



NICE GRAND ARÉNAS

PLAN GUIDE - ETUDE BIOCLIMATIQUE - stratégie

EPA NICE ECO-VALLÉE
LECLERCQ ASSOCIÉS | BASE | ARTELIA
Février 2021

CONTEXTE	3
LE PLAN GUIDE DU PROJET URBAIN	5
LES PIÈCES URBAINES CONSERVÉES ET LES OPÉRATIONS DÉJÀ SORTIES DE TERRE	6

LES PHÉNOMÈNES D'ÎLOTS DE CHALEURS ET DE FRAICHEURS 7

DEFINITIONS :	7
LES ENJEUX DES ÎLOTS DE CHALEUR :	8
LES LIENS AVEC LA SANTÉ :	8
LES DÉTERMINANTS DES ÎLOTS DE CHALEUR :	8
LES 4 LEVIERS D'ACTION :	9
LEVIERS VERTS:	9
LEVIERS BLEUS:	9
LEVIERS BRUNS:	9
LEVIERS ROUGES:	9

LE CONTEXTE BIOCLIMATIQUE DU DELTA..... 10

LES DONNÉES CLIMATIQUES DISPONIBLES.....	10
L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RÉGION PACA ET NICOISE	16

LA STRATÉGIE BIOCLIMATIQUE POUR LE PROJET GRAND ARENAS 18

ENSEIGNEMENTS DES ÉTUDES BIOCLIMATIQUES DU PEM.....	18
STRATÉGIE BIOCLIMATIQUE URBAINE POUR LE GRAND ARENAS.....	20
APPROCHE SECTORIELLE DE LA STRATÉGIE AMONT BIOCLIMATIQUE ...	29
CRITÈRES CLIMATIQUES UTILISÉS POUR LES SIMULATIONS À PARTIR DES DONNÉES DE METEO FRANCE.....	30
SYNTHÈSE DES LEVIERS D'ACTION À MOBILISER POUR LE SECTEUR ...	69
SIMULATION DU PLAN GUIDE POUR L'EXPOSITION AU SOLEIL	71
SIMULATION DU PLAN GUIDE POUR L'EXPOSITION AU CIEL.....	75

PREAMBULE

Ce document constitue une note stratégique pour la prise en compte des enjeux bioclimatique pour l'élaboration du plan guide du projet urbain du Grand Arenas.

Contexte

L'opération Grand Arénas, l'une des 4 opérations prioritaires de l'EPA, vise à permettre la réorganisation urbaine de l'ensemble de la partie sud de la plaine autour d'un quartier urbain mixte en créant des liens entre les quartiers environnants et les autres équipements de la basse vallée du Var ainsi qu'en proposant des respirations vertes dans un cadre circulatoire apaisé.



Figure 1 : La ZAC Grand Arenas dans sa géographie

L'objectif de tous les partenaires de l'Ecovallée est de favoriser une profonde mutation urbaine et économique de l'ensemble métropolitain pour répondre aux besoins de développement du territoire comme aux attentes des entreprises extérieures, à la recherche d'implantations performantes.

L'ambition est de doter la métropole azurienne d'un centre international d'affaires attractif, à la hauteur de sa notoriété, via la recomposition urbaine progressive d'un secteur hautement stratégique.

Le quartier d'affaires du Grand Arénas vise à la fois de entreprises et sièges sociaux d'envergure internationale et nationale voulant profiter de l'effet vitrine et de l'interconnexion au territoire, mais aussi les entreprises azuréennes en développement. Il s'agit ainsi ici de conforter la diversification des activités touristiques vers les rencontres d'affaires, notamment grâce au futur parc des expositions.

49 HECTARES,
22 000 EMPLOIS À TERME,
2 000 LOGEMENTS,
750 000 M² DE SDP (surface de plancher)
DE LOGEMENTS, BUREAUX,
ÉQUIPEMENTS, SERVICES,
COMMERCES ET HÔTELS.

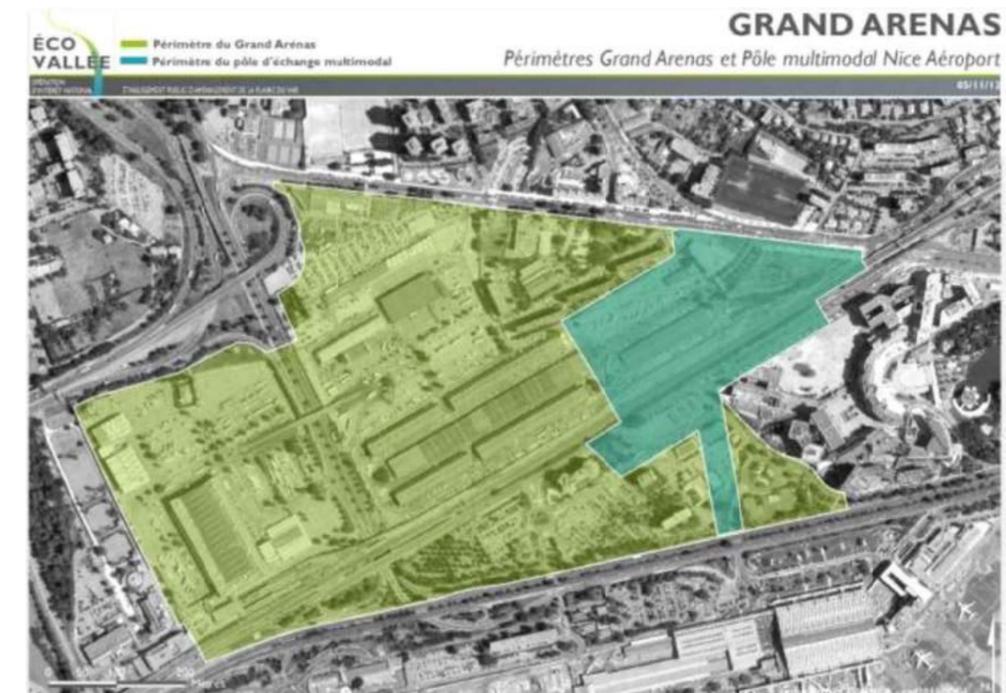


Figure 2 : Les périmètres Grand Arenas et Pôle multimodal Nice Aéroport (EGIS, 2015)

Le projet Grand Arénas, actuellement piloté par l'architecte-urbaniste François Leclercq, qui a succédé à Josep Lluís Mateo, s'inscrit pleinement dans l'objectif de l'Ecovallée d'aménager une ville verte, vivante et exemplaire. Il s'organise autour de deux équipements structurants majeurs : le pôle d'échanges multimodal (PEM) et le parc des expositions et des congrès (PEX), prévu sur l'emplacement actuel du Marché d'Intérêt National.

Ici la mixité sociale, fonctionnelle et générationnelle est assurée à travers une offre de logements diversifiée (en accession, locatif social, en accession maîtrisée, etc.) et par des activités de services, de commerces, d'hôtels ou encore d'équipements publics.

Le plan guide du projet urbain

Le plan guide de la ZAC du Grand Arénas constitue un moment fondateur. Il définit les grandes orientations d'aménagement et de programmation. Il assure ainsi la traduction spatiale et programmatique des orientations stratégiques d'aménagement étudiées depuis l'été 2019: l'évolution de Nice Grand Arénas, un quartier d'affaire internationale à « Nice Delta », où la trame verte et celle des espaces publics s'inscrivent dans un héritage historique et géographique.

Le delta ne sera réussi que s'il on retrouve une lecture simple entre la ville et le paysage, on redonne de la valeur au sol et aux rez-de-chaussée en encourageant les mobilités douces, on se réapproprie la programmation initiale du quartier d'affaire. Cette réussite du projet se fera aussi à l'articulation de l'échelle métropolitaine et d'une couture et d'une accroche plus fines avec les quartiers limitrophes.

D'UNE LOGIQUE D'ÎLOTS ÉTANCHES A UNE LOGIQUE D'ARCHIPELS

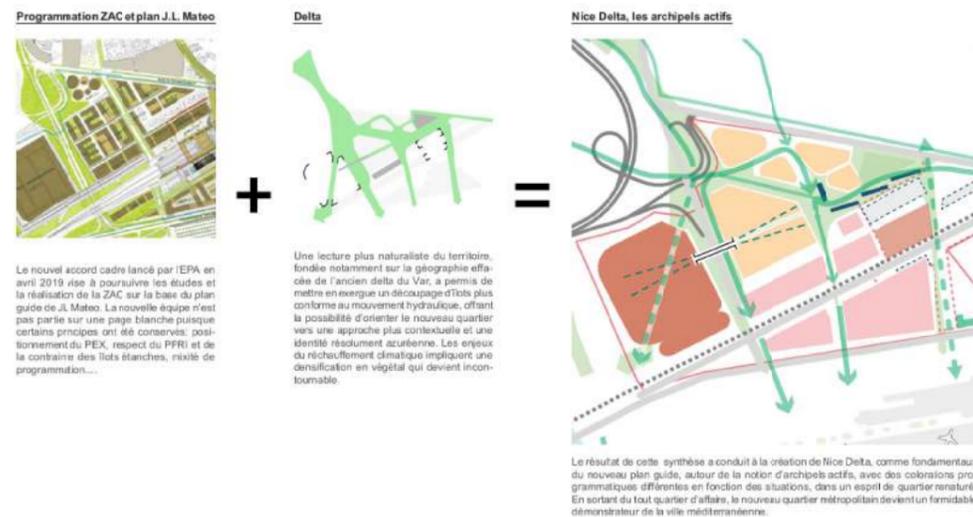


Figure 3 : Evolution du projet urbain du Grand Arénas

Les pièces urbaines conservées et les opérations déjà sorties de terre

La stratégie bioclimatique doit tenir compte des éléments existants et des opérations récemment livrées (immobilières, transport et espaces publics).



Figure 4 : Répartition des opérations sorties de terre

La partie Sud-Est du plan guide fait l'objet de nombreuses avancées opérationnelles. Des opérations concernant certains lots sont en phase AVP, consultation et travaux.

Les lots figurant en rouge font l'objet d'étude en cours plus avancée que le plan guide. Notre attention se porte en particulier sur le deck de la gare qui fait actuellement l'objet d'un AVP.

Le deck étant positionné entre deux lots bâtis importants (3.4 au sud et 3.1 au nord), il sera potentiellement soumis aux ombres portées, au effet du vent et de l'inertie thermique du revêtement prévu en béton. Une analyse spécifique pourrait être à mener sur cet espace aux usages très intenses.

Le lot 3.2 isolé en pointe est du plan guide pourrait également faire l'objet de compléments d'étude bioclimatique. Son orientation, son positionnement près de grands axes et sa hauteur peuvent être des facteurs à analyser attentivement.

LES PHENOMENES D'ÎLOTS DE CHALEURS ET DE FRAICHEURS

Définitions :

Un îlot de chaleur urbain désigne la différence de température (diurne et nocturne) observée entre les milieux urbains et les zones rurales et/ou naturelles environnantes. La nuit, cet effet est encore plus marqué. L'air et les espaces qui ont surchauffé en journée sont longs à refroidir. En pratique, un îlot de chaleur désigne une zone à l'échelle du quartier où l'on observe ce phénomène. Ce phénomène est particulièrement important lors des vagues de chaleur.

