourcés, de réemploi...)
- Un travail prioritairement tourné vers les espaces publics, la préfiguration, le jardin du projet, en lien avec des associations locales et avec les techniciens des espaces verts
- La désignation d'une écologue pour le suivi écologique des projets (de nombreux entretiens soulignent la nouveauté et la richesse de leurs interactions avec la LPO)
- La sélection d'un opérateur énergétique pour le RCU sur des critères de performance environnementale et de soutenabilité économique plutôt que sur le choix seul d'une solution d'approvisionnement.

B. L'ENVIE, LA CREATIVITE

Le plaisir d'expérimenter est une affaire sérieuse, il a sa place dans notre travail et il est au service du projet, ce qui a eu pour conséquences :

- L'organisation de temps festifs et d'ateliers créatifs, notamment avec les enfants de l'école de la Courbe et en s'appuyant sur l'Association des Communs de Bongraine
- Une semaine annuelle de rassemblement sur le site : les Bonne(s) Semaine(s), pour et par toute la communauté de projet.
- Des Conversations Bongraine, rendez-vous décalés et apprenants, au cours desquels un expert de la fabrique urbaine intervient et dialogue avec une comédienne traductrice de jargon.
- Plus largement, l'intervention de cette artiste de rue pour décaler le regard dans différentes instances de travail (réunions techniques, visites, ateliers, inaugurations ...)
- Un projet de halle en matériaux de réemploi pour le jardin du projet conçu par tous les architectes des lots de la phase 1 ensemble et réalisé par toutes les bonnes volontés.

C. LA TRANSVERSALITE DES SAVOIRS ET DES SAVOIR-FAIRES

Chacun compte, au-delà des postes, des rôles, des genres et des années d'expérience, ce qui a eu pour conséquences :

- Un renversement des rôles de la maîtrise d'œuvre urbaine avec l'écologie urbaine comme compétence mandataire.
- La désignation d'opérateurs immobiliers dès la phase de programmation, sans attribution de lot (la répartition s'est faite ultérieurement entre eux) pour consolider des ambitions communes. La co-construction des ambitions environnementales a abouti à la rédaction des clauses de promesses de ventes.
- Des ateliers (très) collectifs animés de telle sorte que tout le monde ait la parole et que la feuille de route du projet soit co-construite.
- Des groupes de travail thématiques mixtes (aménageur, collectivité, MOE, BET, habitants...) sur des sujets comme la mobilité, l'éducation populaire, les éco-matériaux... La plupart ont périclité faute de moyens mais le groupe de travail sur les éco-matériaux est devenu un lieu central pour l'avancée du projet
- Des ateliers inter-îlots pour que les MOE puissent mettre en commun leurs idées et en dialogue leurs projets
- Des revues de projets immobiliers conçues en lien avec les accompagnateurs BDNA et les services instructeurs de la CDA.

D. LA SINCERITE ET LA CONFIANCE DANS NOS COMPETENCES ET CELLES DES AUTRES

Le savoir-être est une compétence clé. Nous avons la responsabilité de nourrir mutuellement nos forces et nos capacités d'action, ce qui a eu pour conséquences :

- Le principe de la co-maîtrise d'ouvrage pour les lots immobiliers.
- Des échanges transparents et collectifs sur les bilans financiers afin d'identifier les freins réels et de travailler ensemble sur les leviers d'un meilleur impact environnemental
- La mise en place d'un cadre de confiance et de sécurité au début des échanges qui permet de parler des sujets bloquants dans un groupe disponible pour l'écoute.
- La formation des commercialisateurs des logements aux enjeux environnementaux du projet.

E. LE SOIN APPORTE AUX LIENS ENTRE NOUS

Nos réunions, notre manière de travailler incarnent l'esprit du projet Bongraine, ce qui a pour conséquences principales des modalités d'échanges renouvelées :

- Cadre de confiance,
- Soins du lieu et du temps,
- Transversalité,
- Expression et écoute des besoins de tous et toutes,
- Présence totale et invitation à la déconnexion numérique,
- Construction de consensus pour des sujets clés comme l'énergie, le stationnement, l'autoconsommation collective...

« A Bongraine, on expérimente une méthodologie d'animation de réunions apportée par Une autre ville (en cercle, non cachés derrière nos ordinateurs...) qui permet de travailler sur des sujets difficiles, parfois longtemps, sans monopolisation de la parole et sans sortir la tête farcie. Le fait de travailler dehors, dans des configurations variées nous montre que ce n'est pas parce qu'on n'est pas autour d'une table qu'on n'est pas en train de travailler. Au contraire, ça libère la créativité et ça participe de la qualité du projet », Aurélie, aménageur, octobre 2024

Au-delà de ces éléments, le soin apporté aux liens entre nous a également supposé une grande disponibilité les uns pour les autres en dehors des temps de réunion, débordant largement le temps alloué à un projet plus classique.

F. LA CONVICTION QUE LE TEMPS DOIT CONTINUER A BONIFIER LE PROJET

Le projet n'est pas figé, il encourage les changements profonds et durables. Ces changements ont besoin de temps, ils doivent infuser et concerner tous les futurs acteurs, en tenant compte de leurs besoins. Aucun d'entre nous ne les porte seul sur ses épaules mais nous en sommes tous et toutes responsables, ce qui a pour conséquences :

- Un plan guide évolutif assorti d'un planning partagé « agile » pour intégrer une part d'incertitude
- Un bilan carbone itératif
- Des livrables peu nombreux et courts (parmi eux : les prescriptions pour les lots immobiliers, dans lesquelles les gardes-fous participatifs et écologiques sont soumis à pénalités financières).
- L'acceptation d'un certain inconfort lié aux pistes d'améliorations laissées ouvertes.
- La préfiguration spatiale à travers le jardin du projet et organisationnelle à travers la création de l'association des communs de Bongraine
- Mais aussi un sentiment de lenteur et d'indécision, particulièrement ressenti par les acteurs entrés plus tôt que de coutume dans un projet comme celui-ci

2.2 Ce qui a été fait pour préparer les communautés habitantes à gagner en autonomie et à s'impliquer dans une écologie joyeuse et volontaire

Avant l'arrivée d'Aquitanis, la concertation autour du projet de Bongraine avait déjà été très soignée par la CDA, dès 2012 (réunions publiques, balades, fêtes, enquête...). Là où beaucoup de projets d'aménagement consultent la population trop tardivement, la question est presque inversée ici, avec une volonté réelle d'impliquer les gens mais un sujet déjà ancien autour de l'essoufflement de la mobilisation. La relance du projet en 2020 a été l'occasion de mettre en place de nouvelles actions de participation dans l'idée d'éviter la conception d'un projet d'écologie technique désincarné et, si possible, de susciter un désir d'écologie qui serait une matière pour le projet. Ces actions sont le terreau de la mission d'AMU aujourd'hui.

Quelques éléments de calendrier

- Concession d'aménagement : mars 2020
- Ouverture de la permanence : juillet 2021
- Premiers ateliers citoyens : 3eme trimestre 2021
- Sélection des opérateurs immobiliers : juin 2021
- Webinaire de pré-commercialisation : avril 2022
- Arrivée d'Hicéo comme MOA : mai 2022
- Sélection des premiers MOE des lots : juin 2022
- Première Bonne Semaine et création de l'association des communs : juin 2022

A. LA PERMANENCE

La première action de l'équipe projet a été de rechercher, d'aménager et d'ouvrir la permanence de Bongraine, dès l'été 2021. Il aurait été possible de concevoir et de construire la « petite maison de Bongraine » mais ça aurait pris beaucoup plus de temps. L'idée était vraiment de se mettre dès le départ dans une posture d'écoute et d'ouverture. Ouvrir ce lieu dans un rez-de-chaussée existant avait aussi beaucoup de sens pour créer du lien avec le quartier, pour animer un espace public existant et pour modéliser ce que peut être un aménagement frugal.

Grâce à une présence à temps plein pendant plusieurs mois de la MOEU, elle a permis de tisser des liens de confiance et de vraies relations de proximité avec les riverains, avec les associations locales et avec les potentiels

futurs habitants.

La présence hebdomadaire de l'aménageur a ensuite été salutaire pour entretenir et approfondir ces liens.

L'existence de cet espace a aussi permis de faciliter les échanges autour du projet, avec ou sans la présence de l'équipe.

B. DES PREMIERS ATELIERS CITOYENS DES 2021

Après la réunion publique de septembre 2021, qui a relancé officiellement la concertation à Bongraine, trois ateliers citoyens ont eu lieu dès le 3eme trimestre 2021 sur l'habitat participatif, les espaces publics et l'architecture.

Sans dresser le compte-rendu exhaustif de ces 3 rencontres, on peut mettre en évidence plusieurs conséquences très directes de la prise en compte de la parole habitante dans la conception du projet :

- La dangerosité de la sortie dans le virage au nord-est du site : le plan de circulation a été revu, le virage a disparu et la rue de la Noue, désormais à sens unique, ne sera pas une alternative à l'avenue Salengro
- Le souhait de créer des jardins partagés pas uniquement sur le chemin du rail et de créer un espace extérieur de rencontre type place publique : le jardin du projet, qui devait être construit dans le plan guide initial, a été libéré du bâtiment prévu initialement et est devenu ce lieu de rencontre, cultivé et investi par les habitants
- La présence d'Hicéo dans le tour de table a créé les conditions favorables à son arrivée dans le projet, comme maître d'ouvrage, ce qui est une réelle richesse pour le projet. Pionnière dans l'écoquartier, la coopérative Hicéo incarne parfaitement l'idée que « l'habitant est maître de ses ressources ». Ce groupe d'habitants aide à porter les ambitions du projet en influençant les dynamiques opérationnelles et structurelles du quartier notamment lors des ateliers de travail multi-acteurs.

Ces ateliers se sont poursuivis en autonomie, soutenus par Aquitanis et parfois en présence de la MOEU.

C. L'HABITAT PARTICIPATIF COMME CONDITION POUR CONSTRUIRE A BONGRAINE

En parallèle de l'accueil d'Hicéo dans le projet, les autres opérateurs immobiliers ont également l'injonction de donner la parole aux futurs habitants et d'en tenir compte dans la conception de leur projet, dans des degrés variés permettant à chacun.e de trouver sa place : logement libre ou social, lot à bâtir, autopromotion, co-création.

Cette exigence a fait l'objet d'une clause de promesse de vente :

Règle 6 : Donner la capacité et la possibilité aux habitants de co-produire des logements adaptés à leurs besoins et à leurs modes de vie en faisant notamment appel à une AMU (assistance à maîtrise d'usage).

Les 17 lots à bâtir de la phase 1 sont un cas particulier dans la mesure où chaque acquéreur est maître d'ouvrage de sa maison. Le choix de procéder à un tirage au sort parmi les candidats et la règle de co-construction de l'îlot H relèvent de la même volonté de contribuer à un projet commun et juste où la parole habitante a du poids.

D. L'ASSOCIATION DES COMMUNS DE BONGRAINE

La création de l'Association des Communs de Bongraine en 2022 sous l'impulsion d'Aquitanis, puis sa montée en autonomie en 2023 a été une étape fondamentale du projet. Elle a pour vocation d'être une force vive quant à l'autogestion du quartier. Son organisation et sa montée en puissance actuelle permettent aux citoyens de se munir de moyens de gouvernance et de gestion de ressources essentielles au quartier, telles que l'énergie, l'alimentation, l'eau, les mobilités ou encore la convivialité. Cette association préfigure une éventuelle SCIC en cours de réflexion pour gérer tous les équipements communs du quartier.

E. LES MODALITES DE PRISES DE DECISIONS



C'est sûrement sur ce volet que la méthode Bongraine a le plus manqué de clarté jusqu'à présent et pourrait s'améliorer fortement.

La désinstitutionnalisation du projet a rendu l'exercice du traditionnel comité de pilotage impropre à prendre les décisions. Ces instances sont rares et fonctionnent davantage comme des lieux d'information des décisions prises en amont soit par des négociations politiques qui dépassent l'équipe projet (participation aux équipements publics, école, passerelle...) soit par des discussions en atelier, soit, pour de sujets particulièrement complexes (stationnement, énergie), par

consentement des personnes présentes parmi lesquelles ne figurent pas les habitants.

« Personnellement, cela m'est arrivé d'être un peu libéré de la prise de décision via le collectif, avec un avis de consentement, sans prendre position directement, et ça m'a permis de concentrer mon énergie sur des points qui me paraissaient essentiels ». Adrien, aménageur, juillet 2023

L'essentiel des décisions sont prises lors de discussions techniques pendant les réunions, ateliers et groupes de travail thématiques. La dimension très ouverte et collégiale de ces instances a pu créer l'illusion que la parole de tout le monde était considérée et prise en compte mais de récents entretiens menés auprès des habitants montrent que leur impression est tout autre. Par exemple, l'ASL, élément fondamental de la gouvernance de la ZAC, n'est toujours pas comprise par les habitants alors que les statuts sont prêts. Autre exemple, la halle du jardin a suscité l'enthousiasme de l'équipe projet et aux architectes qui ont su travailler ensemble mais son idée et sa conception ont échappé à l'association des communs de Bongraine.

D'une manière générale, l'absence de traçabilité des décisions prises a eu des conséquences délétères sur :

- Le désir d'engagement des habitants
- Le respect des décisions prises

Ce point est à améliorer fortement dans la méthode Bongraine nouvelle génération.

F. LES COMMUNS DE BONGRAINE (A COMPLETER AVEC LSDLV)

« Le travail réalisé autour des communs de Bongraine est influencé par le contact avec les habitants. Le tempo de ces réflexions et de ces futures mises en œuvre est influencé en fonction des retours habitants, plus ou moins réceptifs selon l'avancée du projet ». Vincent, MOEU, juillet 2023

- La Maison de Bongraine et ses satellites
- Les espaces publics et la mise en place de programmes de montée en compétences ou connaissances voire de sciences participatives : l'observation et les comptages du retour de la biodiversité sur la friche ; l'entretien différencié des espaces verts, etc

- Les outils de production énergétique. La convention avec Les Lucioles / Enercoop Nouvelle-Aquitaine, respectivement coopérative énergétique citoyenne locale et producteur/fournisseur d'électricité renouvelable, qui entérine la mise en œuvre d'une opération d'autoconsommation collective d'électricité photovoltaïque.
- ...

2.3 Ce qui change aujourd'hui

- Le rythme du projet est l'objet de frustrations sur Bongraine. Le ralentissement inhérent à une réelle co-construction et les temps dédiés à la construction des consensus grippent les rythmes opérationnels classiques des acteurs quels que soient leur positionnement (architectes, promoteurs, habitants, etc.). Cela génère de l'incompréhension, de l'impatience et un grand besoin de clarification pour certain.s, et un déséquilibre économique pour tous.
- Le contournement ou le dénouement des blocages accaparent l'essentiel de l'énergie et du temps de l'équipe garante du processus, sans que ce temps soit valorisable.
- Le rapprochement des échéances opérationnelles a tendance à replacer les acteurs dans leur posture de confort qui met à mal l'intelligence collective. Par exemple, la pré-commercialisation des lots de la phase 1 a été vécue comme trop précoce pour les promoteurs et trop tardive par les habitants. Une innovation souhaitable et positive impulsée par l'aménageur est donc enrayée par des attentes et des habitudes à décentrer.
- L'assèchement des budgets d'ingénierie ne permet plus de maintenir le même niveau de transversalité et provoque mécaniquement un éloignement progressif des personnes pionnières et impliquées dans le processus d'accompagnement des changements.

La « méthode Bongraine » était fondée sur le principe d'une diffusion spontanée, par capillarité, des principes de travail et de collaboration. Cependant, dans le contexte actuel, les acteurs du projet sont désormais trop divers, trop nombreux et trop éloignés de cet enthousiasme originel pour que l'essaimage spontané suffise.

Au moment où de nouvelles personnes clés arrivent sur le projet (professionnel.le.s mais surtout futur.e.s habitant.e.s), où les travaux d'espaces publics démarrent et où les premiers permis de construire sont déposés, il est fondamental de faire évoluer cette démarche pour donner corps à de nouvelles communautés d'engagement à Bongraine, en travaillant dans la même direction avec l'AMU, à qui revient cette mission délicate.

« La méthode ne suffit pas en elle-même, mais seulement dans la mesure où on est capable de la tenir en situation réelle (de crise, de difficultés...), d'où l'intérêt de la réactiver aujourd'hui, et d'embarquer la collectivité et les citoyens », Aurélie, aménageur, octobre 2024

3.

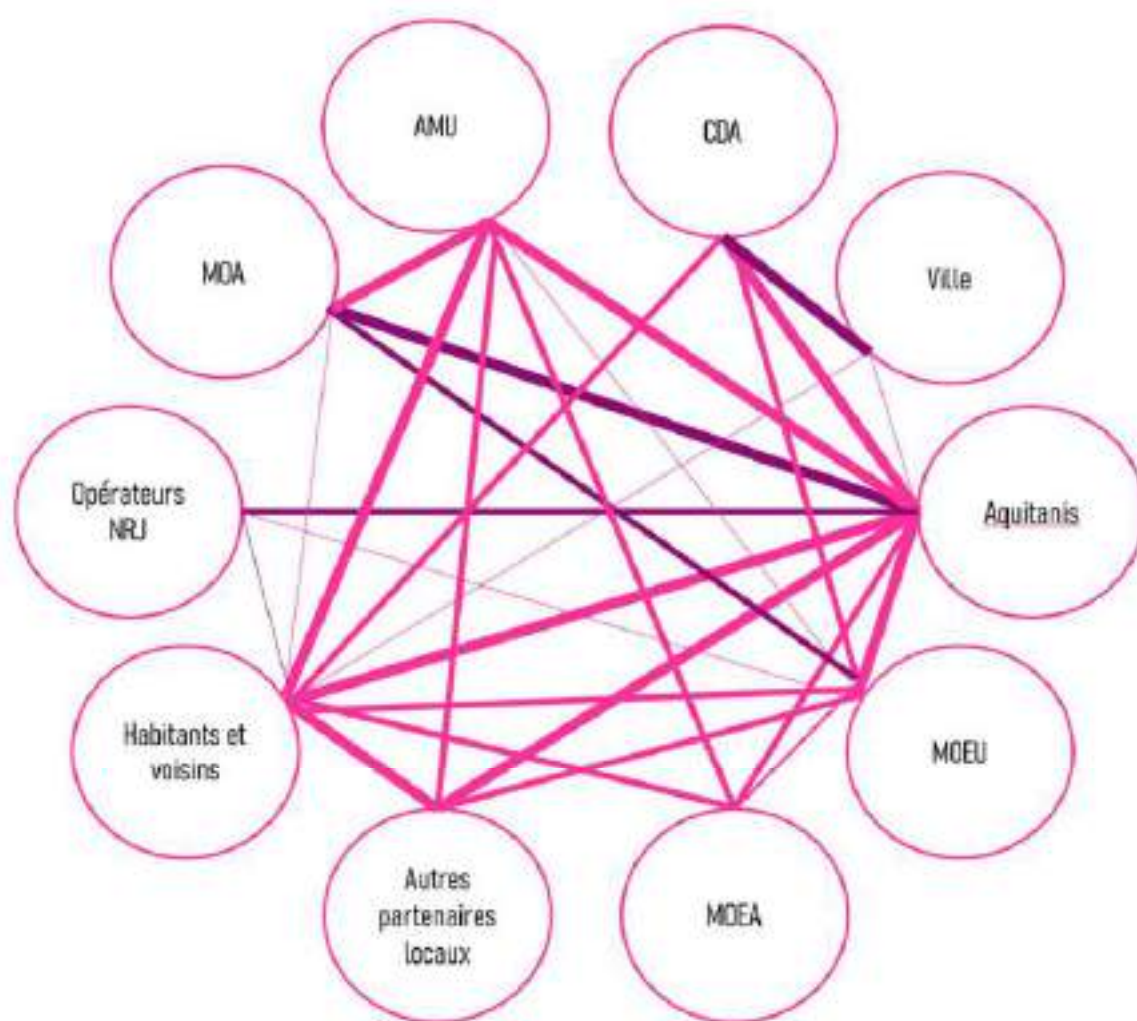
Bilan critique

Il ne s'agit pas ici d'évaluer le projet de Bongraine, qui l'est au travers des démarches QDNA et écoquartier, mais d'analyser la méthode mise en place, pour voir si les conditions de réussite du projet sont réunies : conditions de bifurcation écologique et conditions d'implication citoyenne. Les conditions de faisabilité technico-économiques n'ont pas été traitées dans le cadre de ce document.

3.1 Les conditions de la bifurcation écologique sont-elles réunies ?

Avertissement : les conditions de la bifurcation écologique d'un projet urbain n'ont jamais vraiment été objectivées. Celles qui sont listées ci-dessous sont l'écho des convictions partagées par l'équipe projet pionnière. Tous les critères sont subjectifs, donc discutables. Ils tentent de faire un état de la situation à date (octobre 2024) et ils ont vocation à être discutés et mis à jour à la fois dans leur intitulé et dans leur traitement. Leur principal intérêt est de nous forcer à porter notre attention sur des éléments non quantifiables mais essentiels pour faire naître un quartier sobre et vivant permettant l'implication des habitants dans une écologie joyeuse et volontaire.

A. FLUIDITE DES CANAUX DE COMMUNICATION (INTENSITE + FACILITE)



La transversalité des métiers et la réunion fréquente de tous les acteurs du projet a produit une proximité effective, des échanges directs entre la CDA et les paysagistes, entre les architectes des lots et l'écologue coordinatrice, entre environnementalistes et promoteurs, entre habitants et experts, etc. Relations qui habituellement sont scindées d'intermédiaires ou de préjugés de légitimité. Ces échanges ont fait de l'écologie ; l'affaire de tous, de la participation : l'affaire de tous ; et même des enjeux financiers ou liés à la propriété : l'affaire de tous. Chacun, quel que soit son parcours, fait l'effort et se sent autorisé/encouragé à se confronter aux objets ou thématiques qui lui semblent lointaines ou complexes.

« A Bongraine, la notion d'équipe projet déborde les binômes classiques : aménageur/collectivité, aménageur/concepteurs/aménageurs MOA », Aurélie, aménageur, octobre 2024

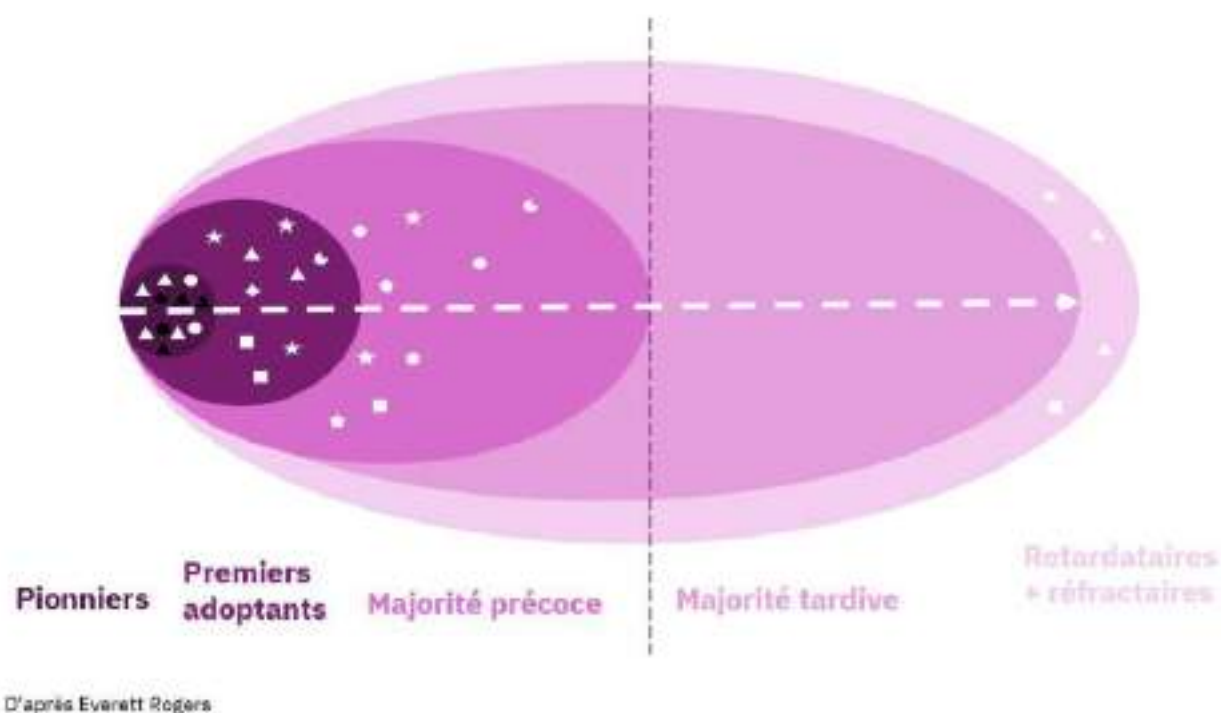
« Le contact direct avec une personne de la CDA permet de se sentir soutenu sur le projet d'autopromotion. L'agglomération a vraiment envie que ce projet se fasse. La nature collective de la démarche facilite et rend plus fluides les échanges, surtout quand il s'agit de résoudre d'éventuels blocages », Xavier, futur habitant, juillet 2023

« Il y a une bonne homogénéité entre les différents blocs de compétences et de connaissances. Les échanges entre professionnels et habitants sont enrichissants. La synergie des différents domaines de compétence est favorable pour le projet. Ce mode de fonctionnement devrait être logique pour l'ensemble des projets d'aménagement », Ludovic, écologue, juillet 2023

« D'habitude, on est toujours accompagné d'architectes dès le début. Or ici, il s'est déjà passé pas mal de choses avant leurs nominations, comme apprendre à se connaître et à développer de réelles ambitions communes. Traditionnellement, nous les MOA, on échange avec les aménageurs et éventuellement avec certaines commissions d'urbanisme mais là il y a des échanges communs avec toutes les parties. Le travail sur plusieurs îlots en même temps permet de créer une réelle communauté », Sylvain, promoteur, juillet 2023

« Dans ce projet, le choix des opérateurs a été fait de manière collective entre l'aménageur et la CDA. C'est singulier. Le travail avec les opérateurs s'effectue également dans une logique participative. Il y a un réel dialogue fluide avec l'ensemble des parties prenantes, au sens large », Damien, CDA, juillet 2023

B. CAPACITE DE LA « METHODE BONGRAINE » A PERMETTRE LA DIFFUSION DE L'INTENTION DU PROJET AUPRES DES NOUVELLES PARTIES PRENANTES



La communauté de Bongraine grossit effectivement (autour des acteurs professionnels et d'Hicéo, se groupent progressivement les futurs habitants du lot E et les premiers acquéreurs des lots à bâtir). Elle se soude de jour en jour autour de deux lieux : le jardin du projet et la permanence. Et plus tard, on le souhaite, autour de la Maison Bongraine. La plupart des relations interpersonnelles sont de plus en plus confortables. Néanmoins, le nombre de personnes conscientes et actrices de l'intention du projet est encore faible et la diffusion spontanée est aujourd'hui bloquée. Il y a un enjeu très fort, avec l'arrivée de l'AMU, d'atteindre le seuil de la majorité précoce, quitte à altérer l'intention de départ.

« Ce que le projet a de singulier, c'est qu'on est dans un contexte très favorable. Alignement de planètes qu'il n'y a pas ailleurs. Ce n'est pas par hasard. Par incrémentation, les bonnes personnes se sont associées au projet et portent une énergie singulière. On n'est pas que dans l'exercice un peu plat d'une fonction. Ça se sent qu'on porte en nous une envie forte et ça embarque (effet boule de neige) », Aurélie, aménageur, octobre 2024

C. CONSIDERATION DE LA PAROLE DES DIFFERENTES PARTIES PRENANTES



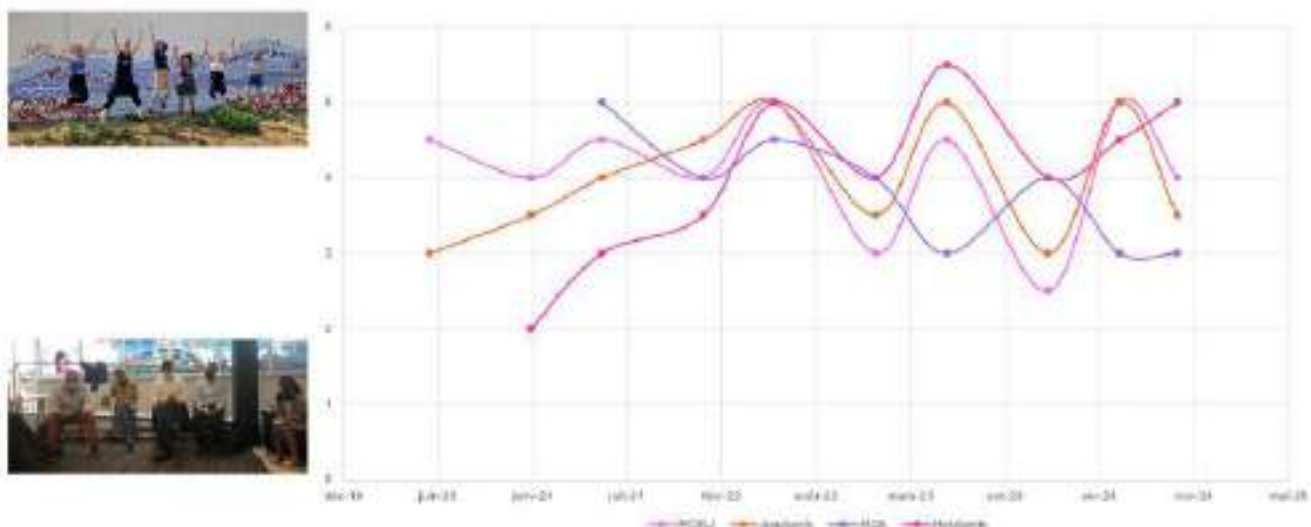
La volonté de l'équipe projet était de donner de la valeur à toutes les voix quitte à renverser les rapports de forces habituels. En dépit d'une volonté sincère, le manque de clarté sur les modalités de prises de décisions et sur leur traçabilité semble découler sur une impression de ne pas être entendus de la part de certaines catégories d'acteurs.

« L'idée est d'embarquer les partenaires et de fixer des choses qui sont crantées pour ne pas saper la confiance des partenaires les plus extérieurs à ce jour, c'est-à-dire les opérateurs immobiliers », Vincent, MOEU, juillet 2023

« La parole des habitants est de plus en plus prise en compte. Cependant, des décisions économiques sont prises et ne correspondent pas toujours aux besoins des habitants », Patricia, future habitante, juillet 2023

« L'écoute et la réactivité de l'aménageur sont très appréciées. Chaque habitant ou riverain qui souhaite s'investir se sent soutenu », François, futur habitant, juillet 2023

D. NIVEAU D'ENVIE ET DE CONFIANCE DES PARTIES PRENANTES DU PROJET

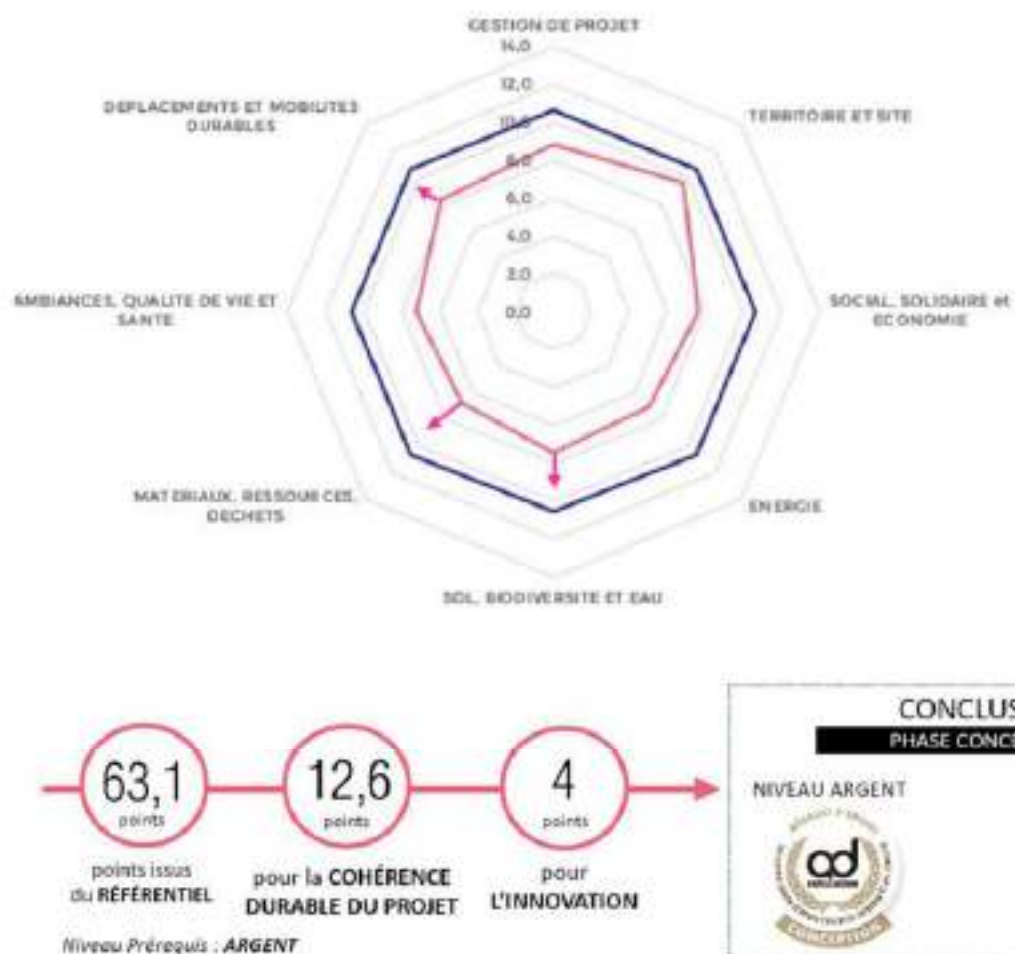


Derrière le caractère très contestable de ce graphique se manifeste une impression générale que le niveau de confiance et d'envie (qui auraient d'ailleurs pu être distinguées) suit une pulsation saisonnière calée sur les « petites victoires » et les Bonnes Semaines pour les habitants, l'aménageur et la MOEU, qui permettent au niveau moyen de se maintenir. Tous les types d'acteurs ne sont pas représentés mais il semble que l'enthousiasme des opérateurs immobiliers suive un tout autre rythme, plutôt calé sur leurs problématiques spécifiques (prix des matériaux, crise de la commercialisation...) et sur leurs petites victoires à eux (commissions BDNA, dépôt de PC...)

« Ce qui aide à patienter, c'est de pouvoir réaliser des choses concrètes comme le jardin, la Bonne Semaine, le Bon Samedi », Patricia, future habitante, juillet 2023

« On prend des risques quand on essaie de faire différemment. C'est possible parce qu'on a un filet de sécurité, c'est-à-dire qu'on est suffisamment en confiance », Aurélie, aménageur, octobre 2024

E. AMELIORATION CONTINUE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU PROJET



Plus que la qualité environnementale du projet en elle-même, qui est évaluée via la démarche QDNA, ce critère tente d'évaluer la capacité du projet à poursuivre ses améliorations sur des volets clés. Aujourd'hui, des marges de progression et des moyens sont identifiés pour améliorer le volet « déplacements et mobilités durables » (accompagnement des changements de pratique des mobilités via la Maison Bongraine), « matériaux, ressources, déchets » (mise en place d'une mission réemploi pour augmenter le recours à des matériaux de seconde main de façon plus massive dans le projet) et « sol, biodiversité et eau » (mise en place d'un groupe de travail spécifique avec les entreprises de travaux publics et les habitants pour augmenter la résilience des milieux au changement climatique).

« Le projet Bongraine prend réellement en compte la dimension d'écologie, en partie grâce à la présence et au suivi de la LPO. Ça m'a réconcilié avec la notion d'écoquartier », Ludovic, écologue, juillet 2023

« L'aménageur est très moteur dans les ambitions du projet en poussant les curseurs systématiquement. Cela crée une sensation d'effervescence générale », Florie, architecte, juillet 2023

F. CAPACITE A ENTRAINER LA BIFURCATION DU TERRITOIRE ELARGI



L'enjeu du projet dépasse largement les limites de la ZAC. La CDA le rappelle souvent, Bongraine est l'occasion de pousser les curseurs aussi loin que possible et d'inspirer les autres projets du territoire. En guise d'exemple, le chantier préparatoire du sol montre par les faits que l'équipe est parvenue à associer dépollution et projet paysager dans une logique de gestion locale donc bas-carbone des mouvements de terre. Il prouve également que l'Odontite et l'Azuré trouveront effectivement leur place à Bongraine même si les sanctuaires de ces deux espèces protégées devront bien sûr être maintenus à l'usage.

Le changement d'échelle de certains sujets reste encore à effectuer, notamment pour déployer plus largement d'autoconsommation collective ou pour réduire plus largement le nombre de places dédiées au stationnement. Sur ces sujets plus à risque, Bongraine peut faire l'effet d'un crash-test et n'a pas le droit à l'erreur, pour ses habitants d'abord et pour l'inspiration du territoire élargi d'autre part.

En dehors de l'agglomération, Bongraine reste un projet peu connu mais parmi ceux qui en ont entendu parler, son image extérieure est associée à un questionnement complet des mécanismes d'aménagement conventionnel et à un déplacement sincère de focal vers l'écologie et la participation. C'est un signe et un encouragement.

« Au travers de l'approche Bongraine, l'objectif est de démontrer à d'autres aménageurs qu'il est possible de travailler de manière différente, de partager des informations, des retours d'expérience, d'accroître les compétences globales sur le territoire », Damien, CDA, juillet 2023

« On essaie d'amener les autres aménageurs vers cette co-construction qui est souvent souhaitée mais rarement tenue », Pierre, promoteur, juillet 2023

G. CAPACITE A INTEGRER LES PROPOSITIONS OU RENONCEMENTS ISSUS DE L'INTELLIGENCE COLLECTIVE / ACCORDS OBTENUS SUR DES SUJETS NON BALISES

	Débloqué	En cours de débloquage	A débloquer	Abandonné	
Organiser une bonne semaine annuelle	X				
Recourir au bois/paille pour tous les bâtiments	X				
Modifier le schéma de circulation	X				
Réduire le nombre de places de stationnement		X			
Remplacer le parking silo par des silos démontables	X				
Faire participer les promoteurs à un ouvrage qui bascule dans le bien commun (parking)		X			
Intégrer un projet en autopromotion dans une ZAC	X				
S'accorder sur les modes d'approvisionnement énergétiques		X			
Concevoir les espaces partagés des lots immobiliers en réseau			X		
Recruter un jardinier facilitateur				X	
Eviter la démolition des 2 pavillons			X		
Concevoir et mettre en œuvre des espaces publics de manière participative		X			
Chantier ouvert		X			
Intégrer un projet de sédentarisation des gens du voyage dans une ZAC			X		

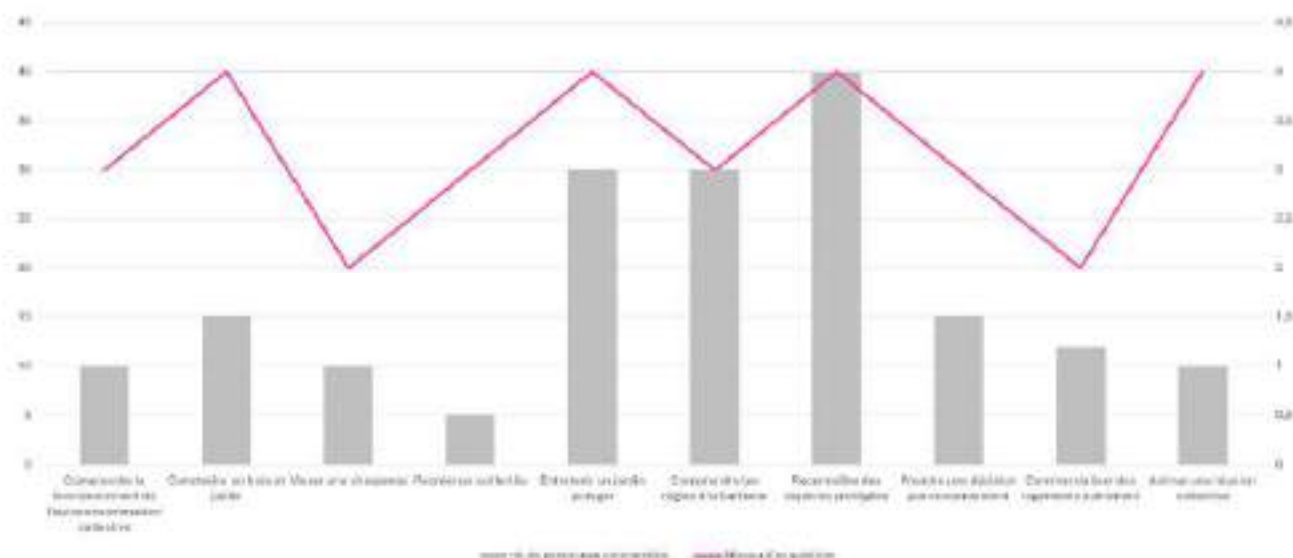
En dépit du manque de clarté du schéma de prise de décision, le projet de Bongraine a su intégrer, à la suite de temps d'intelligence collective, des éléments qui se retrouvent très peu dans d'autres projets urbains ou qui ne tiennent pas l'épreuve du temps. A titre d'exemples :

- Le questionnement autour de l'approvisionnement en chaleur des logements du quartier a été discuté en atelier avec opérateurs immobiliers le 8 décembre 2021 et a abouti à la décision de consulter directement des opérateurs énergétiques sur des critères de soutenabilité écologique et économique davantage sans présager de la source énergétique ni du dimensionnement du réseau (échelle îlot, groupement d'îlots, quartier, quartier élargi)
- La problématique de la voirie double sens soulevée à la fois par les habitants et par la MOEU (container dangereux vis-à-vis des pistes cyclables, sortie à l'est accidentogène...) a été résolue via une alternative transformant le projet de fond (choix d'une voirie à sens unique rebouclant sur la ruer de Bongraine) au lieu de simples retouches urbaines. En général, l'avancement d'un projet peut bloquer des possibilités de changements aussi drastiques.

« La capacité à obtenir des arbitrages sur des enjeux de circulation alors qu'on est si avancé, en phase PRO, ne serait surement pas obtenue dans un cadre différent, avec, e plus, une acceptabilité politique notable. Finalement, cette méthode alimente une capacité à lever des freins de projet et à accompagner les changements sans un rapport de position pour/contre ». Adrien, aménageur, juillet 2023

« Cette méthode permet de ne pas se limiter à une seule option. Cela fait qu'il n'y a quasiment rien d'irréversible. C'est à la fois intéressant et inconfortable parce qu'il n'y a pas forcément de cadre. Néanmoins, l'avantage de la méthode Bongraine, c'est qu'on communique les blocages », Gauthier, architecte, juillet 2023

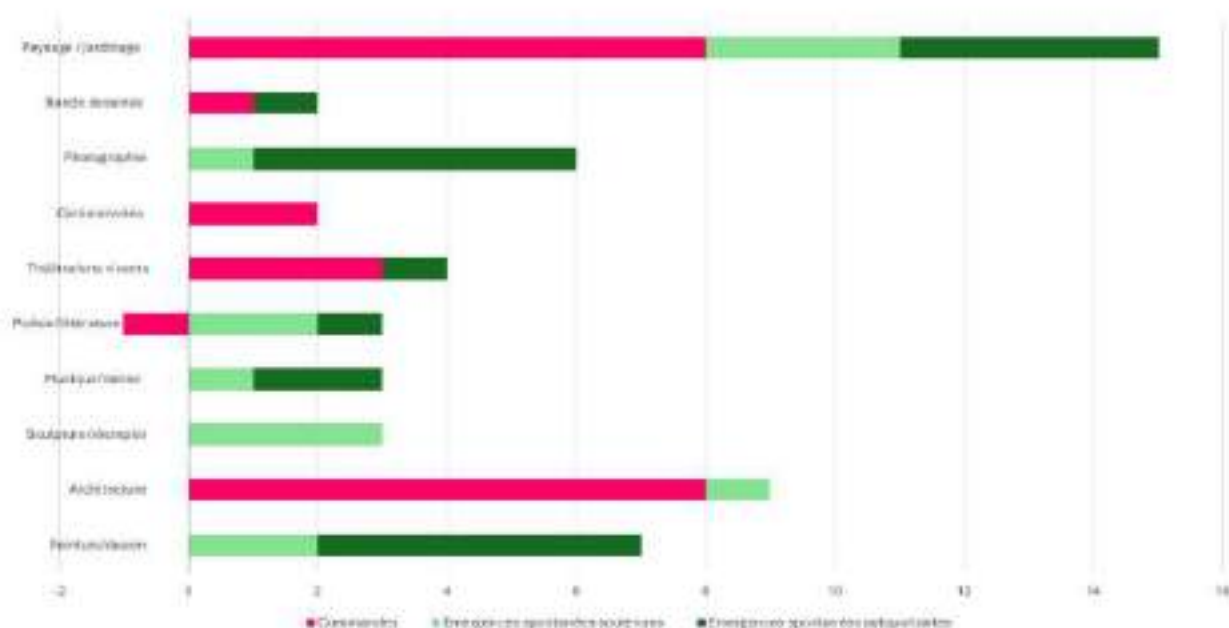
H. MONTEE EN COMPETENCE COLLECTIVE



Le projet de Bongraine avait, parmi ses ambitions, la volonté d'être un lieu d'apprentissages croisés entre tous les acteurs du projet, le but ultime étant de rendre joyeuse et accessible la fabrique du projet urbain. Aujourd'hui, selon les personnes à qui on s'adresse, la réussite de cette ambition n'est pas du tout évaluée de la même manière. Les apprentissages qui ont permis d'expérimenter ou de faire ensemble sont globalement plus fertiles à ce jour que ceux qui sont fondés sur la compréhension d'un système technique (exemple : l'autoconsommation collective ou le montage d'une l'ASL d'échelle quartier).

« Aujourd'hui, grâce aux conversations et aux temps d'échanges liés à la transmission de connaissances, je me sens capable d'expliquer comment fonctionne la biodiversité à d'autres personnes. Les démarches scientifiques participatives sont efficaces et permettent une réelle montée en compétence », Patricia, future habitante, juillet 2023

I. CAPACITE DU PROJET A FAIRE DE LA PLACE POUR LA CREATIVITE DE TOU.TE.S



Le projet de Bongraine a fait une grande place à l'expression de la créativité, qui ne se réduit d'ailleurs pas, loin de là, aux arts majeurs figurants sur ce schéma. Aquitanis, par ses commandes mais aussi en soutenant des initiatives spontanées, a sur donner du crédit aux expressions artistiques de toutes les parties prenantes.



La liberté et la créativité sont un marqueur fort du projet. Au-delà de la production artistique, le sujet n'est pas tant de en valeur les talents que d'accepter l'inconfort, le déséquilibre, pour accepter d'aller vers de nouvelles idées et ne pas se contenter de reproduire ce qui existe déjà, que ce soit dans la conception du projet ou dans les montages opérationnels ou dans la façon de mobiliser les habitants.

« L'intérêt de l'art, c'est de déjargonner. Le public doit être en capacité de tout comprendre. Avoir un ambassadeur, qui lève son bâton quand on perd les gens, ça permet de ne pas avoir la tête dans le guidon. Les gens adorent apprendre, surtout en souriant. L'ironie, les jeux de mots ou la poésie d'un champ lexical parlent d'eux-mêmes. Je crois beaucoup à la puissance du récit. Lire l'avenir c'est lire le déjà-là, et donc travailler ensemble », Emilie, comédienne, juillet 2023

« Dans ce contexte, tout le monde est paumé sur ce qu'il faut faire. Il y a des gens qui le masquent plus ou moins bien. Personnellement, j'ai beaucoup gagné en confiance, je me sens plus légitime à poser des questions et à proposer des idées », Aurélie, aménageur, octobre 2024

Ajouter un extrait du texte de Julie !

3.2 Les contions de l'implication citoyenne sont-elles réunies ? (à compléter avec M&E)

Deux questions se posent principalement aujourd'hui :

- Celle du sens de l'engagement pour les personnes déjà autour de la table depuis un moment
- Celle de la légitimité à prendre des décisions alors que la grande majorité des futur.e.s habitant.e.s sont encore absents du tour de table et que rien ne permet de présager de leur engagement écologique

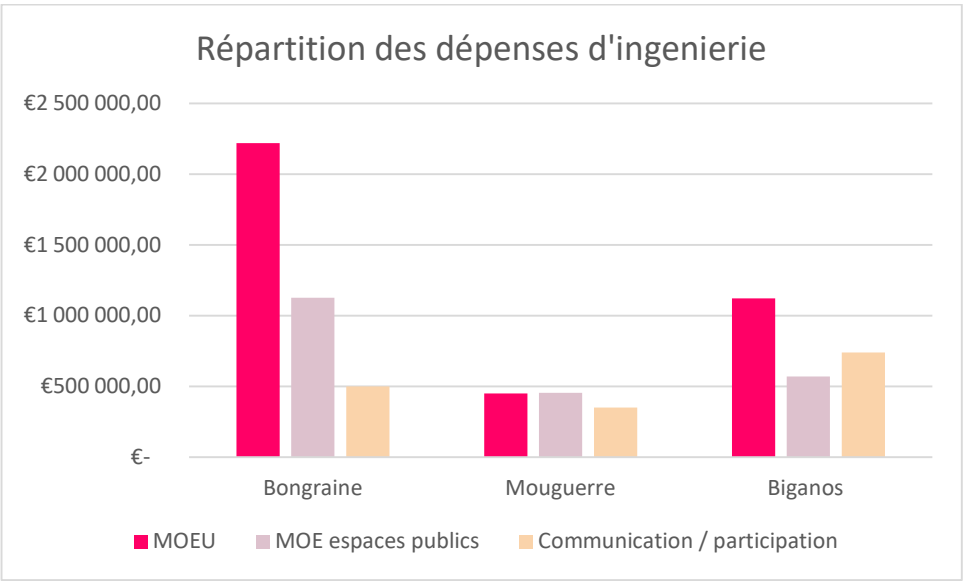
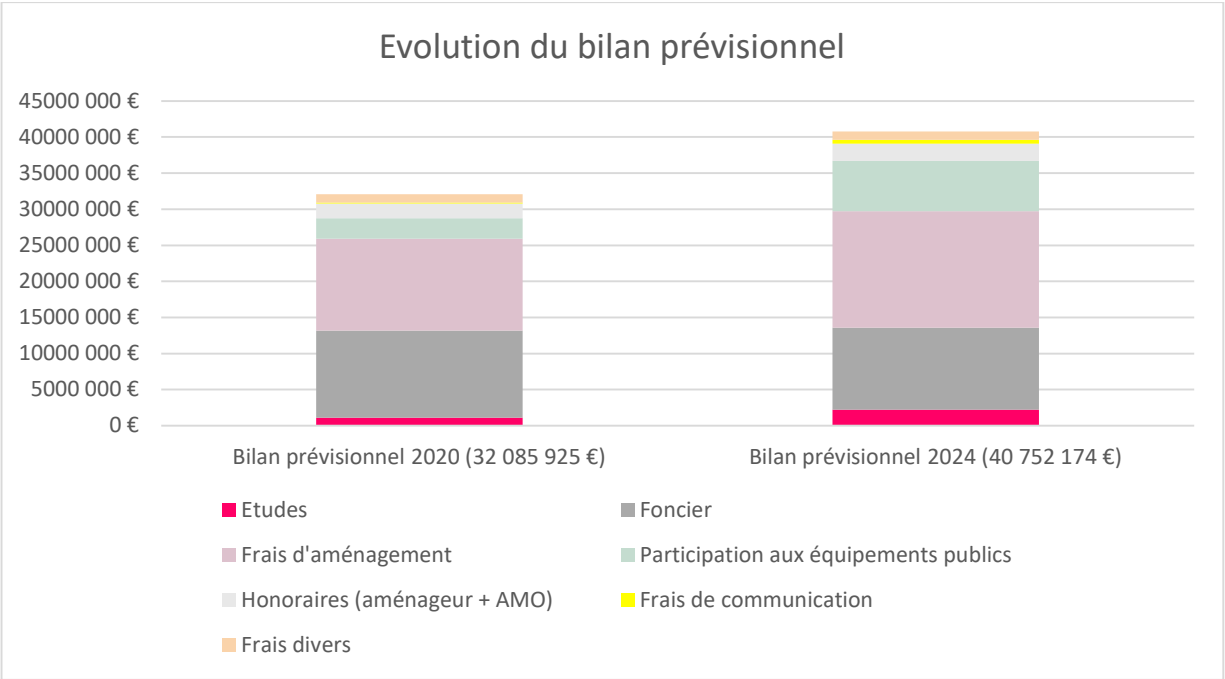
Bongraine a fait beaucoup de promesses et a éveillé un désir d'utopie chez les futurs habitants mais il y a aujourd'hui un double enjeu important à lutter contre la désillusion et à ne pas exclure de fait les personnes moins engagées qui arriveront sur le projet.

Le sujet n'est pas de trouver des modalités pour que tout le monde participe à toutes les prises de décisions, mais les conditions pour faire évoluer la méthode Bongraine dans le sens d'une participation plus saine peuvent être résumées ainsi :

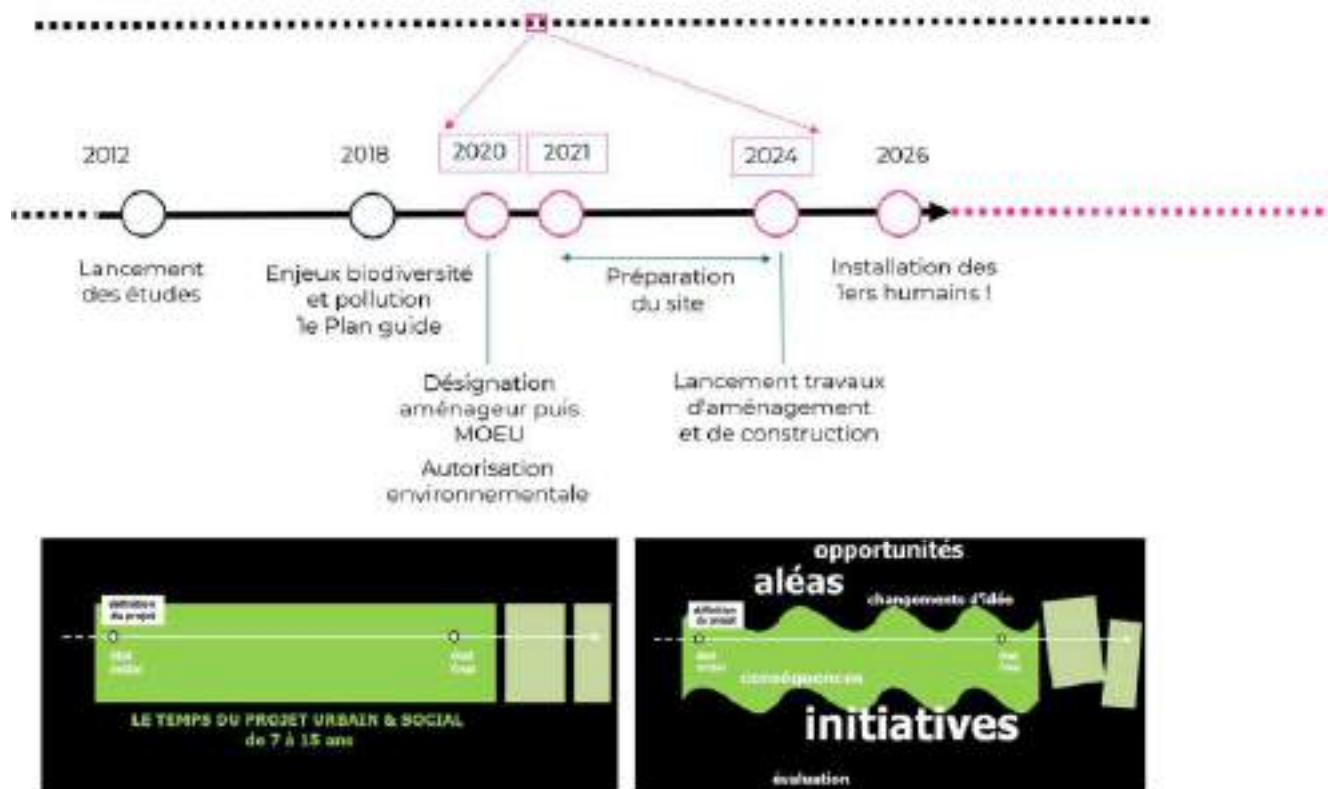
- Rendre visible les effets produits par l'engagement des personnes impliquées
- Identifier les endroits où la parole habitante peut être entendue et prise en compte et dédensifier les sujets (c'est la question du choix)
- Doser et soigner les questions posées : ni trop définies pour laisser une marge de manœuvre, ni trop indéfinies au risque d'être mal comprises et de créer du flou autour de la direction à prendre (c'est la question du mandat)
- Justifier les décisions prises, en particulier lorsqu'elle le sont de manière descendante (c'est la question de la rédition des comptes)
- Choisir celui qui pourra rechoisir demain, c'est-à-dire donner du pouvoir de décision aux personnes qui seront en mesure de les défendre et de les pousser le plus loin.

3.3 Les conditions de faisabilité du projet sont-elles réunies ? (à compléter avec Aquitanis)

A. CAPACITE A METTRE L'ARGENT DU PROJET LA OU IL SERT LE PLUS L'INTENTION



B. CAPACITE A TENIR UN CALENDRIER DE PROJET RAISONNABLE



Objectiver la critique sur la perte de temps

«Il faut savoir tirer les conclusions de cette période assez lasse où sont nées des frustrations, des crispations, voire des souffrances pour certains acteurs du projet. LA lenteur a télescopé le fait d'avancer de manière enthousiaste. Le dernier atelier très collectif a permis de se lancer dans une phase plus opérationnelle. C'est positif ! », Gauthier, architecte, juillet 2023

4.

Comment caractériser un projet « à la Bongraine » pour passer le relais à l'AMU et aux habitants ?

A rédiger après la réunion du 5 novembre

4.1 Les fondements



- ↳ Intention à partager, faire évoluer,
- ↳ Qualité des liens,
- ↳ Cadre de confiance,
- ↳ Qualité d'écoute et de présence
- ↳ Place de la liberté et de l'envie
- ↳ Clarté et traçabilité des prises de décision
- ↳ ...

4.2 Les changements à accompagner

4.3 Les critères de réussite

4.4 Eloge des petites victoires (en faire une annexe ?)

ANNEXE 9

Aménagement bioclimatique ultramarin : projet de la ZAC ÉcoCité Phaonce



SPL
GRAND OUEST



MISSION COORDONNATEUR URBANISME & DEVELOPPEMENT DURABLE | ETUDES PRE-OPERATIONNELLES **ZAC ECOCITE PHAONCE**

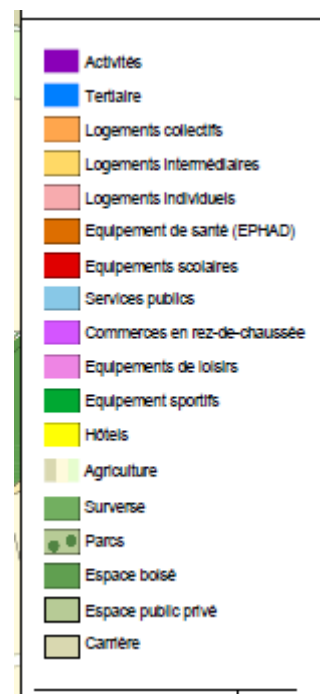


Resiliens.

M5- OPTIMISATION DU PLAN GUIDE ET ELABORATION
DU PLAN D'AMENAGEMENT

Mars 2025

Le Plan Guide Initiale - 2022



*Extrait Plan d'aménagement – Groupement
Ateliers Lion – OCTOBRE 2021*

Le Plan D'aménagement - février 2025

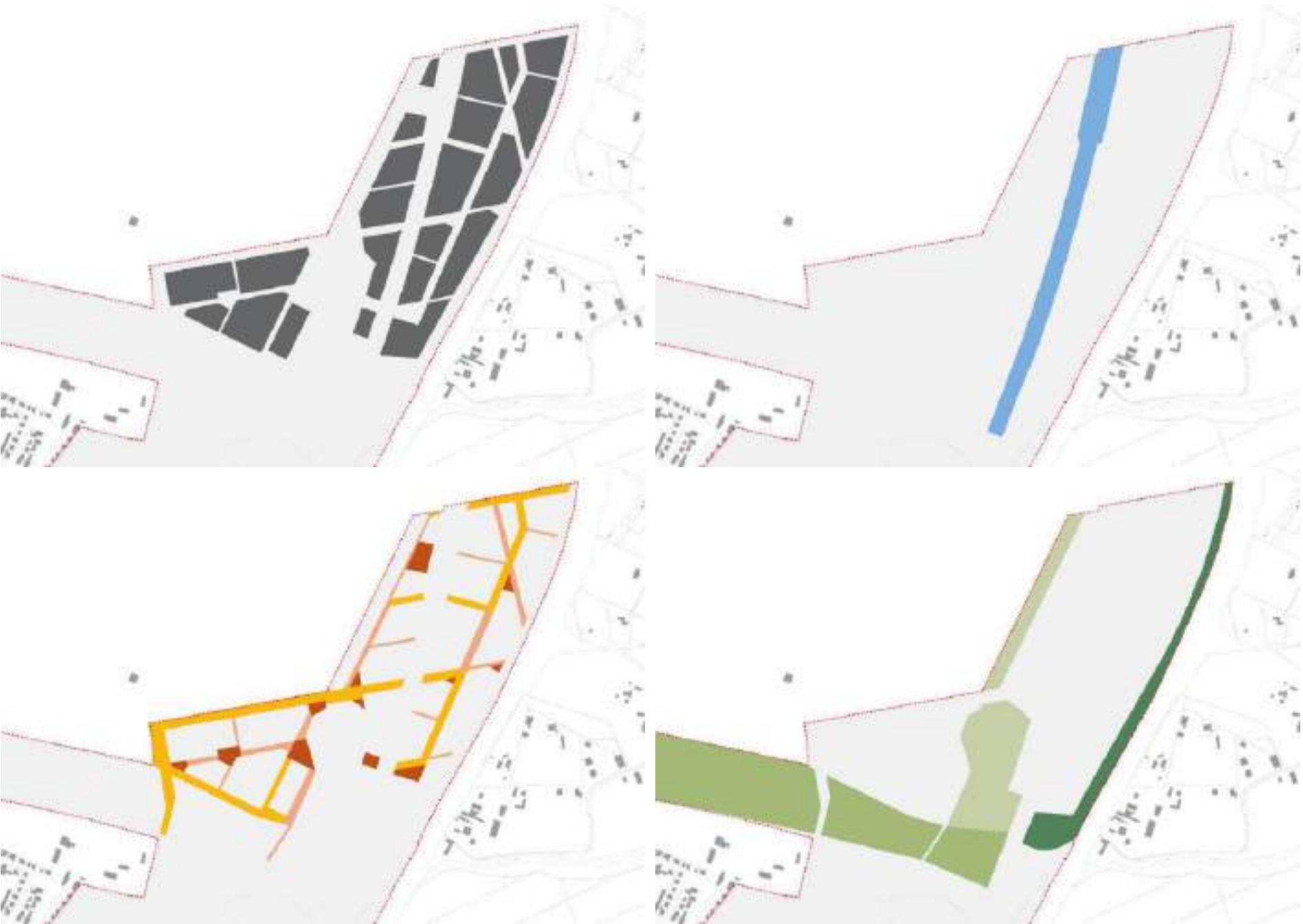
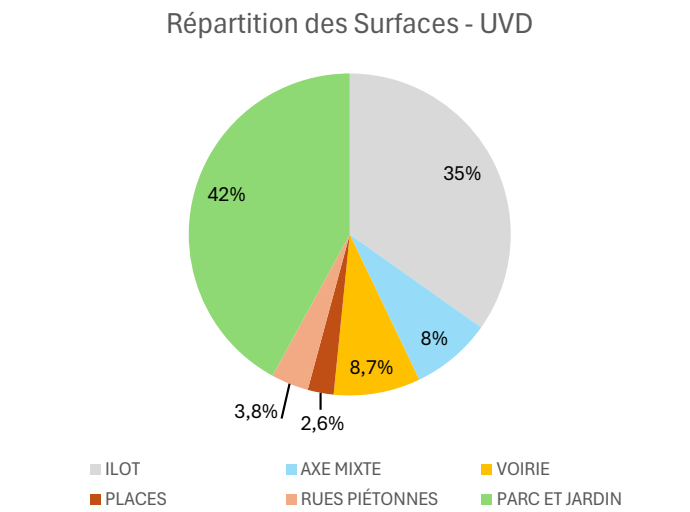
- Un Parc linéaire Nord-Sud favorisant les continuités paysagères et écologiques, ainsi que la recharge des vents
- Un plan masse ventilé grâce à une emprise au sol moindre.
- Des formes architecturales spécifiques augmentant le potentiel de ventilation naturelle
- Une répartition du programme favorisant des lieux d'intensité de différentes échelles.
- Une trame viaire permettant de dessiner des secteurs apaisés.



Répartition des Espaces

Une surface plus importante donnée aux espaces paysagers et publics favorisant l'urbanisme bioclimatique et le vivre ensemble

UVD	468 160	100%
ILOT	162 940,00	35%
AXE MIXTE	37 860,00	8%
ESPACE PUBLIC	70 580,00	15%
VOIRIE	40 790	8,7%
PLACES	12 190,00	2,6%
RUES PIÉTONNES	17 600,00	3,8%
PARC ET JARDIN	196 780,00	42%
DONT PARC DES LOISIRS	123 075	



RÉFLEXION SUR DES ÎLOTS TYPES



Des logements intermédiaires, en simple ou duplex



Des cœurs d'îlot généreux, végétalisés



Un recul paysager

Des stationnements intégrés



Les Ilots Mixtes - Ilot N03

- SDP totale = 6 480 m² de SDP
- Surface îlot = 6 915 m² de SDP
- **Emprise au sol totale = 1 670 m² (24% du lot)**

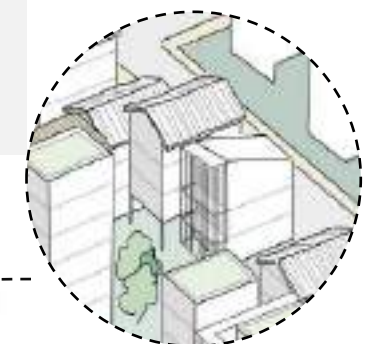


Les Ilots Mixtes - Ilot S06-07

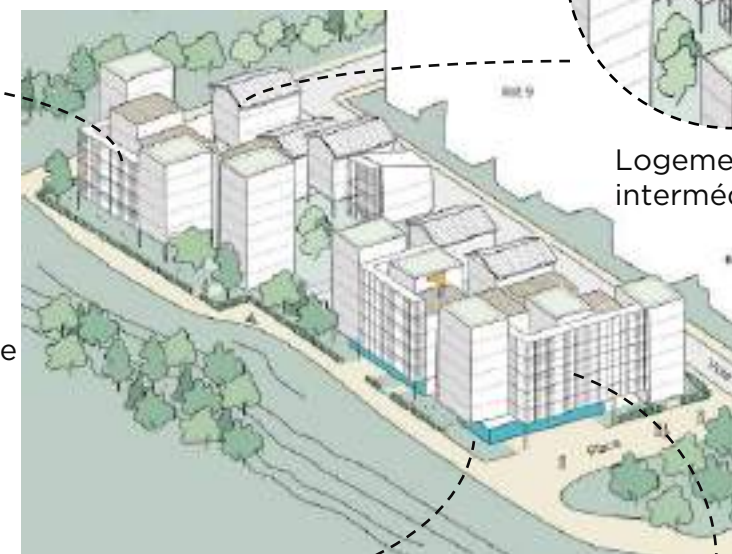
- SDP totale = 7 875 m² de SDP
- Surface îlot = 5 957 m² de SDP
- **Emprise au sol totale = 2 272 m² (38% du lot)**



Une desserte par coursive des logements collectifs



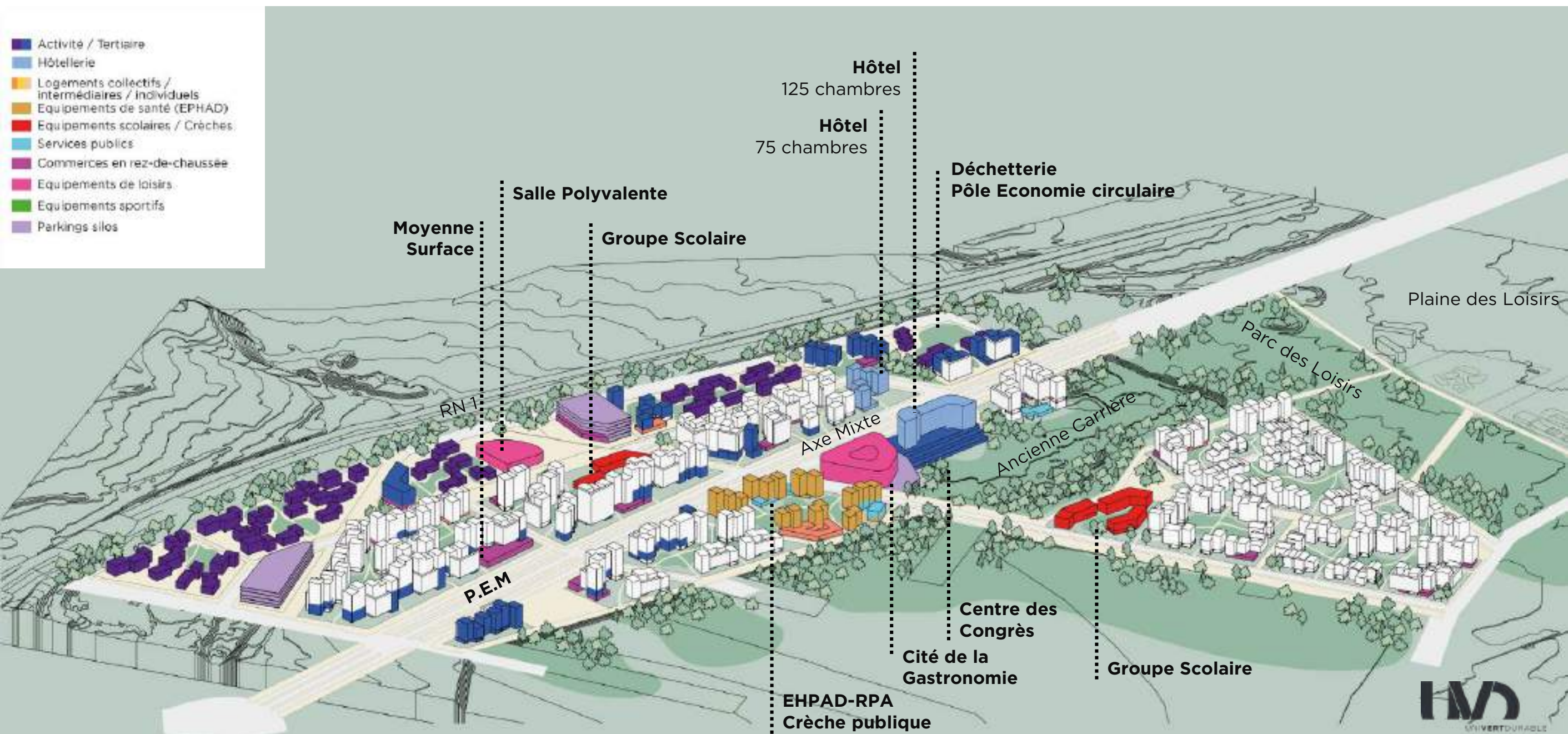
Logements intermédiaires



Des commerces qui s'exportent sur la place

Un front bâti urbain pour accompagner la place





LES THEMATIQUES DES REFERENTIELS

Gestion & présentation du Projet

- Démarche d'accompagnement et d'évaluation
- Contexte urbain et plan d'aménagement
- Cadrage climatique
- Une équipe adaptée

Formes Urbaines : La ville Bioclimatique

- Un plan masse ventilé
- Diversité des formes et des volumétries
- Ancrage des bâtiments
- Confort Acoustique

Une architecture bioclimatique

- Ventilation naturelle des espaces
- Conception thermique de l'enveloppe
- Le confort thermique
- Le confort acoustique
- Le confort en éclairage naturel
- Le confort d'usage

Paysage & biodiversité : La Ville Jardin

- Trame paysagère
- Trame Brune
- Ilots de Fraîcheurs urbains
- Prise en compte de la biodiversité é agriculture urbaine

Espaces extérieurs qualitatifs

- Stratégie végétale
- Traitement paysager des limites
- Gestion intégrée des eaux de pluie
- Matériaux

Mobilité et Accessibilité : La ville Apaisée

- Trame viaire
- Favoriser les modes actifs
- Favoriser l'usage du vélo
- Réduire la place de la voiture

Programmation : La ville des proximités

- Proximité
- Mixité à toutes les échelles
- Formes variées et innovation
- Evolutivité

Ville Résiliente et Econome

- Eclairage & Energie
- Bilan carbone
- Gestion de l'eau
- Gestion des déchets

Mise en œuvre & Vie de l'Opération

- Entretien des espaces paysages
- Sensibilisation des usagers
- Chantier



MISSION COORDONNATEUR URBANISME & DEVELOPPEMENT DURABLE | ETUDES PRE-OPERATIONNELLES
ZAC ECOCITE PHAONCE
2024

MOA : TO - SPL Grand Ouest
AMO : UVD | RESILIENS | EXPACE

ÉCOCITÉ
PHAONCE

Alon batir la vil de domin

Lab 2051

Aménagement bioclimatique ultramarin

17 juin 2025



Simulations numériques



Objectifs

Appréhender les enjeux acoustiques, thermiques et aérauliques de l'opération selon une approche croisée

Disposer d'éléments factuels et scientifiques pour conforter les arguments des concepteurs urbains => arguments et visuels qui permettent d'être pédagogues auprès des élus et d'avoir une communication impactante notamment sur les enjeux de suivi dans la durée de réalisation de l'opération.

Améliorer le projet

⇒ Un idéal : le jumeau numérique

1^{ère} étape : analyse du plan guide 2022

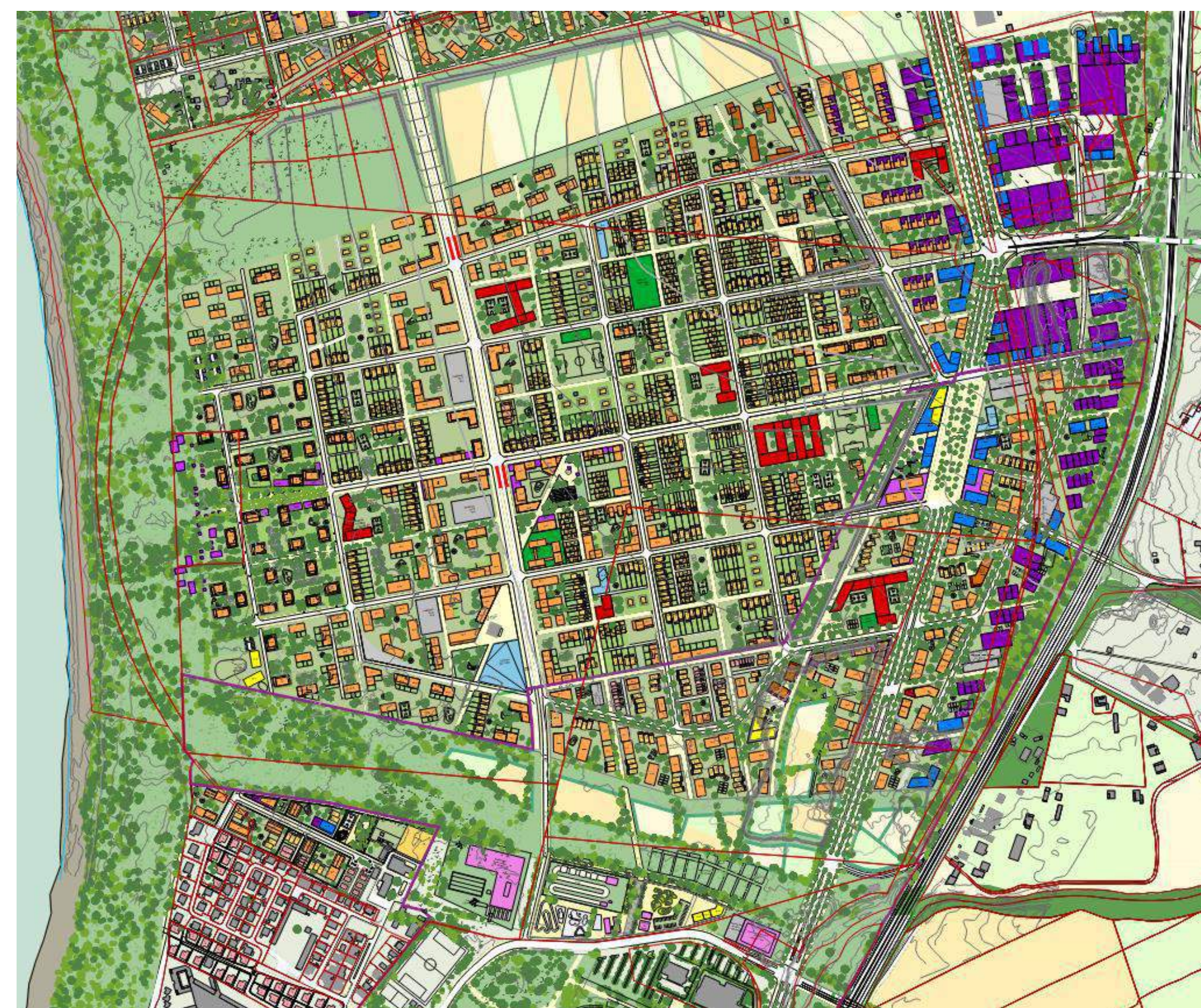
1^{ère} étape : analyse du plan guide 2022



Exemple de cartographie des fréquences de vitesse supérieures à 1 m/s à hauteur d'homme (1,5m)



Exemple de cartographie des fréquences de vitesse supérieures à 2.5 m/s à une hauteur de 10m



Plan Guide 2022



Plan d'aménagement 2025

DEGAGER DE L'ESPACE NON-BATI POUR METTRE EN ŒUVRE LA VILLE BIOCLIMATIQUE

Augmenter la place des espaces paysagers pour réduire les îlots de chaleur

Aérer le plan masse pour permettre la ventilation naturelle de tous les lieux de vie

Plan Guide 2022

Plan d'aménagement 2025

92 Eq. Logts / ha



79 Eq. Logts / ha

35 % à 45 % d'emprise bâtie à l'îlot en moyenne



25 à 30 % d'emprise bâtie à l'îlot en moyenne

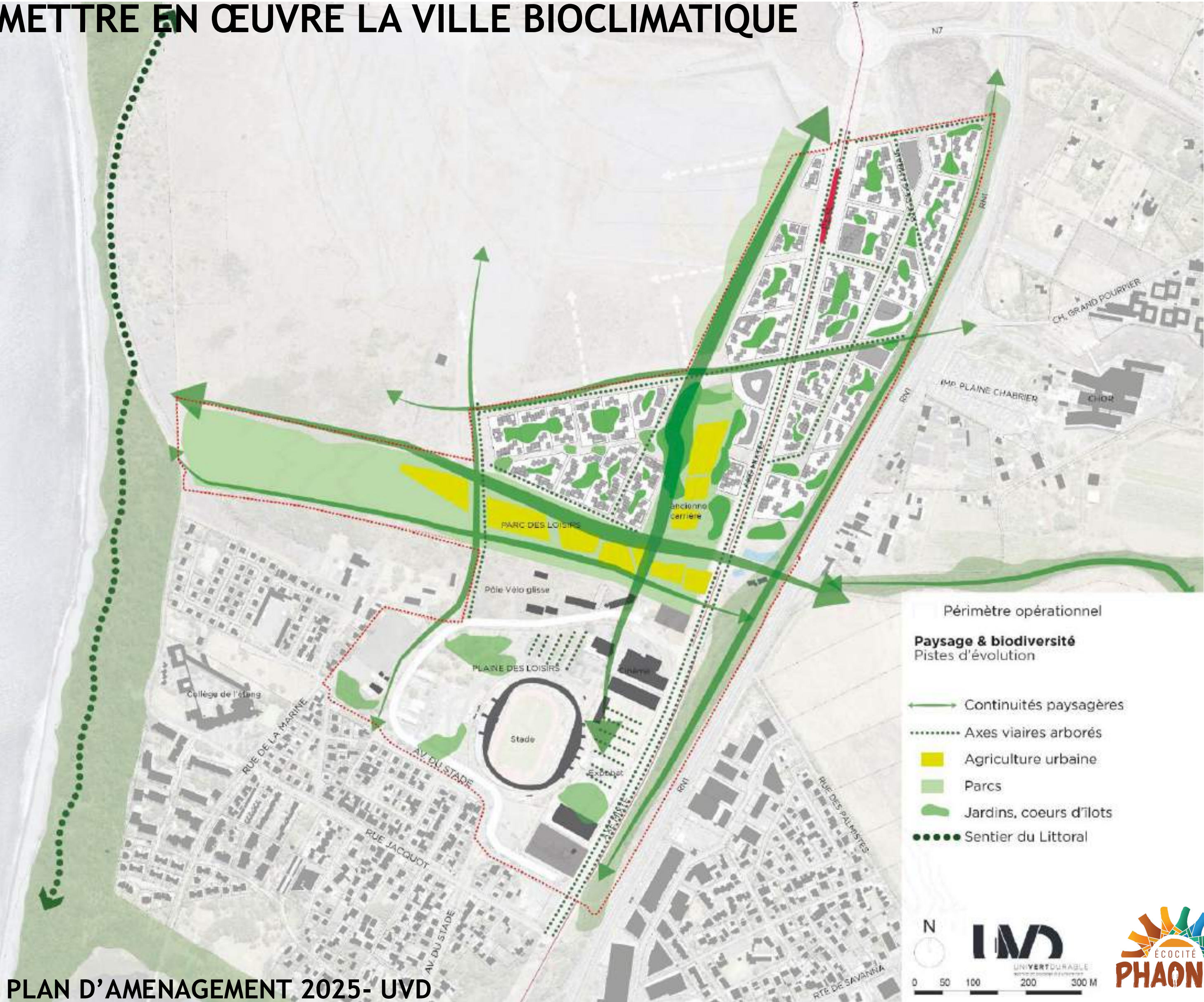
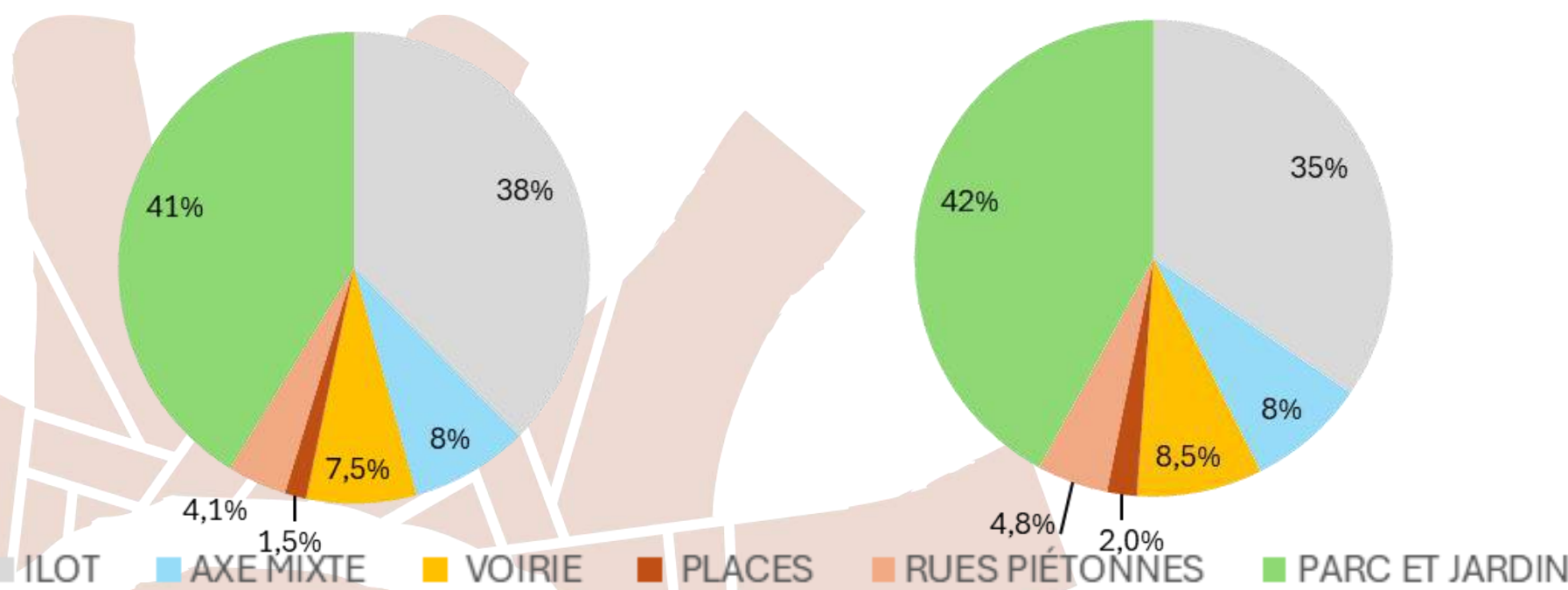
35 % de surface plantée en pleine terre à l'îlot



40 à 60 % de surface plantée en pleine terre à l'îlot

Répartition des Surfaces - 2022

Répartition des Surfaces - 2025



PLAN D'AMENAGEMENT 2025- UVD

DES FORMES ARCHITECTURALES ADAPTEES

Une épaisseur bâtie réduite à 10 m et des espaces communs en double peau

Décollement des rez-de-chaussée pour permettre une ventilation de tous les niveaux.