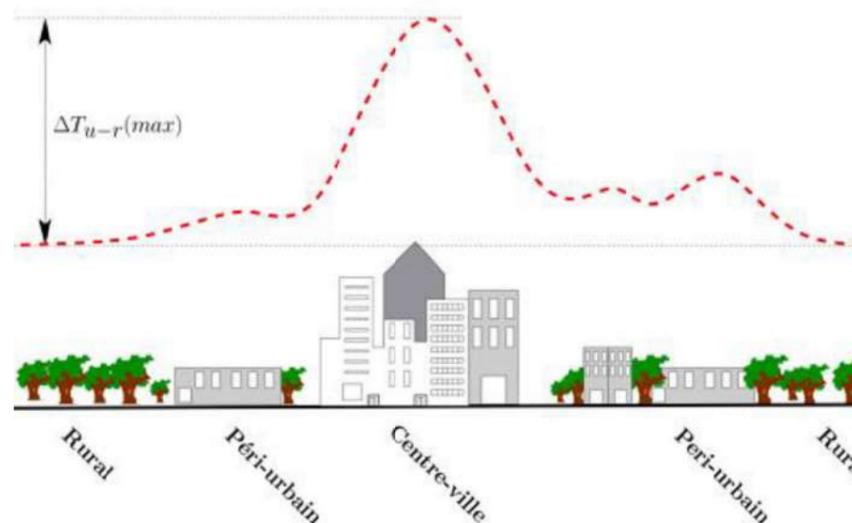
Les principales causes des ICU sont le modèle d'urbanisation (formes, orientation, espacements, densité etc.) qui va influencer la circulation de l'air, le comportement des matériaux (inertie thermique, effet albédo), l'imperméabilisation des sols qui ne peuvent pas se refroidir par évapotranspiration comme le font les sols végétalisés, notamment arborés et les sources anthropiques de chaleur (systèmes de chauffage et de climatisation, circulation de véhicules, industries etc.).

Les îlots de fraîcheur peuvent être définis comme des lieux d'accueil, de halte et/ou de repos, accessibles au grand public et repérés comme source de rafraîchissement par rapport à leur environnement proche en période chaude ou caniculaire.

Sur un projet d'aménagement, ce sont en premier lieu les espaces verts arborés aussi des lieux brumisés ou des jeux d'eau tels que les miroirs d'eau ; des établissements ouverts au public et naturellement frais comme des médiathèques, des cours d'école ombragées, etc. Cela peut être également des linéaires particulièrement arborés, des abords directs de cours d'eau ou d'espaces en eau, etc.

Le phénomène ICU pour îlot de chaleur urbain correspond à la différence de température observée et ressentie entre les milieux urbains et les zones dites rurales environnantes ou plus fortement végétalisées par exemple. Il existe 3 types d'ICU :

- **Les ICU à la surface au sol** (au contact du sol) de 0m à 1m
- **Les ICU à la canopée urbaine** (couche d'air intermédiaire entre le sol et la cime des arbres) variant de 1m à 8m
- **Les ICU à la hauteur des bâtiments** (couche d'air supérieur entre la cime des arbres R+2 et le toit des bâtiments) variant de 8m à 30m



- *Figure 5 : Schéma de l'îlot de chaleur urbain Source: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000.*

Les enjeux des îlots de chaleur :

L'enjeu de cette étude est d'atténuer les effets des îlots de chaleur urbains (ICU) et les risques sanitaires associés, en faisant des choix d'aménagement favorables à la baisse de température (végétalisation, formes urbaines, matériaux limitant le rayonnement solaire, performances énergétiques des bâtiments, etc.) tout en mettant en place des solutions qui minimisent les sources de chaleur anthropiques (liées à la mobilité ou la climatisation) et qui maximisent les effets liés à des îlots de fraîcheur (interactions sociales, ressourcement, bien-être, etc.).

Les conséquences néfastes des îlots de chaleur sont principalement de trois natures :

- **un enjeu de santé publique** avec la plus forte vulnérabilité des villes aux canicules ;
- **un enjeu énergétique** avec des besoins de réfrigération et de climatisation plus grands, induisant une plus forte demande en énergie des habitants et des entreprises, atteignant des pics en épisodes de canicule ;
- **un enjeu environnemental** avec des émissions accrues de gaz à effet de serre liées aux activités humaines.

Les liens avec la santé :

Les effets sur la santé d'une chaleur extrême varient selon la sensibilité de l'organisme. Les principaux facteurs de vulnérabilité proviennent de l'âge (aux deux extrémités de la vie), de la précarité du statut économique des caractéristiques de l'habitat (isolation, ventilation, etc.) et des habitudes de vie (consommation, addiction).

Certaines conditions médicales préexistantes (pathologies psychiatriques, cardiovasculaires ou neurologiques et troubles mentaux, etc.) doivent aussi être prises en compte, tout comme la grossesse. Les personnes sans abri (dont les migrants) doivent également faire l'objet d'une attention particulière.

Concernant les effets directs des vagues de chaleur sur la santé, de manière générale, la surchauffe affecte le système cardiovasculaire et l'appareil respiratoire et la pollution à l'ozone, causée par le rayonnement solaire, aggrave les problèmes de santé.

L'effet de la hausse de température aurait également un impact sur la santé mentale (suicides, violence). D'autres effets indirects ont été montrés comme les effets sur le sommeil ou l'augmentation de la violence et de la criminalité. Ainsi, lors des vagues de chaleur, le phénomène d'ICU peut causer un fort inconfort voire une surmortalité, notamment des personnes vulnérables.

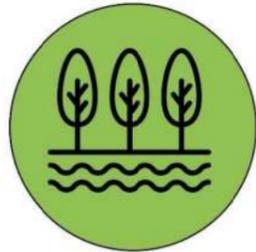
Les déterminants des îlots de chaleur :

Nous pouvons citer différents critères qui peuvent déterminer la présence et la formation d'un ICU :

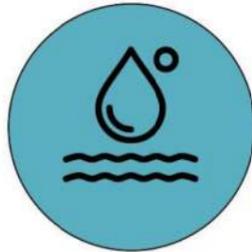
- Surface imperméable conséquente
- Morphologie urbaine (densité, orientation, hauteur...)
- Inertie thermique des bâtiments et des voiries
- Transferts de chaleurs entre matériaux
- Intensité d'usages
- L'évapotranspiration de la végétation
- Présence de l'eau en surface
- Le climat local et sa singularité géographique

Les 4 leviers d'actions :

Les moyens pour lutter contre les ICU peuvent se résumer en 4 leviers d'actions.



Levier vert



Levier bleu



Levier brun



Levier rouge

Leviers verts:

- Trame verte et milieux vivants
- Densité végétal
- Variétés des strates de végétations
- Pleine terre

Leviers bleus:

- Présence de l'eau en surface
- Gestion des EP
- Brumisation
- Trame bleue

Leviers bruns:

- Types de matériaux
- Formes urbaines (morphologie, densité, orientation, hauteur)
- Trame brune et relation au sol

Leviers rouges:

- Activités et programmation urbaine
- Intensités d'usages
- Mobilités et déplacements
- Vulnérabilités et santé publique

LE CONTEXTE BIOCLIMATIQUE DU DELTA

La ZAC Grand Arenas a la singularité d'être soumise à des conditions climatiques variées. De fortes variations de températures existent entre le jour et la nuit ainsi que des variations de vent entre la brise de mer et la tramontane. Il existe également des variations globales à l'échelle des saisons.

L'implantation géographique entre mer et montagne et dans la vallée du Var offre des enjeux climatiques très forts.

Le plan guide de la ZAC fait naître des enjeux de végétalisation, de gestion de l'eau, de traitement des matériaux en espace public et d'orientations des bâtiments notamment. Ces enjeux sont en relation très étroite avec l'aspect bioclimatique du nouveau quartier.

Les données climatiques disponibles

Les présentes données sont extraites de l'étude d'impact de la ZAC Grand Arenas (EGIS, 2015) ainsi que de l'étude bioclimatique du PEM du Grand Arenas (2EI, 2013). Cette dernière étude fait appel à des banques de données :

- La thèse de P. Carrega sur le climat (voir bibliographie : (Carrega, 1994))
- La publication de 2005 de P. Carrega & F. Rosa sur le climat de Nice (voir bibliographie : (Carrega & Rosa, 2005))
- Les fichiers EPW et STAT sur le climat de Nice depuis le site "Energy+" : Nice 076900

Le climat régional, de type méditerranéen, se caractérise par :

- une longue période estivale chaude et sèche, des hivers doux,
- un ensoleillement très important : Exceptionnel, il est généralement compris entre 2500 et 2900 heures par an selon la zone géographique,
- des températures élevées en été, qui connaissent d'importants écarts entre le jour et la nuit
- des précipitations peu fréquentes mais à caractère orageux,
- des vents violents mais peu fréquents.
 - o Des terres vers la mer (tramontane), ils soufflent souvent en rafales puissantes dont il faut se protéger ; froids en hiver et frais en été, ils dégagent le ciel et renforcent l'ensoleillement.
 - o De la mer vers les terres (brise de mer), ils sont souvent chargés de pluie et adoucissent la température.
- des intersaisons marquées par l'excès et l'irrégularité, tant pour les températures que pour les précipitations.

Le climat local niçois rend bien compte des caractéristiques générales du climat méditerranéen à savoir une longue période estivale, chaude et sèche, un hiver relativement doux et pluvieux et un ensoleillement important.

Toutefois, la région niçoise appartient à la fois aux mondes méditerranéen et alpin. Sa situation à 44° N et sur le flanc sud des Alpes la place, de fait, en marge sud de la plupart des systèmes perturbés zonaux (d'ouest). Ainsi, Nice présente par exemple une amplitude thermique plus faible que ses voisines toulonnaise ou marseillaise.

Le site d'étude est localisé sur la rive gauche du Var, dans la vallée du Var. Ainsi, le rôle du vent peut avoir une certaine influence à travers des brises thermiques venant des reliefs et une brise de mer bien présente.



Figure 6 : Carte topographique de l'embouchure du Var

La principale station météorologique de Nice se situe à l'Aéroport. Cette localisation, toute proche du projet Grand Arenas, permet d'exploiter des données représentatives pour l'analyse climatique du site.

Températures

Le relevé mensuel des températures est donné sur le graphe ci-dessous (températures minimale, maximale et moyenne ainsi que les records de chaleur selon les mois).

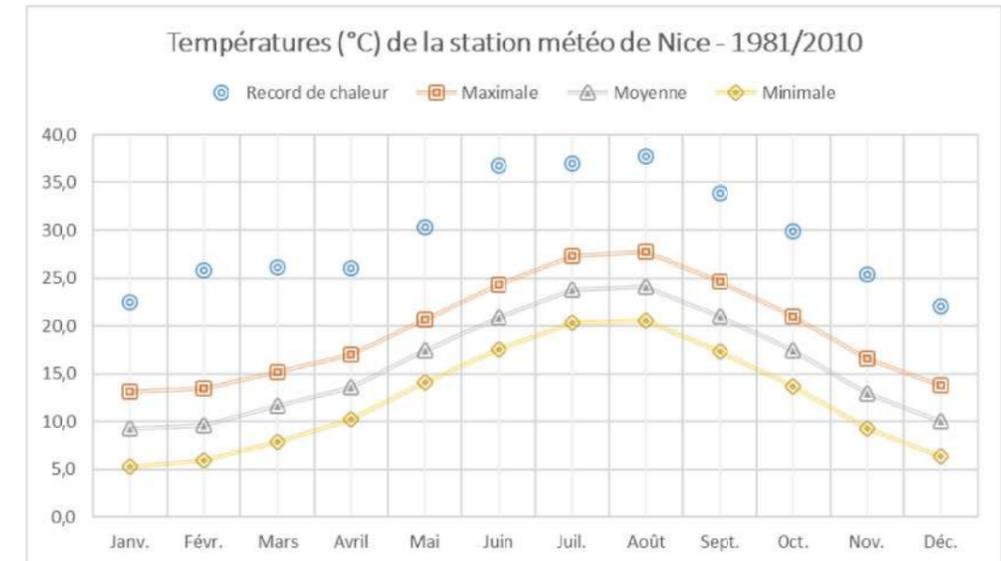


Figure 7 : Température Nice de 1981/2010

Ce relevé mensuel reflète l'influence de la Méditerranée. Les températures moyennes observées au cours de l'année sont comprises entre 5 et 28 °C.

La côte bénéficie de la douceur de la mer qui atténue les grosses chaleurs de l'été (les températures dépassent rarement les 30°C) et les fortes gelées de l'hiver (il gèle rarement à Nice, ceci est plus fréquent à Saint-Martin-du-Var, localisé à environ 17 kilomètres au Nord du périmètre de l'opération).

Ensoleillement

Il convient de noter que la région, et le domaine d'étude, bénéficie d'un ensoleillement exceptionnel (avec 2684 heures d'ensoleillement par an, Nice détient l'un des plus forts ensoleillements de France) qui les rend très sensibles à la pollution photochimique (Ozone) en l'absence de vent.