Une surélévation des constructions pour créer des espaces de convivialité et de transition protégés



40% des
surfaces bâties

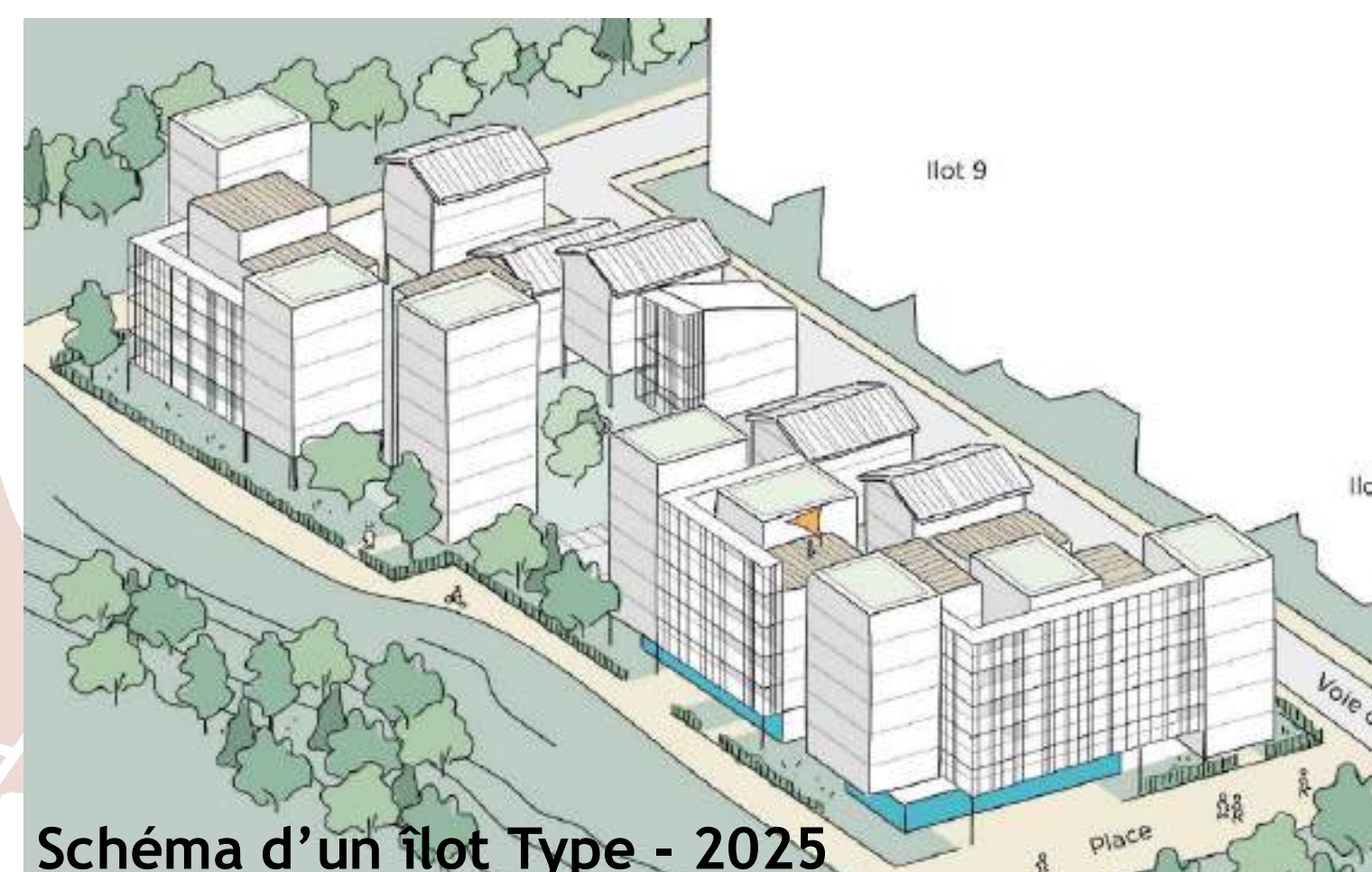
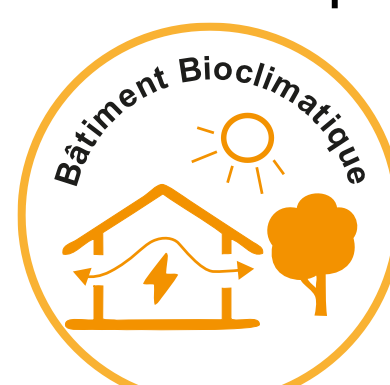


Schéma d'un îlot Type - 2025

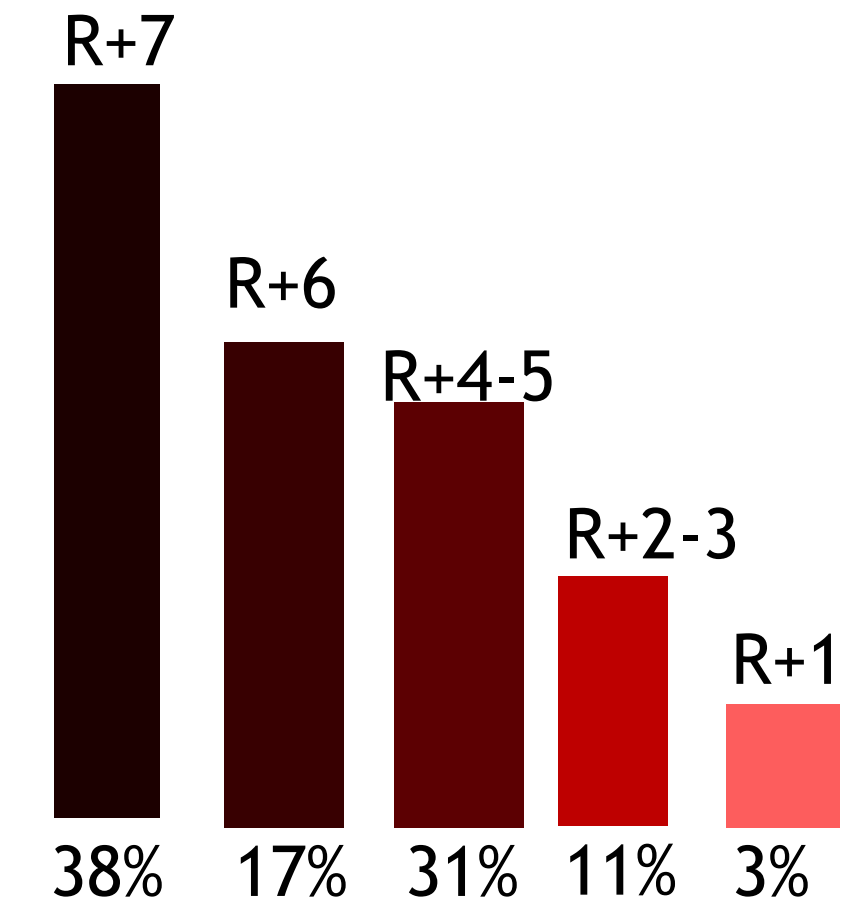


PLAN D'AMENAGEMENT 2025- UVD

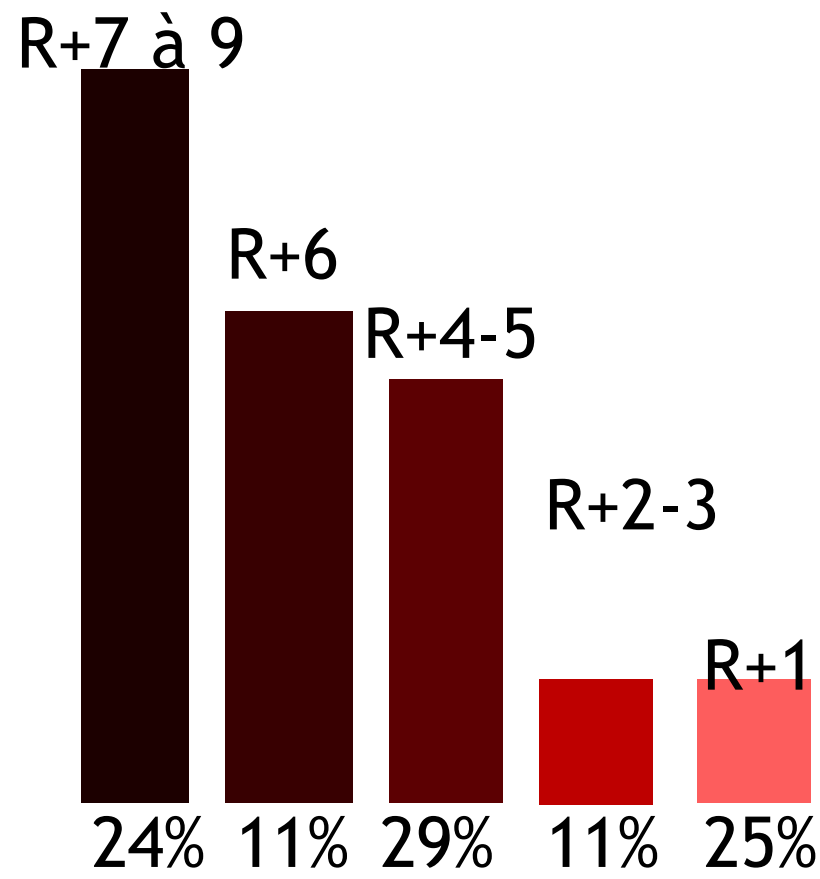
UNE REDUCTION DE L'EMPRISE AU SOL ET UNE HAUSSE DE L'EPANNELAGE

L'écocité est inscrite dans le quota d'artificialisation du ZAN à l'échelle nationale

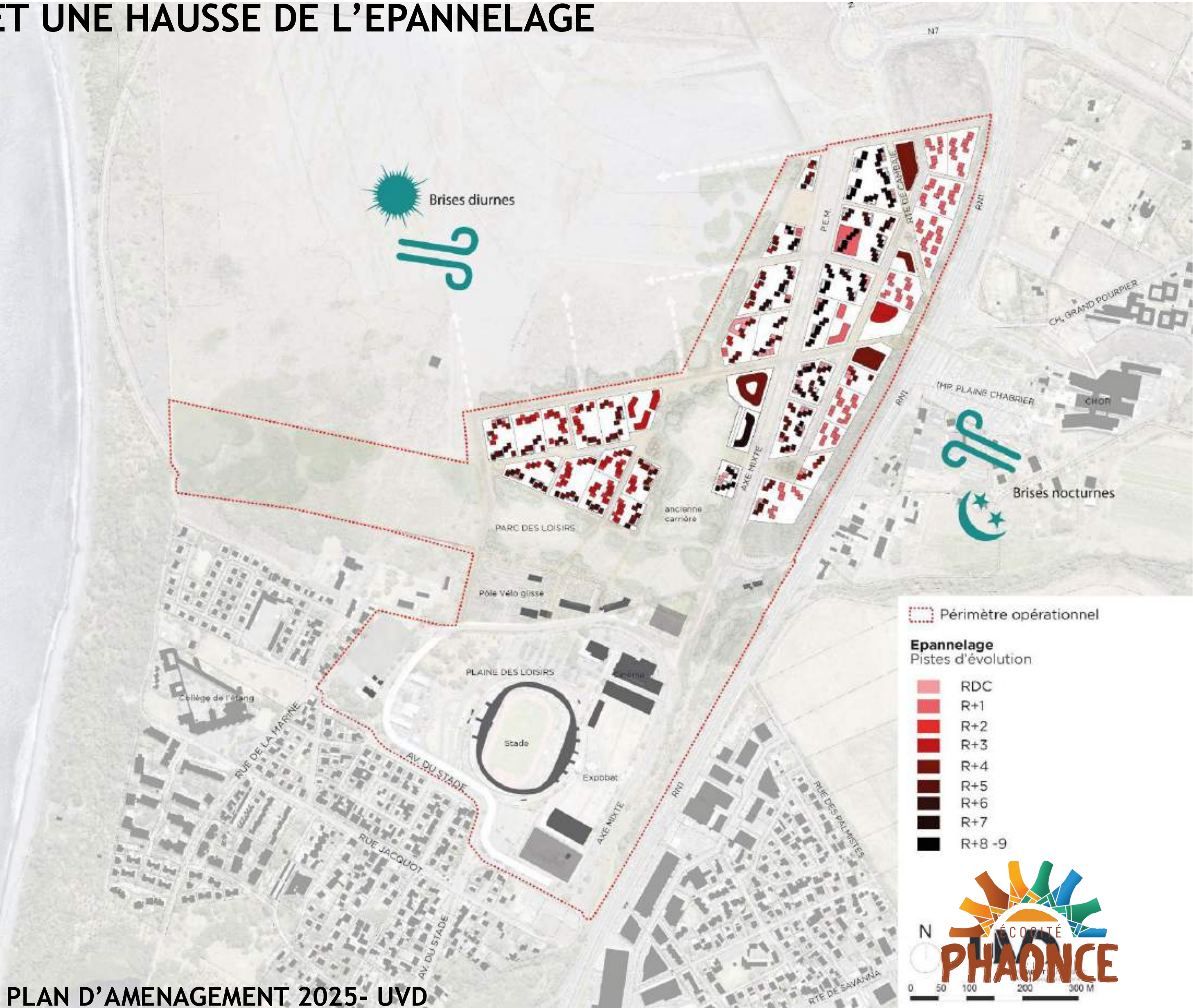
Des hauteurs plus importantes pour accompagner et cadrer l'axe mixte.



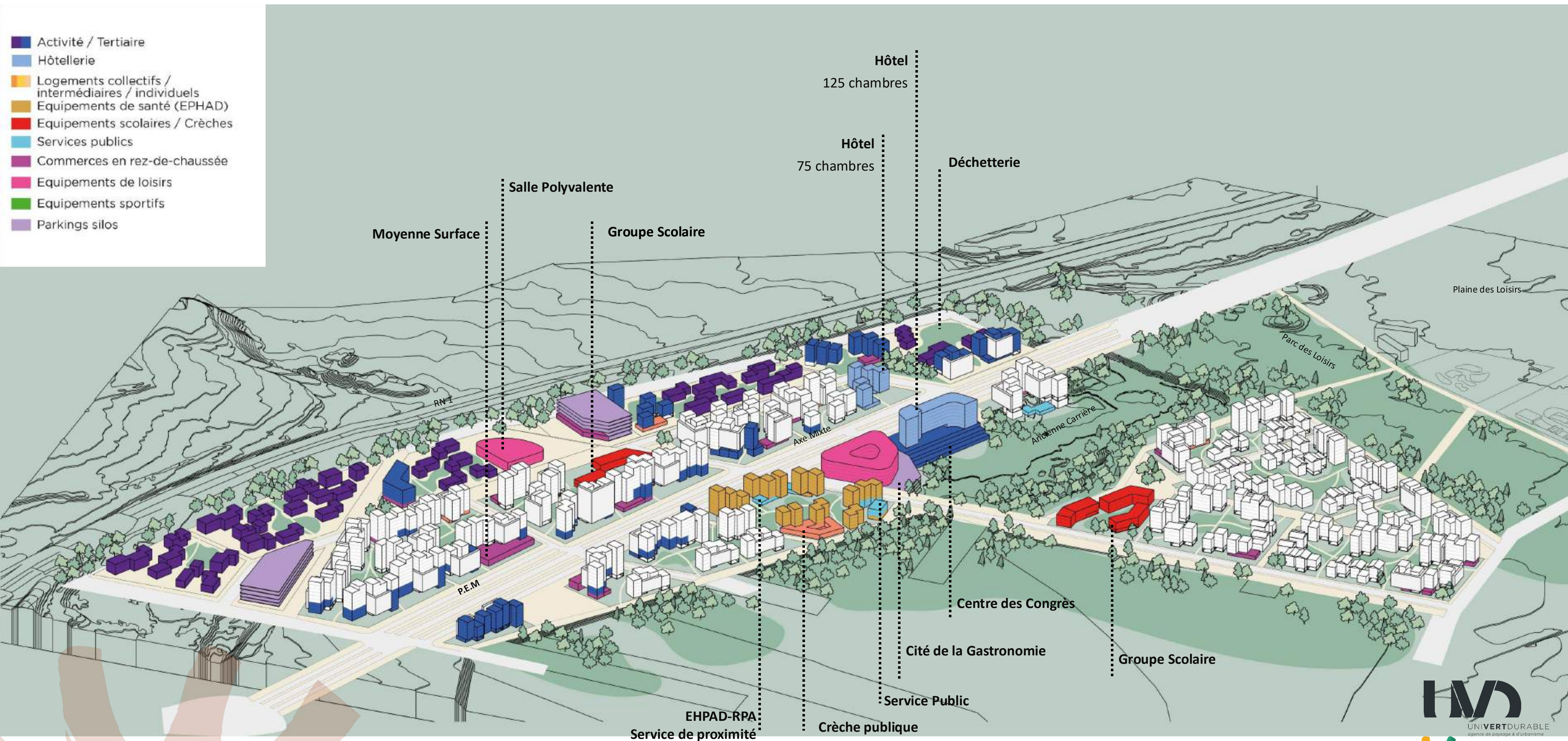
Plan Guide 2022 - (estimation)



Plan d'aménagement 2025 (environ)



- Activité / Tertiaire
- Hôtellerie
- Logements collectifs / intermédiaires / individuels
- Equipements de santé (EHPAD)
- Equipements scolaires / Crèches
- Services publics
- Commerces en rez-de-chaussée
- Equipements de loisirs
- Equipements sportifs
- Parkings silos



2nde étape : après finalisation du plan d'aménagement lancement des simulations pour évaluer les évolutions
-résultats fin septembre sous réserve transmission des éléments fin juin

Référentiels aménagement bioclimatique et quartier durable

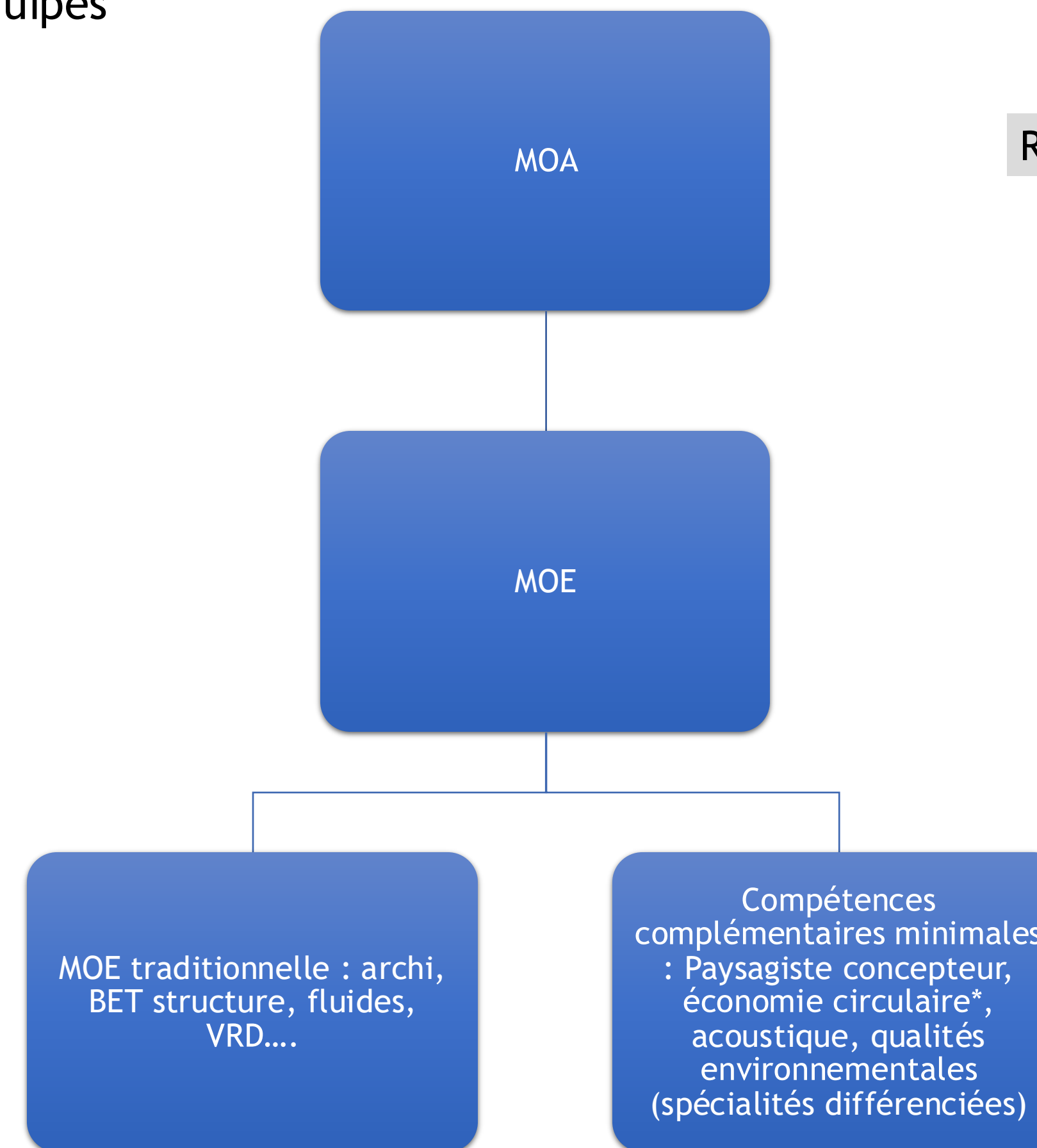


Des documents cadres

Référentiel et cahier des prescriptions
« Aménagement bioclimatique, quartier durable et
performances environnementales et
énergétiques »

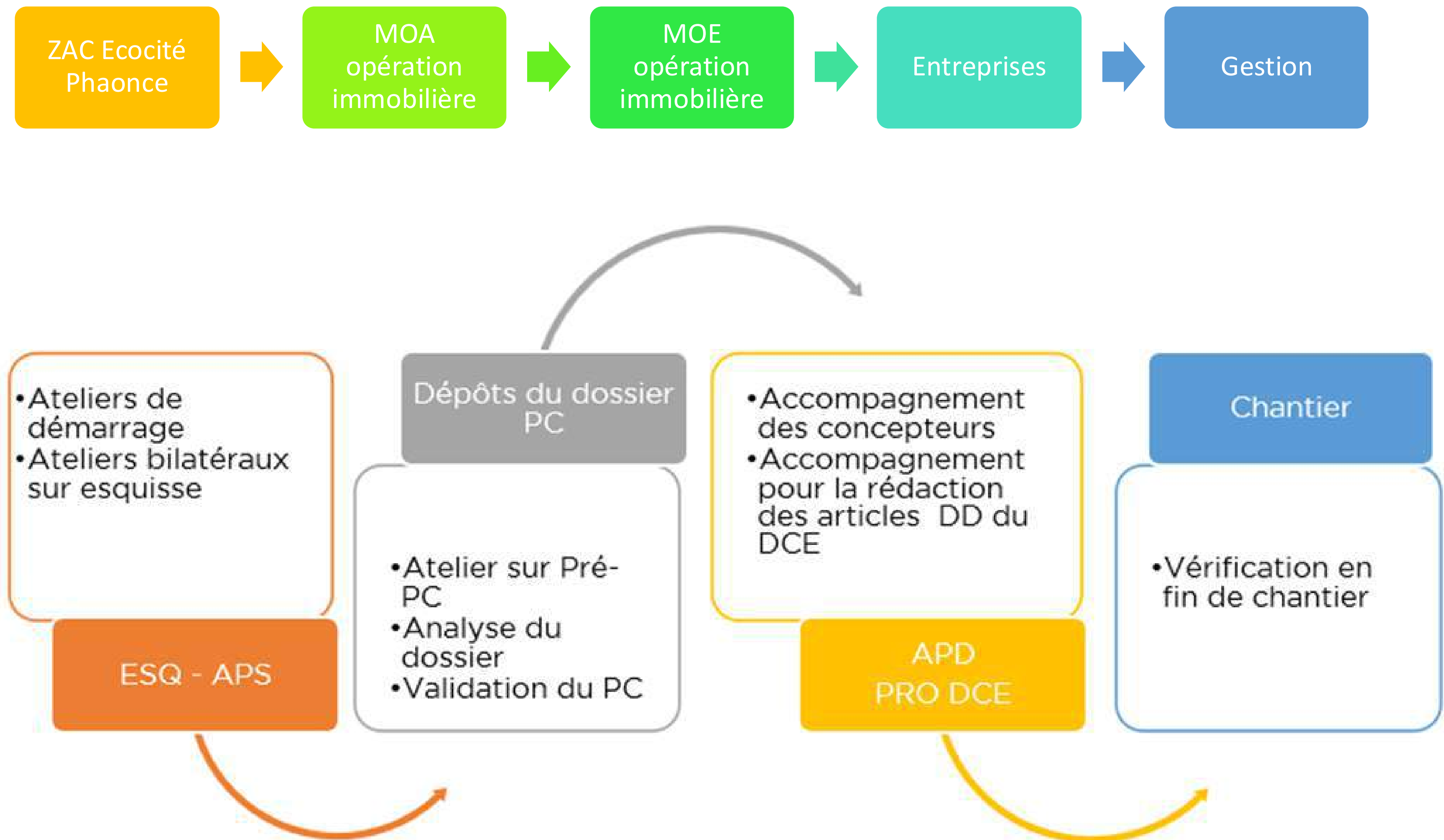
Gouvernance des projets immobiliers

- Composition des équipes



Reporting à l'aménageur

Une démarche d'accompagnement et de suivi des projets immobiliers



Des indicateurs

1. Échelles : opération d'aménagement / secteur / ilot - macrolot / opération immobilière

2. Niveaux d'engagement : I, II, III

3. Méthode de calcul / outil de calcul : formules, outils existants (tec-tec, batipei, pèrene, effikaz, efficacy...)

4. Phases du projet lors de laquelle l'indicateur est évalué

REFERENTIEL PERFORMANCES ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DES CONSTRUCTIONS ET ESPACES EXTERIEURS											
Axe	Critère	Indicateur	N1	N2	N3	Méthode / outil de calcul	Document ressource	ESQ / APS	APD - PC	PRO - DCE	Chantier
II. ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE											
Ventilation naturelle des espaces											
		L'épaisseur des trames bâties sera au maximum de 12m	X	X	X	La ventilation naturelle en pratique, ADEME Réunion		X			
		Porosité minimale à atteindre pour les façades à l'admission et à l'extraction				Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Logement	> 25%	> 30%	> 35%	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Commerce	> 30%	> 35%	> 40%	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Bureaux	> 30%	> 35%	> 40%	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		L'agencement intérieur devra limiter les pertes de charges aérauliques avec un minimum de 30% de transparence interne				La ventilation naturelle en pratique, ADEME Réunion			X	X	
		La pose de brasseurs d'air dans les locaux à occupation prolongée est obligatoire	1 BA / 15m²1 BA / 15m²1 BA / 12m²								
Conception thermique de l'enveloppe											
		Facteur solaire des toitures	< 0.03	< 0.02	< 0.015	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Facteur solaire des façades	< 0.09	< 0.05	< 0.03	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Facteur solaire des baies				Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Nord	0,6	0,4	0,3	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Est	0,6	0,4	0,3	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Sud	0,8	0,6	0,4	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Ouest	0,6	0,4	0,25	Méthode de calcul PERENE			X	X	
		Travailler sur des protections solaires déportées				Qualitatif			X	X	



- **Formes urbaines :**
 - Emprise au sol maximale
 - Failles et percées dans les implantations bâties
 - Réduction des effets de masques et sillage / interdistance entre constructions
 - Limiter la double mitoyenneté
- **Architecture bioclimatique**
 - Plénum urbain variable
 - Épaisseur des bâtis
 - Porosité des façades
 - Facteur solaire des façades, baies, toitures
 - Protections solaires
 - Transparence interne des locaux
 - Taux de RDC surélevés
 - Part des toitures à 1 et 2 pans
 - Albédo des revêtements extérieurs
 - Ratio déblais / remblais
 - Confort acoustique : implantation des constructions, ouvertures, façades, espaces extérieurs par rapport aux zones d'émission / implantation des zones d'émission => locaux exposés-protégés
 - Confort thermique intérieur
 - Eclairage naturel des locaux
 - Eclairage naturel des circulations

- **Programmation**
 - Espaces communs
 - Diversité des typologies : nombre
 - Mutualisation des LCR
 - Mixité des formes d'habitats,
 - Mixités générationnelle, fonctionnelle et financements
 - Réversibilité des bâtiments / locaux
 - Espace extérieur à usage privatif : surfaces minimales
- **Paysage et biodiversité**
 - Coefficient de biotope
 - Nombre d'espèces / 1000 m²
 - Part pleine terre
 - Limiter espaces paysagers sur dalle
 - Continuité trame verte
 - Épaisseur des terres
 - Nombre de strates
 - Espace sanctuarisé
 - Conservation de sujets préexistants : exotiques non envahissantes, indigènes ou endémiques,
 - Nombre de sujets transplantés : sur site / hors site
 - Taille des fosses/tranchées selon les sujets
 - Mise en place d'habitats
 - Traitements des limites séparatives : plantations, clôtures, continuité paysagère et biologique
- **Agriculture urbaine**
 - Jardins partagés
 - Petits élevages urbains

- **Gestion des ressources**
 - Trame noire
 - Éclairage extérieur : niveau d'éclairement, hauteurs des mats, orientation, température, modalités de régulation,...
 - Production ECS solaire
 - Production électrique solaire
 - Bornes de recharges véhicules
 - Climatisation individuelle proscrite
 - Brasseurs d'air
 - Climatisation collective à partir d'énergies renouvelables (hors logts)
 - GIEP
 - Coefficient de perméabilité
 - Diversité des usages sur les espaces de gestion des eaux pluviales
 - Continuité des noues
 - Récupération eaux de pluies
 - Réseau séparatif arrosage
 - M² espaces irrigués par eau brute
 - M² espaces irrigués par REUSE
 - Gestion des déchets : sites d'apport pour compost, évolution modalités collectes et valorisation du territoire, prévoir autres évolution
 - Consommations énergétiques différenciées selon occupation
 - Empreinte carbone des constructions : poids carbone, matériaux biosourcés, reemploi, différenciés
 - Consommation d'eau potable

- **Mobilités et déplacements**

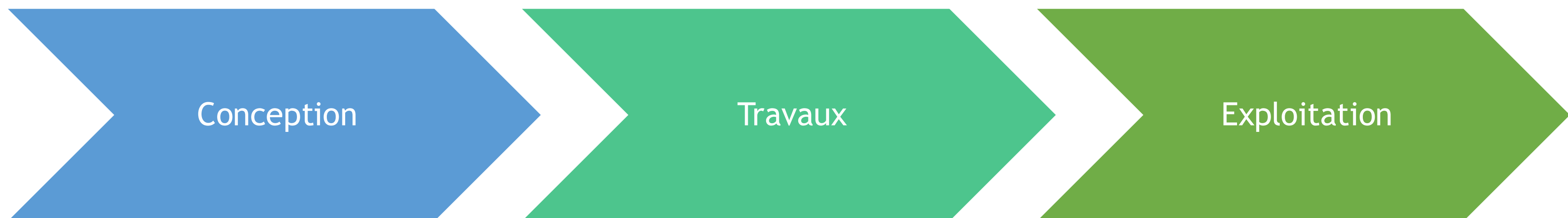
- vitesse est limitée
- Impasses limitées
- Distance constructions arrêt TC
- Part des cheminements modes doux / linéaires de voies circulation tous modes
- Largeur minimale des cheminements
- Nombres de stationnements vélo dont % vélo cargo..., motos / logt
- Taille des locaux alloués stationnement vélo
- Nombre de stationnement VL / logt - m² SDP autres : % mutualisé / % foisonné
- Nombre de places covoiturage, intermodalité,
- Capacité de réversibilité des espaces de stationnement

En chantier :

- Charte de chantier : enjeux environnementaux et sociaux, soumise à l'aménageur

En exploitation :

- Traduction dans règlements de copro et bailleur, Animation/accompagnement des politiques publiques, plans de gestions des espaces paysagers
- Qualité de entreprises



- MOA => MOE

- Objectifs traduits dans DCE
- Suivi / conformité

- Bailleurs / syndics / collectivités
- Comportements individuels
- Entreprises d'entretien / maintenance : sélection, formation,...

Des Prescriptions

- Des prescriptions thématiques pour accompagner les opérateurs et concepteurs.
- Des pistes de réflexions et conseils d'aménagement pour atteindre les objectifs du référentiel.
- Des prescriptions illustrées de schémas et références.

Architecture bioclimatique.

- Ventilation naturelle des espaces.
- Conception thermique de l'enveloppe.
- Le Confort

Les Espaces Extérieurs Qualitatifs.

- Qualité des sols & biodiversité.
- Stratégie végétale.
- Traitement paysager des limites.
- Gestion Intégrée des eaux pluviales.
- Choix des matériaux.

Vers une Ville Résiliente et Econome.

- Energie.
- Matériaux & Bilan carbone.
- Gestion de l'eau.
- Valorisation des biodéchets.

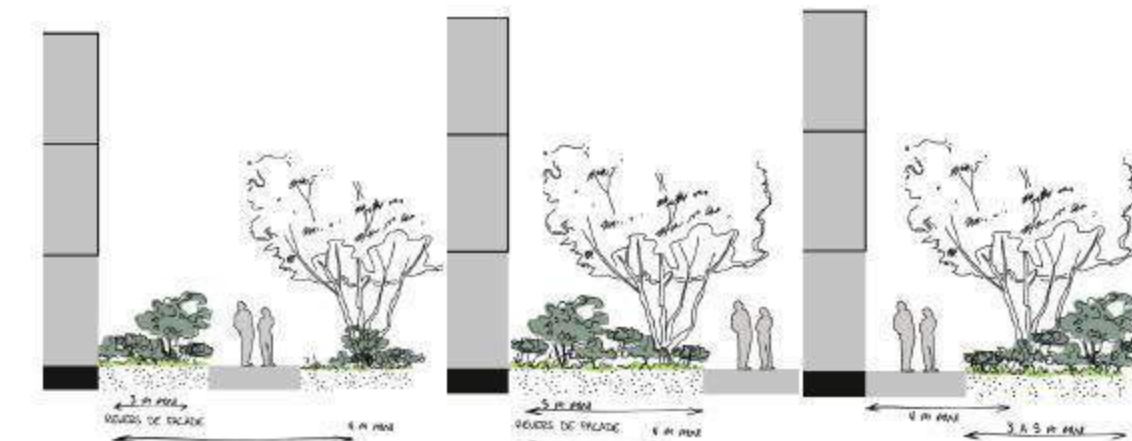
Mise en œuvre de L'opération.

- Gestion des espaces paysagers.
- Sensibilisation des usagers.
- Chantier

Les revers de façade, ou pied de façades constituent les premiers mètres au droit d'une façade bâtie. Leur traitement qu'il soit minéral ou végétal permet à la fois une mise à distance entre l'espace public ou collectif et l'espace privé et de créer une transition entre l'extérieur et l'intérieur en marquant un seuil.

Dans le cadre de la ZAC Ecocité Phaonce les pieds de façade comprendront une bande végétale de 3 m d'épaisseur minimum dans les 5 premiers mètres mesures à partir de la façade. La végétalisation des pieds de façades participe au confort climatique des rez-de-chaussée et des constructions de manière globale. Ils permettent un rafraîchissement de l'air qui entre par le phénomène d'évapotranspiration, d'ombrager les façades lorsque des arbres sont plantés, de mettre à distance les surfaces minérales et le réchauffement de l'air par la réverbération.

Les revers de façades seront composés de trois strates. Pour assurer leur bon développement, les arbres seront plantés à une distance minimum de 4 mètres des façades. Végétalisés, les revers de façades participent également de la gestion des eaux de pluie.



Cahier des Prescription Performances Environnementales
et Énergétiques De la construction et leurs espaces extérieurs

-29-



Ecoquartier Cœur de Ville La Possession - Traitement des limites et coeurs d'îlots | La Possession | UVD

-29-

ZAC Ecocité Phaonce
Ind. A | Mars 2025



Questions



ÉCOCITÉ
PHAONCE

MERCI





Alon batir la vil de domin

Lab 2051

Aménagement bioclimatique ultramarin

15 janvier 2026



Ambition et méthode sur les aménagements paysagers

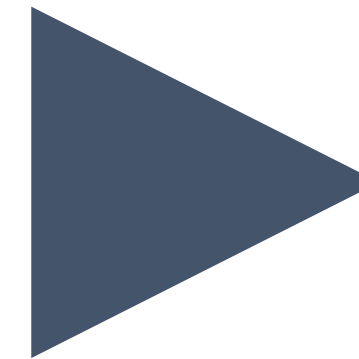


Une ambition forte : créer une ville jardin bioclimatique dans un contexte contraint



- Un climat semi-aride
- Une pluviométrie de plus en plus faible
- Des sols très perméables

Quels leviers
de réussite ?



- Une ville nouvelle adaptée
- Rafraîchie et ventilée
- Favorisant la biodiversité

Une méthode : une co-construction avec l'ensemble de la chaîne de valeur



Définition d'une
palette végétale
adaptée

Définition d'une
stratégie de mise
en culture

Définition d'une
stratégie
d'entretien

Expérimentation, évaluation et accompagnement

Définition de la stratégie végétale



La définition de la palette végétale : une analyse multicritères conséquente

Caractéristiques

- Type biologique
- Port final
- Hauteur maximum
- Feuillage
- Système racinaire
- Statut d'indigénat
- Menace Réunion
- Statut de protection
- Invasibilité

Écologie

- Exigence lumière
- Exigence sol
- Résistance à la sécheresse
- Résistance aux vents cycloniques
- Résistance aux incendies
- Tolérance aux embruns
- Tolérance à l'élagage

Multiplication

- Croissance relative
- Capacité de production
- Délai de production
- Domestication
- Maîtrise culturelle

Usages

- Nature des aménagements
- Fonctions
- Gestion différenciée
- Plante apiphile
- Intérêts dans l'aménagement

+ d'infos sur la
palette végétale
ici



200 espèces
sélectionnées



Diversité et résilience



La définition de la stratégie de mise en culture : le rôle des pépinières



Capacité production	oui/non
Ampleur	100/1000/>1000
Accès graines/boutures	oui/non
Souhait production	oui/non
Souhait ampleur	100/1000/>1000

Meilleure connaissance des pépinières sur la disponibilité semencière, les capacités de production et la maîtrise des itinéraires techniques



Traçabilité et création de valeur



La définition de la stratégie d'entretien : l'accompagnement à la gestion différenciée

Plan de gestion différenciée



Code	Code 1	Code 2	Code 3	Code 4	Code 5
Typologie	Jardins ornementaux des espaces structurants	Parcs et jardins dans les espaces de loisirs	Bandes plantées, noues et parkings	Parcs et vergers agricoles	Espaces naturels et savane
Ambiance	Jardinée	Semi-rustique	Semi-rustique	Rustique	Naturelle
Gestion	Horticole	Semi-naturelle	Semi-naturelle	Semi-naturelle	Naturelle
Entretien	Très suivi	Suivi voire très suivi	Suivi	Limité voire extensif	Extensif

Clés de réussite

- Expérimenter
- Transformer la commande pour une ingénierie plus présente les premières années
- Mettre en place une logique d'aménagement progressif
- Anticiper et dialoguer la passation
- Sensibiliser, former, organiser les actions de gestion écologique



Respect du vivant



Évaluation de la qualité des aménagements extérieurs

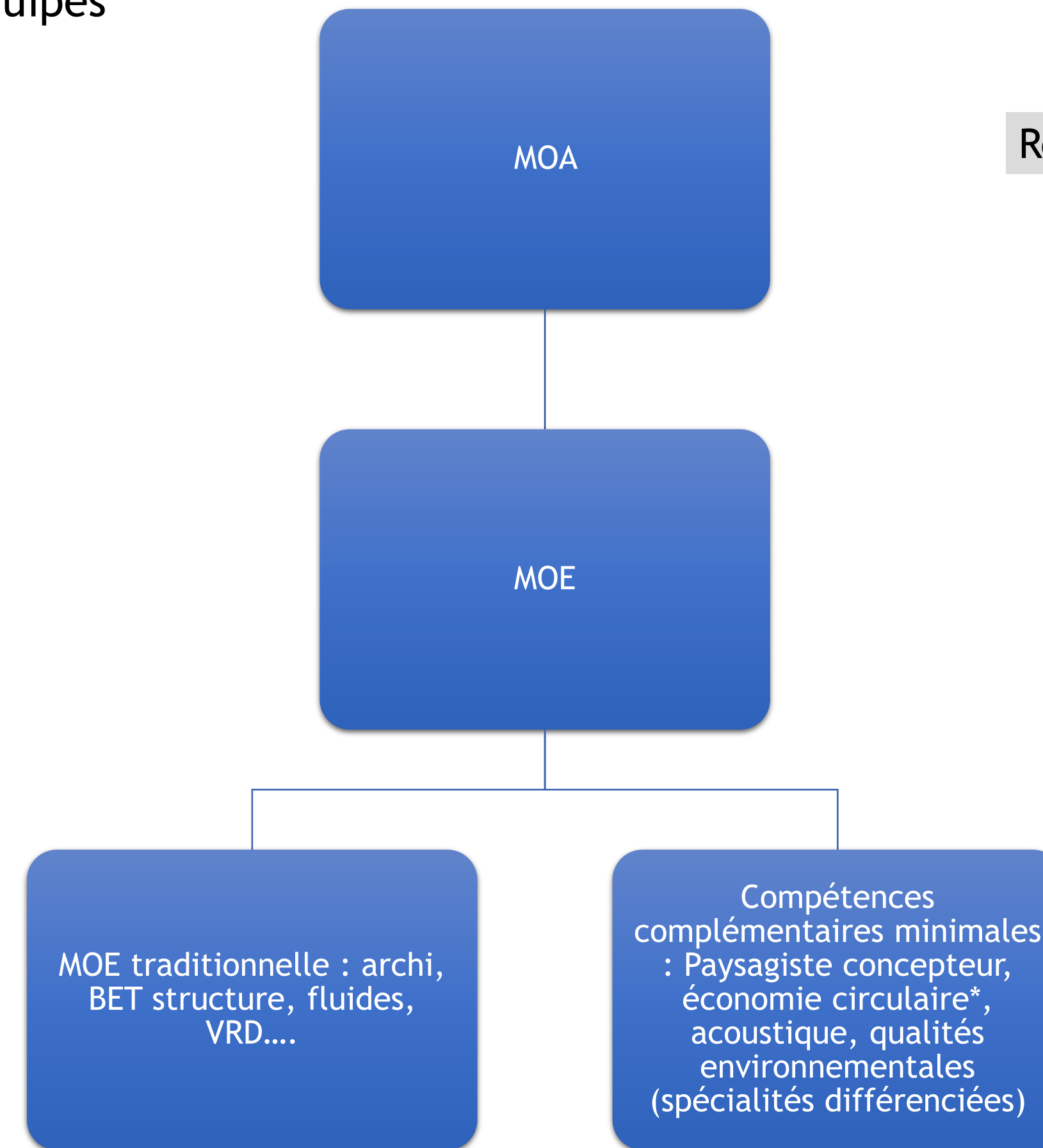


Des documents cadres

- Livret cadre
- Plan guide
- Référentiel des ambitions environnementales
- Cahiers de prescriptions
 - Architecturales et urbaines
 - Paysagères
 - Énergétiques et environnementales
 - Autorisations environnementales

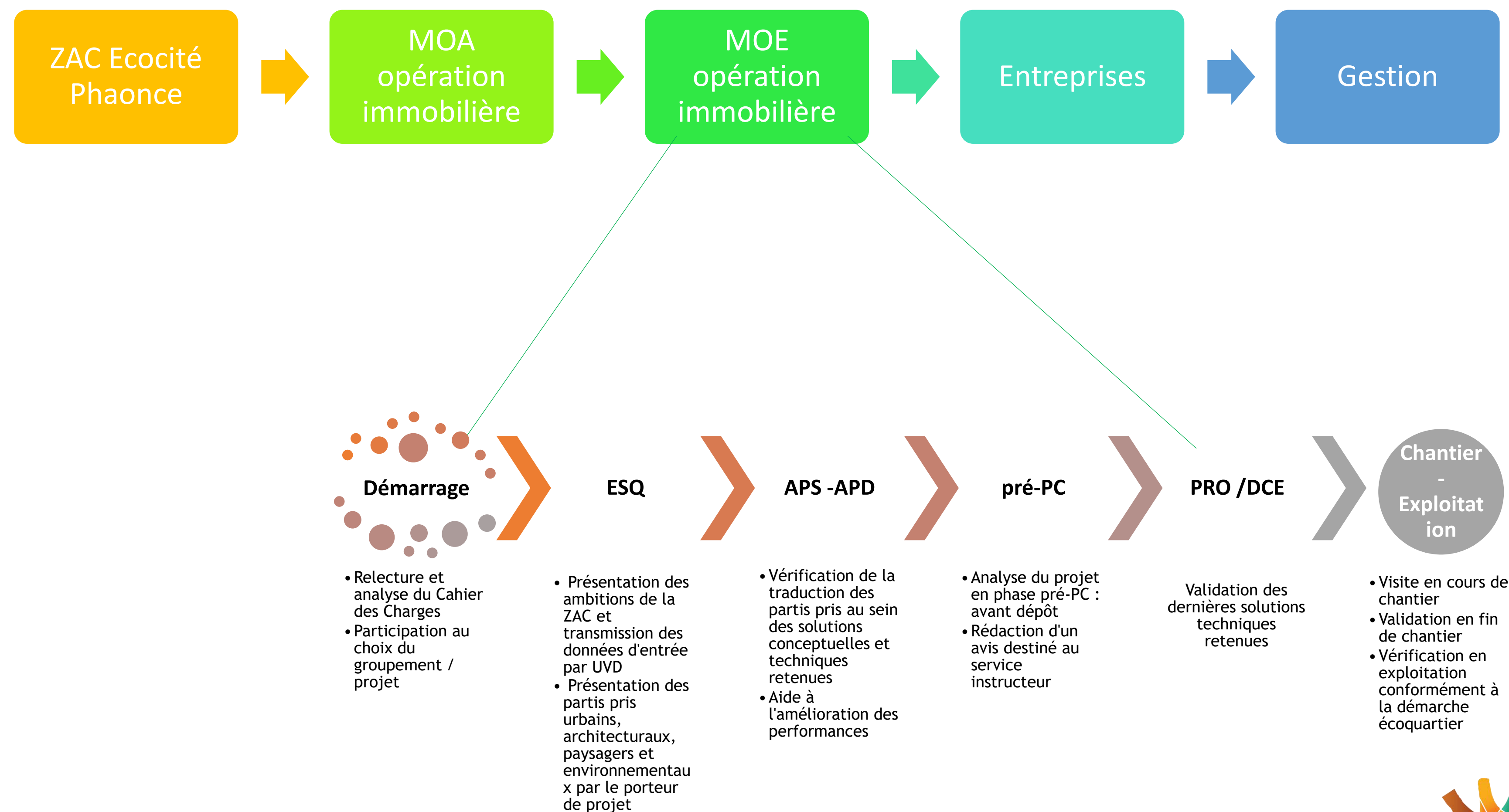
Gouvernance des projets immobiliers

- Composition des équipes



Reporting à l'aménageur

Une démarche d'accompagnement et de suivi des projets immobiliers



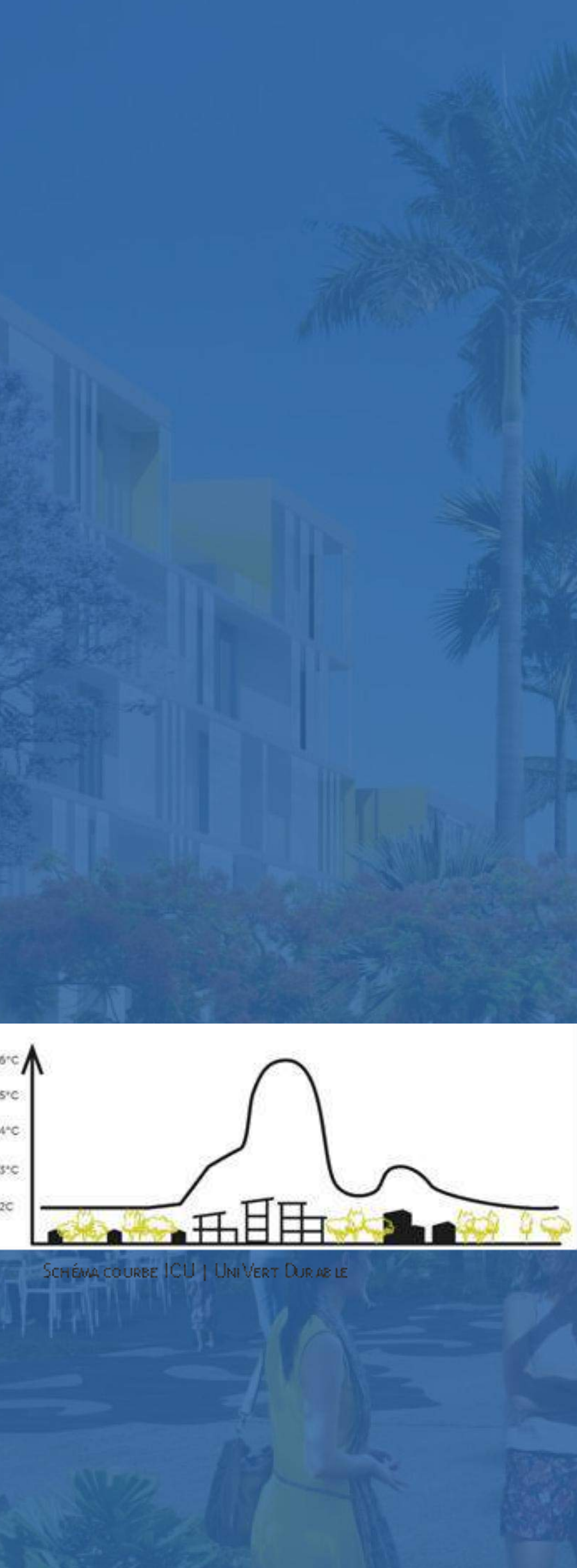
Cadre de l'évaluation

- 1. Échelles : macrolot / lot
- 2. Niveaux d'ambitions - définis ou choisis selon les programmes

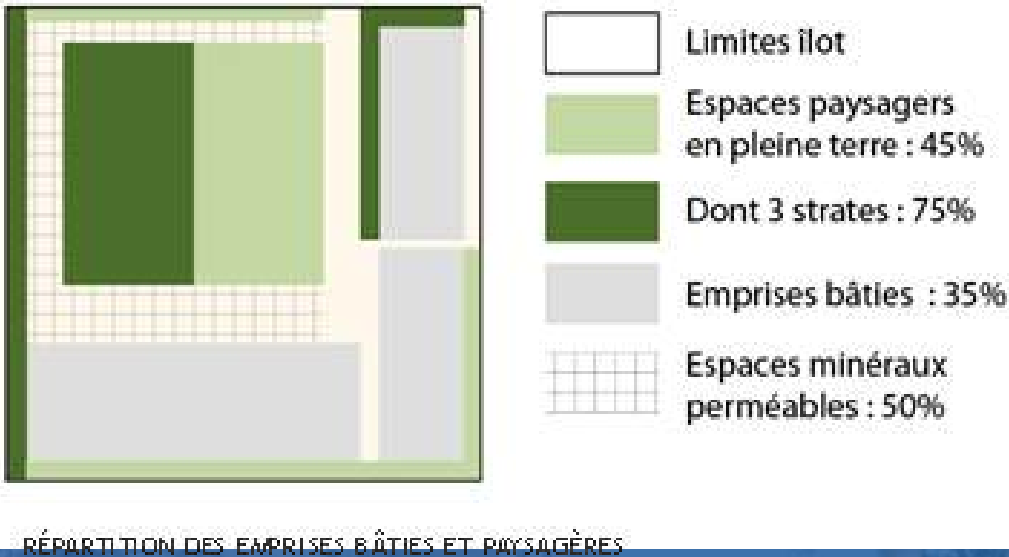
Les niveaux d'ambition	Indicateurs de niveau 1 (N1)	Indicateurs de niveau 2 (N2)	Indicateurs de niveau 3 (N3)
Opération DE REFERENCE Application du cadre réglementaire	100%	-	-
Opération AMBITIEUSE	100%	>50%	-
Opération EXCELLENTE	100%	100%	>50%

- 3. Méthodes de calcul / outils de calcul : formules, outils existants (tec-tec, batipei, pèrene, effikaz, outils développés par Efficacity...)
 - o *Tableur à renseigner par équipe MOA / MOE du projet immobilier*
- 4. Liste des documents à fournir à chaque étape
 - o *Tableur à renseigner par équipe MOA / MOE du projet immobilier*
- 5. Phases du projet lors desquelles l'indicateur est évalué

Indicateurs	ESQ / APS	Pré-PC	PRO / DCE	Chantier	Exploitation
Palette végétale	X	X	X		
100% des surfaces plantées disposent d'un support avec de la terre de qualité « végétale »			X	X	X



Indicateurs	Objectifs				Méthode / outil
Favoriser paysage et biodiversité		N1	N2	N3	
Tous les espaces plantés du quartier sont le plus possible connectés entre eux visuellement et physiquement	Macro-lot		X	X	Plan - Notice paysage
Valoriser le patrimoine naturel existant lorsque celui-ci est présent, notamment par la conservation de la végétation	Macro-lot	X	X	X	Plan - Notice Paysage
La transplantation de végétaux peut-être envisagée dans le cas de contraintes majeures. Avec la mise en place d'un protocole de transplantation	Macro lot - Lot	X	X	X	QUAL Protocole de transplantation
La palette végétale doit tenir compte du milieu écologique du site du projet et respecter la palette végétale définie pour la ZAC par le TO et le CBNM.	Lot	X	X	X	Notice et palette végétale
100% des surface plantées disposent d'un support avec de la terre de qualité "végétale"	Lot	X	X	X	Analyse en laboratoire (Stock d'éléments nutritifs) - fiche de performance (PH, activité biologique, granulométrie, Texture, couleur)
Créer des Ilots de Fraicheurs Urbains					
L'aménagement des cœurs d'îlots permet de créer des îlots de fraîcheur	Macro-lot		0,35	0,40	Coef IFU = (Surf a*Coef IFU)+(Surf b*Coef IFU) ../Surface Totale
Part des espaces circulés (VL, Piéton, Cycles) couverts par la surface des couronnes des arbres arrivés à maturité	Macro-lot	25%	35%	50%	Somme des arbres de hautes tiges*50m² /surface des espaces circulés
Part du profil de voies (VL, cycles, piétons) végétalisées (hautes tiges et strate basse minimum)	Macro-lot - Lot	20%	25%	35%	Largeur dédiée à l'aménagement paysager / largeur totale de la voie

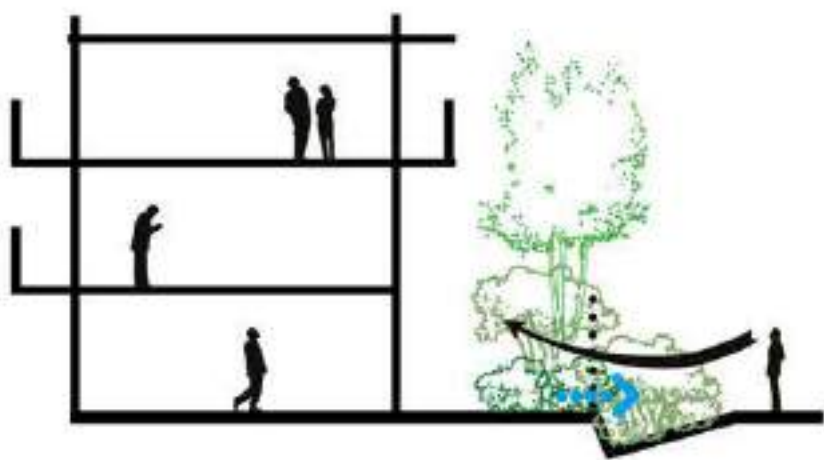
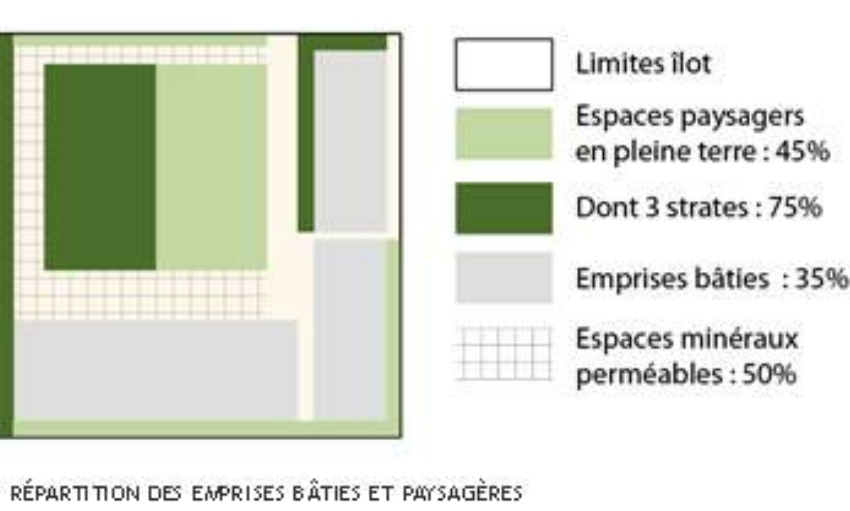


Indicateurs	Objectifs			Méthode / outil
Stratégie végétale	N1	N2	N3	
Coefficient biotope	0,35	0,5	0,5	CBS
Part des espaces plantés en pleine terre	35%	45%	50%	Surf. Espaces plantés / surf. Totale îlot
<i>Part des espaces plantés (pleine terre) avec trois strates (arborée, arbustive et herbacée)</i>	65%	75%	85%	<i>Surface des espaces plantés avec 3 strates / surface de pleine terre</i>
<i>Part des espaces plantés (pleine terre) avec 2 strates</i>	20%	15%	10%	<i>Surface des espaces plantés avec 2 strates / surface de pleine terre</i>
<i>Part des espaces plantés (pleine terre) avec 1 strate</i>	15%	10%	5%	<i>Surface des espaces plantés avec 1 strates / surface de pleine terre</i>
Les espaces plantés sur dalle seront limités à 5% des espaces paysagers		X	X	Surface d'espaces plantés sur dalle / surface espaces paysagers
Les espaces sur dalles auront une épaisseur minimale de terre	50 cm	60cm	80cm	Plan et coupes
Part des individus Endémiques et indigènes plantés	60%	75%	85%	Quantité d'individus endémiques et indigènes / Quantité totale des individus plantés
Nombre d'espèces différentes pour 1000 m² de surface paysagée	40	50	60	Palette végétale





Indicateurs	Objectifs			Méthode / outil
Traitement Paysager des limites	N1	N2	N3	
Part des limites séparatives composées d’une bande végétale de 3 à 5 m d’épaisseur comprenant 3 strates	60%	75%	80%	Linéaire de limite plantée / Linéaire de limite séparative
Les revers de façades sont constitués de bandes végétalisées de 4 m minimum avec 2 strates	35%	50%	75%	Linéaire de revers de façade planté / linéaire de façade
Gestion Intégrée des Eaux de Pluie				
Part des dispositifs de conduite des eaux pluviales aériens, paysagers	60%	80%	100%	Surface des dispositifs de conduite d'eau pluviale aériens et paysagers / surface totale des dispositif de conduite d'eau pluviale
Le débit de fuite devra correspondre au débit initial sur une période de retour de 30 ans.	X	X	X	
Coefficient de perméabilité à l’îlot		0,5		
Les dispositifs seront dimensionnés comme suit : Pour 100m² de surface imperméabilisée (emprise bâti, voie, stationnement, accès, etc.), 2 mètres cubes minimum de capacité d’accueil et de gestion du dispositif de rétention/infiltration seront mis en œuvre sur l’îlot			X	



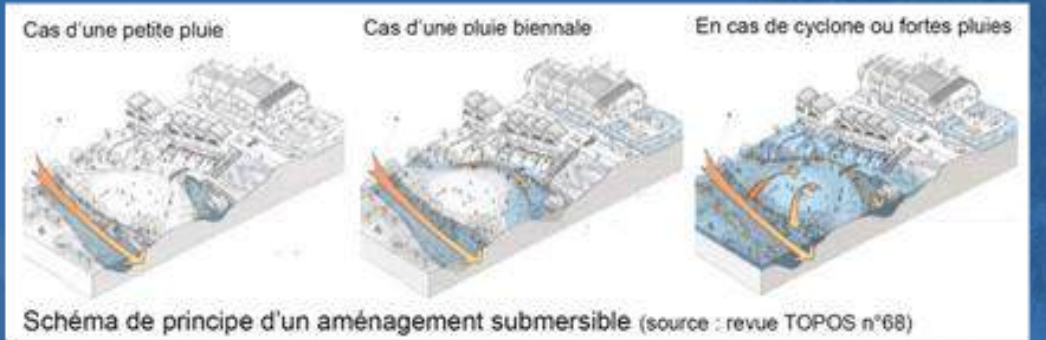
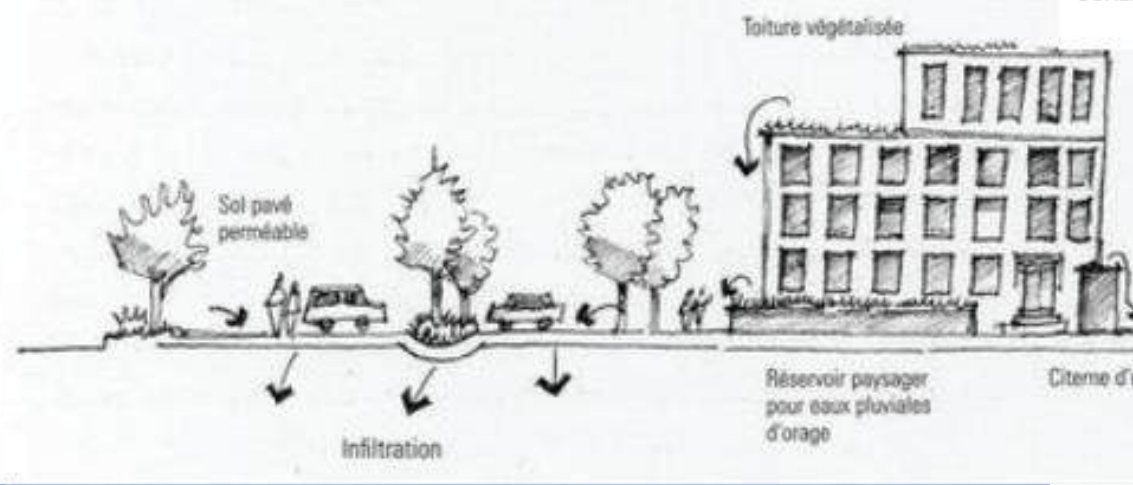


Schéma de principe d'un aménagement submersible (source : revue TOPOS n°68)

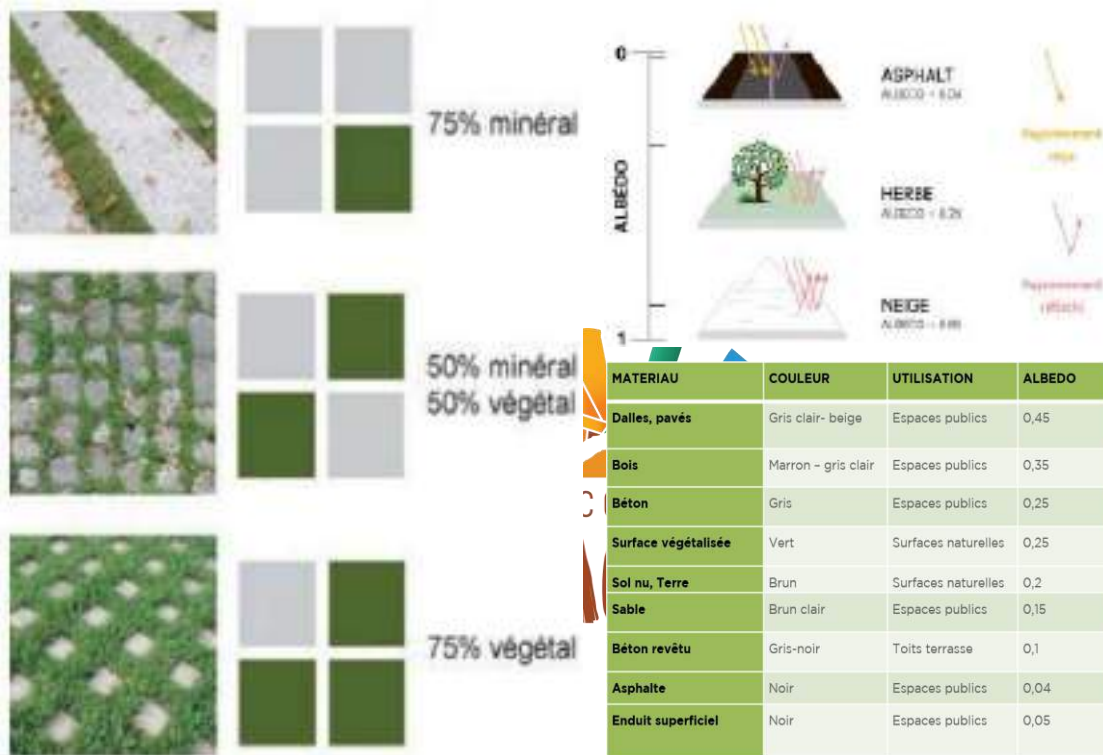


COUPE DE PRINCIPE POUR LA RÉCUPÉRATION DES EAUX PLUVIALES
(SOURCE : LES JARDINS ET LA PLUIE DE NIGEL DUNETTE ET ANDY CLAYDEN, ÉD. DU ROUERGUE)



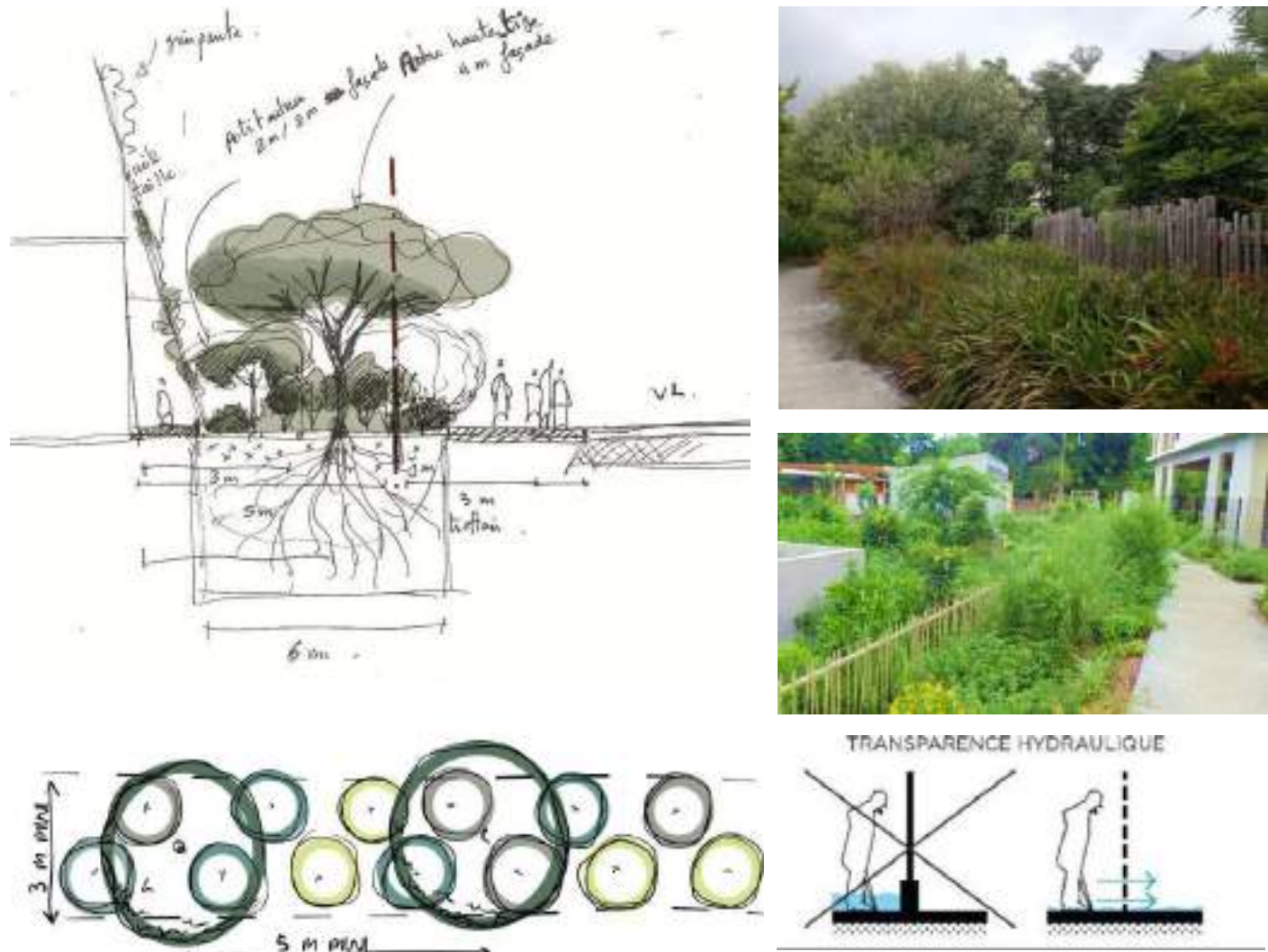
Indicateurs	Objectifs			Méthode / outil
Traitement Paysager des limites	N1	N2	N3	
Part des limites séparatives composées d’une bande végétale de 3 à 5 m d’épaisseur comprenant 3 strates	60%	75%	80%	Linéaire de limite plantée / Linéaire de limite séparative
Les revers de façades sont constitués de bandes végétalisées de 4 m minimum avec 2 strates	35%	50%	75%	Linéaire de revers de façade planté / linéaire de façade
Gestion Intégrée des Eaux de Pluie				
Part des dispositifs de conduite des eaux pluviales aériens, paysagers	60%	80%	100%	Surface des dispositifs de conduite d'eau pluviale aériens et paysagers / surface totale des dispositif de conduite d'eau pluviale
Le débit de fuite devra correspondre au débit initial sur une période de retour de 30 ans.	X	X	X	
Coefficient de perméabilité à l’îlot		0,5		
Les dispositifs seront dimensionnés comme suit : Pour 100m² de surface imperméabilisée (emprise bâti, voie, stationnement, accès, etc.), 2 mètres cubes minimum de capacité d’accueil et de gestion du dispositif de rétention/infiltration seront mis en œuvre sur l’îlot			X	

Indicateurs	Objectifs			Méthode / outil
Choix des matériaux				
Part des surfaces minérales perméables ou semi-perméables (pavés non jointoyés, stabilisé, cheminement en terre ou scories ...)	30%	50%	80%	Surface minérale semi-perméable / surface perméable

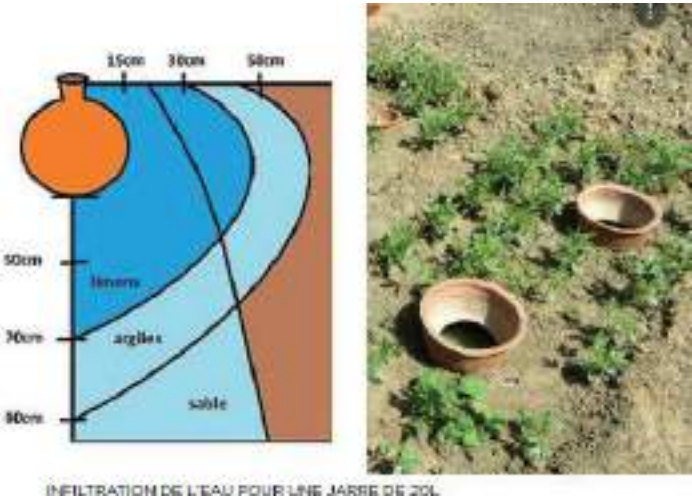


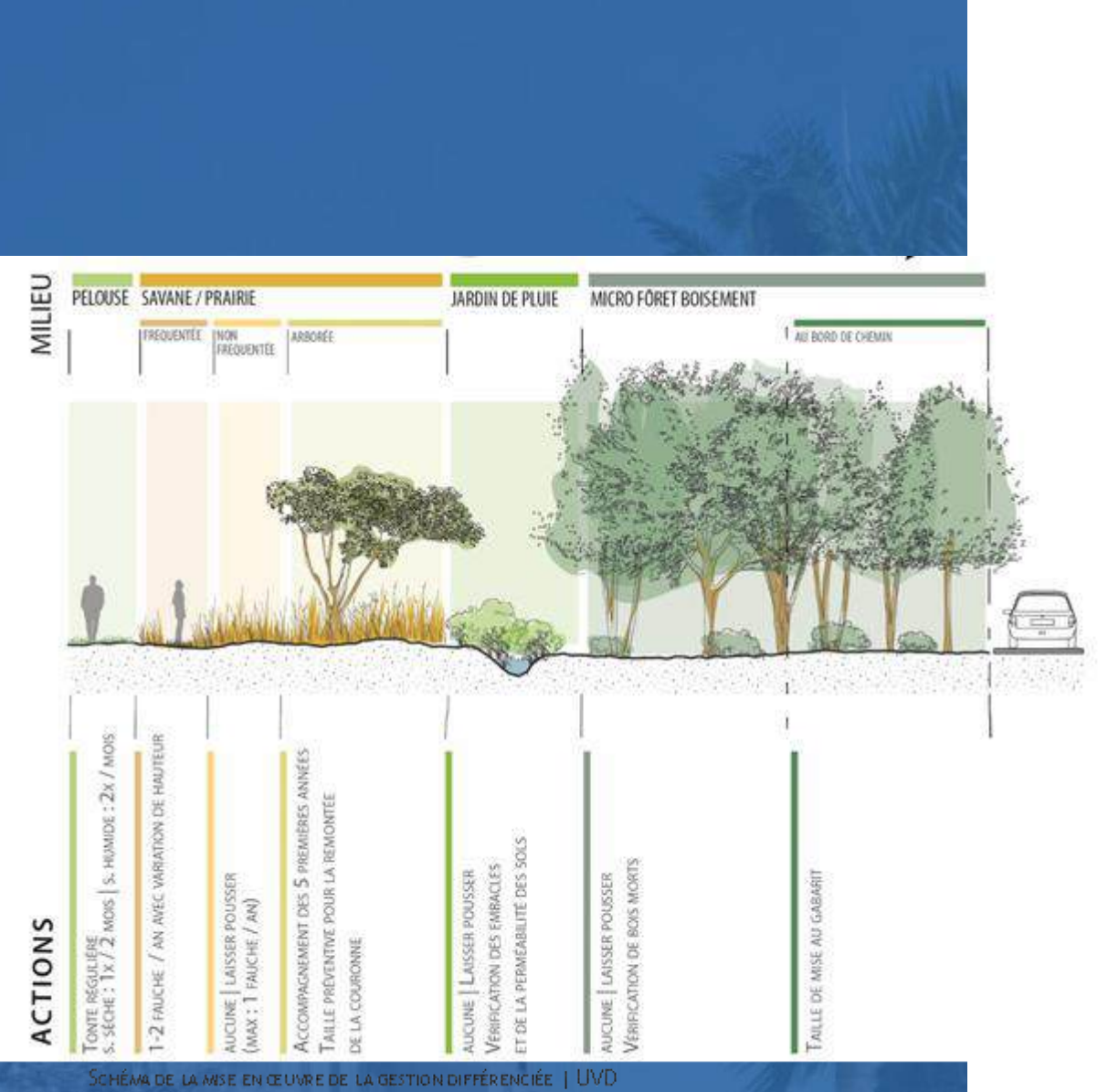


Indicateurs		Objectifs			Méthode / outil
Renforcer la biodiversité		N1	N2	N3	
Les tailles des fosses de plantations sont adaptées aux espèces.	Lot	X	X	X	Plan - Notice Paysage
La mise en place de tranchées ou fosses connectées reliant les systèmes racinaires sera encouragée	Lot		X	X	Plan - Notice Paysage
Permettre un bon développement des sujets en prévoyant une inter distance suffisante		X	X	X	Plan - Notice Paysage
Le projet protège ou crée des habitats spécifiques (ruches, troncs d'arbres morts (chandelle), mangeoires, nichoirs...).	Macro-lot		1	2	Plan - Notice Paysage



Indicateurs		Objectifs			Méthode / outil
Développer l'agriculture urbaine durable		N1	N2	N3	
Le projet prévoit des potagers collectifs	Macro-lot		X	X	Plan
Des projets d'élevage urbain de petite envergure (poullailler partagé,...) sont mis en place	Macro-lot			X	Plan
Mobilité et déplacements					
La conception des espaces extérieurs limite les obstacles et ressauts, les franchissements de seuils sont limités au minimum.	Macro-lot - Lot	X	X	X	Plan de nivellement
Des services complémentaires sont disponibles au niveau des aires de stationnement	bornes de réparation		X	X	Plan - Notice descriptive
	Prise pour la recharge des VAE			X	Plan - Notice descriptive
Limiter la consommation d'eau potable					
Limiter la consommation d'eau potable pour l'arrosage des espaces extérieurs	Lot	<10	<6	<3	Seuil de consommation d'eau exprimé en litres/m²
Les systèmes d'arrosage sont connectés au réseau séparatif.	Lot	X	X	X	Plan





SCHEMA DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA GESTION DIFFÉRENCIÉE | UVD



ET D'ACCUEIL CŒUR DE VILLE LA POSSESSION



ACCOMPAGNEMENT DES ENTREPRISE PAR LE PROGRAMME SEIZE

Indicateurs		Objectifs			Méthode / outil
Mise en œuvre		N1	N2	N3	
Anticiper les premières plantations des sujets de hautes tiges (Arbres, palmiers et arbustes) en début de chantier			X	X	
Mettre en place un contrat de culture			X	X	Contrat de culture ou équivalent pour anticiper capacité des producteurs à fournir
Mettre en place le paillage à la plantation d'une épaisseur de 10 cm (BRF)		X	X	X	CCTP entreprises
Rédiger une charte d'entretien et de gestion différenciée à destination du MOA post garanties avec une spécificité liée au cycle climatique tropical		X	X	X	Charte d'entretien Règlement de copropriété / AFUL - ASL
Sensibilisation des usagers					
Livret d'accueil		X	X	X	Qualitatif
Chantier					
Mise en place d'une charte chantier vert spécifique aux conditions locales.		X	X	X	Charte chantier Vert
Le paysagiste est associé à l'élaboration du Plan Installation de Chantier (PIC)		X	X	X	PIC
Protection inamovible des arbres existants en phase chantier pour assurer leur pérennité et éviter un écrasement du système racinaire		X	X	X	
Valorisation des déchets de chantier		%	%	%	

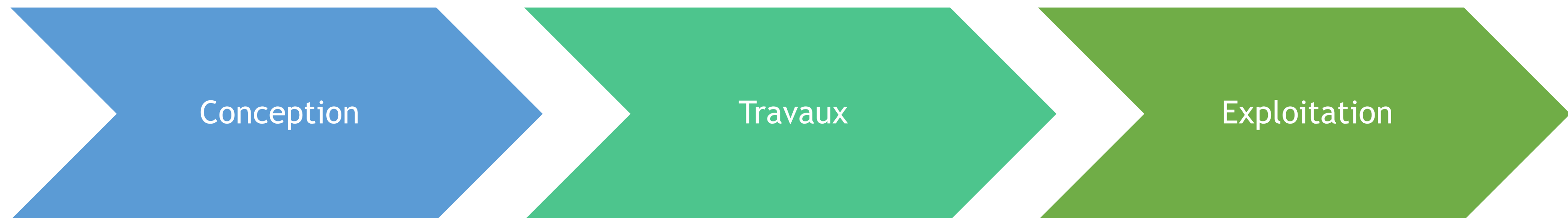


En chantier :

- Charte de chantier : enjeux environnementaux et sociaux, soumise à l'aménageur

En exploitation :

- Traduction dans règlements de copro et bailleur, Animation/accompagnement des politiques publiques, plans de gestion des espaces paysagers
- Qualité de entreprises



- MOA => MOE

- Objectifs traduits dans DCE
- Suivi / conformité

- Bailleurs / syndics / collectivités
- Comportements individuels
- Entreprises d'entretien / maintenance : sélection, formation,...