Précipitations

Le relevé mensuel des précipitations sur la station de Nice est présenté sur l'histogramme ci-dessous.

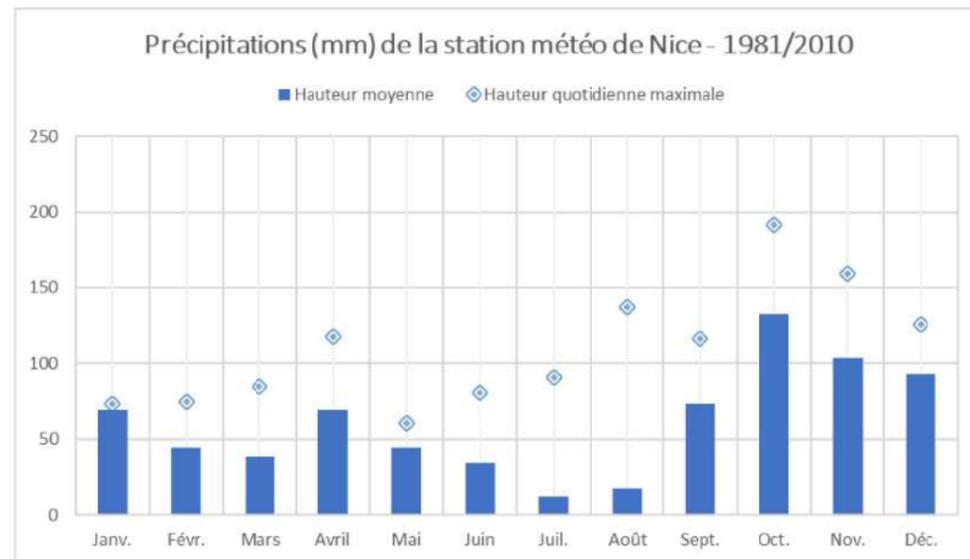


Figure 8 : Précipitation Nice 1981/2020

Ce relevé pluviométrique met en évidence les principales caractéristiques du climat méditerranéen (sécheresse estivale, pluies irrégulières et parfois torrentielles en automne).

Vents

La vitesse et la direction des vents au cours de l'année 2005 sont présentées sur la rose des vents ci-dessous. La direction 360 correspond à un vent du Nord et la direction 180 à un vent du Sud. Pour chaque direction, plusieurs classes de vitesses sont représentées :

- < 1 m/s (vents calmes),
- 2-4 m/s (vents faibles),
- 5-7 m/s (vents modérés),
- > 7 m/s (vents forts).

La surface des polygones est proportionnelle à la fréquence d'apparition de chaque classe de vitesses.

La rose des vents laisse transparaître des vents dominants de secteur Nord – Nord-Ouest caractérisés par des vitesses faibles à modérées. Le rôle du vent est accru dans les longues vallées comme celle du Var où il a alors une forte influence.

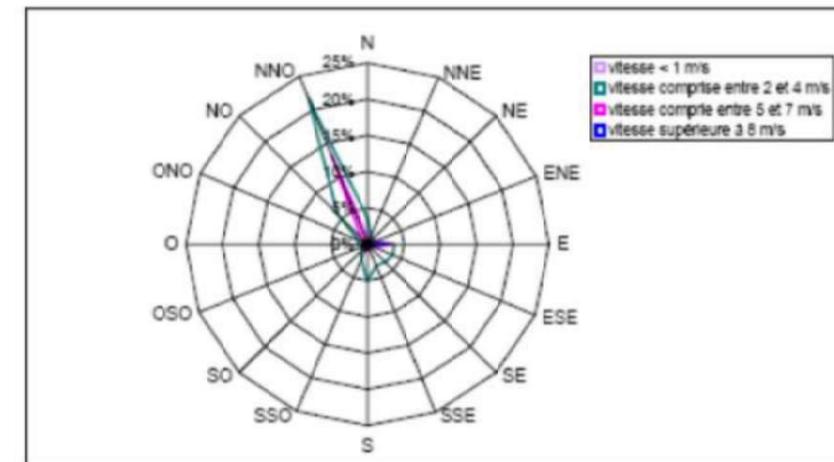


Figure 9 : Rose des vents de la Station de Nice Aéroport en 2005 (EGIS, 2015)

La région niçoise, et plus particulièrement l'embouchure du Var, est soumise à des variations aérauliques entre la nuit et le jour. En effet, de par sa géographie entre vallée et mer, les vents varient de la manière suivante :

- La brise de mer domine la journée, régulant le climat par des vents d'Est à Sud, généralement perpendiculairement à la côte,
- La tramontane se rencontre généralement la nuit et au petit matin. De nature plus constante et prononcée que la brise de mer, elle apporte des vents frais à froid en provenance des reliefs en direction Nord – Nord-Ouest.

Les roses des vents ci-après illustrent cette particularité aéraulique entre le jour et la nuit :

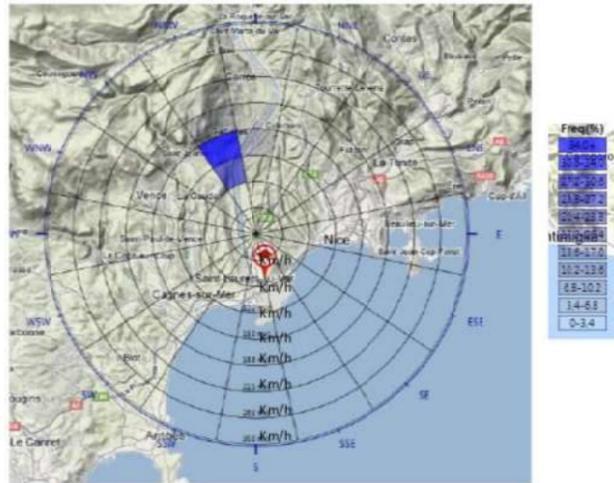


Figure 7 Ecotect Wind Frequency Rose / August 10 to 24 / 00h-7h



Figure 11 Ecotect Frequency Wind rose on January 31 (00h-7h)

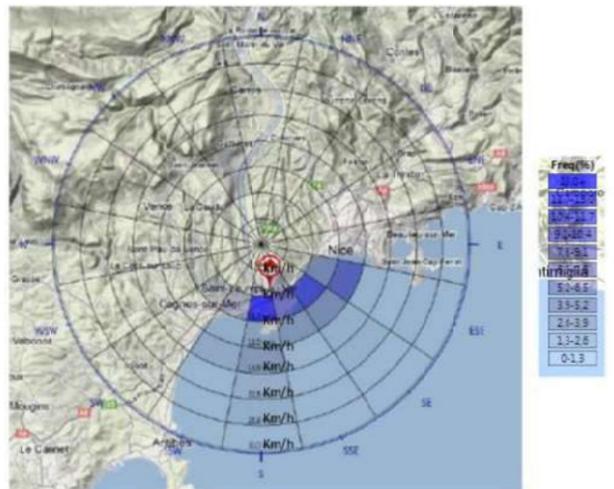


Figure 8 Ecotect Wind Frequency Rose / August 10 to 24 / 7h-19h



Figure 12 Ecotect Frequency Wind rose on January 31 (08h-18h)

Figure 10 : Roses des vents nocturne et diurne de la Station de Nice Aéroport (2EI, 2017)

L'impact du changement climatique sur la région PACA et Niçoise

D'après le Groupe régional d'experts sur le climat GREC PACA, dans un contexte de changement climatique, les régions nord-méditerranéennes sont particulièrement exposées. Situées au sud de la zone tempérée, elles risquent de glisser vers un régime sud-méditerranéen, plus chaud et plus sec, surtout l'été, avec une augmentation des températures conjuguée à une augmentation de la durée des périodes de sécheresse.

Les principaux impacts seraient :

- en hiver, une diminution du nombre de jours de gel. Sur le littoral, les gelées pourraient même disparaître. Dans le même temps, l'épaisseur du manteau neigeux moyen en dessous de 1500, voire 1800 mètres d'altitude, diminuerait de manière significative, tout comme la durée moyenne de l'enneigement au sol.
- l'été, les épisodes de canicule seraient plus longs. Ce phénomène renforcé par la baisse des pluies estivales rendrait le climat de la région PACA moins confortable pour l'homme et ferait subir à la faune et à la flore des contraintes fortes qui remettraient en cause la répartition spatiale des espèces vivantes.

A plus long terme, une élévation de la température de la mer Méditerranée aurait pour principale conséquence une augmentation de l'évaporation potentielle, l'une des conditions atmosphériques favorables à la genèse d'événements pluvieux extrêmes qui représentent un risque majeur dans la région. La fréquence de ces événements durant les cinquante dernières années n'a toutefois pas augmenté de manière sensible, contrairement à la vulnérabilité des territoires.

Dans les Alpes-Maritimes, les postes de mesures de Météo-France enregistrent une hausse des températures minimales et maximales. Par exemple, la station de Nice-aéroport a vu sa température minimale moyenne annuelle passer de 11,7°C pour la période 1961-1990 à 12,4°C pour la période 1981-2010 ; pour la température maximale moyenne annuelle dans cette même station la hausse est de 0,6°C en 20 ans (de 19°C à 19,6°C).

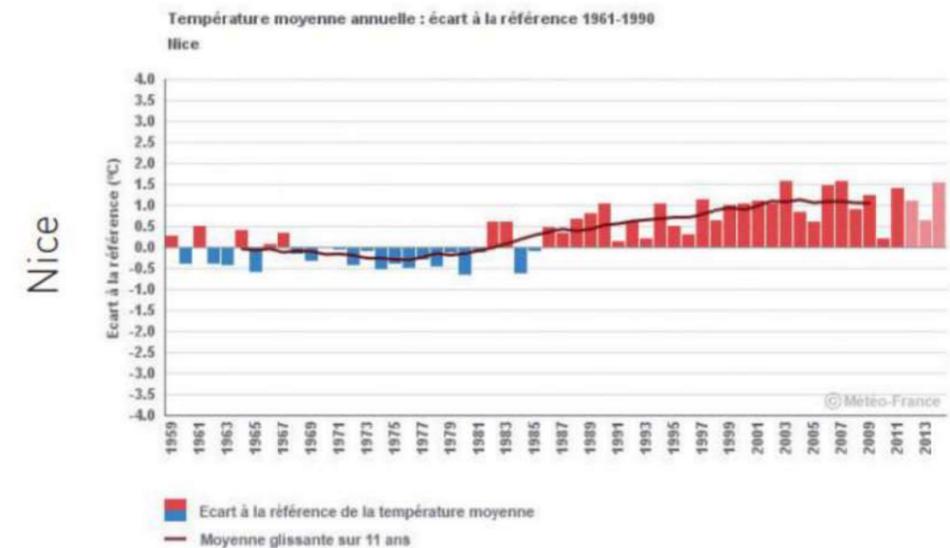


Figure 11 : Evolution des températures moyennes sur Nice entre 1961 et 1990 (GREC, 2015)

On notera également que Nice est soumise à des épisodes de sécheresse qui entraîne un stress hydrique.

Par exemple, l'épisode de sécheresse exceptionnelle survenu en 2017, avec une pluviométrie de 423 mm contre 800 mm en moyenne, mais surtout un été très sec (3,9 mm de juin à août) suivi d'un automne très en dessous des normales saisonnières. Cette situation a entraîné globalement une augmentation des consommations d'eau et ponctuellement des problématiques quantitatives sur la ressource. Certaines nappes n'ont pu être rechargées suffisamment à l'automne, entraînant un stress hydrique important au moment où la demande était maximale. Sur les secteurs Littoral et Moyen-Pays, notamment en rive droite du Var, la réduction des prélèvements en période critique et le recours aux ressources de substitutions a permis de soulager les sources les plus sensibles, en toute transparence pour les abonnés. (source : *rapport annuel sur le prix et la qualité du service public d'eau potable Nice Côte d'Azur - 2017*).

Le GREC confirme que sur la période 1959-2009, les tendances sont très peu marquées sur l'ouest et le nord de la région PACA. Sur le Var et les Alpes-Maritimes, il existe un signal plus cohérent avec une diminution faible des cumuls annuels, mais ce signal n'est pas toujours statistiquement significatif.