Des Prescriptions

- Des prescriptions thématiques pour accompagner les opérateurs et concepteurs.
- Des pistes de réflexions et conseils pour atteindre les objectifs du référentiel.
- Des prescriptions illustrées de schémas et références.

Les Espaces Extérieurs Qualitatifs

- Qualité des sols & biodiversité
- Stratégie végétale
- Traitement paysager des limites
- Gestion intégrée des eaux pluviales
- Choix des matériaux

Vers une Ville Résiliente et Econome

- Energie
- Matériaux & Bilan carbone
- Gestion de l'eau
- Valorisation des biodéchets

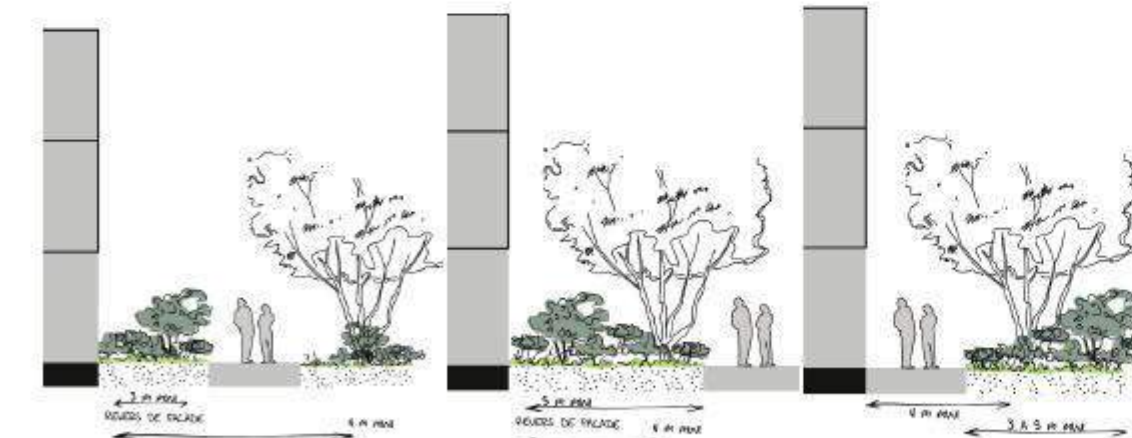
Mise en œuvre de l'opération

- Gestion des espaces paysagers
- Sensibilisation des usagers
- Chantier

Les revers de façade, ou pied de façades constituent les premiers mètres au droit d'une façade bâtie. Leur traitement qu'il soit minéral ou végétal permet à la fois une mise à distance entre l'espace public ou collectif et l'espace privé et de créer une transition entre l'extérieur et l'intérieur en marquant un seuil.

Dans le cadre de la ZAC Ecocité Phaonce les pieds de façade comprendront une bande végétale de 3 m d'épaisseur minimum dans les 5 premiers mètres mesures à partir de la façade. La végétalisation des pieds de façades participe au confort climatique des rez-de-chaussée et des constructions de manière globale. Ils permettent un rafraîchissement de l'air qui entre par le phénomène d'évapotranspiration, d'ombrager les façades lorsque des arbres sont plantés, de mettre à distance les surfaces minérales et le réchauffement de l'air par la réverbération.

Les revers de façades seront composés de trois strates. Pour assurer leur bon développement, les arbres seront plantés à une distance minimum de 4 mètres des façades. Végétalisés, les revers de façades participent également de la gestion des eaux de pluie.



Cahier des Prescription Performances Environnementales
et Énergétiques De la construction et leurs espaces extérieurs

-28-



Ecoquartier Cœur de Ville La Possession – Traitement des limites et coeurs d'îlots | La Possession | UVD

-29-

ZAC Ecocité Phaonce
Ind. A | Mars 2025



Questions



ÉCOCITÉ
PHAONCE

MERCI



ANNEXE 10

Présentation du guide « Urbanisme bioclimatique en Guyane », AQUAA

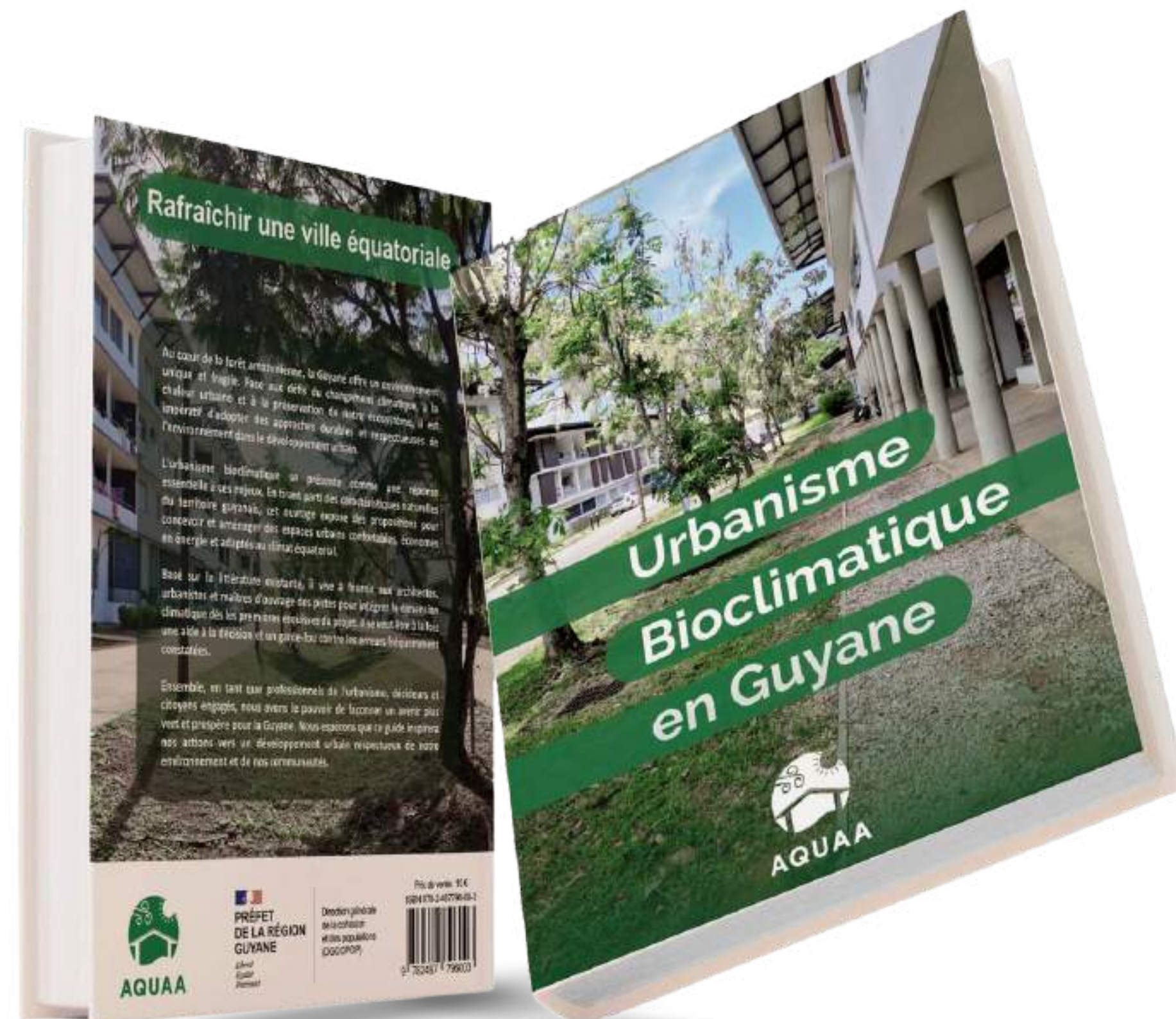
Mars 2025
Club VEGD

Présentation du guide d'urbanisme bioclimatique en Guyane

Rafraîchir une ville équatoriale



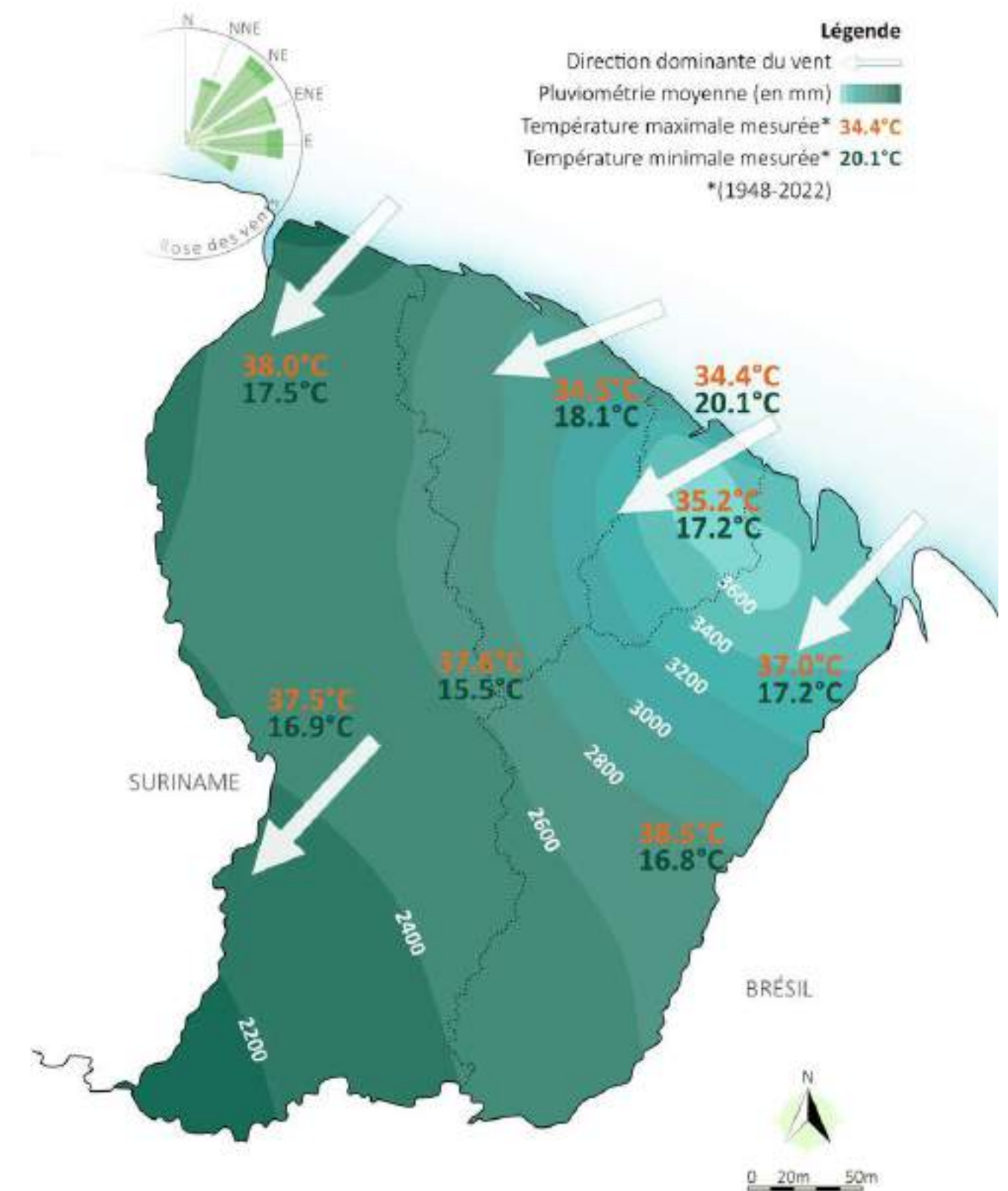
Direction générale
de la cohésion
et des populations
(DGCOPOP)



Introduction

OBJECTIFS DU GUIDE :

- Fournir aux **architectes**, **urbanistes** et **maîtres d'ouvrage** des pistes pour intégrer la dimension bioclimatique dès les premières esquisses du projet.
- Présenter les enjeux urbains du contexte guyanais :
 - Potentiel de **ventilation naturelle**
 - Protection du **soleil**
 - Protection des **pluies**
- S'appuyer sur des analyses de sites détaillées pour en ressortir des **préconisations**.



Sommaire

TABLE DES MATIERES

1 | LE CONTEXTE GUYANAIS | 07

1.1 GÉOGRAPHIE - UNE RÉGION FRANÇAISE AMAZONIENNE	08
1.2 ESPACES PROTÉGÉS - L'OMNIPRÉSENCE DE LA NATURE	10
1.3 CLIMAT - UNE ATMOSPHÈRE ÉQUATORIALE HUMIDE	12
1.4 MOBILITÉ - LA PLACE PRÉPONDÉRANTE DE LA VOITURE	14
1.5 DÉMOGRAPHIE - UNE POPULATION JEUNE ET CROISSANTE	16
1.6 LOGEMENT & HABITAT - UN BESOIN ACCRU	18

2 | L'URBANISME BIOCLIMATIQUE | 21

2.1 LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE - UN FUTUR PROCHE	22
2.2 LE CONFORT AVEC LE CLIMAT - CONFORT DES CITADINS	24
2.3 L'EMPREINTE CARBONE - SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE	28
2.4 LA POLLUTION - DE L'AIR, DE L'EAU ET DES SOLS SAINS	30
2.5 LA PLANIFICATION - LA VILLE DENSE, DÉSIRABLE, DURABLE	32
2.6 LE CONFORT SENSORIEL - EXPÉRIENCE URBAINE SENSIBLE	34
2.7 LA SURCHAUFFE URBAINE - CONFORT HYGROTHERMIQUE	36

3 | ESPACES TEMOINS | 45

3.1 PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE - 5 MOIS DE RELEVÉS	46
3.2 FICHES DESCRIPTIVES - 13 CONTEXTES URBAINS	52
3.3 OBSERVATIONS - DE L'OMBRE AVANT TOUT	82

4 | TIRER PARTI DU VENT | 87

4.1 CONNAÎTRE SES VENTS - EXPLOITER LES ALIZÉS	88
4.2 ADAPTER LES FORMES URBAINES - ORIENTER & VENTILER	92
4.3 OPTIMISER - SIMULATIONS EN SOUFFLERIE & CFD	96
4.4 UN PROJET EXEMPLAIRE - ZAC CŒUR DE VILLE	98

5 | PROTÉGER DU SOLEIL | 101

5.1 IDENTIFIER L'URGENCE - DU MACRO AU MICRO-CLIMAT	102
5.2 FAIRE DE L'OMBRE - VEGETALISER AU MAXIMUM	104
5.3 ADAPTER LES MATERIAUX - REVETEMENTS BIOCLIMATIQUES	122

6 | SYNTHÈSE | 129

6.1 ORIENTER - FAVORISER L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE	130
6.2 VENTILER - RAFRAÎCHIR PAR LE VENT	132
6.3 OMBRAGER - CRÉER DE LA FRAÎCHEUR	134

7 | BIBLIOGRAPHIE | 137



Pourquoi construire des villes
bioclimatiques?



Pourquoi construire des villes bioclimatiques?



Pour minimiser l'impact sur l'environnement et favoriser le confort des usagers.



Pourquoi construire des villes bioclimatiques?

L'URGENCE CLIMATIQUE EN GUYANE



Prévisions pour 2100,
scénario intermédiaire
avec simulation
climatique mesurée



TEMPERATURES

Jusqu'à **+3°C**
+22 nuits chaudes
(+ de 24°C) par mois
+12 jours chauds
(+ de 32°C) par mois



NIVEAU MARIN

+54cm
D'élévation du
niveau de la mer,
accélérant l'érosion
des côtes



ZONES DE SUBMERSIONS

+50%
De surface inondable
lors de hautes marées
à Cayenne et Kourou



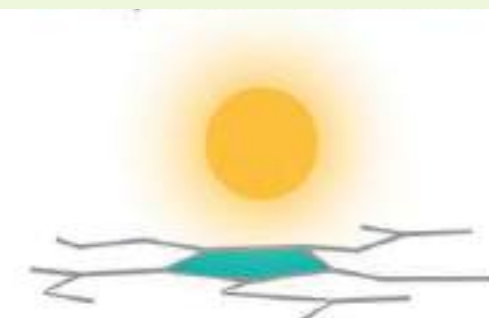
PRECIPITATIONS

Jusqu'à
-700mm/an
Des pluies moins
abondantes et moins
fréquentes



VENTS

Jusqu'à
+0,8m/s
Augmentation
significative de la
force du vent



SECHERESSE

Jusqu'à
+3 jours sec
Par mois, sur le littoral.
Hausse sur l'ensemble
du territoire.

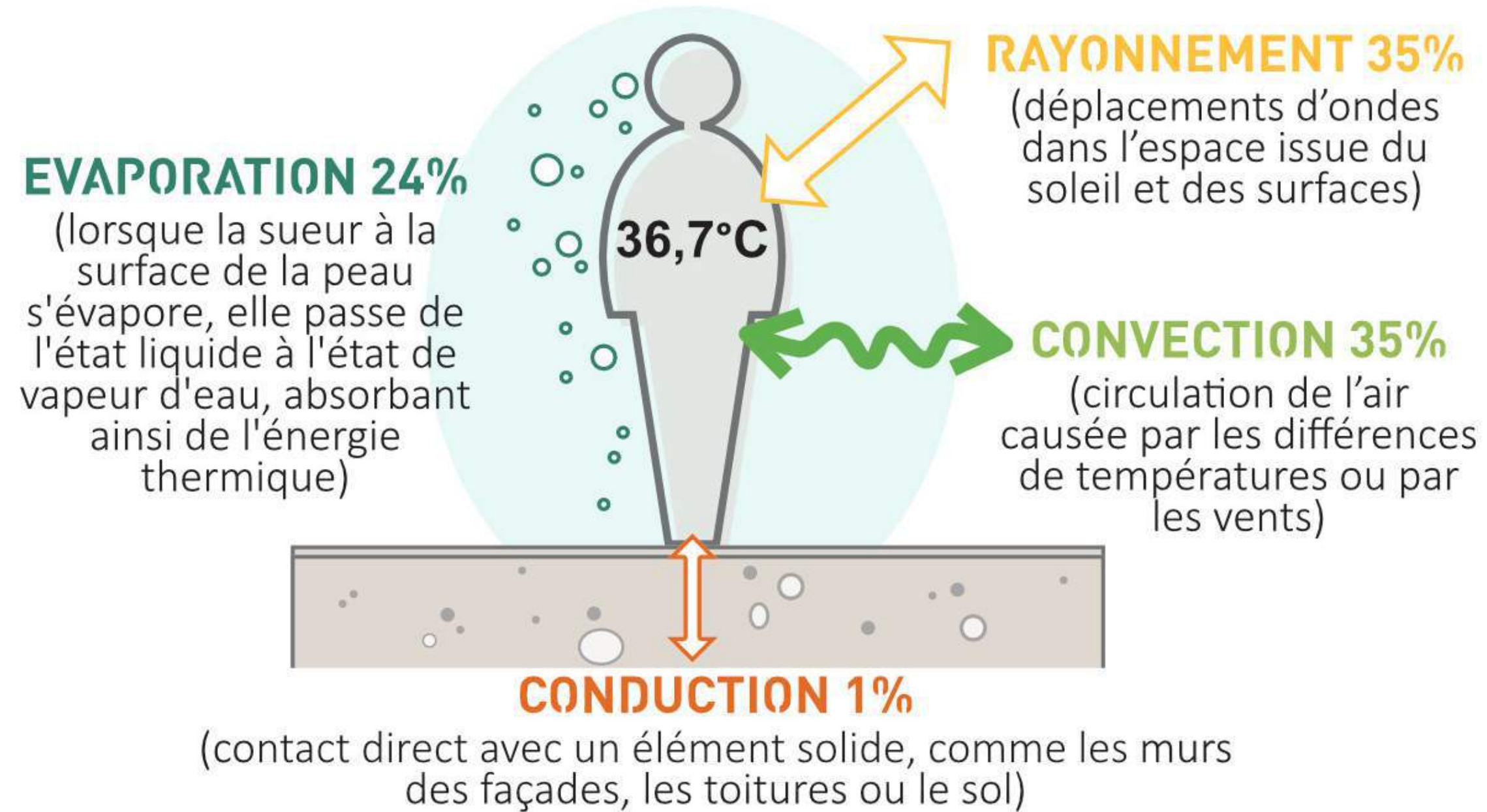
Données : Guyaclimat 2022



L' (in)confort thermique ?
Mais comment ça se mesure ?



L' (in)confort thermique? Mais comment ça se mesure?

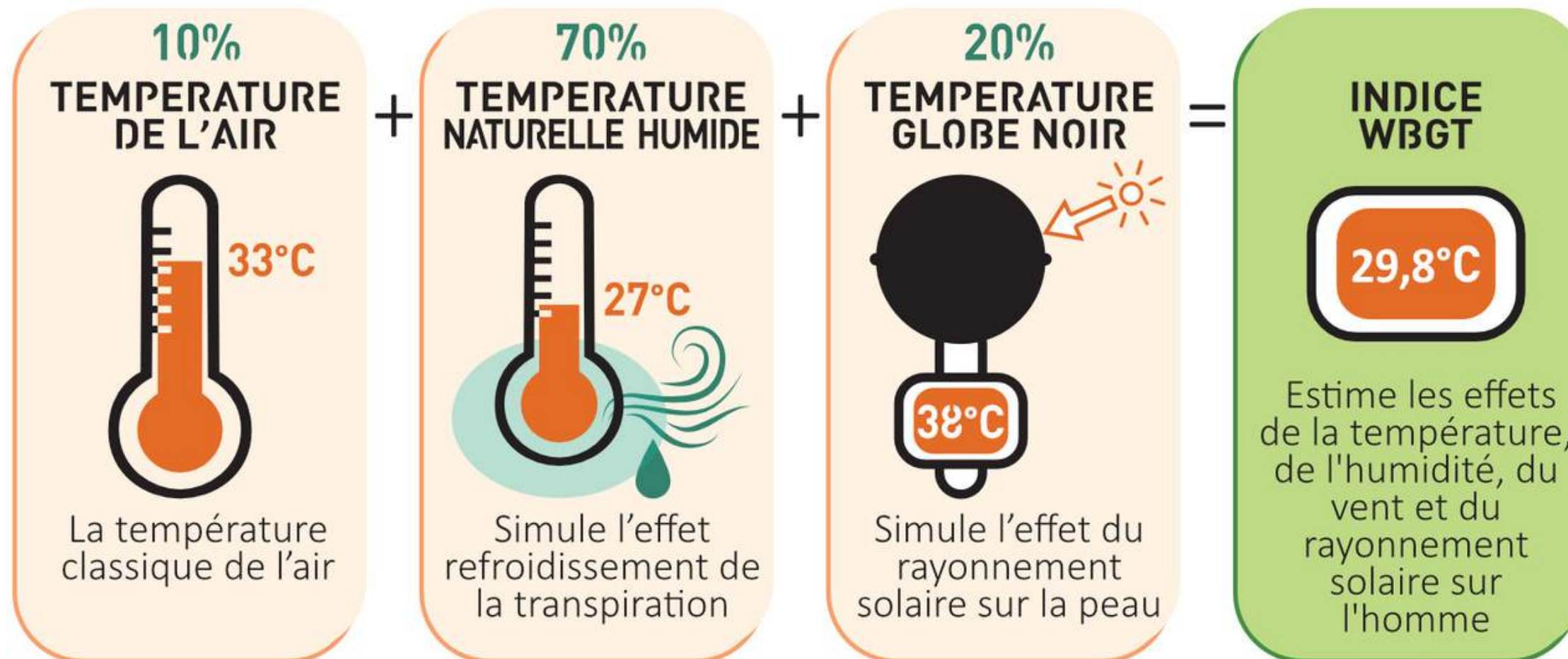


Interaction thermique entre le corps et son environnement

L' (in)confort thermique? Mais comment ça se mesure?



Mesurer la température ressentie



BARÈME DE CONFORT :



-de 28°C



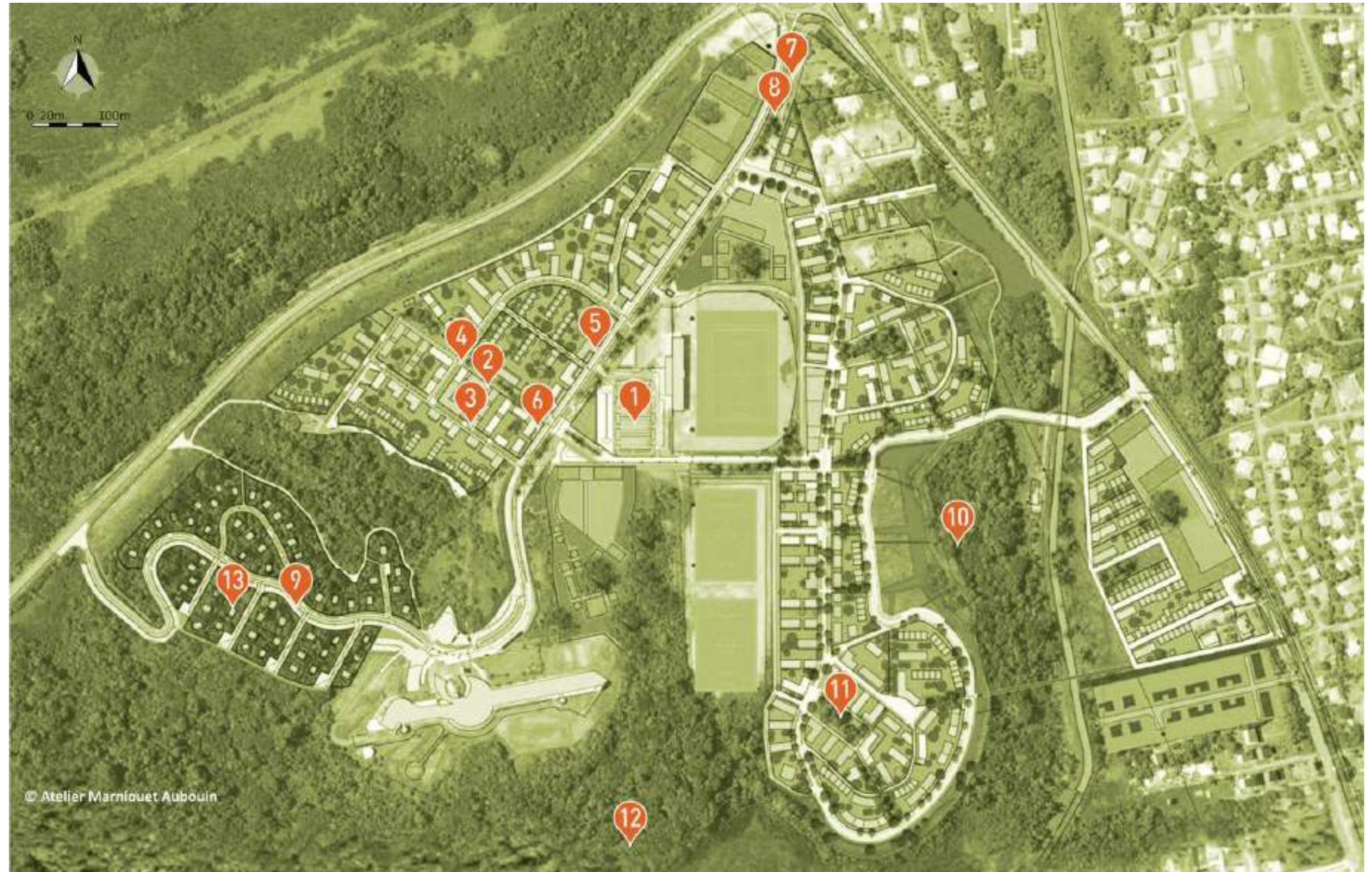
28 à 29,5°C



+de 29,5 °C

Analyse du **confort hydrothermique** de 13 espaces témoins de l'éco-quartier Othily de Rémire-Montjoly.

L' (in)confort thermique? Mais comment ça se mesure?



L' (in)confort thermique? Mais comment ça se mesure?



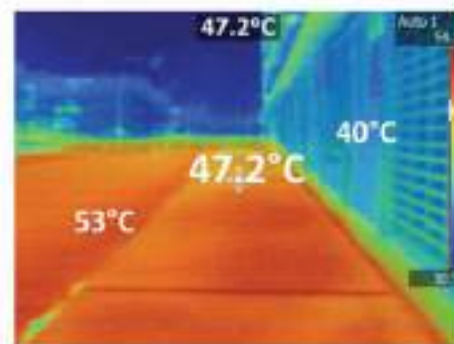
ESPACE 5 Trottoir ensoleillé



DISPOSITIF D'AMENAGEMENT

Trottoir longeant un bâtiment en R+3 sur l'avenue Léon Gontrand Damas. D'un côté, des logements en RdC protégés par des persiennes, de l'autre, des places de stationnement en créneau.

TEMPERATURES SURFACIQUES



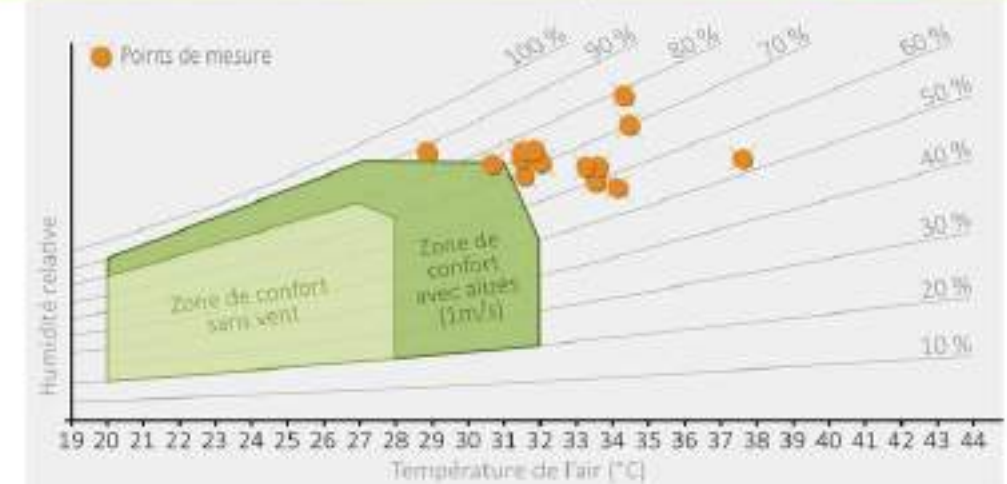
AMELIORATION DU CONFORT

L'orientation NE/SO de l'avenue permet une **ventilation importante**, garantissant un rafraîchissement continu.

La façade claire, d'**albédo élevé**, renvoie la lumière solaire, empêchant une trop grande accumulation de chaleur. Le sol en béton latéritique d'**albédo moyen** réduit aussi le risque d'éblouissement.

Les casquettes filantes et brise-soleil en bois sur les façades **limitent les apports solaires** pendant les heures les plus chaudes.

Cette zone demande **peu d'entretien** : réparation occasionnelle du sol et ravalement



des façades suffisent.

DEGRADATION DU CONFORT

Le **manque d'ombre** expose les piétons et surfaces directement aux rayons brûlants du soleil. De plus, bien que le revêtement de sol réduise l'**éblouissement**, cela reste insuffisant sans ombre.

L'**absence d'espaces verts** crée un environnement minéral, moins agréable, chaud et stressant.

Le **manque de démarcation** entre la route, le stationnement et le trottoir réduit l'espace piéton, le rendant moins attrayant et sécuritaire.

En outre, la proximité d'une route principale cause des **perturbations sonores significatives**.

Diagramme de Givoni : l'espace se trouve majoritairement en dehors des zones de confort hygrothermique durant les heures les plus chaudes de la journée.

EN BREF

- + Protection solaire de la façade
- + Avenue bien ventilée
- + Matériaux à Albédo moyen à élevé
- Pas de protection solaire des trottoirs
- Sol imperméable
- Pas de végétation
- Manque de définition de l'espace public
- Ambiance bruyante



L' (in)confort thermique? Mais comment ça se mesure?

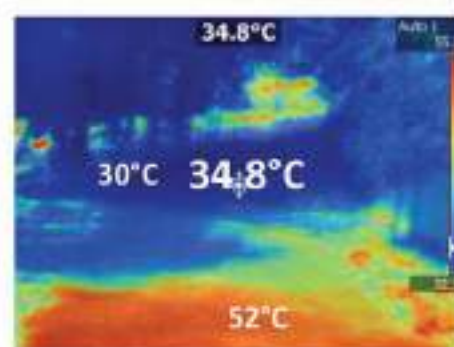
ESPACE 9 Ombre d'arbres à densité foliaire forte



DISPOSITIF D'AMENAGEMENT

Cheminement le long de l'avenue Léon Gontrand Damas, dans la partie pavillonnaire du quartier. Bordé de végétation dense, il est fortement ombragé par un groupe d'arbres à densité foliaire élevée.

TEMPERATURES SURFACIQUES



AMELIORATION DU CONFORT

Malgré l'orientation de l'avenue N/O-S/E, le quartier pavillonnaire environnant, très ouvert, facilite la **circulation des alizés**, garantissant un rafraîchissement constant.

Un bosquet d'arbres à feuillage dense projette une **ombre épaisse** sur le chemin, réduisant considérablement les apports thermiques et **rafraîchissant l'air** par évapotranspiration.

De plus, la végétation abondante crée un **cadre agréable** et offre une **séparation sécurisante** vis-à-vis de la route. Associé à la **quiétude** ambiante, cela influence les autres sens, créant ainsi un cheminement attrayant et apaisant.

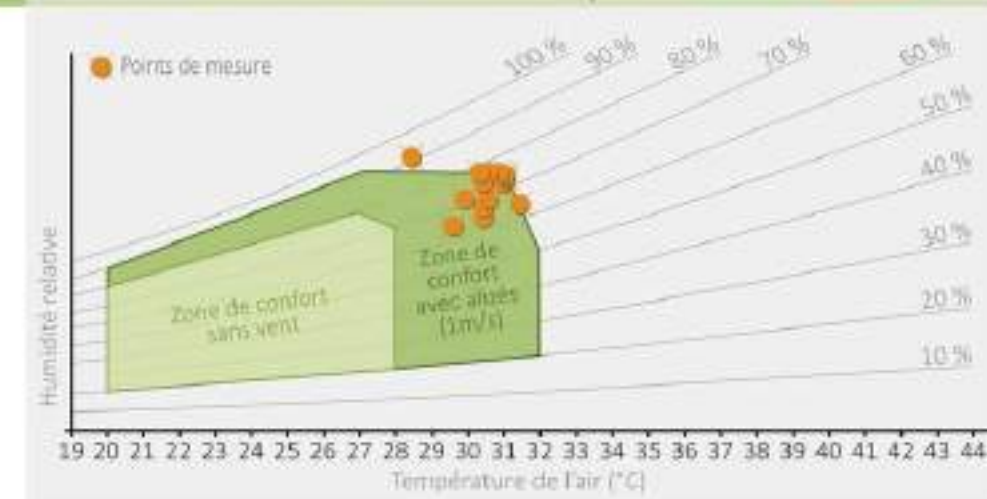


Diagramme de Givoni : l'espace se trouve majoritairement en zone de confort hygrothermique durant les heures les plus chaudes de la journée.

Le sol en béton latéritique, d'**albédo moyen** et **ombragé**, limite les apports thermiques et atténue le risque d'éblouissement.

Cet endroit nécessite **peu d'entretien**, se résumant à la tonte régulière de l'herbe, à la taille des arbres et aux réparations occasionnelles du revêtement de sol.

DEGRADATION DU CONFORT

La présence abondante de végétation peut légèrement augmenter l'**humidité de l'air**, pouvant occasionner une sensation d'inconfort.

EN BREF

- Cheminement ombragé
- Espace ventilé
- Matériaux à Albédo moyens
- Espaces verts perméables
- Vue agréable
- Ambiance calme



- Humidité élevée



Et maintenant, quels dispositifs
met-on en place?

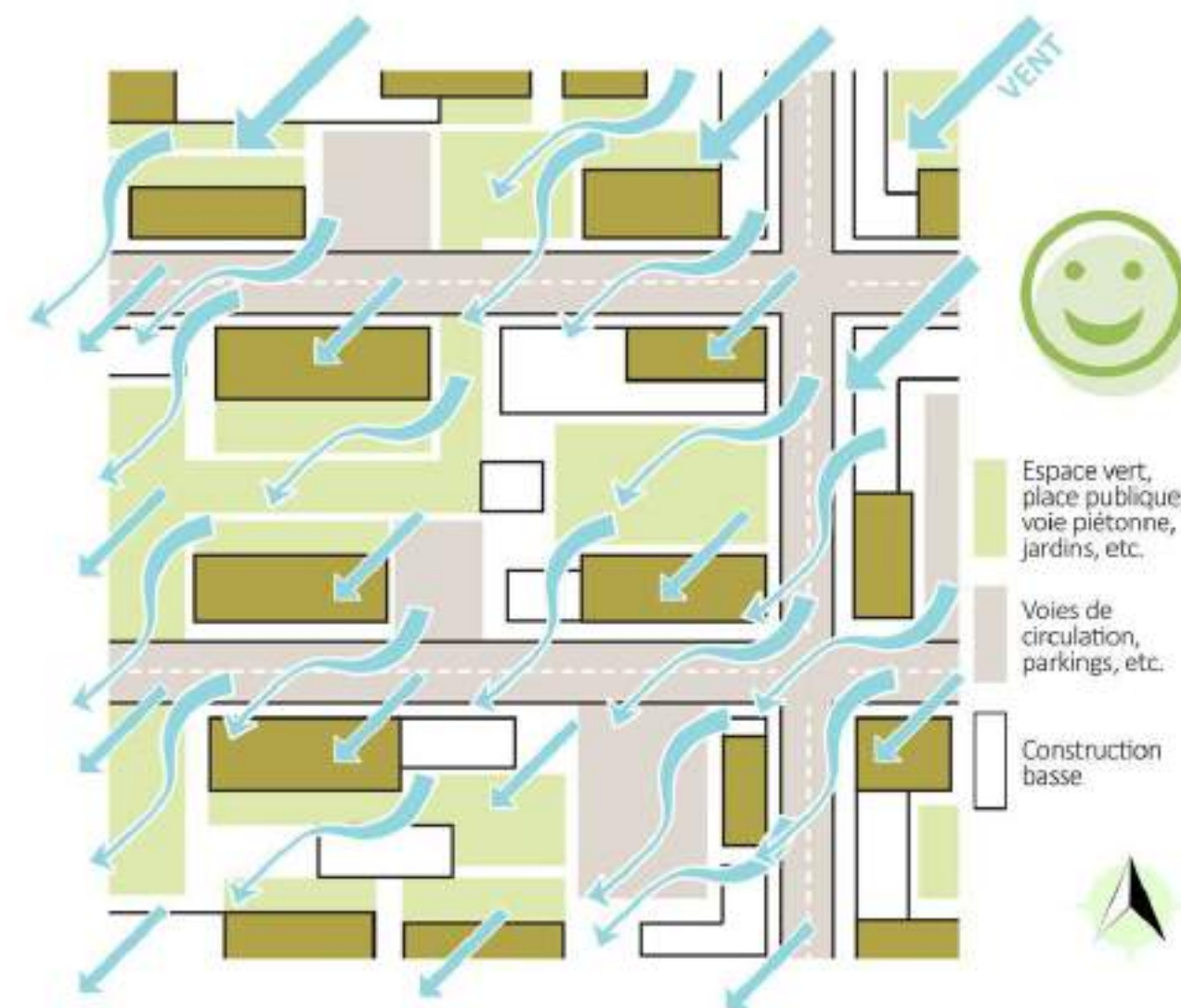


Et maintenant, quels dispositifs met-on en place?

 Orienter et ventiler

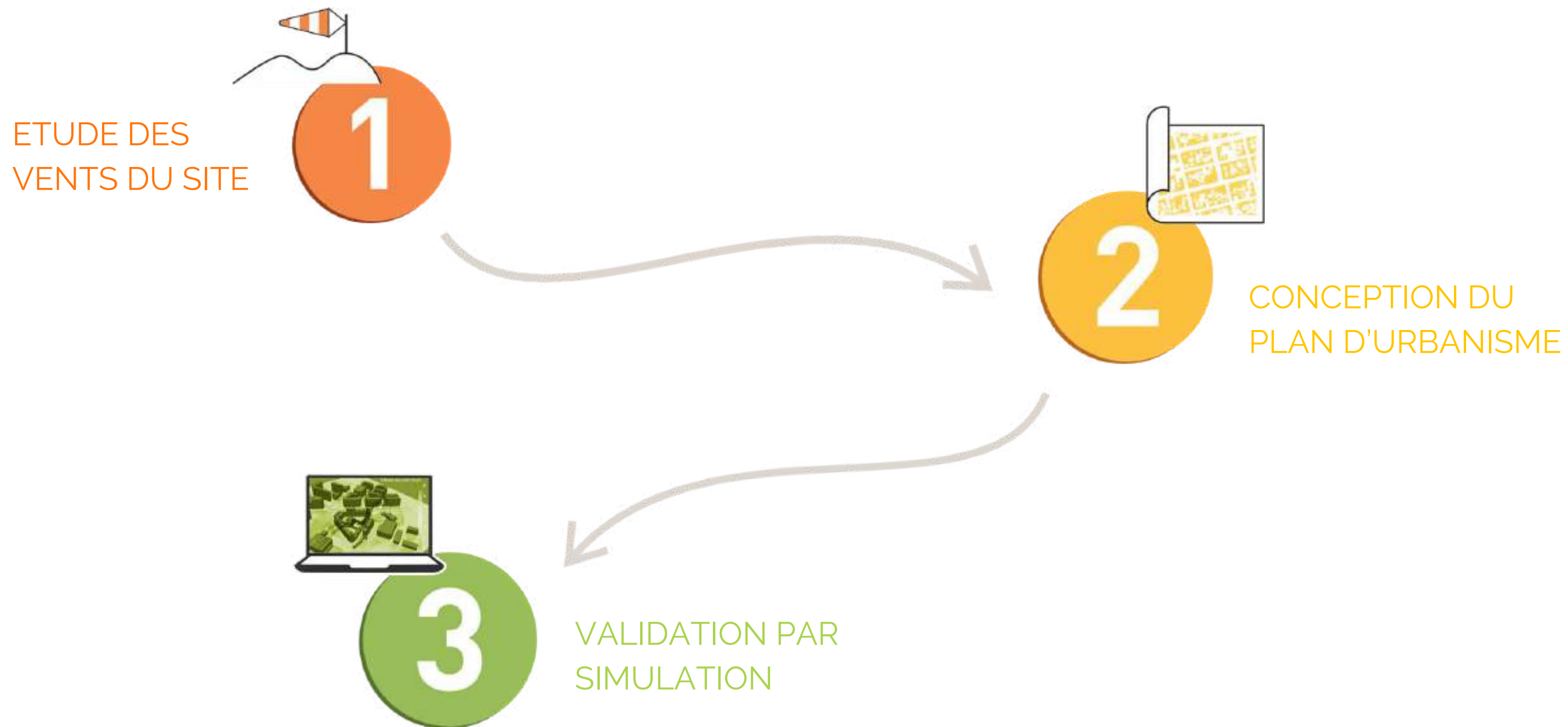


Rues dans l'axe du vent



Rues à 45° de l'axe du vent

Et maintenant, quels dispositifs met-on en place?



Et maintenant, quels dispositifs met-on en place?



Se protéger du soleil

FAIRE DE L'OMBRE



AMÉNAGER LA VILLE

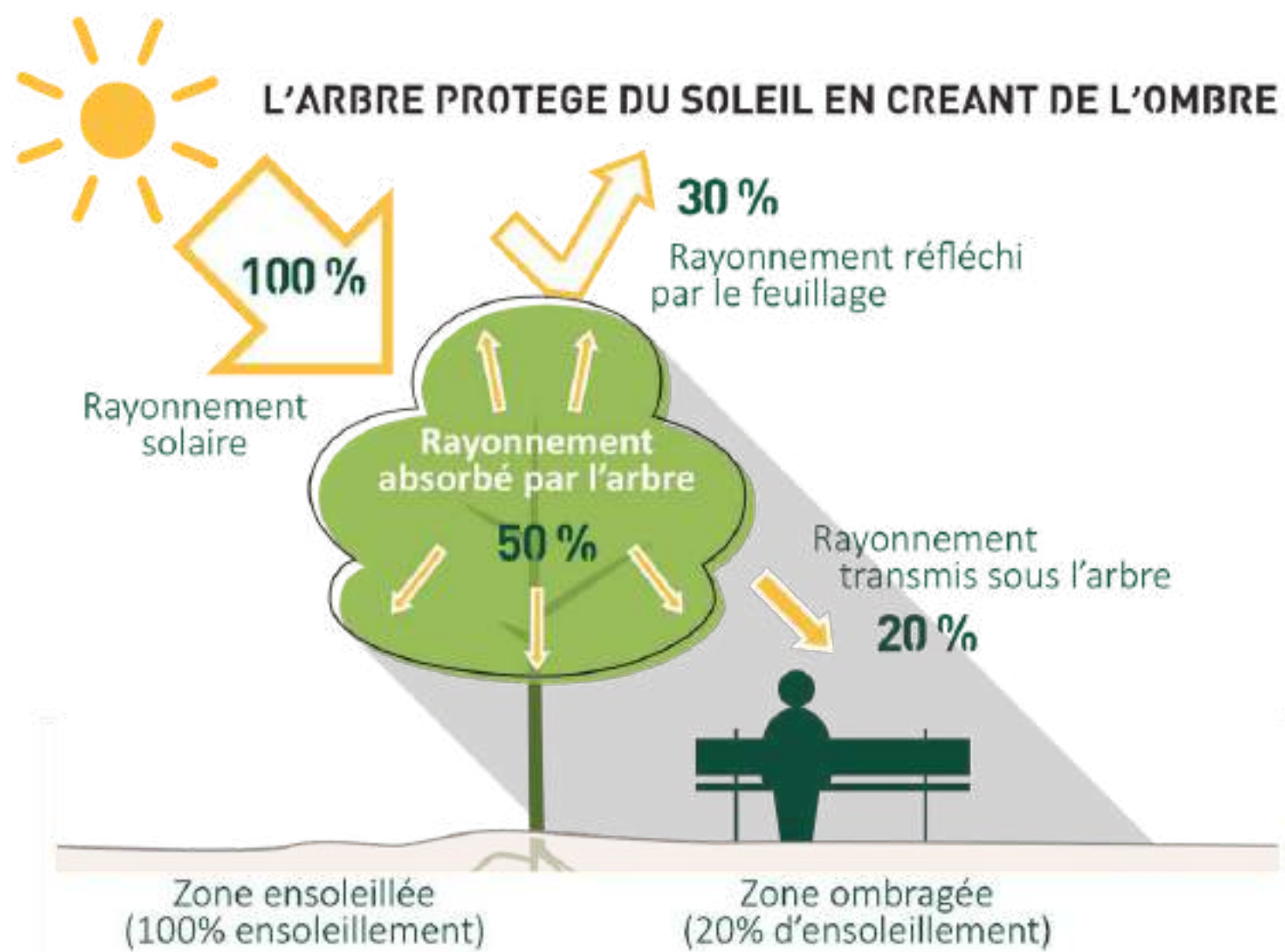


ADAPTER LES MATÉRIAUX

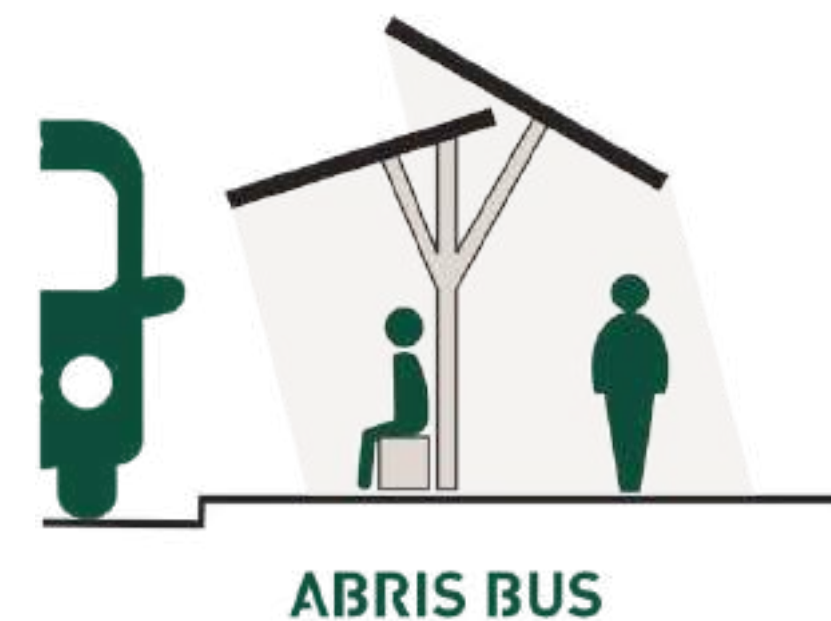
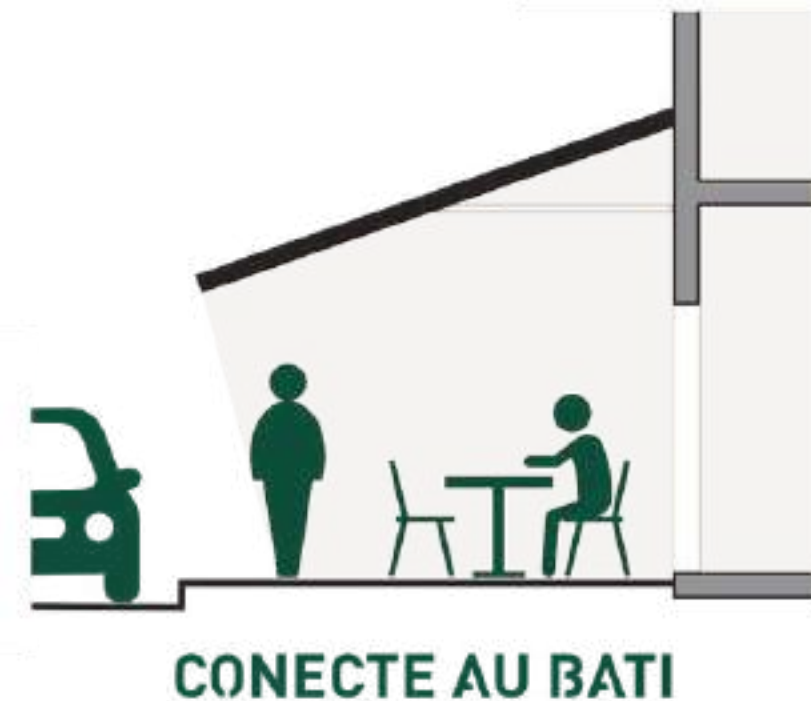


Et maintenant, quels dispositifs met-on en place?

➔ VÉGÉTALISER

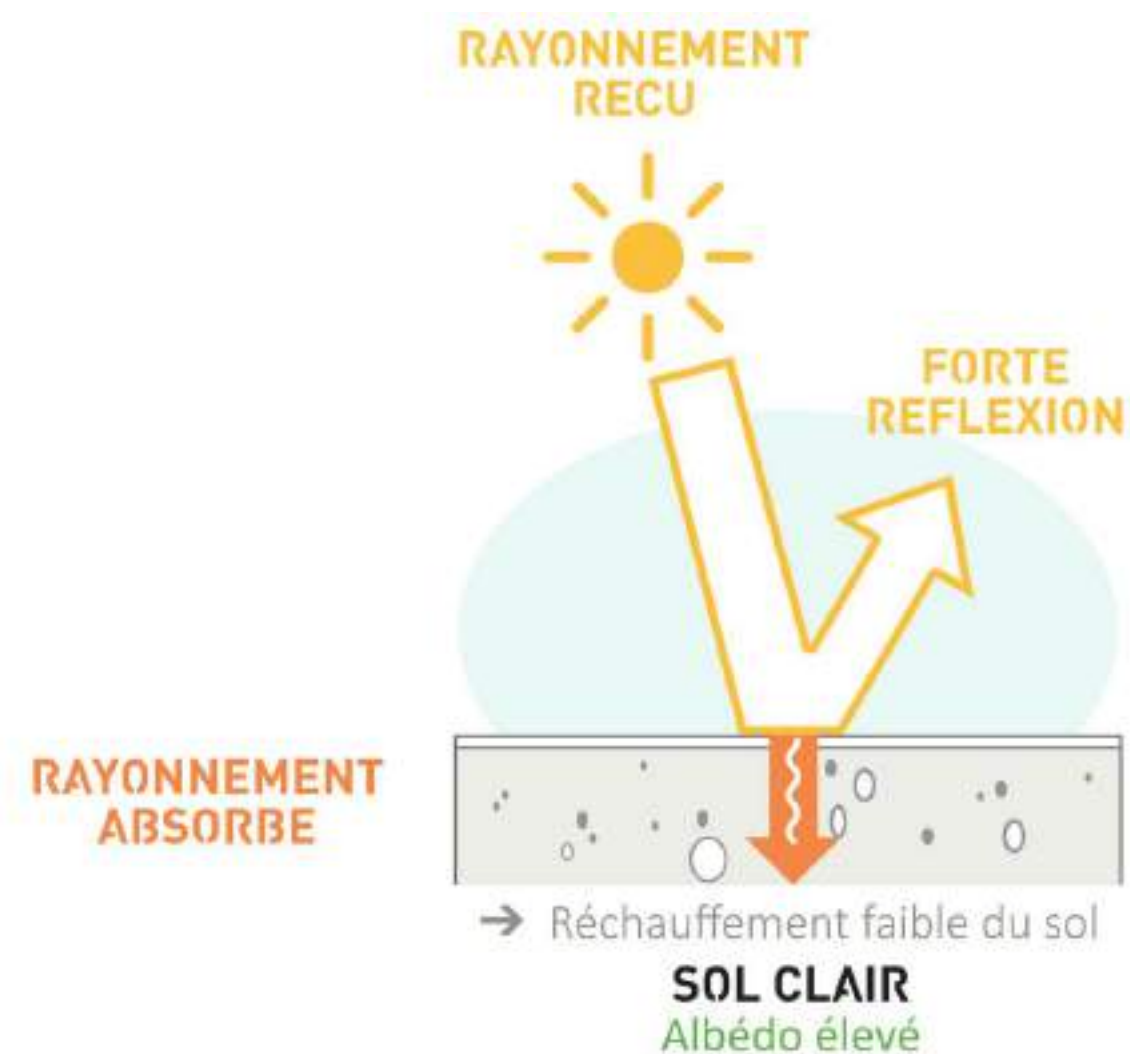
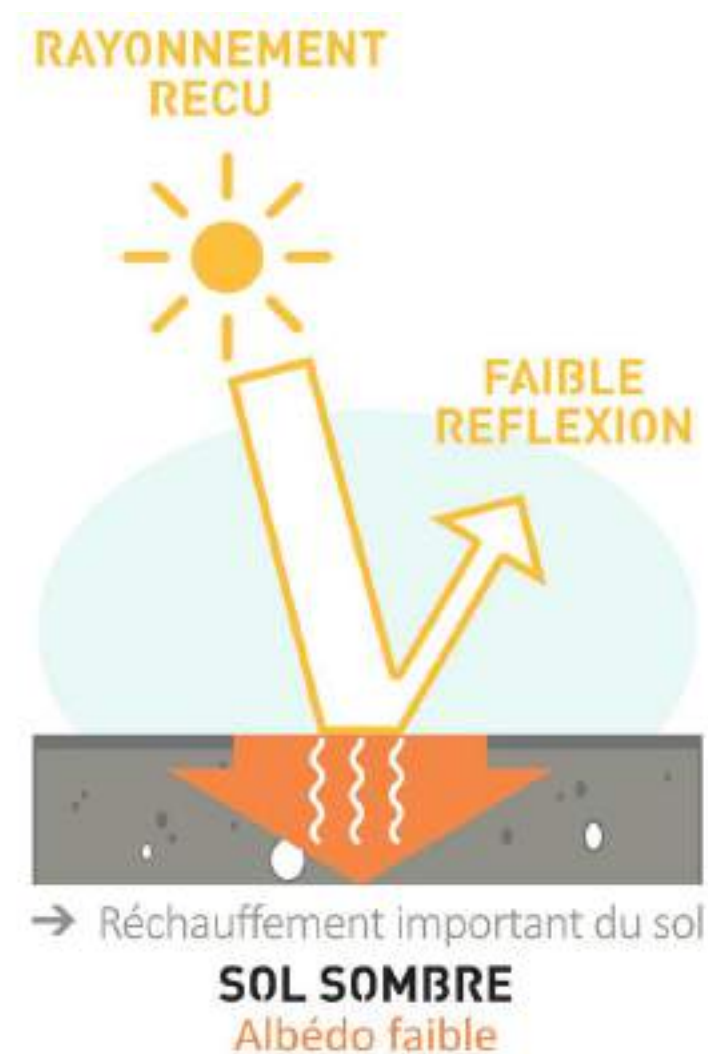
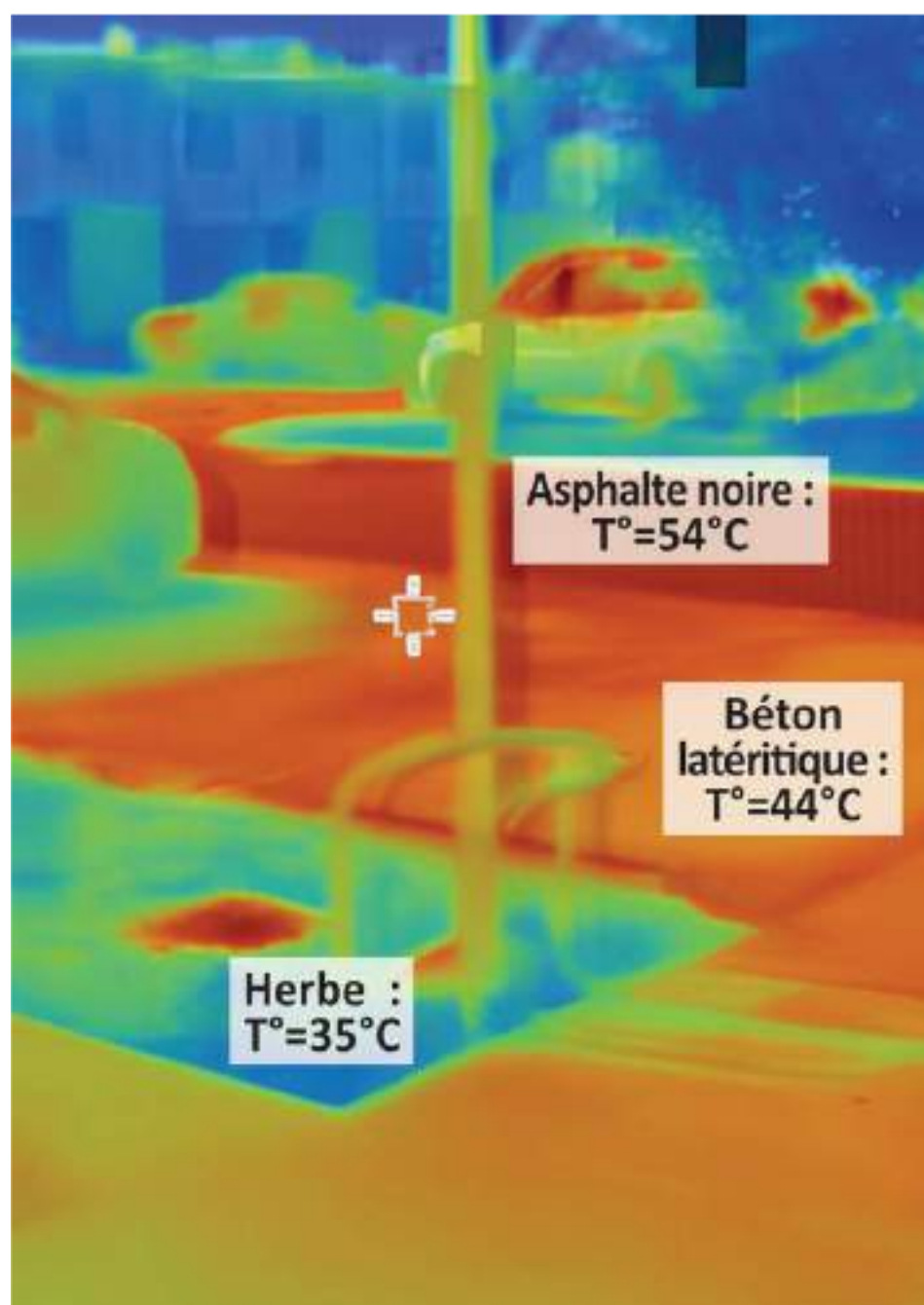


➔ AMÉNAGER LA VILLE



Et maintenant, quels dispositifs met-on en place?

➡ ADAPTER LES MATÉRIAUX

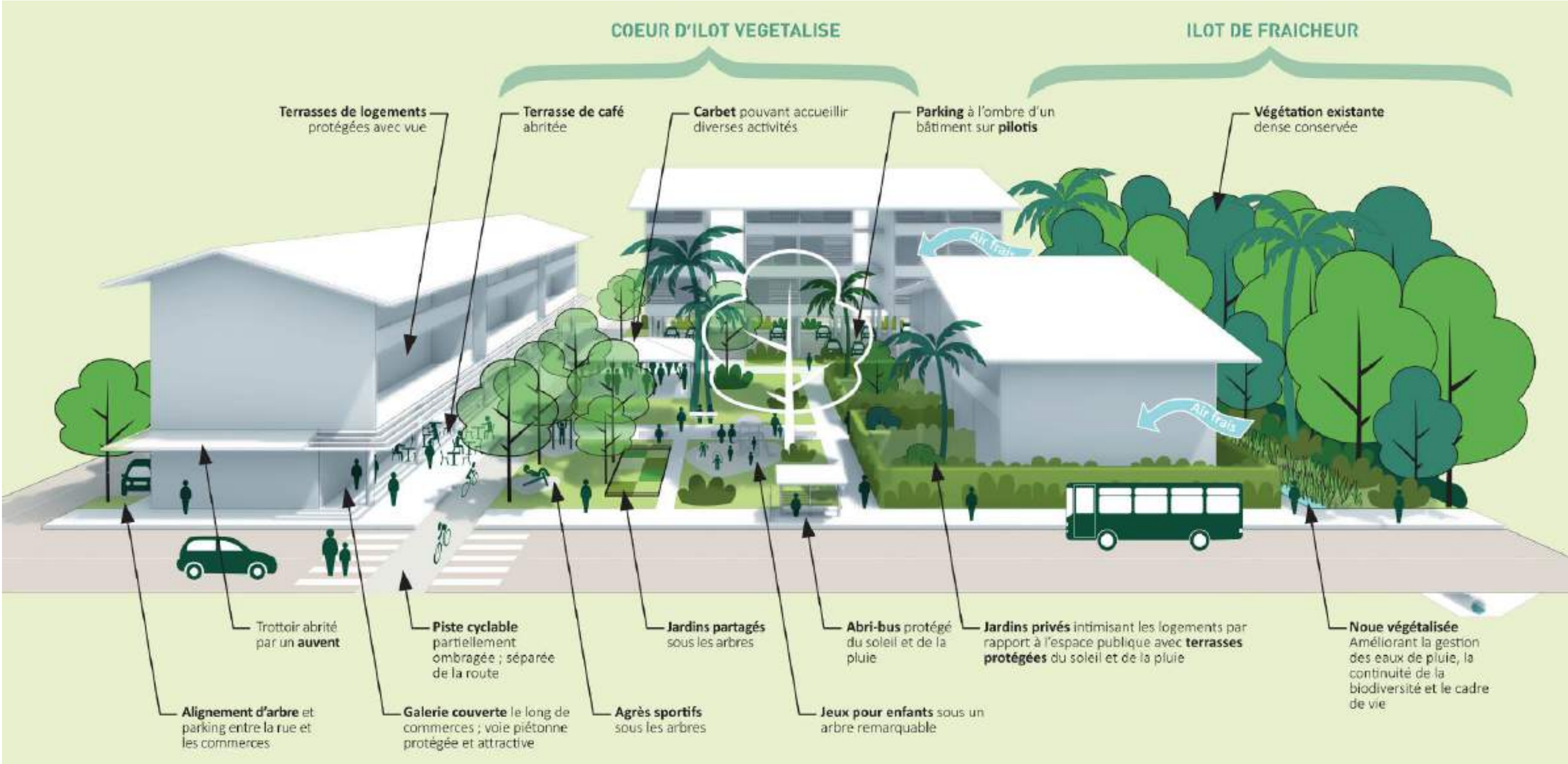




Concrètement, ça ressemblerait à
quoi une ville bioclimatique?



Concrètement, ça ressemblerait à quoi une ville bioclimatique?



Mars 2025
Club VEGD

Présentation de l'étude thermique de typologies urbaines



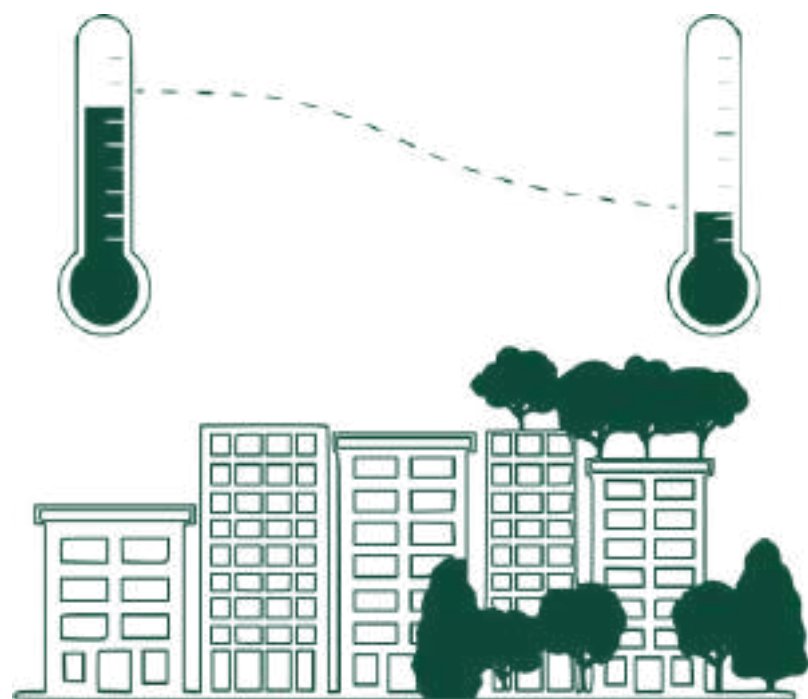
Direction générale
de la cohésion
et des populations
(DGCOPOP)



Pourquoi le bioclimatisme à l'échelle urbaine?



Pour atteindre un meilleur confort thermique des usagers dans nos villes équatoriales en surchauffe.



RÉDUIRE LA CHARGE
THERMIQUE DES RUES



ASSURER LE CONFORT
DES
ESPACES EXTÉRIEURS



VENTILER L'INTÉRIEUR DES
BÂTIMENTS

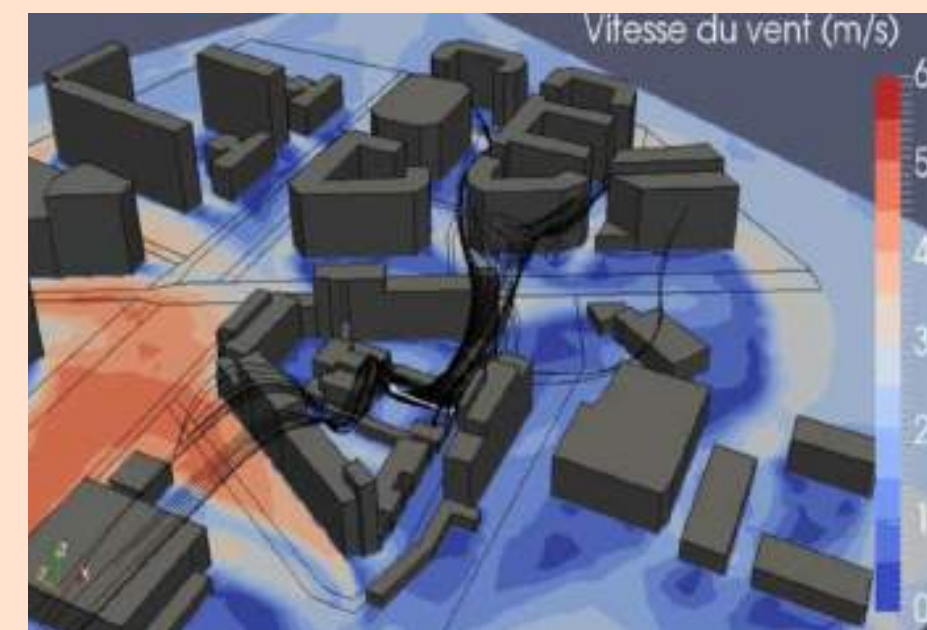
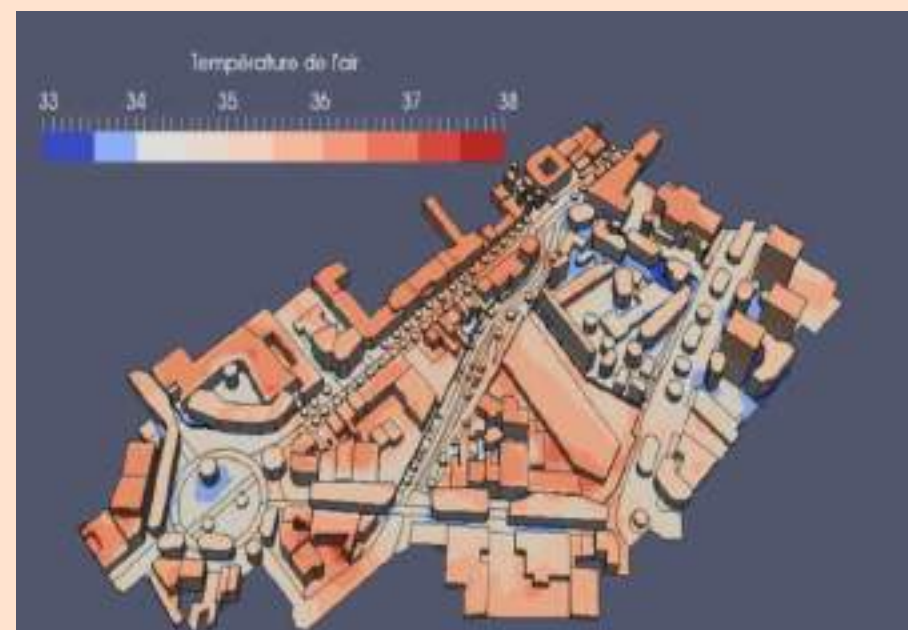
Déroulé de l'étude

1 CHOIX DES TYPOLOGIES À ANALYSER



Sélection de **morphologies urbaines** existantes et en cours, récurrentes en Guyane.

2 ETUDE AÉRAULIQUE ET THERMIQUE



Sources : Soleneos, 2017

3 ETUDE SOCIOLOGIQUE

Objectif de l'étude

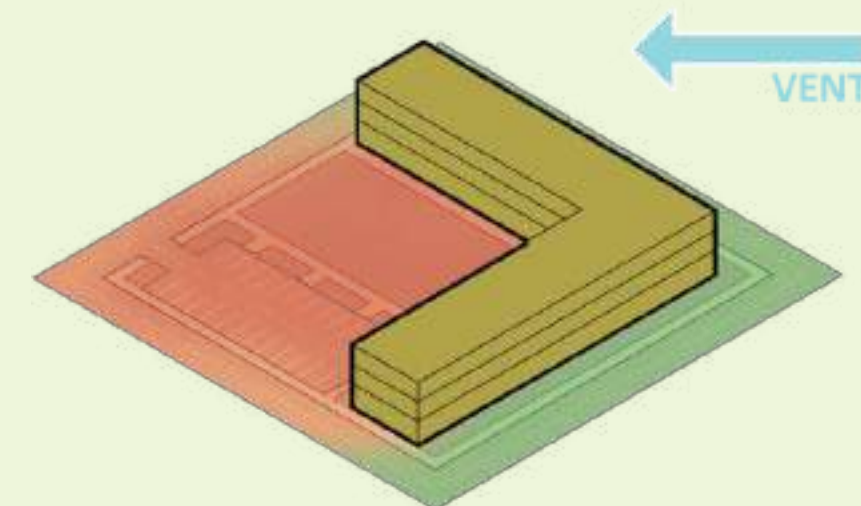
- Concevoir un outil d'aide à la décision à destination des **maîtres d'ouvrage**, **urbanistes** et **architectes**, sous forme de fiche d'îlots urbains types.
- Proposer des **préconisations** à adaptables au cas par cas.

4

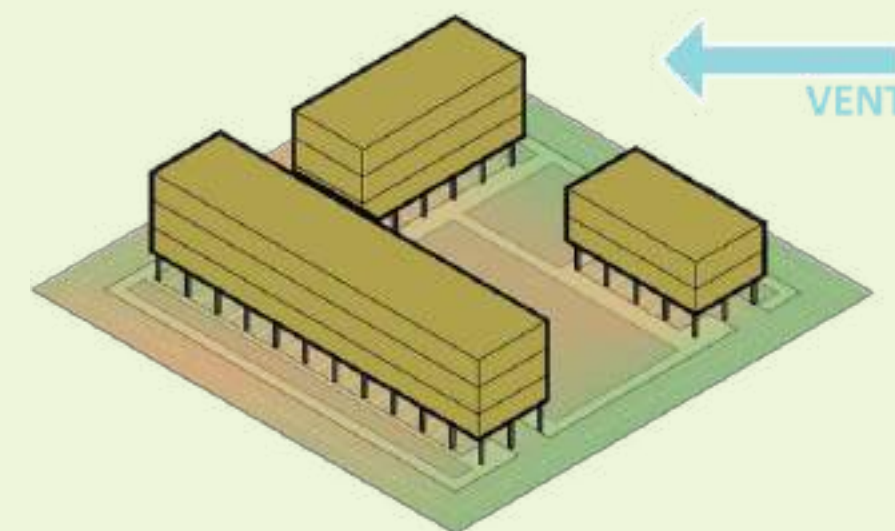
FICHES ILOTS TYPES



ZAC Hibiscus, Cayenne



DÉFAVORABLE



TRÈS FAVORABLE



Des questions ? Avant de vous lancer



**PRÉFET
DE LA RÉGION
GUYANE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale
de la cohésion
et des populations
(DGCOP)

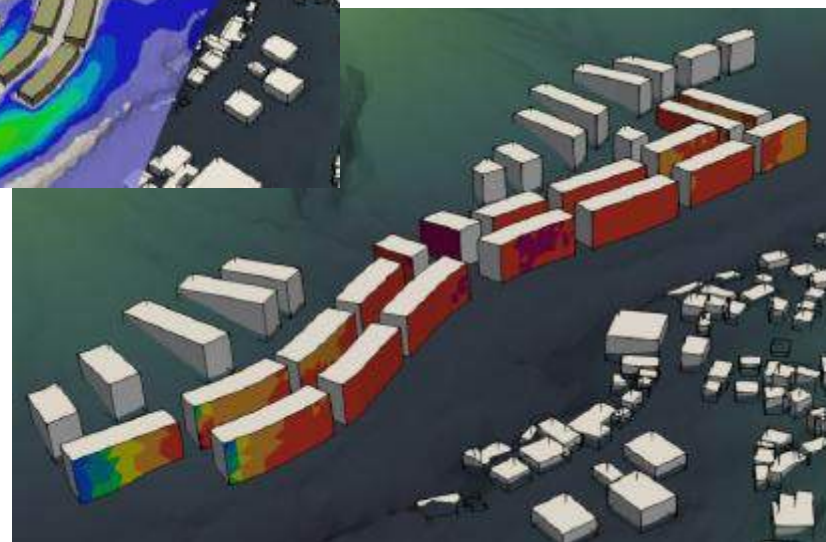
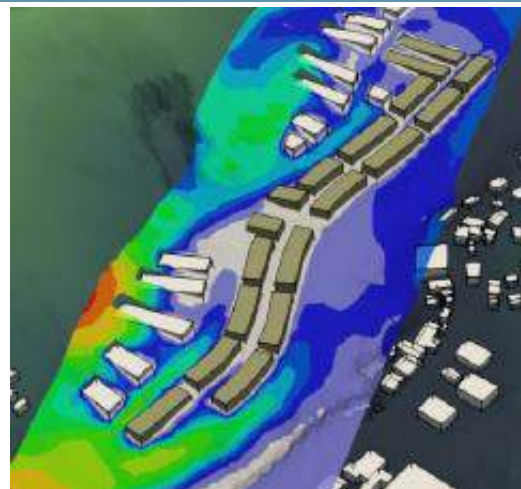
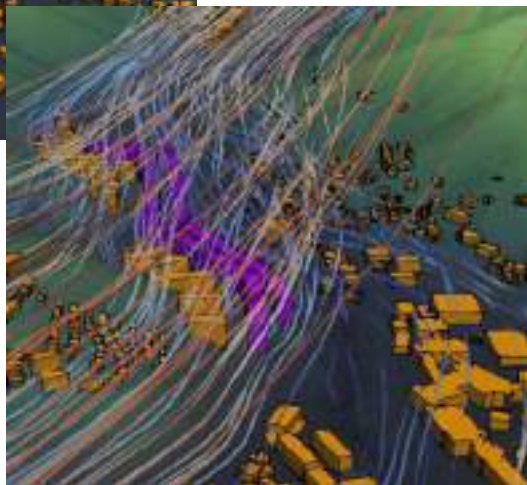


ANNEXE 11

Approches numériques pour l'urbanisme bioclimatique, CSTB

Approches numériques pour urbanisme bioclimatique

Atelier Lab51 17 Juin 2025 – Marc Dufresne



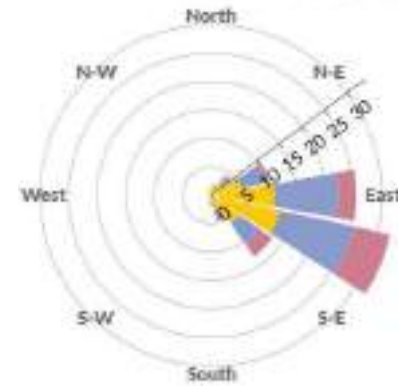
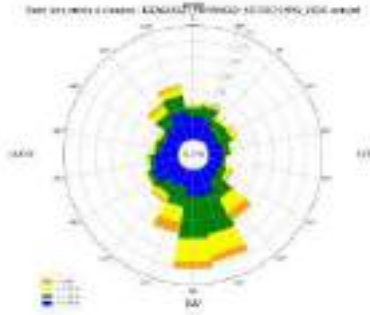
Qualifier la ventilation naturelle d'un projet

- ECHELLE : BÂTIMENT, ILOT, QUARTIER ...