A l'horizon 2100, il y a un fort risque que le climat niçois soit comparable à ceux du sud de l'Italie ou du nord de la Tunisie.

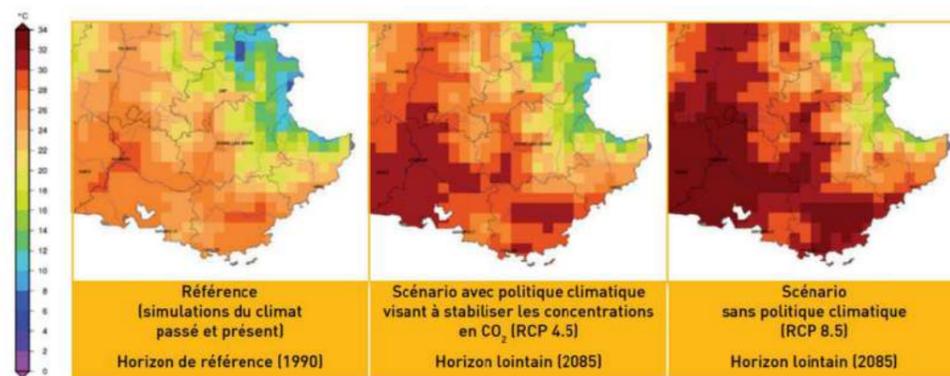


Figure 12 : Evolution de la température maximale de l'air au cours de l'été en Région PACA en fonction de la politique climatique (GREC, 2015)

LA STRATEGIE BIOCLIMATIQUE POUR LE PROJET GRAND ARENAS

Enseignements des études bioclimatiques du PEM

L'EPA Plaine du Var a voulu intégrer la problématique de lutte contre le phénomène d'ICU dans la conception du pôle d'échange multimodal de Nice Saint-Augustin, ainsi que la problématique connexe du confort thermique des usagers sur les espaces publics.

Afin d'apporter des réponses locales et précises, le projet du maître d'œuvre Mateo Architectura a fait l'objet d'une modélisation microclimatique afin d'étudier les zones d'inconfort et les secteurs contribuant au phénomène d'ICU.

Dans un premier temps, ce document présente les problématiques de confort et d'îlot de chaleur urbain. Le processus d'étude du PEM associant 2EI à l'équipe de conception du projet menée par Mateo Architectura est ensuite décrit. Après avoir présenté les hypothèses des modélisations microclimatiques réalisées, les résultats de l'étude du climat urbain du PEM et du confort thermique des espaces publics sont décrits en détail, intégrant les solutions d'amélioration mises en oeuvre. Enfin, une analyse comparative des solutions d'amélioration du confort et d'atténuation des îlots de chaleurs urbains est proposée.

Six secteurs d'étude ont été retenus pour l'analyse bioclimatique.

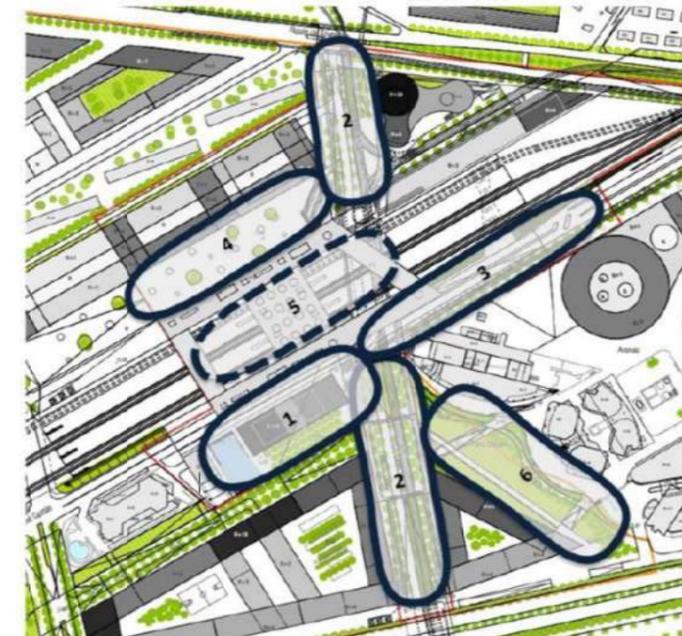


Figure 13 : Sélection des zones d'études pour la modélisation bioclimatique du PEM (2EI, 2017)

Il convient de noter que l'étude bioclimatique du PEM s'est attachée à traiter uniquement les espaces publics. Les formes urbaines et les bâtiments n'ont pas fait l'objet d'une analyse particulière.

Le parti pris bioclimatique mis en place pour le PEM s'est concentré essentiellement sur deux éléments :

- Limiter l'effet d'ICU par apport d'ombrage par densification végétale et l'expérimentation par humidification du sol minéral et vaporisation des espaces publics.
- Lutter contre l'inconfort d'hiver en limitant les effets du vent du nord-nord-ouest (abri bus, brise vent, diversité et disposition végétale)

Les apports du végétal sur le confort d'été et le confort d'hiver sont mis en évidence par l'étude. De plus, la mise en œuvre et le coût de ces mesures sont très efficaces.

Sur le volet matériaux et eau, on peut questionner la préconisation de matériaux poreux. Cette solution est coûteuse, solliciterait la ressource en eau en période de stress hydrique et les performances de ce système sur les ICU ne sont pas encore suffisamment référencés.

Le traitement de la brise de terre sur le projet est considéré uniquement comme une contrainte sur le confort d'hiver. Il n'est pas fait appel à cette brise pour limiter les ICU en période estivale.

Stratégie bioclimatique urbaine pour le Grand Arénas

TENIR COMPTE DES CONTRAINTES DU SITE

Au préalable, il convient de rappeler que la stratégie bioclimatique du projet urbain s'inscrit dans un site contraint du point de vue de la topographie, des nuisances de l'aéroport ou encore des servitudes radioélectriques.

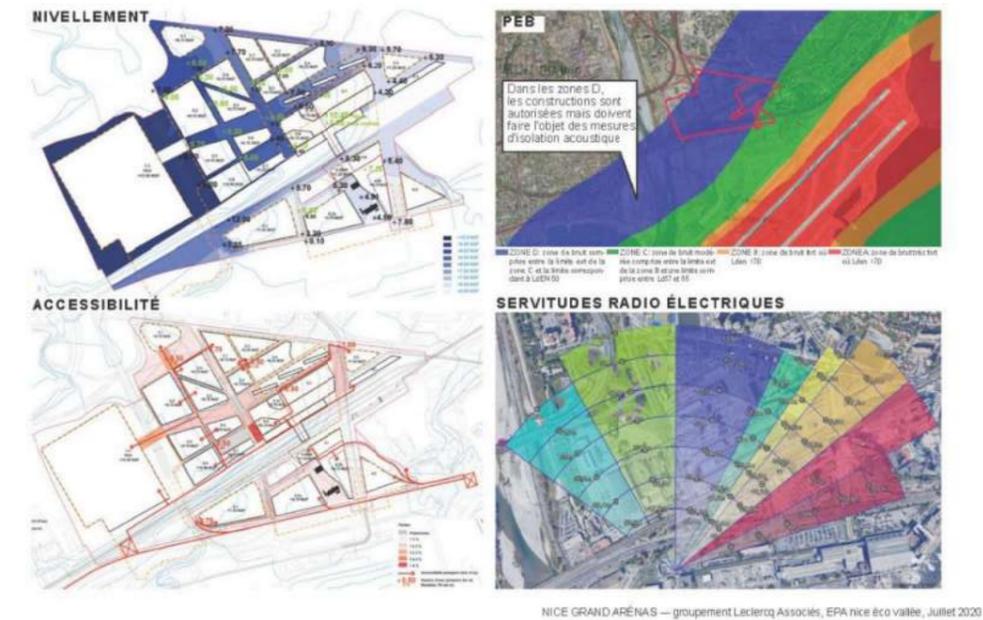


Figure 14 : Une architecture bioclimatique dans un site contraint

FAIRE LA VILLE SOBRE, VIVANTE ET RESILIENTE

Les apports d'une stratégie bioclimatique pour le projet urbain sont multiples : confort des espaces publics, limitation des consommations des bâtiments, adaptation au changement climatique, ...

Tirée de la composante naturelle du ruissellement des eaux, la figure du Delta fertile – qui a dessiné les archipels – est la genèse d'un urbanisme bioclimatique permettant la ville résiliente.

La stratégie bioclimatique se veut donc déclinée du parti pris urbain mais constitue également une approche inclusive et itérative pour un aménagement durable. En effet, l'eau, le sol, la végétation, le vent, l'ensoleillement sont autant de composantes fondamentales pour les choix d'aménagement bioclimatique. Toutefois, ces composantes seront intégrées et adaptées aux réflexions sur les usages des espaces extérieurs, la préservation des vues, l'architecture azurienne ou encore la prise en compte des nuisances sonores environnantes.

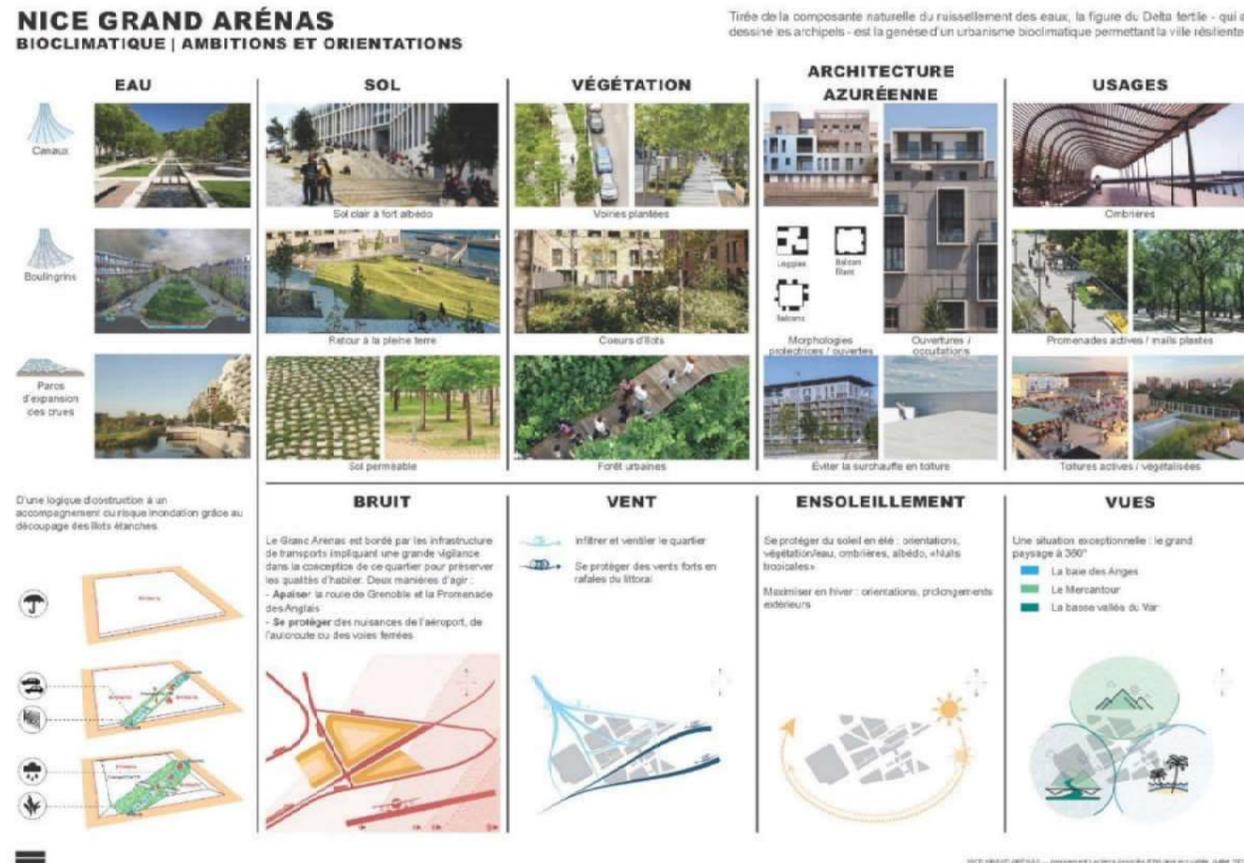


Figure 15 : Ambitions et orientations bioclimatique du plan guide

L'IMPORTANCE DU VENT A L'ECHELLE DU QUARTIER

Dans un secteur où il ne pleut quasiment pas l'été, les bénéfices apportés par le vent pour la lutte contre les îlots de chaleur urbains sont à rechercher.