- UN SITE AVEC DES DONNÉES CLIMATIQUES

Vent (vitesse et direction) / Température / Ensoleillement

Station météorologique recalée, base NOAA, modèle météo 30 ans ERA5



- PROJET AVEC CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

- DES SIMULATIONS NUMÉRIQUES (CFD) POUR 18 DIRECTIONS ET POSTTRAITEMENTS

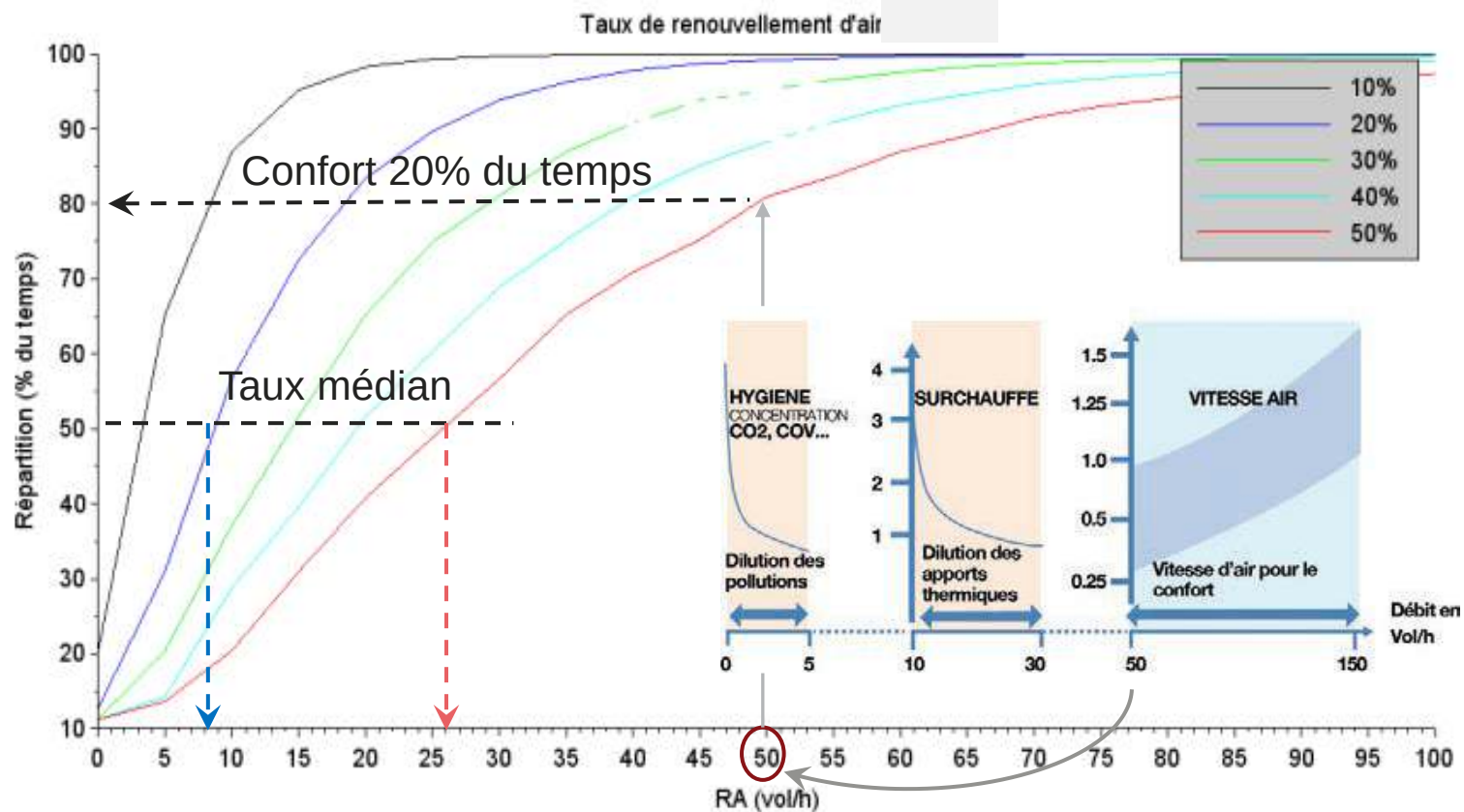
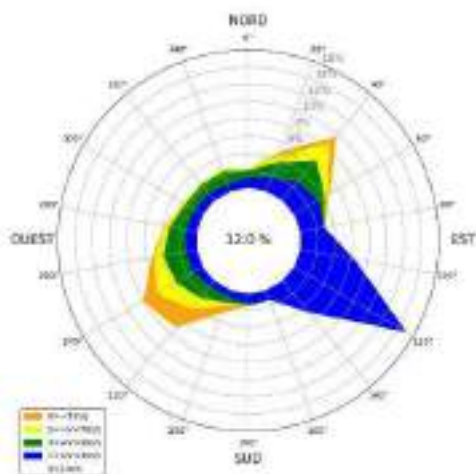


modèle numérique 3D : orographie, rugosité et bâtiments

simulations par direction, calcul des différences de pressions entre façades
calcul des débits par code Nodal MAHIS (loi d'orifice entre volumes)

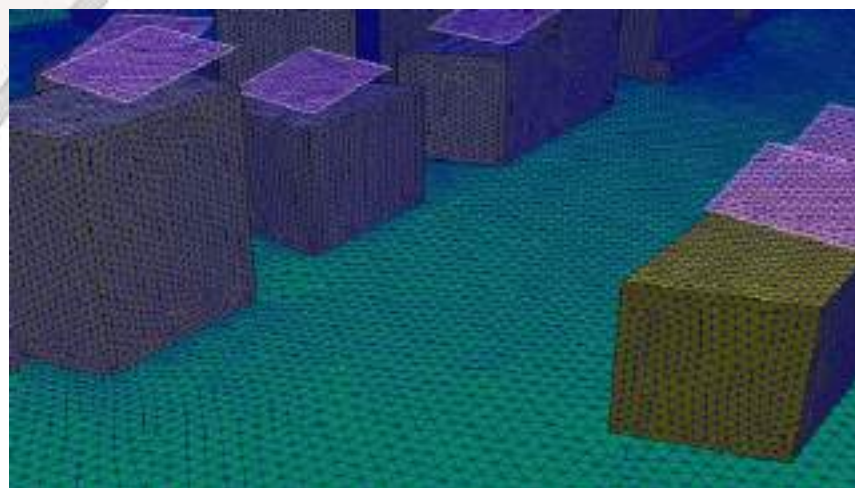
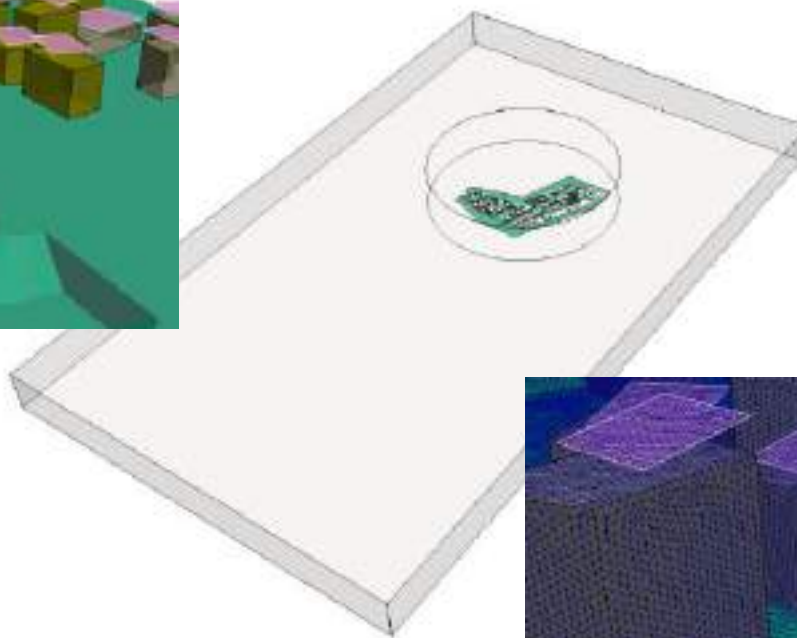
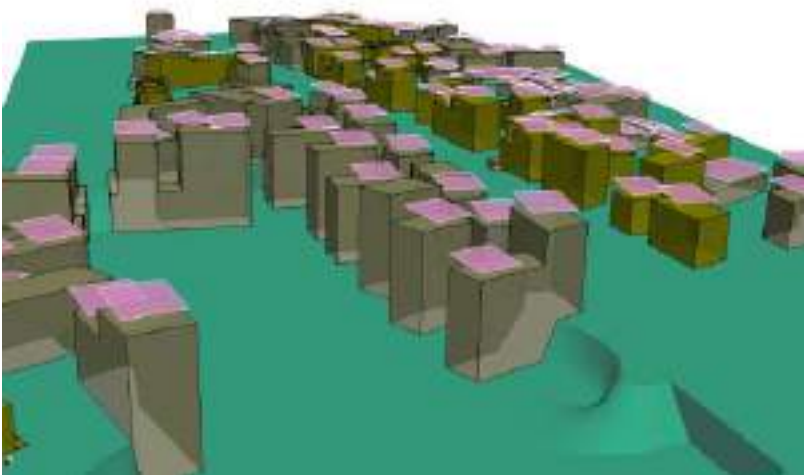
RÉSULTATS : VITESSE D'AIR OU TAUX DE RENOUVELLEMENT SELON OPTION

- POROSITÉ + DIFFÉRENCES DE PRESSION + DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUE => CALCUL DÉBIT

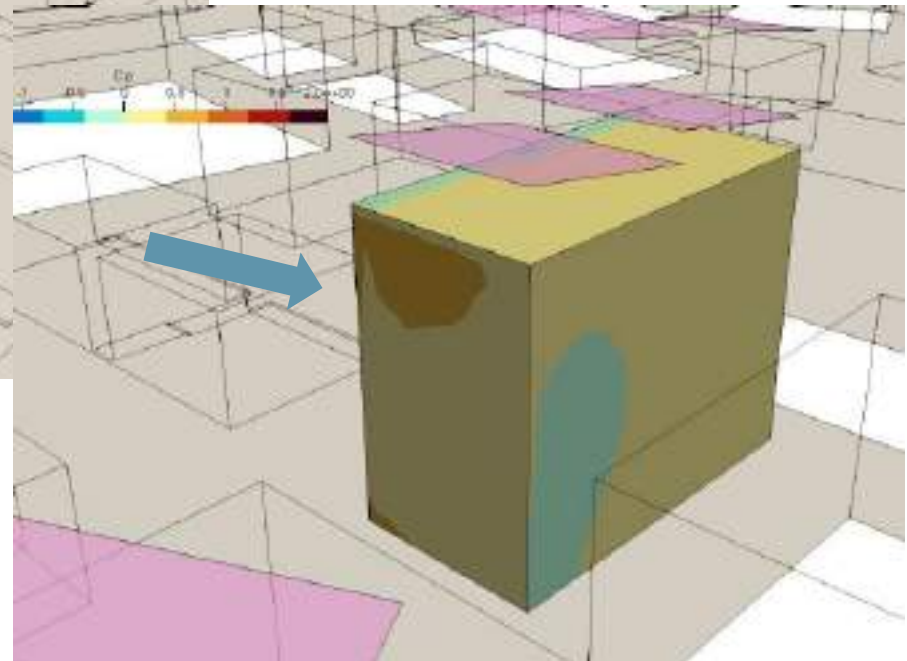
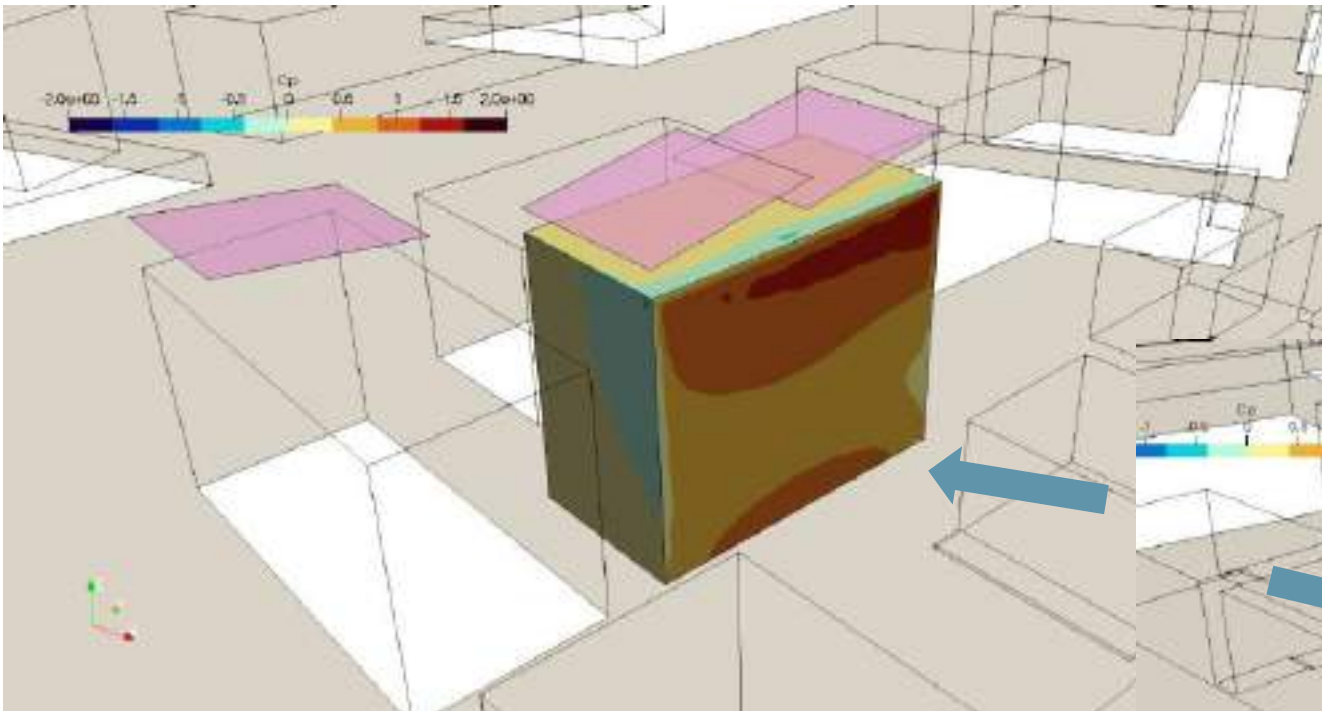


Occurrence du non-dépassement

Exemple de la ZAC PHAONCE



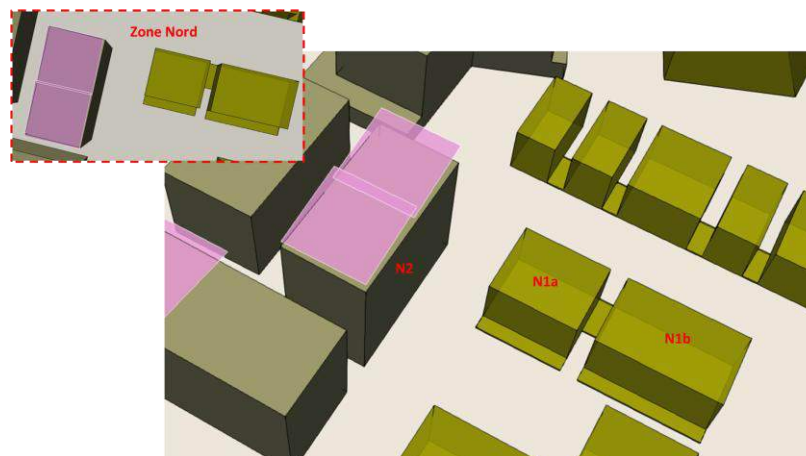
Exemple de la ZAC PHAONCE



Exemple de C_p pour une direction de vent

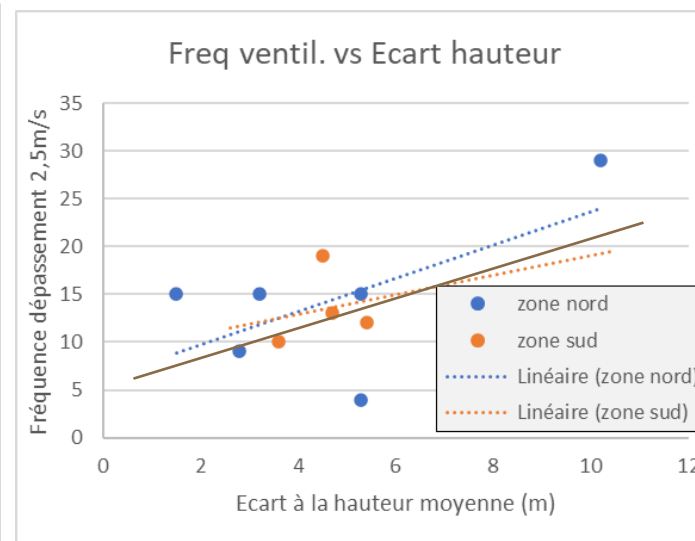
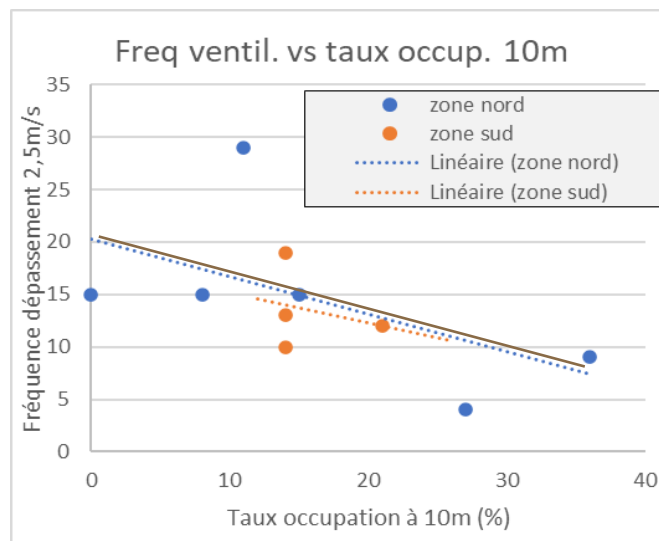
Exemple de la ZAC PHAONCE

	vol/h médian		
Taux de porosité	N2	N1a	N1b
10%	8	3	1
20%	17	9	5
30%	31	14	7
40%	41	20	11
50%	51	25	15



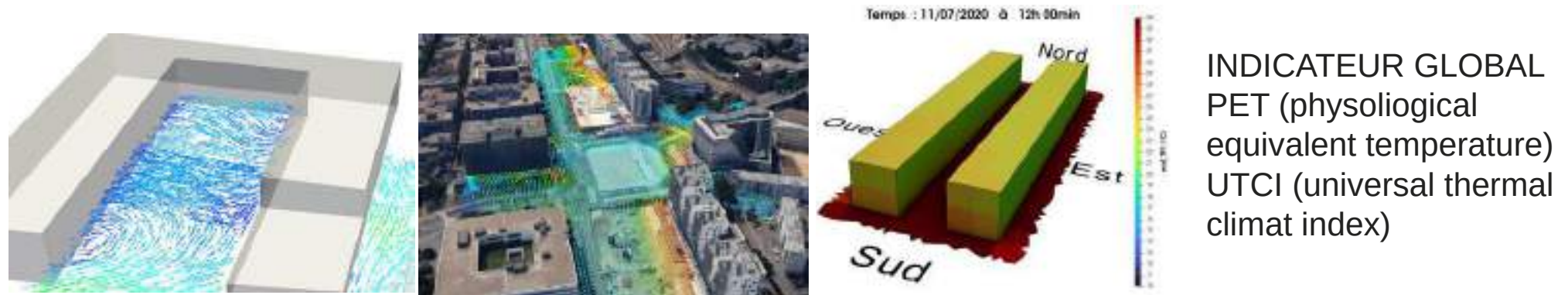
Taux de renouvellement pour **quelques bâtiments** dans une maille (100m x 100m) bâtie à 39% de H moy 17m

TENDANCES



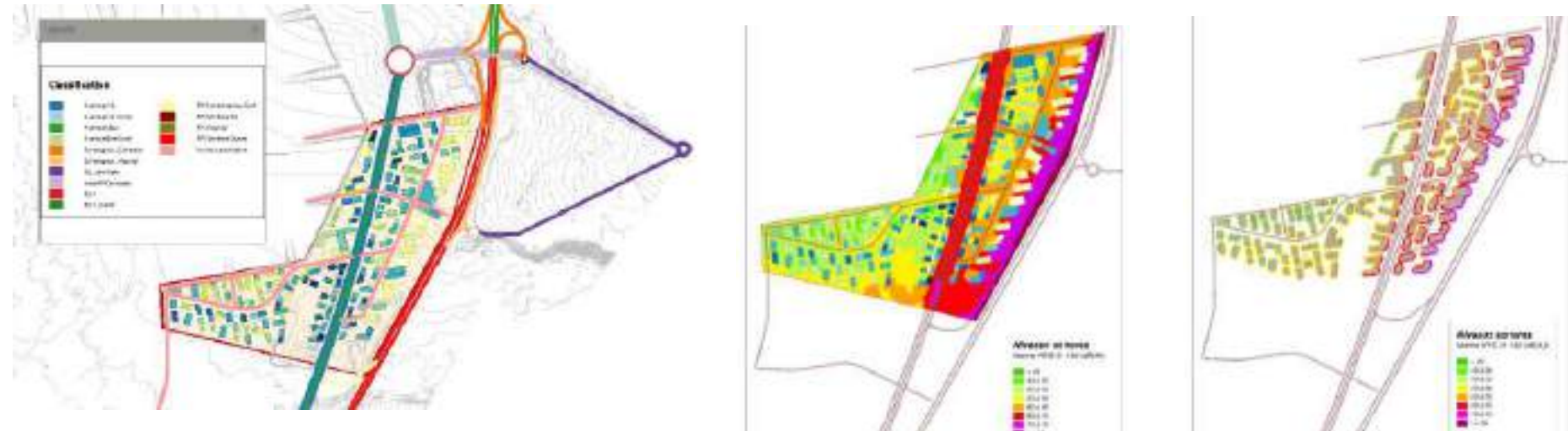
Elargir les simulations : ambiances extérieures et acoustique

- ASSOCIATION DU VENT, DES TEMPÉRATURES ET DU RAYONNEMENT SOLAIRE



Vitesse et température air + apport radiatif + matériaux : simulation dynamique => température parois

- PROPAGATION DU BRUIT GÉNÉRÉ PAR LE TRAFIC ROUTIER OU FERROVIAIRE



Hypothèse de trafic + conditions météorologiques => cartographies niveaux sonores plan ou façade / 7

Avantages

Tout l'espace est modélisé (description plus fine) => rendu global, calcul analyse
Possibilité de coupler les simulations aéraulique/ thermique / acoustique

Contraintes

Avoir une CAO correcte et organisée
Modification à anticiper sinon c'est assez lourd
Temps de calcul long
Regard critique sur modèle de résolution
Définir l'ensemble des paramètres : trafic, matériaux ...

INTÉRÊTS D'UN MODÈLE NUMÉRIQUE COMMUN

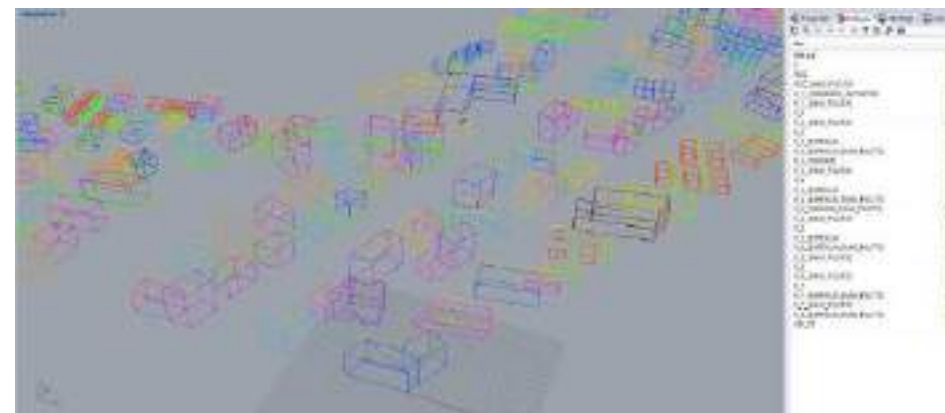
- Base pour les études acoustiques, aérauliques, thermiques
- Géoréférencement : Environnement lointain, reliefs, rugosité de terrain, bâti existant

Données météorologiques

- Paramétrisation : Identification des configurations

Classifications des bâtiments

Optimisations & évolutions



MODÈLE 2D1/2 + PARAMÉTRISATION (EXTRUSION, TOITURE) => MODÈLE 3D

Contours des bâtiments (volumes)

- **Plan 2D**
- **format STL / Dxf / 3dm**
- **Indication de géoréférencement (coordonnées du fichier ou point de référence)**
- **Classement par nombre d'étages**
 - **Dans le nom des couches (layer en dxf)**
 - **RDC, R+1, R+2 .../ avec/sans pilotis / ou autre appellation**
- **Définition des accessoire (voiles d'ombrage) (surfaces)**
 - **Plan 2D (3D si surfaces non horizontales)**
 - **Même géoréférencement que les contours de bâtiments**
 - **Règles de positionnement**

✓ AU SOL

- **Plan 2D**
- **format STL / Dxf / 3dm**
- **Indication de géoréférencement (coordonnées du fichier ou point de référence)**
- **Classement par couches**

Appellations parlantes (bitume sombre, bitume clair, herbe, béton, ...)

Ou autre appellation avec signification (facteur de réflexion, photo, ...)

✓ FACADES

- **Même plan 2D que pour la définition des contours**
- **Même géoréférencement que les contours de bâtiments**
- **Classement par couches pour chaque ligne de contour si besoin**

Appellations parlantes (béton, bois, métal, taux de vitrage, ...)

Fichier texte définissant les caractéristiques associées à chaque appellation.

ANNEXE 12

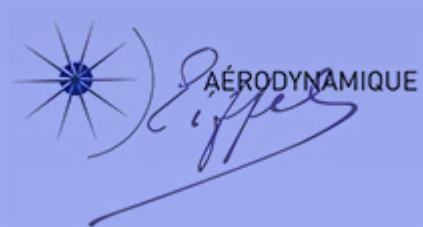
L'aérodynamique au service de la conception architecturale en ventilation naturelle, Aerodynamique Eiffel

L'AÉRODYNAMIQUE AU SERVICE DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE EN VENTILATION NATURELLE

Présentation Atelier Lab 2051

17 juin 2025

Valentin DELPLANQUE



Principe de la ventilation naturelle

Ventilation générée par le forçage mécanique du vent

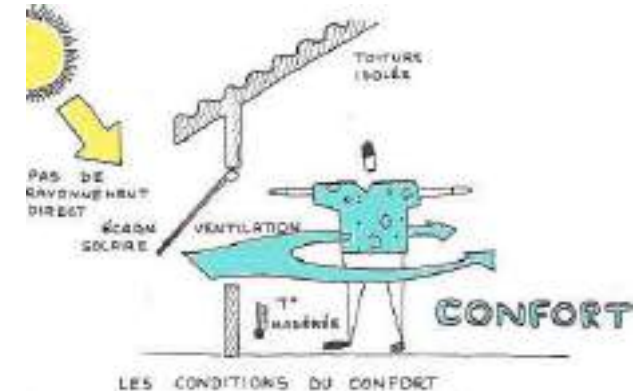
- L'air n'est pas refroidi, il entre dans le bâtiment à la température extérieure
C'est sa vitesse qui induit une sensation de confort et un débit de masse

- Solution passive intermittente par le caractère fluctuant du vent

Le confort ne peut pas être assuré 100 % du temps

- Conception aérothermique globale

Intégration des contraintes environnementales



Décharge thermique diurne et nocturne

Décharge thermique diurne et nocturne

Objectifs et ordres de grandeur en milieu tropical

Evaluation globale	Mauvais	Limite/Correct	Correct/Bon	Bon/Très bon	Excellent
ACH (vol/h)	<10	10-15	15-30	30-60	60-120 et +
Décharge thermique	X	✓			
U _{loc} (m/s)	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	0,4-1	>1
Confort thermique	X			✓	

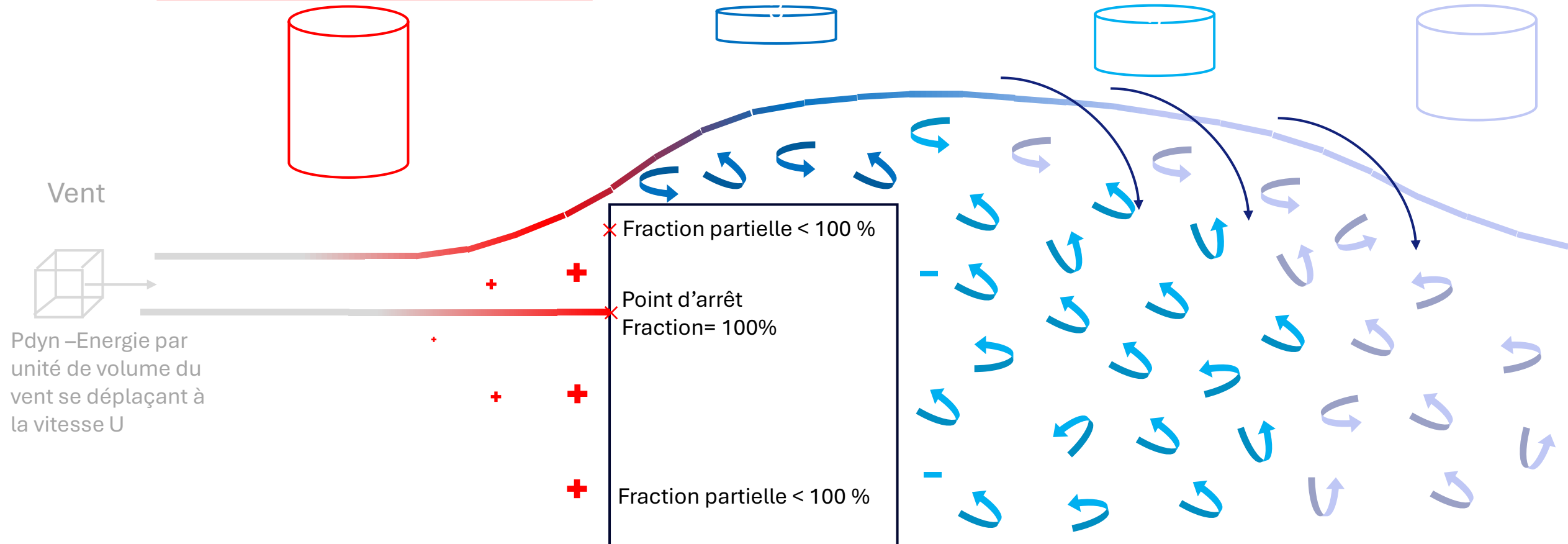
Mécanisme physique – Aérodynamique externe

Fraction de pression dynamique du vent **transférée** en pression statique à la paroi – **Surpression**

Equivalent de pression dynamique du vent **retirée** à la paroi – **Dépression**

Conservation de l'énergie totale

Abaissement de l'énergie totale



Le moteur de la ventilation naturelle est la **différence de pression pariétale**

$$\text{Potentiel de ventilation naturelle : } \Delta C_p = \frac{\Delta P_m}{P_{\text{dyn}_{\text{ref}, 10 \text{ m}}}}$$

Intérêt d'une simulation (Sous la condition de reproduire les bonnes conditions aux limites)

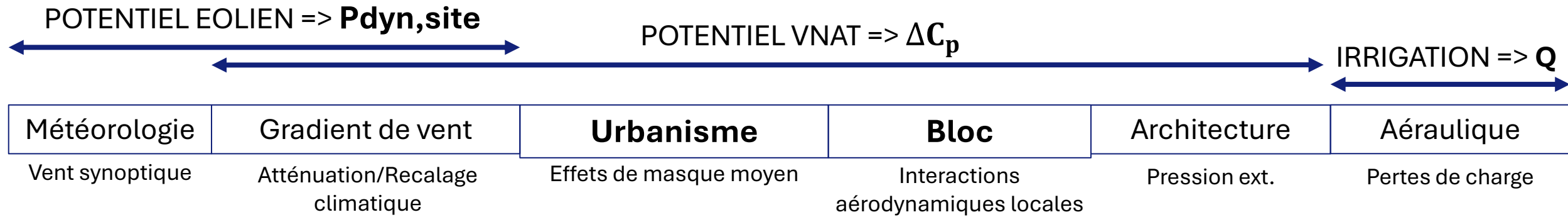
$$\Delta C_{p, \text{exp}/CFD} = \Delta C_{p, \text{site}}$$

Pour des brises légères (env. 2,5 m/s)

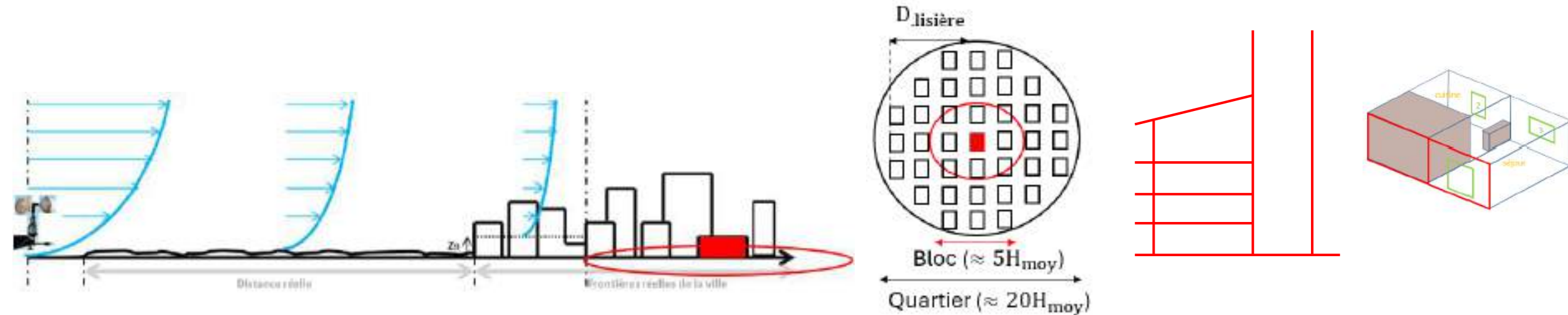
Remonter au champ de pression sur site

Evaluation globale	ΔC_p	Explications
Insuffisant	<0,2	Ventilation pérenne non existante – Décharge ponctuelle possible si signal vent important – Stratégie aérodynamique insuffisante et difficilement compensable par une aéraulique élaborée
Limite	0,2-0,3	Ventilation pérenne compliquée – Besoin d'une conception aéraulique poussée pour atteindre la décharge
Moyen	0,3-0,4	Ventilation pérenne possible
Bon	0,4-0,6	Ventilation pérenne - Avec une conception aéraulique bien pensée, la décharge est assurée et le confort peut être atteint dans certains cas
Très bon	0,6-1	
Excellent	>1	

Les étapes du diagnostic



Besoin de données fiables à chaque étape



Aérodynamique urbaine

Développement d'abaques (VnatDOM Projet ADEME)

Difficilement paramétrable (projets de recherche en cours) - Nécessite encore des études spécifiques

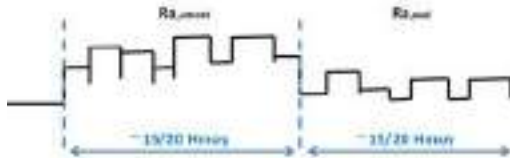
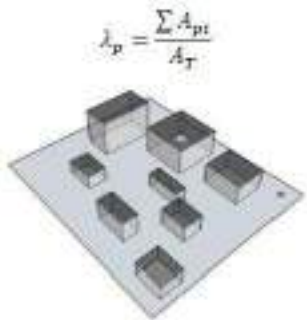
Sensibilité extrême

Urbanisme

Bloc

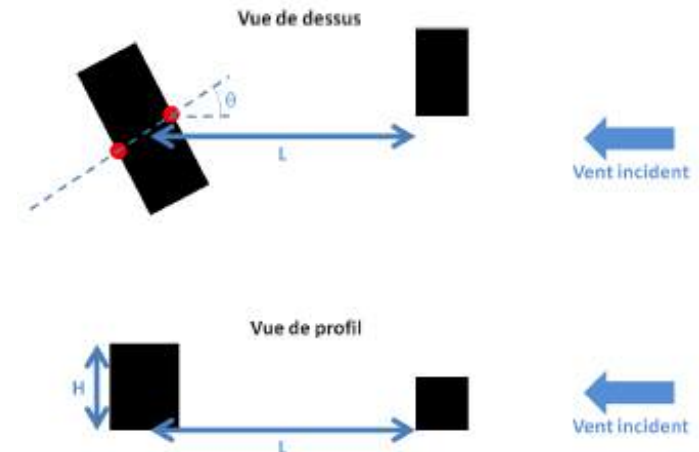
Taux d'occupation des sols

Rugosité relative
Hauteur moyenne
...



Orientation des façades

Hauteur relative
Distance relative
...



Essais en soufflerie – Moyens d'essais

Instrumentation

- de capillaires pour la mesure de la pression
- Scanner de pression
- Film chaud

Etude paramétrique

- Mesure du champ de pression pariétal
- Mesure des vitesses extérieures
- Plusieurs incidences
- Tests sur différentes configurations de plans masse



Quartier Vauban dans la veine ouverte

Maquettes physiques (échelle 1:200 au 1:150)



Quartier Mascareignes

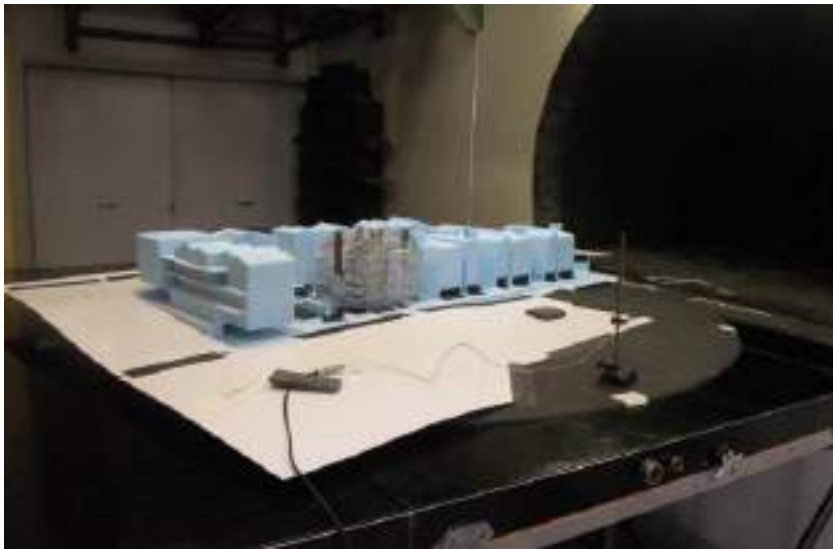


Cœur de ville Possession

Essais en soufflerie – Résultats

Types de livrables

- Statistique sur site des vitesses et pression
- Evaluation des taux de renouvellement d'air
- Préconisations d'orientation de conception
- Données d'entrées simulations STD
- Etude aéraulique au sein d'un lot



Etang Salé

Avantages

- Bonne restitution des phénomènes turbulents
- Etude paramétrique rapide
- Couplage numérique
- Une CAO « moyenne » peut être suffisante

Inconvénients

- Pas de champs spatiaux continus

ANNEXE 13

Prise en compte des enjeux d'adaptation dans les projets de Renouvellement urbain soutenus par l'ANRU, ANRU



LAB 2051: aménagement bioclimatique

Prise en compte des enjeux d'adaptation dans les projets de Renouvellement urbain soutenus par l'ANRU

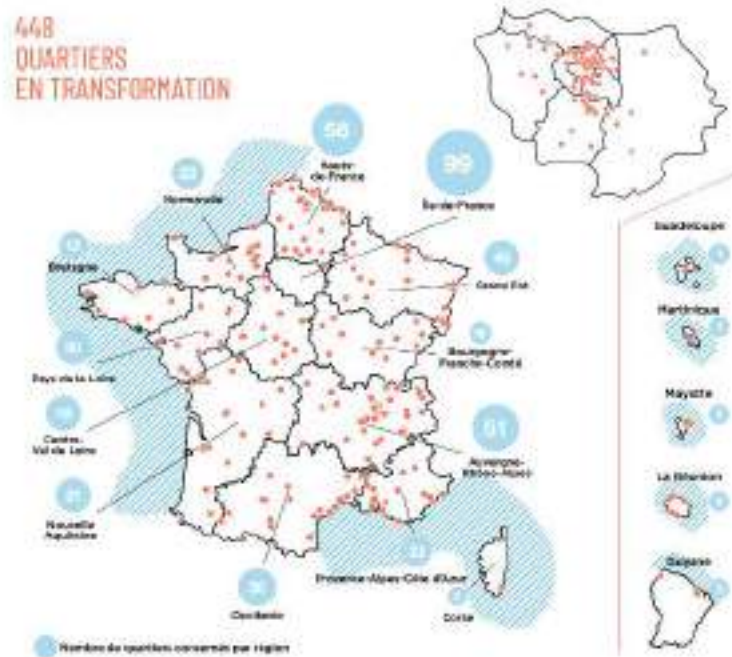
Vendredi 10 octobre 2025

1. Les programmes de l'ANRU : un cadre commun pour accélérer l'adaptation



Adapter les QPV au changement climatique : une nécessité

448
QUARTIERS
EN TRANSFORMATION



Transformer en profondeur les QPV : PRU et NPNRU

Depuis 20 ans, l'ANRU finance et accompagne la transformation des QPV, pour améliorer le cadre de vie des habitants, à travers 2 programmes successifs, le **PRU** (2004 – 2020) et le **NPNRU** (2014 – 2030)

- ➔ 700 quartiers transformés / 5 millions d'habitants concernés / 24 milliards d'euros de budget / 100 milliards d'euros d'investissements générés
- ➔ Le NPNRU concerne 448 QPV et près de 3 M d'habitants

Les QPV : des territoires exposés / des habitants vulnérables

- Des quartiers majoritairement exposés : **pollution atmosphérique** et sonore ; **surchauffe** et **ICU** ; logements « **passoires** » / « **bouilloires** » thermiques
- Des **habitants « captifs » et vulnérables**, alors qu'ils ne contribuent que très peu au réchauffement climatique
- **Les 26 QPV ultramarins en « 1^{ère} ligne »** en raison de leur situation géographique / du climat, de l'insularité (à l'exception de la Guyane), de fragilités structurelles, sociales et économiques



Transition écologique et adaptation au changement climatique : des objectifs incontournables des projets soutenus par l'ANRU

Adapter et atténuer : une nécessité pour répondre à des enjeux :

- Préservation de la **santé**
- Protection contre les **risques naturels et climatiques**
- **Résilience des infrastructures**
- Préservation **des ressources (eau, etc.)** et de la **biodiversité**
- **Équité** sociale et environnementale

La transition écologique et l'adaptation au changement climatique = des objectifs incontournables du NPNRU

Le « développement durable », dans ses différentes dimensions, est un **objectif inscrit dès la loi de 2003 portant création de l'ANRU**, renforcé par la loi de 2014 relative au NPNRU

« De manière générale, une **approche environnementale globale** est attendue pour limiter la consommation des ressources (eau, déchets...) et **favoriser l'adaptation aux changements climatiques** » (Titre Ier, art. 3.2 du RGA)



➔ **Le NPNRU, un puissant levier de transformation du cadre de vie qui encourage et favorise la transition écologique des QPV**

A l'appui du NPNRU, des programmes qui encouragent la transition et l'adaptation

En complément du NPNRU, des programmes et démarches spécifiques pour **expérimenter** et **déployer** de nouvelles solutions, accélérer les trajectoires de transition et d'adaptation, accroître la résilience des QPV

L'innovation pour relever les défis de la transition écologique : les Programmes d'Investissements d'Avenir (PIA) :

- favoriser les projets à très haute performance environnementale, tout en augmentant le reste pour vivre des habitants
- 171 M€ de subventions / 40 projets env.