Comme évoqué en préambule de la présente note, le parti pris urbain du projet a évolué d'une logique d'îlots étanches à une logique d'archipels faisant réapparaître le delta.

Cette approche offre en priorité la possibilité d'utiliser les conditions aérauliques particulières du site pour lutter contre les îlots de chaleurs urbains. Les perméabilités, créées par les formes urbaines du delta, laissent s'infiltrer les vents nocturnes rafraichissants provenant de la vallée du Var. La brise de mer peut également influencer sur la ventilation du quartier la journée sans pour autant constituer un levier bioclimatique fort et prioritaire pour le projet.

Si la brise de terre apportera de la fraîcheur au quartier l'été par un rafraichissement nocturne, il conviendra néanmoins de prévenir une conséquence négative en hiver, lorsque les vents Nord-Nord-Ouest plus froid et plus consistants qu'en été, viendront frapper les zones les plus exposées du projet.

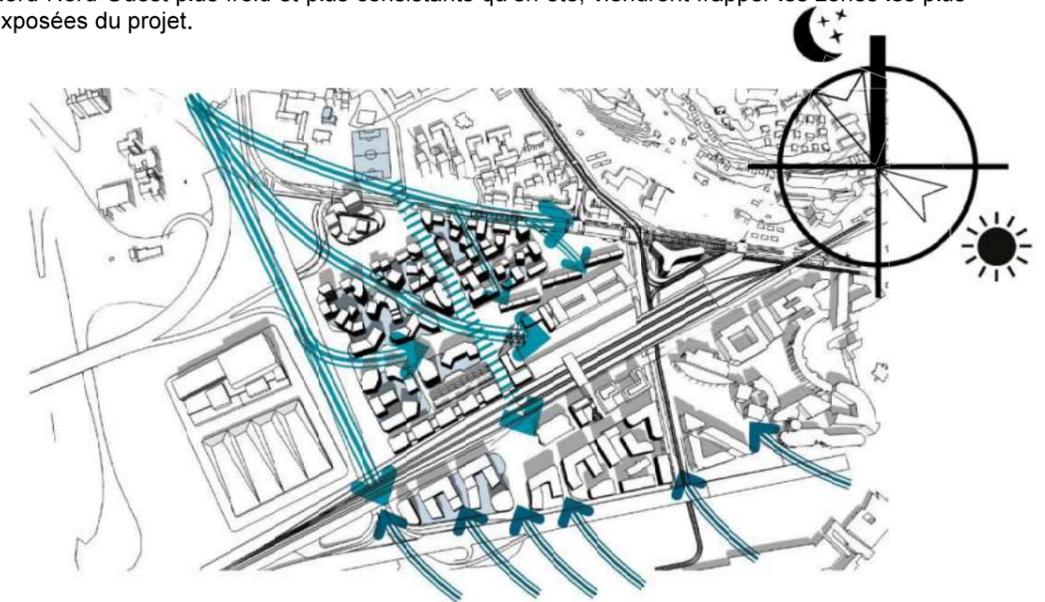


Figure 16 : Utilisation des brises de terre et de mer pour la conception bioclimatique du projet urbaine Grand Arenas

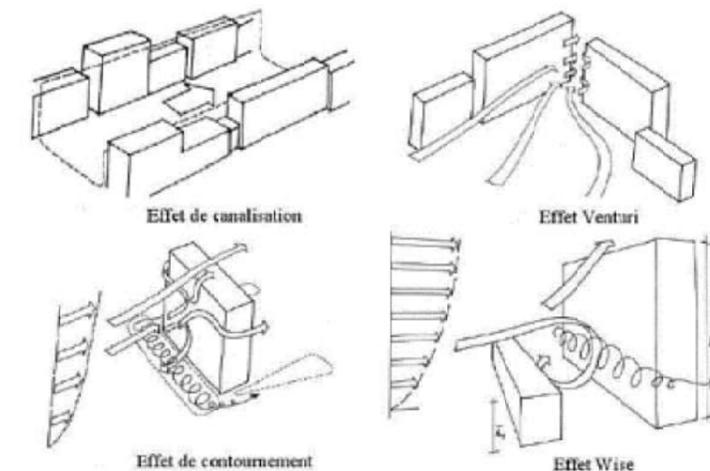


Figure 17 : Variétés des effets entre la forme urbaine et du vent (ADEME)

L'implantation et la hauteur du bâti doivent permettre un bon rafraîchissement nocturne de l'espace public et des espaces libres au sein de l'îlot et plus généralement du quartier

Ce rafraîchissement est permis à la fois par une bonne circulation de l'air et par une bonne « ouverture au ciel » de ces espaces. Les lieux les plus fréquentés au sein de l'îlot doivent, quant à eux, bénéficier d'une bonne qualité d'ombrage.

---> Le rapport H/L (hauteur des bâtiments/distance entre les bâtiments) optimal pour la ventilation des espaces urbains est 0,6. Ce rapport est à privilégier pour :

- l'implantation des bâtiments de part et d'autre de l'espace public ;
- l'implantation relative des différents bâtiments au sein d'un même îlot.

---> Ouvrir au maximum l'îlot sur les vents dominants nocturnes venant de l'arrière-pays. En cas d'implantation du bâti perpendiculaire à ces vents, créer des perméabilités du bâti pas des ouvertures et passages. Dans tous les cas, il s'agit de préserver les lieux les plus fréquentés des effets indésirables des vents d'hiver (effet Venturi dans les goulets d'étranglement, effets de coin et de turbulence).

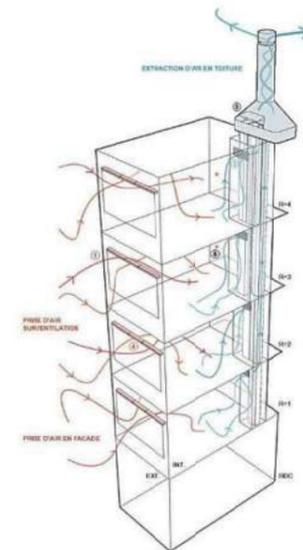
La conception des espaces publics doit répondre à un triple objectif :

- offrir un confort diurne aux lieux de pause et sur les axes les plus fréquentés ;
- permettre un bon refroidissement nocturne en garantissant une bonne circulation de l'air ;
- limiter le stockage de chaleur dans les matériaux la journée.

L'IMPORTANT DU VENT A L'ECHELLE DU BATIMENT

A l'échelle du bâtiment, la mise en place de système de ventilation naturelle permettrait de limiter fortement le recours à la climatisation. La brise de terre NNO pourra être récupérée la nuit et au petit matin par des prises d'air en façades nord ou nord-ouest et ainsi rafraîchir les pièces en été. Un recours à la surventilation pourra être étudié pour pallier les jours de faible vent et garantir le renouvellement d'air. En hiver, le système pourra être rendu inopérant afin d'éviter une surconsommation de chauffage.

FONCTIONNEMENT MI-SAISONS / ETE



LEGENDE

1. Prise d'air par les menuiseries extérieures
2. Grille d'extraction d'air vers conduits individuels
3. Cheminée regroupant 4 à 8 conduits individuels
4. Prise d'air de surventilation motorisée
5. Commande de surventilation

Figure 18 : Principe de ventilation naturelle du bâtiment Max Weber, Pascal GONTIER
Architecte DPLG – Urbaniste

L'IMPORTANCE DU VENT A L'ECHELLE DE L'USAGER

Afin d'établir une hiérarchie des effets du vent, on utilise l'échelle de Beaufort, qui lie les vitesses aux caractéristiques « visibles » du vent pour caractériser les seuils d'inconfort :

EN	FORCE	M/S	(KM/H)	CARACTÉRISTIQUE DU VENT
			02-2M	
2	1,5 - 3	5,4 - 10,8		Les visages ressentent la sensation du vent. Les feuilles bruissent
3	3 - 4,5	10,8 - 16,2		Les feuilles et les petits rameaux sont en mouvement permanent. Le vent déploie pleinement les drapeaux. Les cheveux sont dérangés. Les vêtements amples battent au vent
4	4,5 - 7	16,2 - 25,2		La poussière et les papiers se soulèvent. Les branches s'agitent. Les cheveux sont décoiffés.
5	7 - 9	25,2 - 32,4		Les petits arbres avec des feuilles oscillent. La marche est légèrement perturbée.
6	9 - 11	32,4 - 39,6		Les grosses branches se mettent en mouvement. Le vent siffle dans les fils téléphoniques. Les parapluies sont utilisés avec peine. La marche devient très instable
7	11 - 14	39,6 - 50,4		Les arbres sont totalement en mouvement. On éprouve de grosses difficultés à marcher contre le vent.
8	14 - 17	50,4 - 61,2		Les branches d'arbres se cassent. D'une façon générale, progression pédestre très difficile et dangereuse
9	17 - 20	61,2 - 72		Risque d'être violemment projeté à terre sous l'effet des bourrasques

Figure 19 : Relation entre la vitesse de l'air, le refroidissement et l'inconfort généré (ADEME et AREP)

Échelle de Beaufort

Le seuil de confort est défini comme « la limite maximale de vent admissible pour rester dans des conditions de confort ». Il est usuel de prendre comme vitesse seuil de confort 3 m.s⁻¹, correspondant à la transition entre un vent de force 2 et de force 3. En prenant en compte l'intensité de la turbulence forfaitaire de 20%, correspondant à celle qui règne au niveau du sol, en rase campagne avec un terrain dégagé ?

Les espaces d'inconfort seront donc à analyser au regard de vent supérieur à 3,6 m/s et de faible ensoleillement. Les espaces qui cumuleraient ces deux indicateurs seront à croiser avec l'intensité des usages sur le site.

Le vent est donc un allié « low tech » pour rafraîchir et faire circuler l'air au sein du quartier, des îlots, du bâtiment tout en étant attentif au seuil d'inconfort que cela pourrait générer pour les usagers de l'espace public, en particulier l'hiver.

Vitesse de l'air (m/s)	Refroidissement équivalent (°C)
0.1	0
0.3	1
0.7	2
1.0	3
1.6	4
2.2	5
3.0	6
4.5	7
6.5	8

L'IMPORTANCE DU VEGETAL A L'ECHELLE DU QUARTIER ET DU BATIMENT

L'arbre un outil efficace contre les ICU

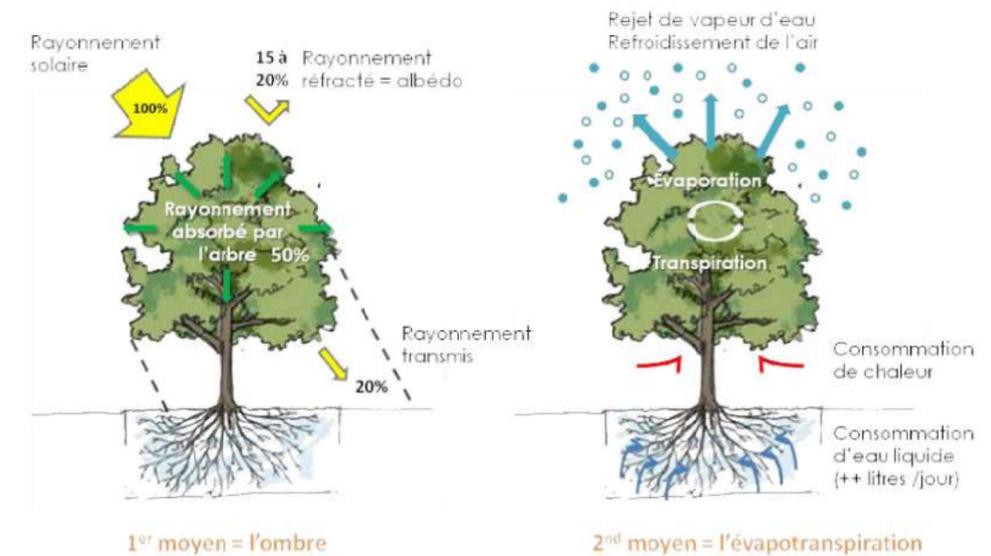


Figure 20 : Apports du végétal en milieu urbain pour la rafraîchissement (ADEME)

---> Concentrer la plantation des arbres à haute tige au sein des espaces libres de l'îlot sur les lieux de pause ou lieux de passage principaux. Cela permettra de garantir un bon rafraîchissement nocturne des lieux moins fréquentés, par une plus grande « ouverture au ciel » de ces espaces.