L'agriculture urbaine comme levier d'amélioration du cadre de vie et de transition écologique : Quartiers Fertiles (QF)

- Une approche systémique (dimensions économiques, sociales et environnementales)
- 34 M€ / 98 projets (140 QPV)



Une approche globale pour réduire les vulnérabilités des QPV : la démarche Quartiers Résilients

- Accompagner la montée en qualité des opérations afin d'accroître leur impact en matière de transition
- 3 piliers :
 - Cadre de vie
 - Développement local
 - Cohésion sociale
- Un dispositif d'accompagnement :
 - transversal pour les 453 QPV du NPNRU ;
 - renforcé pour 49 QPV ciblés (100 M€)



2. Quelques exemples de démarches / projets inspirants



Guyane - Matoury / QPV Copaya (PNRU)

(re)construire un quartier suivant les principes du bioclimatisme



- **Contexte** : un ensemble de logements très dégradés, inadaptés au climat équatorial et enclavés
- **Programme** : recyclage d'habitat dégradé
 - **Démolition** des 240 logements existants
 - **Reconstruction** de 291 logements (**SEMSAMAR**), dont 80 maisons de ville en logement locatif social et très social, 6 maisons jumelées en PSLA
 - **Équipements** : pôle enfance, GS de 12 classes, maison de quartier
 - **Aménagement des espaces publics**
- **Un projet intégrant les principes de l'architecture et de l'urbanisme bioclimatiques** :
 - **logements** :
 - traversants, grandes ouvertures
 - Débords de toit, ventelles et brise-soleil pour une protection optimale;
 - Brasseurs d'air dans toutes les chambres
 - Chauffe-eau solaire
 - Ventilation naturelle
 - **parties communes** privatives et des **espaces extérieurs** végétalisés

➔ 1^{er} label bioclimatique **ECODOM+** délivré par l'ADEME en Guyane

Martinique - Fort-de-France / Bon air (NPNRU)

De la cité dégradée à l'écoquartier caribéen



- **Contexte :**

- ensemble monofonctionnel de **321 logements dégradés, enclavés, inadaptés** au vieillissement de la population et au risque sismique ; des espaces extérieurs très minéralisés
- Des atouts : situation sur les pentes d'un morne, à proximité du centre-ville

- **Programme : recyclage d'habitat dégradé pour réduire les vulnérabilités**

- Démolition et reconstruction des logements
- Locaux dédiés aux commerces, activités et associations
- Mise en accessibilité des espaces publics

- **Une conception bioclimatique (prise en compte du climat, de la topographie)**

- orientation des bâtiments / ensoleillement ; végétalisation des espaces extérieurs ;
- ventilation naturelle en jouant sur la pente ;
- gestion de l'eau de pluie : espaces « tampons » végétalisés (les « jardins d'orage ») pour limiter / maîtriser les apports au réseau de collecte ;
- terrassements pour atténuer la pente / les risques d'inondation, tout en limitant les déplacements de terre ;

Mais également, des **actions**:

- **en faveur de la décarbonation** : isolation ; refonte de l'éclairage public ; diminution de la place dédiée à la voiture ; desserte par le BHNS (à 450 m)
- **de concertation** : association des habitants à la définition du programme de logements



La Réunion Saint-Denis / PRUNEL (NPNRU)

Une stratégie globale d'adaptation



- **Contexte :**

- Un NPNRU sur 3 QPV, 65 ha et 6000 habitants env., à proximité immédiate du centre-ville, desservi par un TCSP, traversé par deux ravines et longé au nord et au sud par 2 voies bruyantes
- D'où dès le départ une nécessité d'adapter les constructions et aménagements en milieu tropical

- **Volontés de partager les pratiques d'intervention sur le périmètre :**

- Elaboration coconstruite d'un Cahier de Prescriptions Urbaines Architecturales Paysagères et Environnementales
- Réalisation, diffusion d'un « guide des bonnes pratiques pour la lutte contre les ICU en milieu urbain tropical »
- Participation au dispositif « plus fraîche ma ville »

- **Une diffusion large**

- Formation des acteurs
- Réalisation d'actions en direction des enfants, des habitants, des personnes âgées
- Travail avec le CAUE depuis 2018, soit 7 éditions et plus de 800 enfants concernés
- Petites vidéos diffusées sur site et page PRUNEL



La Réunion Saint-Denis / PRUNEL (NPNRU)

Une stratégie globale d'adaptation

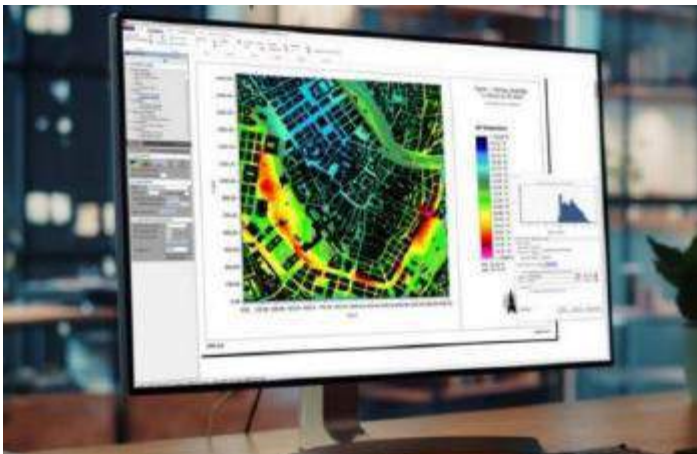
APPROCHE



- **Pour conforter la stratégie en phase de mise en œuvre opérationnelle** : l'étude bioclimatique prévue répond à plusieurs enjeux stratégiques de PRUNEL :

- **Adaptation au changement climatique** : identification des îlots de chaleur urbains ; simulation des impacts climatiques, actuels et futurs ; sur le périmètre du projet préconisation de solutions d'atténuation adaptées
- **Optimisation du confort urbain et de la santé publique** : amélioration des espaces publics pour réduire les écarts thermiques, renforcer la résilience climatique et contribuer à la qualité de vie des habitants en limitant les effets des températures extrêmes.
- **Méthodologie innovante et ancrée dans le contexte local** : utilisation de modélisations bioclimatiques avancées (logiciel ENVIMET) et intégration des données locales de Météo France Réunion, réseau de mesure in situ (capteurs), assurant une analyse spécifique au climat réunionnais.
- **Lien avec les objectifs du projet PRUNEL** : complémentarité avec les démarches existantes en matière d'urbanisme durable et de transition écologique, et intégration des résultats dans le plan guide et les orientations stratégiques du projet.

L'étude se décompose en plusieurs phases : diagnostic initial, simulations et recommandations et suivi annuel afin d'apporter des réponses concrètes aux défis environnementaux et sociaux du territoire.



La Réunion Saint-Denis / PRUNEL (NPNRU)

Une stratégie globale d'adaptation





ANNEXE 14

Présentation du retour d'expérience « Étude pérennité ville jardin – Cas de la ZAC Cœur de ville – La Possession »

Atelier Lab' Bioclimatisme

REX Etude Pérennité ville jardin

Cas de la ZAC Cœur de ville La Possession

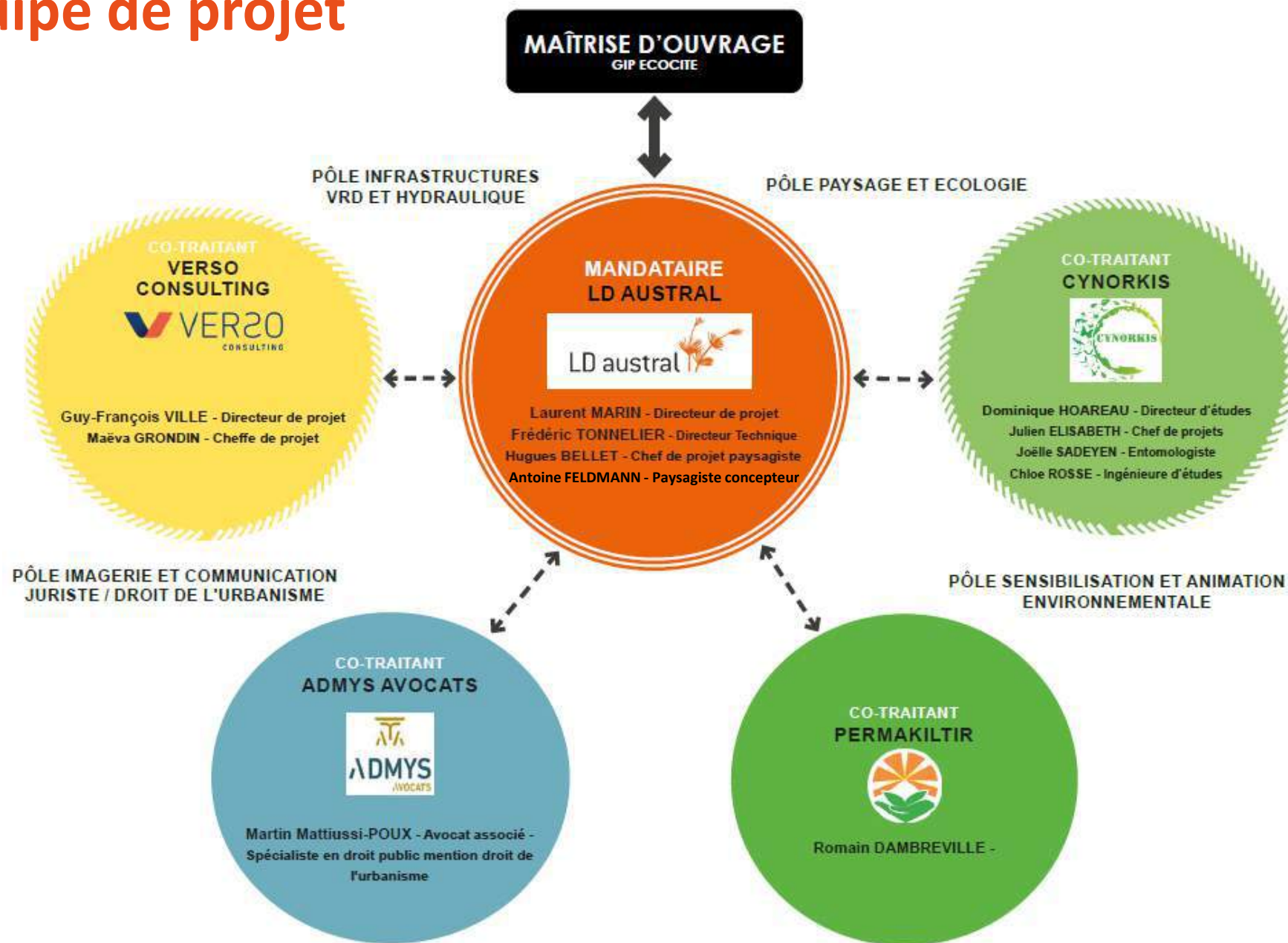
« Le vrai jardinier, c'est celui qui laisse faire et agit avec discernement. Il s'agit d'une posture de retenue, de choix judicieux plutôt que d'intervention permanente. Son travail commence quand il passe du projet au soin, de la plantation à l'accompagnement. »

Gilles Clément, Extrait du jardin en mouvement, 1991.

1. L'ÉQUIPE DE PROJET ET LE SITE D'ÉTUDE



1. L'équipe de projet



Le concept de « ville-jardin » de la ZAC Cœur de Ville à la Possession

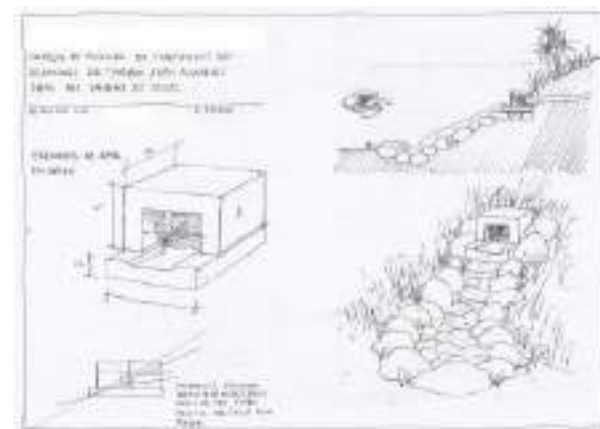
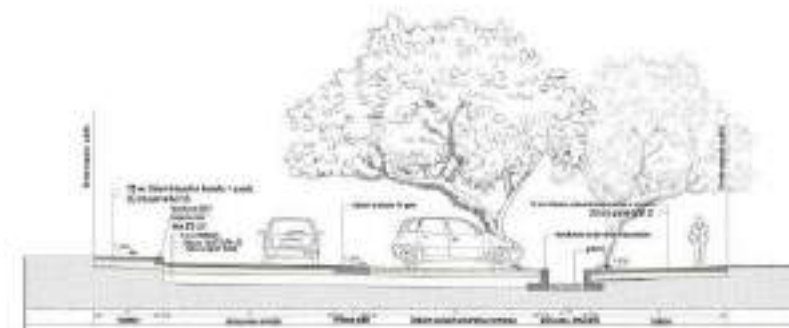


Cœur de ville, ville jardin c'est :

- 80 000 arbres et arbustes plantés à l'échelle de cœur de ville
- 1/3 de la surface du projet réservée à la nature
- plus de 100 espèces végétales
- 10 espaces de jardins partagés de proximité
- Un médiateur environnemental pour accompagner les habitants dans les gestes éco-citoyens
- 7 kms de promenade piétonne



- **Maître d'ouvrage** : SEMADER
- **Localisation** : Commune de La Possession (Réunion)
- **Objectif** : Accueillir **5 000 nouveaux habitants** en dynamisant le centre-ville à travers un **écoquartier ville-jardin**, accessible et durable.
- **Enjeux clés** :
 - **Transition écologique et énergétique** (labellisation Écoquartier).
 - **Mixité urbaine** (1 700 logements, bureaux, commerces) sur **34 hectares**.
 - **Intégration paysagère** (mail tropical, trames végétales, "cœur vert").
- **Une ZAC conçue comme un parc habité**, avec la volonté de mettre en place beaucoup de jardins et d'espaces plantés pour créer un cadre de vie apaisé.
- **Un héritage végétal préservé**, trames historiques (vergers et arbres remarquables) au centre du projet, inventaire végétal fin réalisé avant projet.



2. CONSTAT PAR VISITE DE SITE ET APPROCHE COMPARATIVE



Constat par visite de site et approche comparative

Constat général à l'origine de la mission : une conception et une réalisation avec des objectifs ambitieux et prometteur, mais un site qui tends à s'appauvrir où l'on observe une perte importante de qualité dans les espaces plantés au fur et à mesure des années...

Comparaisons évolutives... appauvrissement ou enrichissement ?



Aire de jeux

Source : LDA février 2020



Source : LDA février 2025

Premières problématiques...

Grandes difficultés à gérer le couvert végétal herbacé et arbustif et les EEE sur les « ilots/jardins de biodiversité ». Nécessitant une bonne connaissance botanique et des actions suivies et régulières...

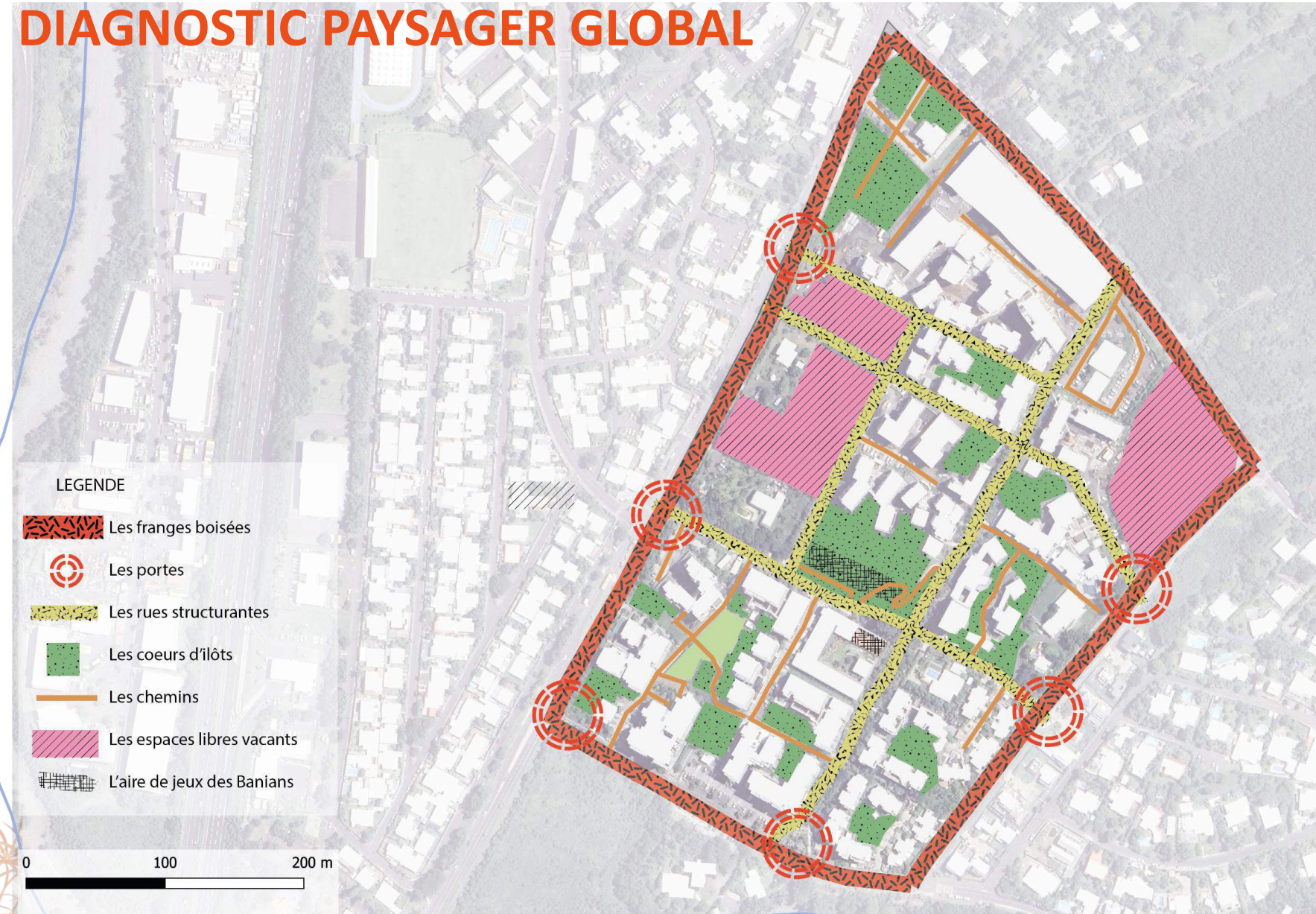


3. PHASE 1 : DIAGNOSTIC ET ENJEUX



APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

DIAGNOSTIC PAYSAGER GLOBAL



DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE



DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE



DIAGNOSTIC HABITANT



DIAGNOSTIC PAYSAGER PAR SECTEURS ET ENJEUX

I. Les Tops



Massif arboré rue structurante



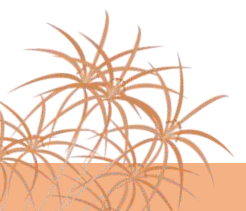
Noue végétale rue structurante



Aire de jeux des Banians



Massif de graminées en bord de chemin



DIAGNOSTIC PAYSAGER PAR SECTEURS ET ENJEUX

II. Les Flops



Chemin dans un cœur d'îlot



Chemin qui se ferme



Passage de débroussailluse



Coupe d'un pied de Vetiver



Liane envahissante sur un arbre



Intervention radicale



Végétaux blessés



Espace qui demanderait de nouvelles plantations



Intervention des jardiniers le long des franges boisées

Enjeux :

- Interventions différenciées ? Fréquences ?
- Techniques d'entretiens employées ? Formations ?
- Adaptations des végétaux ? Nouvelles plantations ?
- Signalétiques et pédagogies ?

Constat et entretien des ouvrages de collecte des eaux de ruissellement



Constat et entretien des ouvrages d'évacuation



Constat et entretien des ouvrages de rétention



Impluvium de temporisation et d'infiltration
des eaux pluviales en cœur d'îlot. Rejet régulé
vers les ouvrages des espaces publics



4. PHASE 2 : OBJECTIF ET MÉTHODE



ELOGE DU PAS DE COTÉ : aménager, entretenir et gérer autrement les espaces paysagers



ELOGE DU PAS DE COTÉ, Philippe Ramette, île de Nantes

Pas de
coté n°1

**SUIVRE
& GÉRER**

Pas de
coté n°2

**RENATURER
& RENFORCER**

Pas de
coté n°3

**SENSIBILISER
& IMPLIQUER**

1. Pas de coté n°1 : SUIVRE & GÉRER





Pas de coté n°1 : SUIVI ET GESTION D'UN ESPACE PAYSAGER



➤ Suivi via un outil partagé (SIG ou tableur collaboratif)

- Cartographie géolocalisée, historique des interventions, planification prévisionnelle, alertes et signalements, tableau de bord des indicateurs écologique.
- Cet outil devient un **instrument de gouvernance partagée**. Il permet également d'alimenter la dimension « laboratoire » de l'Ecocité, en constituant un support de capitalisation des retours d'expérience environnementaux et climatiques.



➤ Mise en œuvre d'un dossier de gestion (conformément au fascicule 35)

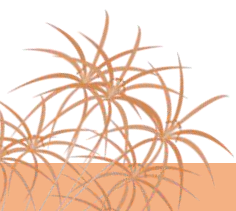
- Un inventaire exhaustif des ouvrages, la liste des végétaux implantés, les fiches de suivi des interventions, le calendrier d'entretien différencié, les prescriptions écologiques et recommandations, les obligations réglementaires associées à la ZAC.
- Ce dossier est un référentiel **vivant**, actualisé régulièrement, servant de base à l'analyse annuelle des besoins d'adaptation.

FASCICULE 35 - « Aménagement des paysages, sites de sports et de loisirs de plein air » est composé de documents techniques généraux applicables aux aménagements publics de l'ensemble du territoire.



➤ AMO de suivi à long terme spécialisée : la complexité du contexte tropical et insulaire justifie le recours à une AMO

- Composée d'un paysagiste concepteur, un écologue et un hydraulicien.
- Cette AMO constitue un **tiers expert**, médiateur, garant de la cohérence écologique, hydraulique et paysagère tout au long de la mise en œuvre et de l'exploitation.





Pas de coté n°1 : SUIVI ET GESTION D'UN ESPACE PAYSAGER

Il s'agit de **repenser les travaux de finalisation pour une palette végétale évolutive en 3 PHASES.**

- Assurer la pérennité des plantations,
- Optimiser les coûts d'entretien,
- Renforcer la biodiversité fonctionnelle,

Phasage programmable et réversible :

- Intégration d'un calendrier des interventions pour chaque phase, permettant une gestion évolutive et adaptative.
- Réversibilité pour ajuster les plantations en fonction des observations et des besoins écologiques.

➤ Intégration dans le cadre du Fascicule 35

La démarche en trois temps respecte et enrichit le Fascicule 35 :

- **Phase 1** : travaux initiaux, préparation, plantations principales et premières strates (Chap. 2 et 3 du Fascicule 35). Correspondant à **60 % du marché.**
- **Phase 2** : travaux complémentaires, relevant d'un second marché d'achèvement écologique (Chap. 4 Soins, garanties, remise en état). Correspondant à **30 % du marché.**
- **Phase 3** : entretien raisonné et évolutif, gestion différenciée, suivi écologique (Chap. 7 Entretien et contrôles annuels). Correspondant à **10 % du marché.**

Phase 1 (60%) :

- Travaux initiaux, préparation, plantations principales et premières strates.
- Objectif : Assurer la pérennité des plantations.



Phase 2 (30%) :

- Travaux complémentaires, soins, garanties, et remise en état écologique.
- Objectif : Optimiser les coûts d'entretien.



Phase 3 (10%) :

- Entretien raisonné, suivi écologique, gestion différenciée.
- Objectif : Renforcer la biodiversité fonctionnelle.

2. Pas de coté n°2 : RENATURER ET RENFORCER





Pas de coté n°2 : STRATÉGIE DE RENATURATION ET RENFORCEMENT DE LA PALETTE VÉGÉTALE

- Les quatre temps de la palette végétale pour sa pérennité selon 3 critères :
- ✓ **CONTEXTE, DISPONIBILITE, MISE EN ŒUVRE.**

Les 3 critères s'analysent à partir de 4 temporalités qu'il convient de prendre en compte pour assurer la pérennité d'un espace paysager en milieu insulaire et tropical : **le SITE, la CONCEPTION, les TRAVAUX et l'EVOLUTION.**

1. SITE :

- Garantir que la palette végétale à venir soit strictement adaptée au milieu tropical réunionnais, aux risques et aux usages fonctionnels du site.

2. CONCEPTION :

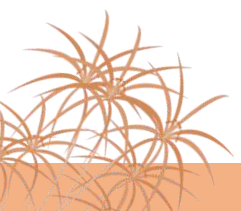
- Construire une palette végétale disponible, opérationnelle, résiliente et durable, en intégrant la filière locale et les exigences de maintenance.

3. TRAVAUX :

- Assurer la bonne implantation du végétal malgré les contraintes tropicales, sécuriser la reprise et anticiper la résistance aux aléas climatiques.

4. ÉVOLUTION :

- Accompagner le végétal dans son développement, garantir la sécurité des usagers, stabiliser les ambiances paysagères et renforcer la résilience des sites.





Pas de coté n°2 : STRATÉGIE DE RENATURATION ET RENFORCEMENT DE LA PALETTE VÉGÉTALE

➤ *Gestion classique linéaire*

Logique : exécuter des opérations régulières selon un calendrier fixe, identique d'année en année.

Caractéristiques :

- programmation rigide
- faible prise en compte du vivant
- coûts importants (temps, eau, matériels)
- dépendance aux intrants
- découpage systématique des tâches

Limite majeure : inefficace face aux dynamiques tropicales rapides, aux aléas climatiques et à l'évolution du milieu.

➤ *Gestion différenciée des espaces*

Logique : adapter les niveaux d'entretien à la vocation des espaces.

Caractéristiques :

- différents régimes d'entretien (intensif, extensif, naturel, libre)
- intégration de la trame verte et bleue
- réduction des intrants
- reconnaissance de la biodiversité

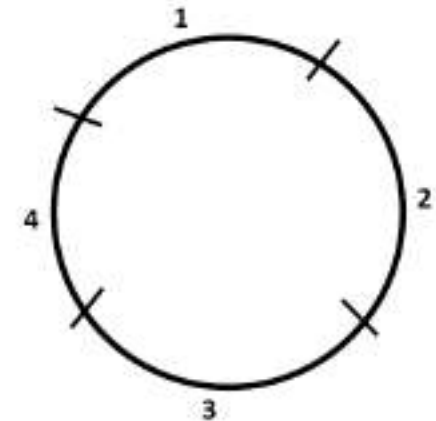
Limite : Elle reste un **modèle statique**, basé sur un zonage initial qui évolue peu, ne prend pas suffisamment en compte la transformation du vivant dans le temps.

Vision classique
(Loi MOP)

Approche linéaire
par phase successive



Approche circulaire
par phase successive



Vision classique
(Gestion différenciée)

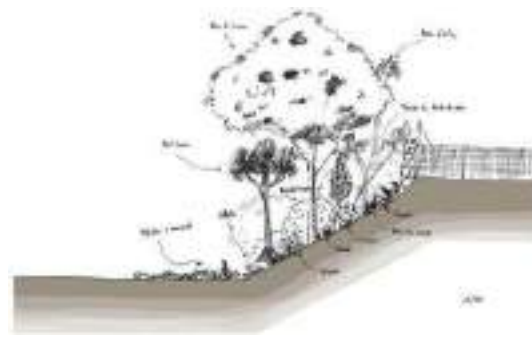
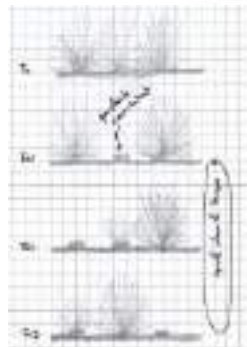
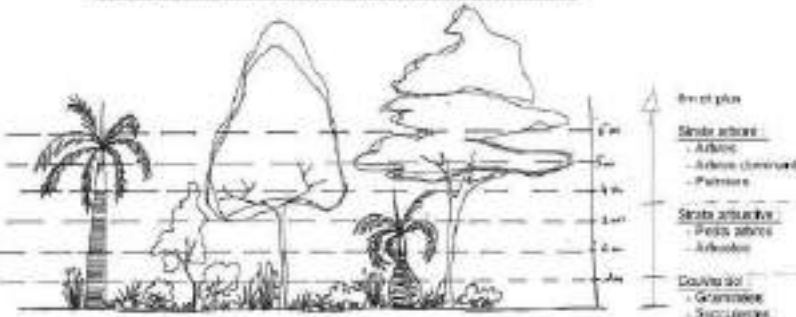


Pas de coté n°2 : STRATÉGIE DE RENATURATION ET RENFORCEMENT DE LA PALETTE VÉGÉTALE

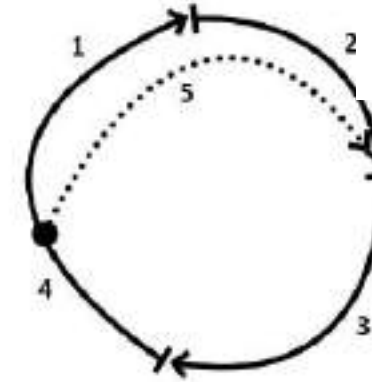
➤ *Référentiel de gestion adaptative et régénérative*

- **Gestion adaptative** : processus itératif d'observation → hypothèse → action → évaluation → ajustement continu pour accueillir l'incertitude.
- **Approche régénérative** : viser l'auto-gestion progressif des milieux, la production de services écosystémiques, une trajectoire évolutive.
- **Jardin en mouvement** : privilégier l'observation et l'économie d'intervention « observer plus, jardiner moins » et laisser une part de spontanéité contrôlée (régénérescence naturelle) pour accroître la pérennité.

Principes des hauteurs des végétaux / compositions des strates

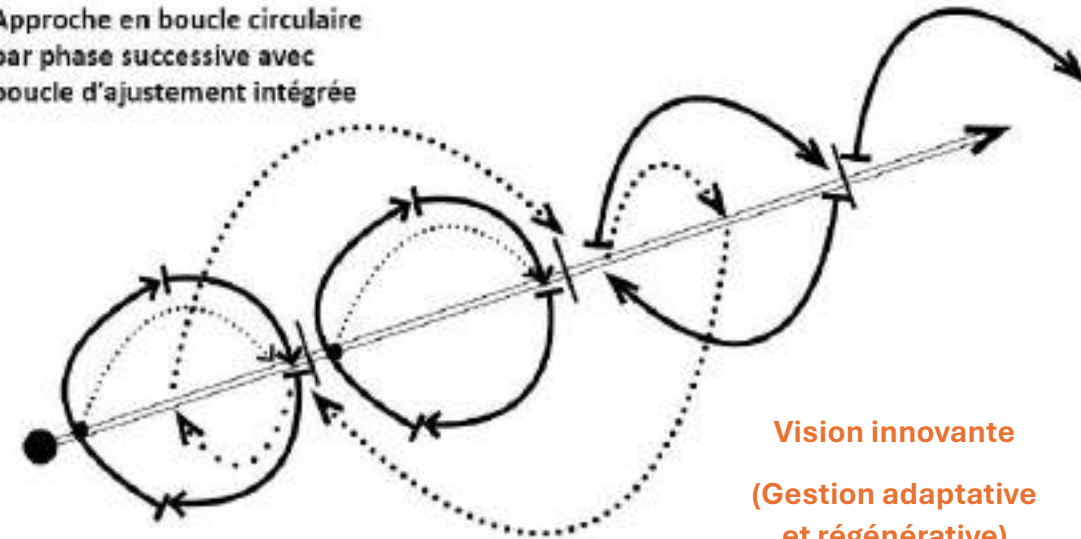


Approche circulaire par phase successive avec boucle d'ajustement intégrée



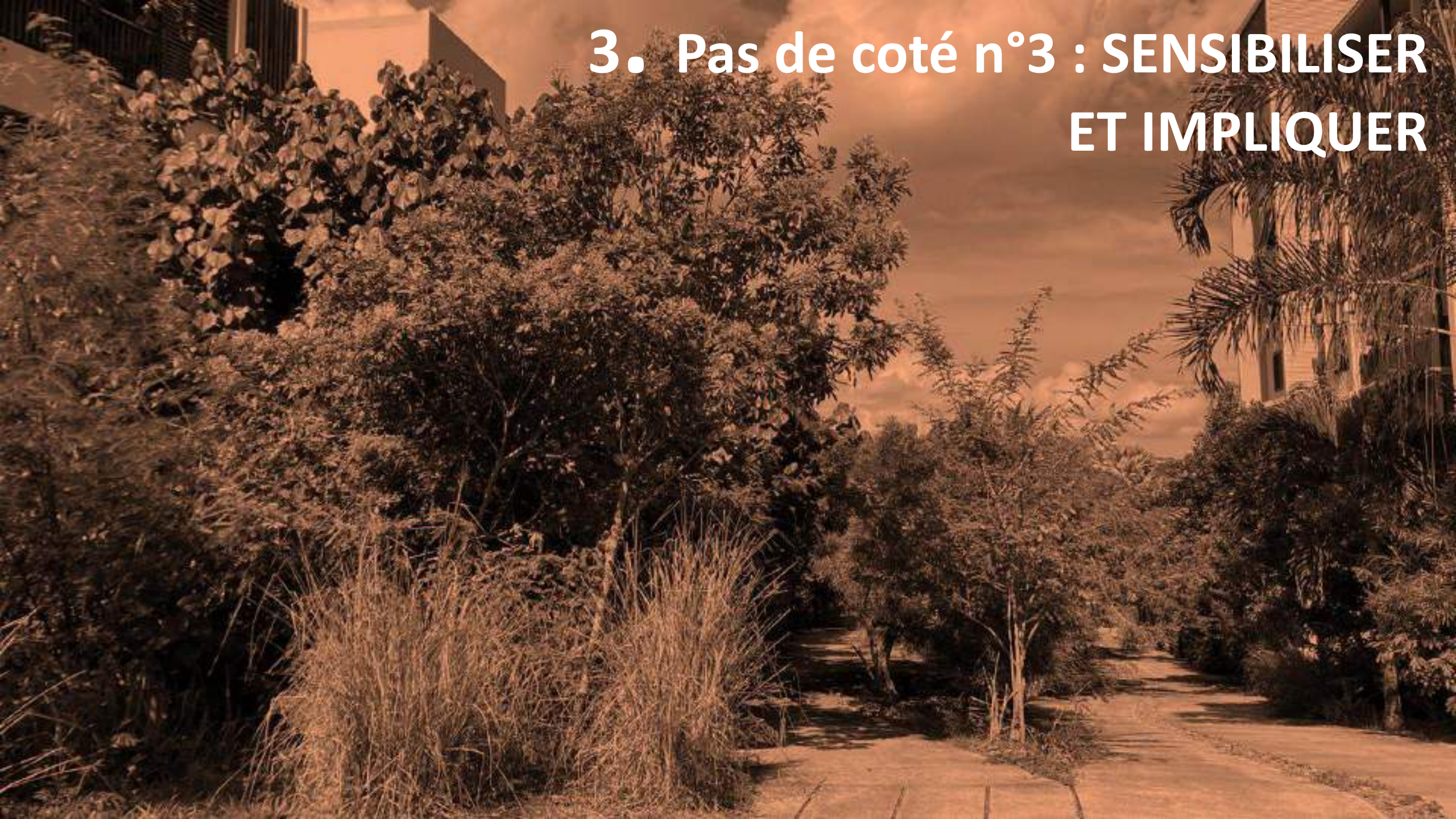
Vision innovante
(Gestion adaptative)

Approche en boucle circulaire par phase successive avec boucle d'ajustement intégrée



Vision innovante
(Gestion adaptative et régénérative)

3. Pas de coté n°3 : SENSIBILISER ET IMPLIQUER





Pas de coté n°3 : SENSIBILISATION ET IMPLICATION DES RÉSIDENTS





Pas de coté n°3 : SENSIBILISATION ET IMPLICATION DES RÉSIDENTS

AXE 1	FAIRE ÉVOLUER LA GOUVERNANCE ET L'ORGANISATION DE LA GESTION PLURIELLE DES ESPACES PAYSAGERS		
	ACTION #1	ACTION #2	ACTION #3
POTEUR(S)	Lancer le processus de création du grand jardin partagé de l'AFUL	Missionner une structure intermédiaire des gestionnaires sur l'animation des jardins partagés et la communication relative à la gestion des espaces paysagers	Etudier la faisabilité de créer une structure mutualisée de gestion des espaces paysagers au profit des gestionnaires
OBJECTIFS DE L'ACTION	AFUL en collaboration avec Commune • Exploiter un espace paysager pour lequel la planification prévoit un jardin partagé • Mettre fin au blocage opérationnel de création d'un jardin partagé • Mettre à disposition des habitants un espace favorisant leur implication dans la ville jardin • Expérimenter une démarche à dupliquer en prévision des prochaines opérations	Commune en collaboration avec l'ensemble de gestionnaires • Apporter une réponse à la problématique de multiplicité (inconnu pour certains habitants) des points de contact gestionnaires des espaces paysagers • Faciliter les sollicitations par les habitants avec une structure • Apporter aux habitants un point de contact unique • Mutualiser les moyens d'animation et de communication auprès des habitants • Capitaliser sur les savoir-faire d'une structure experte et sur l'expérience accumulée	GIP Ecocité • Apporter une meilleure visibilité et lisibilité aux habitants quant à l'organisation et à la gestion des espaces paysagers • Simplifier la gestion des espaces paysagers • Mutualiser les moyens de gestion des espaces paysagers
TEMPORALITÉ	COURT TERME	MOYEN TERME	MOYEN TERME

5. SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES





Le Laboratoire de l'Écocité : éloge du Pas de côté

Des outils pour décider et aménager autrement

➤ Enjeu pour la collectivité

Sécuriser les choix d'aménagement face aux incertitudes climatiques, techniques, budgétaires et d'usage, tout en garantissant la pérennité des espaces publics.

➤ Dispositif proposé : le laboratoire

Un cadre d'expérimentation à échelle réelle, fondé sur le *pas de côté*, pour tester, évaluer et ajuster les projets avant généralisation.

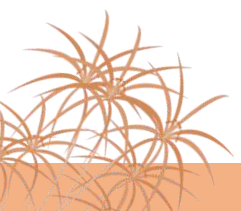
➤ Outils mobilisés innovants

- **Sites pilotes** intégrés aux projets d'aménagement pour expérimenter
- **Protocoles d'expérimentation** paysagère et écologique avec marchés de travaux adaptés
- **Indicateurs de suivi** : résilience des milieux, coûts de gestion, usages
- **Outils de capitalisation** : retours d'expérience, suivi SIG, plan de gestion adaptatif et régénératif, référentiels de gestion des espaces paysagers
- **Gouvernance partenariale** (AMO, collectivités, concepteurs, gestionnaires, usagers, AFUL)

➤ Bénéfices pour la décision publique

- Réduction des risques techniques et financiers
- Amélioration de la durabilité et de la gestion à long terme avec une trajectoire visionnaire
- Production de références **opérationnelles et répliquables**

➤ Faire du laboratoire de l'Écocité un outil d'aide à la décision, au service d'une *Ville Jardin* résiliente, maîtrisée et adaptée.





Merci pour votre attention