L'IMPORTANCE DU VENT A L'ECHELLE DE L'USAGER

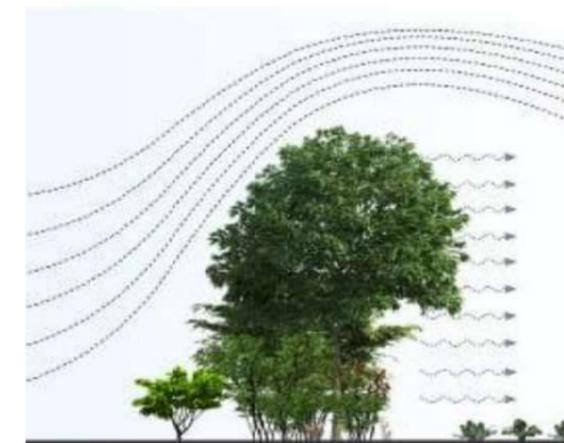


Figure 21 : Détail des effets du brise vent (ADEME)

Le végétal en milieu urbain permet :

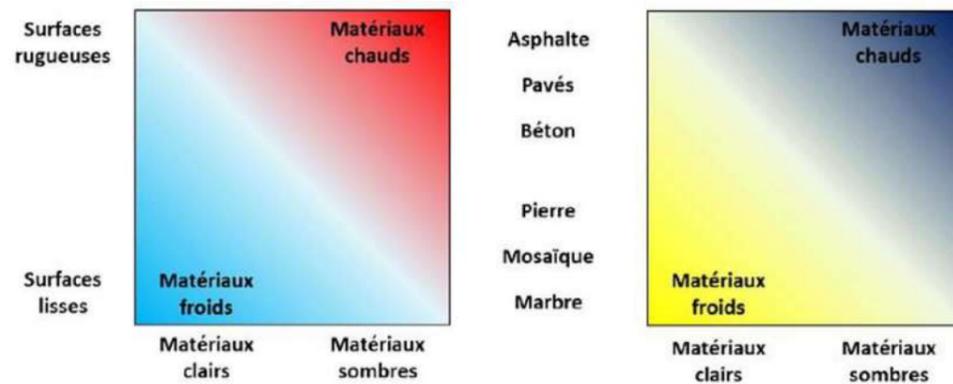
- de limiter l'imperméabilisation des surfaces
- de rafraîchir par évapotranspiration
- de réduire les températures nocturnes
- d'apporter de l'ombre
- d'éviter la surchauffe des bâtiments
- de réduire les besoins de climatisation

L'IMPORTANCE DU CHOIX DES MATERIAUX A L'ECHELLE DU BATIMENT ET DES ESPACES PUBLICS

Le choix de matériaux adaptés pour le bâti et les espaces libres des îlots permettent de limiter le stockage de la chaleur l'été et donc sa dispersion. Une végétation diffuse au sein de l'îlot renforcera ce processus tout en apportant un confort lié au phénomène d'évapotranspiration.

---> Privilégier des matériaux de couleur claire (fort albédo) pour le bâti (façades, toitures), les cheminements et des matériaux perméables alvéolés (pavés enherbés) pour les circulations et les stationnements de surface internes à l'îlot et les parcs.

---> Utiliser, pour l'espace public, des matériaux les plus poreux possible et de couleur claire (par ex. : stabilisé pour les trottoirs, béton désactivé de couleur clair pour les pistes cyclables, chaussée en béton poreux). On veillera toutefois à ne pas générer de situations d'éblouissement (revêtement trop clair) notamment sur des places très fréquentées et à forts usages.



L'IMPORTANCE DES APPORTS SOLAIRE HIVERNAUX TOUT EN LIMITANT LES SURCHAUFFES ESTIVALES

Bien que la stratégie bioclimatique du projet Grand Arenas soit axée sur la résilience et la lutte contre les îlots de chaleurs urbains, il convient de ménager des formes urbaines pouvant malgré tout bénéficier d'un apport solaire hivernal dans un souci de performance énergétique des constructions.

Une façon simple et optimisée d'agir en faveur d'un ensoleillement d'hiver consiste à adapter les épaulements des bâtiments dans leur succession nord-sud. Les façades côté nord des lots sont abaissées afin de limiter les ombres portées sur les lots plus au nord (voir coupes de principes ci-après). Ces actions doivent néanmoins être accompagnées de mesures fines sur les façades afin de limiter la surchauffe estivale (double enveloppe, casquettes, végétation en pied de bâtiment, etc.).

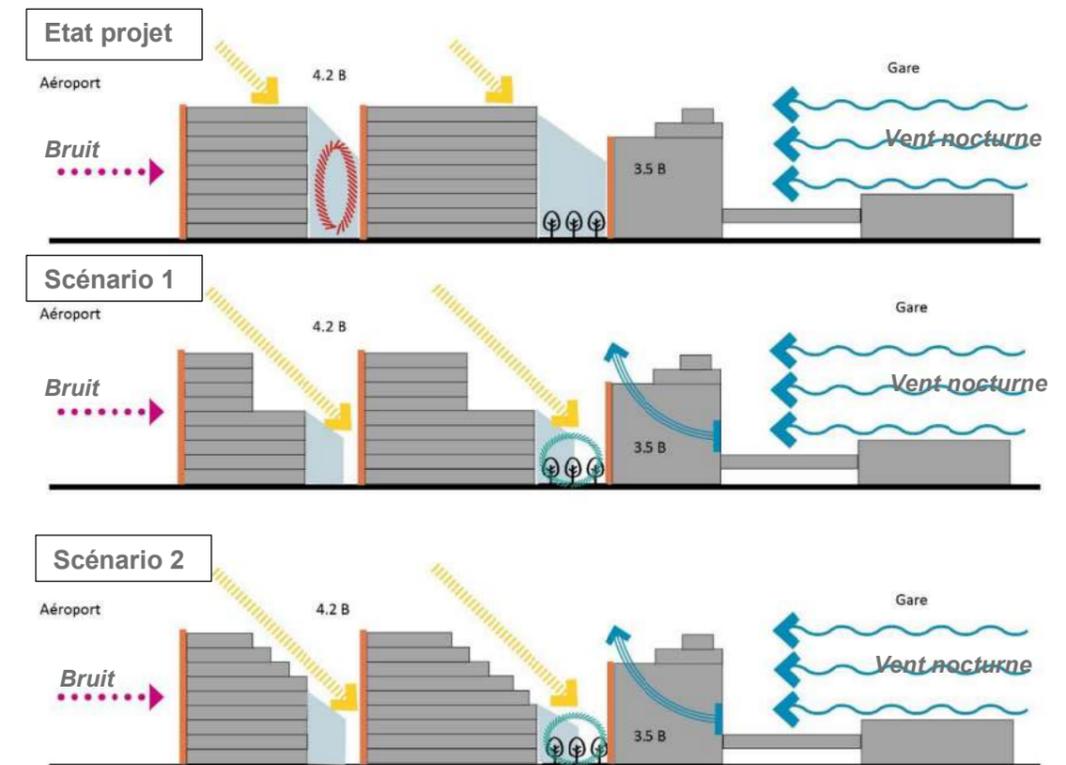


Figure 22 : Propositions de principe bioclimatique pour le secteur sud

La densité du bâti, sa hauteur et orientation ont une importance fondamentale dans l'approche bioclimatique à l'échelle de l'îlot.

Il s'agit de profiter des vents nocturnes frais pour rafraîchir les bâtiments (à l'intérieur comme à l'extérieur).

Les solutions de double enveloppe, de casquette, de balcons ou de décalage par étages permettent soient de se protéger du soleil en fonction des saisons et de l'orientation du bâti, soit de pouvoir faire circuler l'air et ainsi de rafraîchir les lieux entre la nuit et le jour.

Approche sectorielle de la stratégie amont bioclimatique

La surface importante du projet urbain et sa variété programmatique impliquent de décliner la stratégie bioclimatique par secteur.

Les secteurs envisagés sont :

- SECTEUR 1 : Parc des sports, jardin linéaire et îlots 5.1 – 5.2 - 5.3
- SECTEUR 2 : Promenade PEM/PEX et îlots 5.4 et 5.5
- SECTEUR 3 : Îlots 2.1 – 2.2 - 2.3 – 2.4 et jardin Fella
- SECTEUR 4 : Résidentialisation des Sagnes, deck de la gare et îlots 2.5 – 2.6
- SECTEUR 5 : Axe du Maicon, Place centrale
- SECTEUR 6 : Sud gare, rue Bellonte et Ecoparc, 4.1, 4.2, 3.5, 4.3



Figure 23 : Répartition du projet en secteur pour l'analyse bioclimatique

Critères climatiques utilisés pour les simulations à partir des données de Météo France.

Période	Date / heures	Vent / direction	Température +/- moyenne
Hiver matin	31 janvier 7h-8h	vent fort 320 °	10 à 12 ° C
Été matin	17 août 6h-7h	vent moyen 320 °	22 à 28 ° C
Été après midi	17 août 13h-14h	vent faible 150 °	28 à 34 ° C

La modélisation du micro-climat urbain à l'échelle du plan guide avec le logiciel Envi-met permet de simuler pour différentes heures de la journée et à différentes saisons les effets d'îlots de chaleur.

Le confort d'été : la date du 17 août sert de référence en période estivale selon les données de météo France. Étant donné que nous allons analyser la capacité du vent nocturne à rafraîchir et circuler dans les secteurs, nous avons retenu une simulation dite du matin.

En effet, il convient d'être vigilant aux pics de chaleurs qui seraient apparent le matin car ceux-ci vont s'amplifier au fur et à mesure de la journée.

Les espaces de chaleurs observés le matin sont des marqueurs de vigilance devant être croisés avec d'autres critères (usages, orientations, matériaux, végétation...) pour définir précisément s'il s'agit d'un îlot de chaleur identifié.

Les simulations sont réparties en deux cartes : vent et température.

Les cartes de vent mettent en évidence la circulation et la capacité de rafraîchissement du vent.

Les cartes de température mettent en évidence les zones de chaleurs et les écarts de température entre chaque zone.

Le confort d'hiver : la date du 31 janvier sert de référence en période hivernale selon les données de météo France. L'analyse du confort hivernale se concentre en particulier sur deux critères : l'ensoleillement et le vent.

En effet, pour le confort de l'utilisateur et de l'habitant, l'ensoleillement en période hivernale est un critère important du cadre de vie.

Les effets d'inconfort générés par le vent dans l'espace publics sont également des critères à analyser en période hivernale.

Dans tous les cas, la stratégie bioclimatique du projet privilégie le traitement du confort d'été.

Dans certaines configurations, il est néanmoins prévu d'ajuster les aménagements afin d'obtenir un confort d'été raisonnable tout en préservant un confort d'hiver.

SECTEUR 1 : Parc des sports, jardin linéaire et îlots 5.1 – 5.2 - 5.3

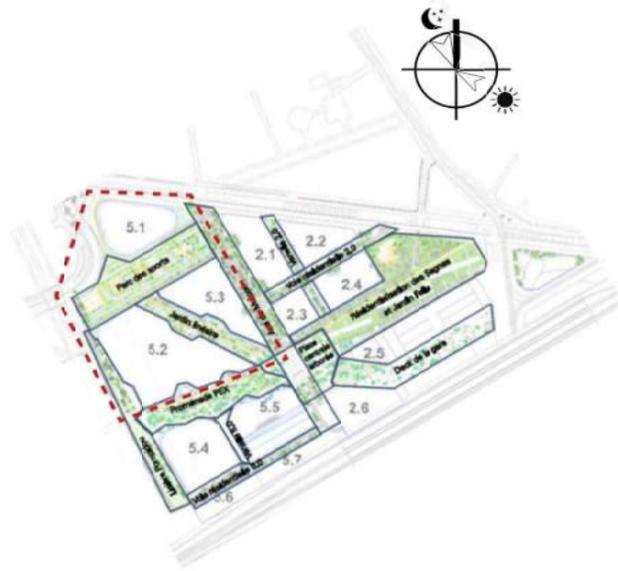


Figure 24 : Secteur 1 comprenant le Parc des sports et îlots 5.1 – 5.2 - 5.3

Les enjeux du secteur 1 :

- Parc des sports : le parc doit supporter une densité d'usages très importante via une programmation ludique et sportive de niveau supra ZAC. La proximité des grandes infrastructures fait du site une zone très exposée au bruit. Le site est largement exposé aux vents descendant de la vallée. L'exposition solaire sera potentiellement très forte sur l'hectare à aménager.

- Jardin linéaire : Le jardin, orienté Nord-Ouest s'inscrit entre deux îlots bâtis pouvant générer un risque de channeling des vents descendants de la vallée, provoquant leur accélération et donc un inconfort. Compte tenu des ombres portées, le jardin présentera un ensoleillement faible.



EFFET DE CHANNELING

- Bâti : Le secteur présente un enjeu d'îlots de chaleur urbain pour les logements. Les bâtis présentent un bon ensoleillement des toitures, quelques sujets sur le droit au ciel peuvent émerger ponctuellement. Un potentiel IGH en pointe sud-est peut générer un effet de downwashing sur l'espace public.



EFFET DE DOWNWASHING

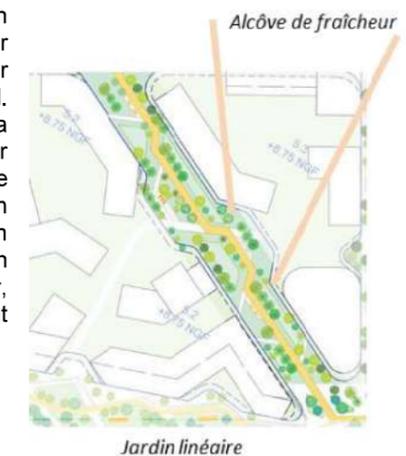
Stratégie pour le secteur 1 :

- Parc des sports : Les usages du site doivent être protégés du bruit et d'une exposition trop importante des vents Nord-Nord-Ouest pouvant rendre le site peu attractif en hiver. Un espace tampon pourrait par exemple être réfléchis côté nord-ouest afin de compléter l'effet protecteur des bâtis de l'îlot 5.1. Les bénéfices estivaux du vent nocturne devront être analysés finement au regard des inconvénients en hiver. La stratégie végétale doit apporter un ombrage important dans ce secteur très ensoleillé. Le retour à la pleine terre du secteur va bénéficier au rafraîchissement du parc. Couplé à un choix des matériaux à fort albédo sur l'aménagement, le site ne sera pas susceptible de générer un îlot de chaleur urbain notable.



Figure 25 : Le parc des sports, zone très exposée au bruit, aux vents et au soleil

- Jardin linéaire : Afin d'éviter une accélération importante des vents en hiver mais de laisser s'infiltrer les brises en été, les pistes d'actions sur le jardin seront liées plus aux bâtis qu'au végétal. En effet, le jardin étant déjà ombragé, on attendra du végétal de pouvoir ralentir le vent en hiver mais sans créer de masque trop dense empêchant le rafraîchissement du quartier en été. On cherchera donc à traiter les façades en favorisant les irrégularités des formes, la mise en place d'alcôve de protection (abri du vent l'hiver, zone de fraîcheur l'été). Les usages devront également être dirigés de manière non linéaire.



Jardin linéaire

- Bâti : La diminution du risque de downwashing venant de l'IGH passerait par un travail de la façade exposée nord-nord-ouest et apporter des rugosités ou casquettes sur les façades attenantes au jardin linéaire et Maicon afin de casser l'accélération du vent sur les parois et leur projection sur l'espace public.

Simulation pour le confort d'été

Matin

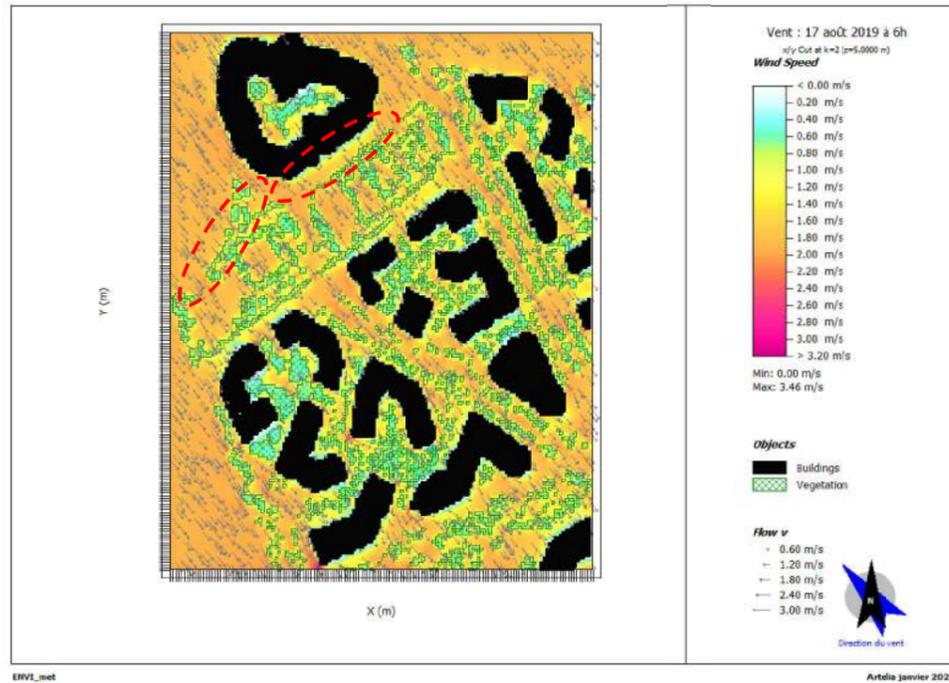


Figure 26 : Simulation vent (17 aout à 6h)

La carte aéroulque indique une circulation du vent dans ce secteur est satisfaisante, au regard du confort piéton. La circulation de l'air permettant un rafraichissant nocturne pour l'ensemble du secteur.

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent cependant en évidence des zones où le vent circule moins (végétation et bati) avec des usages importants.

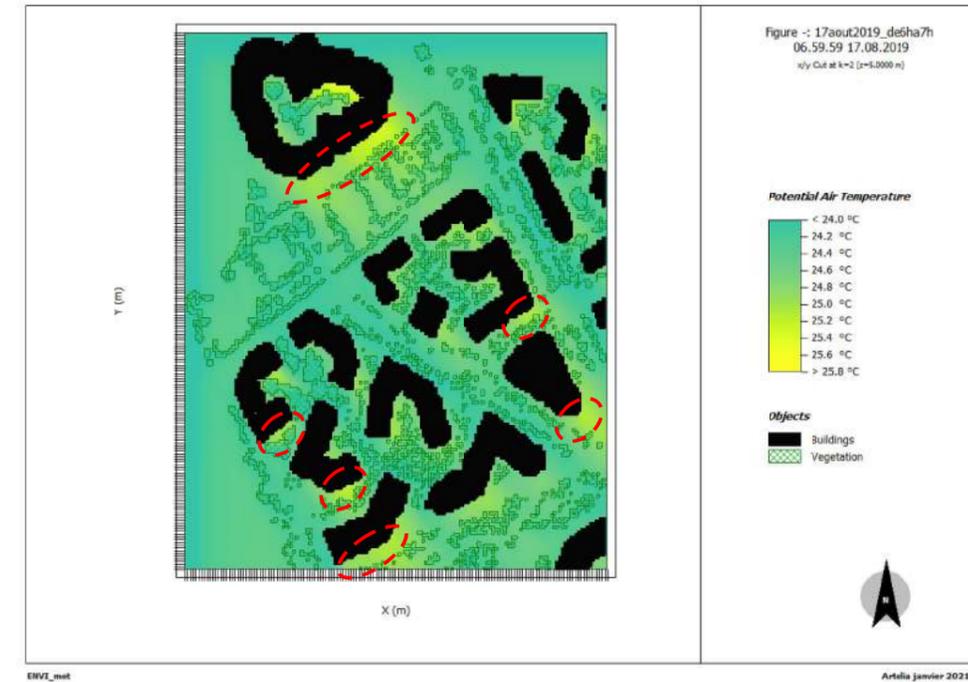


Figure 27 : Simulation température (17 aout à 6h)

La carte des températures indique une augmentation de température à 6h du matin entre des espaces ayant été rafraichit par le vent nocturne et les espaces où le vent ne peut circuler, Les espaces indiqués en pointillés rouges sont donc des espaces où la vigilance est importante pour ne pas créer d'ilot de chaleur.

Après midi

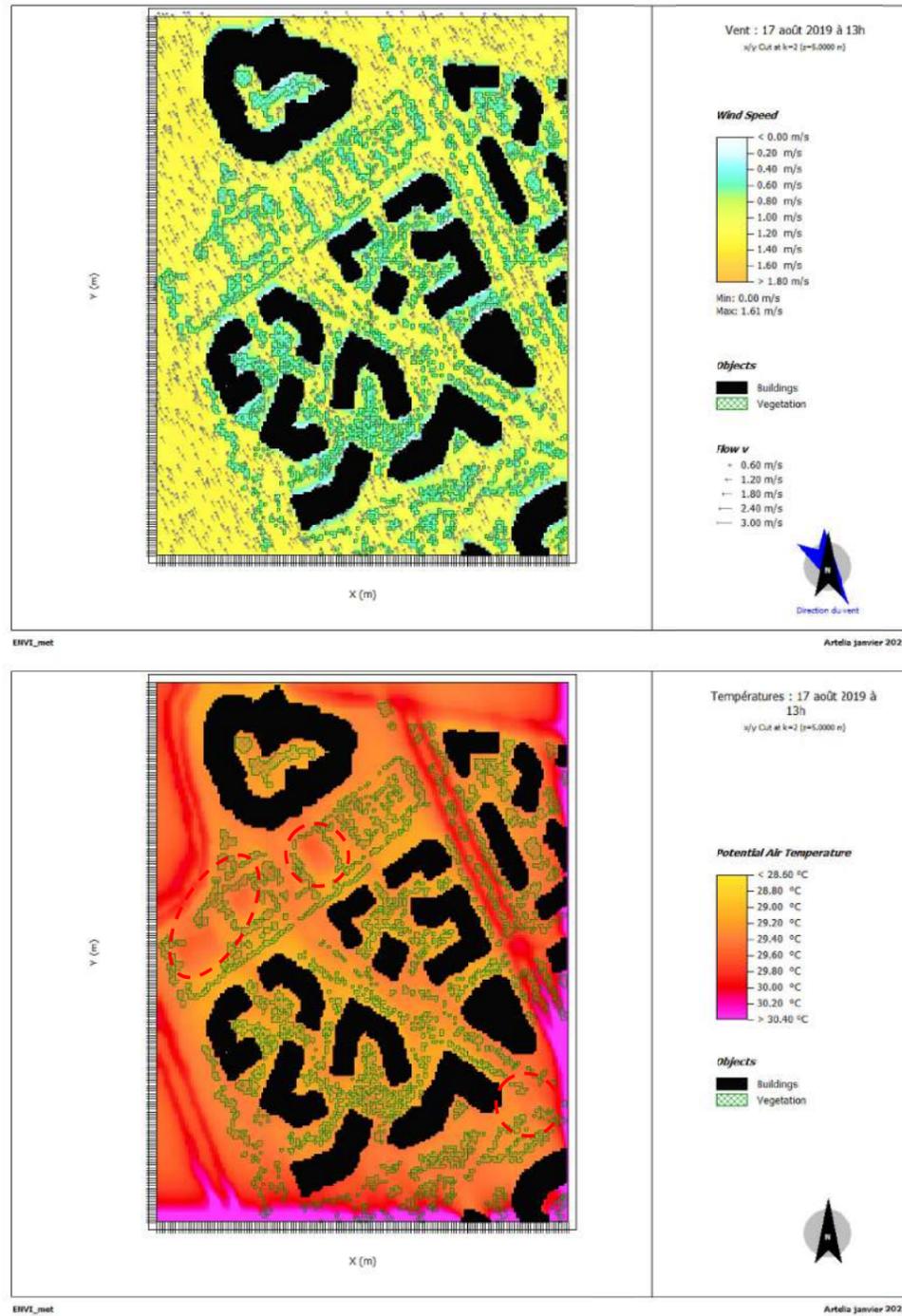


Figure 28 : Simulation température et vent (17 août à 13h)

La carte des températures indique des écarts importants avec des zones fortement soumises aux îlots de chaleur (voirie, plaine des sports, façades sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses (circulation, aire de jeux). On remarque également que la végétation du parc des sports sera soumise à des hausses de températures importantes.

Simulation pour le confort d'hiver :

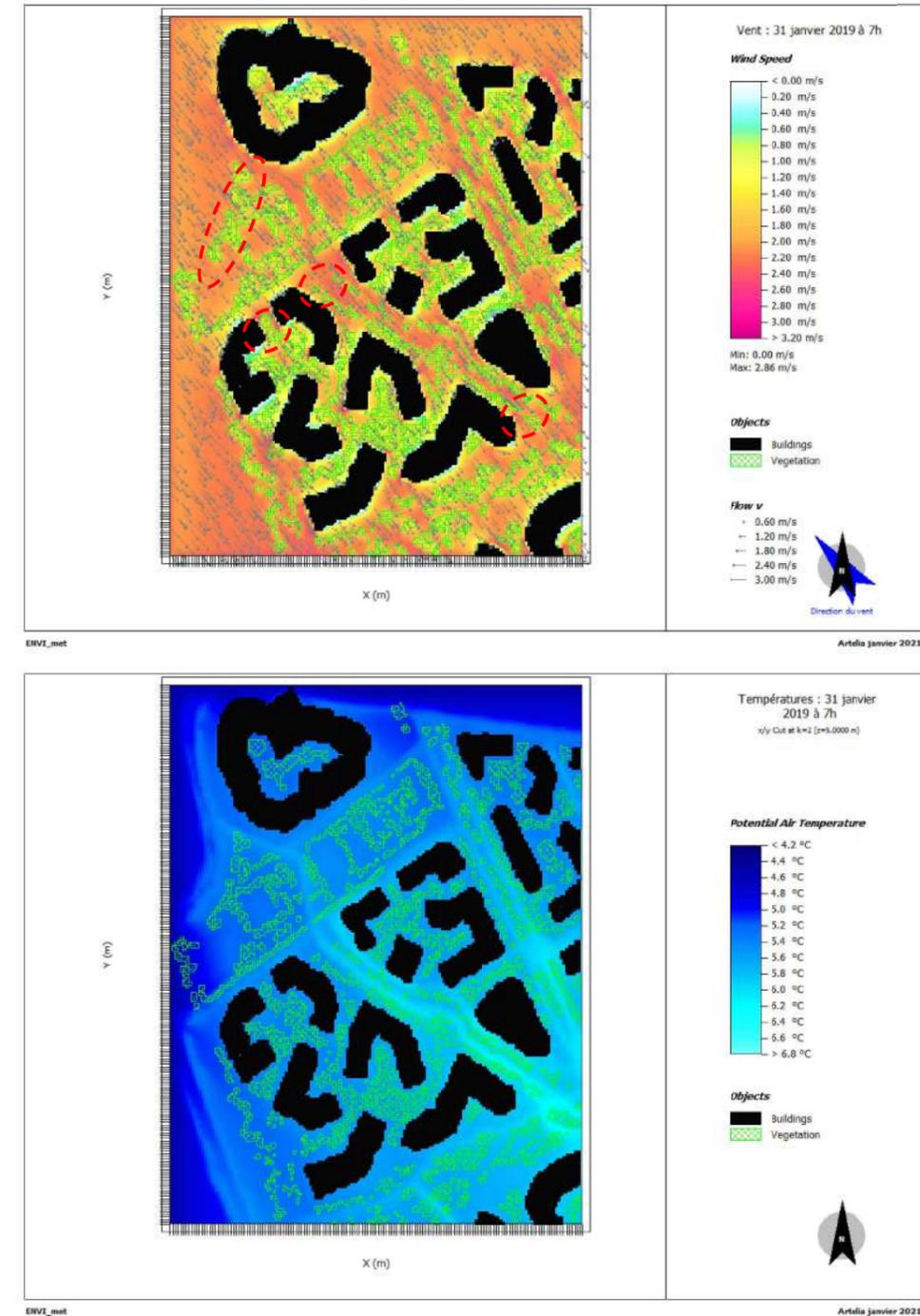


Figure 29 : Simulation température et vent (31 janvier à 7h)

La carte aéroulque indique une circulation du vent dans ce secteur satisfaisante qui ne générera pas d'inconfort dans l'espace public ;

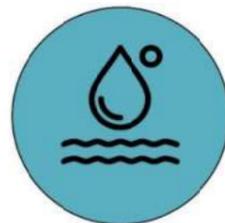
Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent cependant en évidence des zones où le vent circule de manière plus intense.

Synthèse des leviers d'actions à mobiliser pour le secteur



Leviers verts:

- Trame verte et milieux vivants : maintenir des continuités végétales le long des axes piétons pour relier les différents espaces végétalisés.
- Densité végétal : densifier le parc des sports le long des axes routiers pour offrir un meilleur confort d'usage et un écran végétal pour rafraîchir les îlots. Cela permettrait de réduire jusqu'à 3 degrés les températures entre les espaces végétalisés et les voiries.
- Variétés des strates de végétations : privilégier des strates basses et moyennes pour le confort des jeux du parc des sports. De strates intermédiaires basses persistantes permettraient également de garantir un meilleur confort l'hiver sur le parc des sports.



Leviers bleus:

- Gestion des EP : par des noues dans le parc des sports et le long des cheminements



Leviers bruns:

- Types de matériaux : privilégier des matériaux à forts albédo quand l'usage n'est pas trop intense ou pour les cheminements. Les matériaux clairs et lisses sont à privilégier pour diminuer l'inertie thermique et augmenter l'émissivité.
- Trame brune et relation au sol : renaturer et maximiser les surfaces poreuses de pleine terre. Cette question est particulièrement importante au pied des façades sud du secteur, qui sont très irradiées avec un vent plus faible.



Leviers rouges:

- Intensités d'usages : à proximité des commerces il serait nécessaire de proposer des espaces d'ombres et frais sur l'espace public.
- Mobilités et déplacements : favoriser les déplacements piétons et cyclable le long des axes plantés pour garantir des promenades ombragées. Pour le jardin linéaire, la simulation montre qu'il serait plus confortable de favoriser les cheminements côté sud-ouest du jardin (moins ventés l'hiver et plus ombragés l'été).

SECTEUR 2 : Promenade PEM/PEX et îlots 5.4 et 5.5

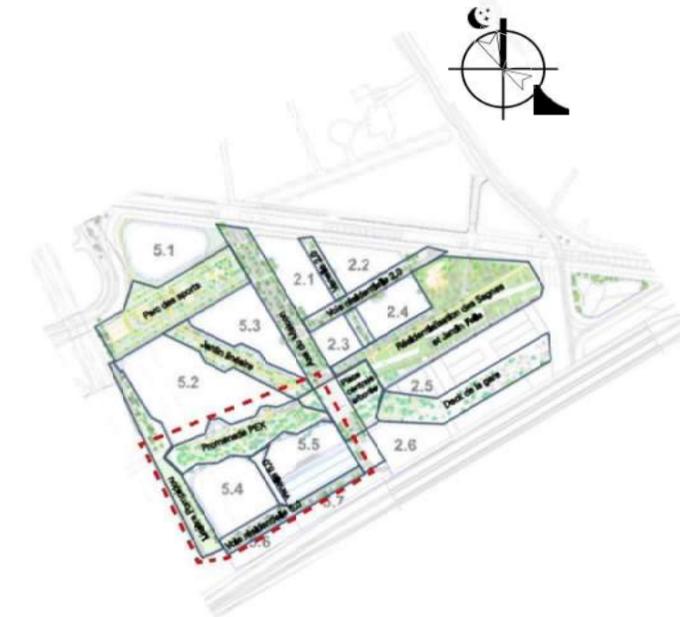


Figure 30 : Secteur 2 comprenant la promenade entre le PEM et le PEX

Les enjeux du secteur 2 :

- Promenade PEM/PEX : la promenade présente une densité d'usages importante avec de flux de passage centrés sur les modes actifs à tenir compte. L'activation des rez-de-chaussée présente également un enjeu particulier d'usage. La moitié nord de la promenade supportera d'un ensoleillement fort.
- Carreau des producteurs : la structure existante et conservée pourra jouer un rôle de tonnelle voire d'îlot de fraîcheur face à un ensoleillement fort.
- Bâti : L'implantation éventuelle d'un IGH en pointe sud de l'îlot pourrait engendrer une ombre portée et quelques sujets sur le droit au ciel.

Stratégie pour le secteur 2 :

- Promenade PEM/PEX : Le retour à la pleine terre du secteur va bénéficier au rafraîchissement de la promenade. Il pourrait être intéressant de structurer la matrice végétale afin d'attirer et de faire circuler les vents sur la promenade.



Figure 31 : Rafraîchissement de la promenade entre le PEM et le PEX par circulation du vent

- Carreau des producteurs : Le bénéfice de la structure existante doit être accompagné afin de produire un potentiel îlot de fraîcheur sur le secteur. Le retour à la pleine terre doit être maximisé, tout comme la végétalisation du site. L'ombre portée des bâtis 5.6 et 5.7 pourra limiter le réchauffement de la structure et des brises traversantes.
- Bâti : les problématiques d'ombres portées seront à évaluer, notamment pour les choix programmatiques des toitures.

Simulation pour le confort d'été Matin

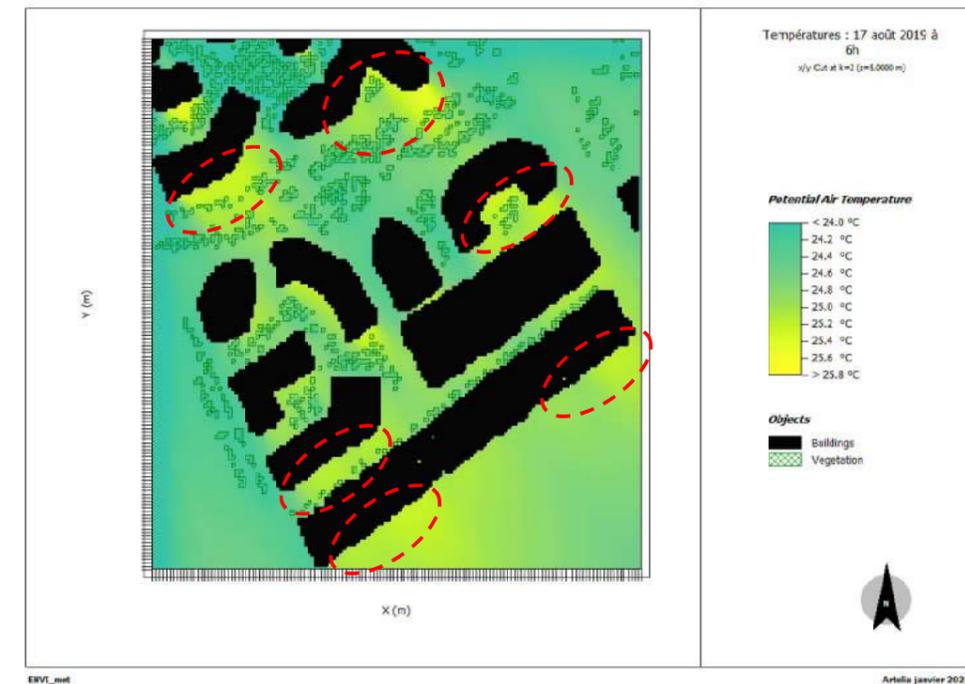
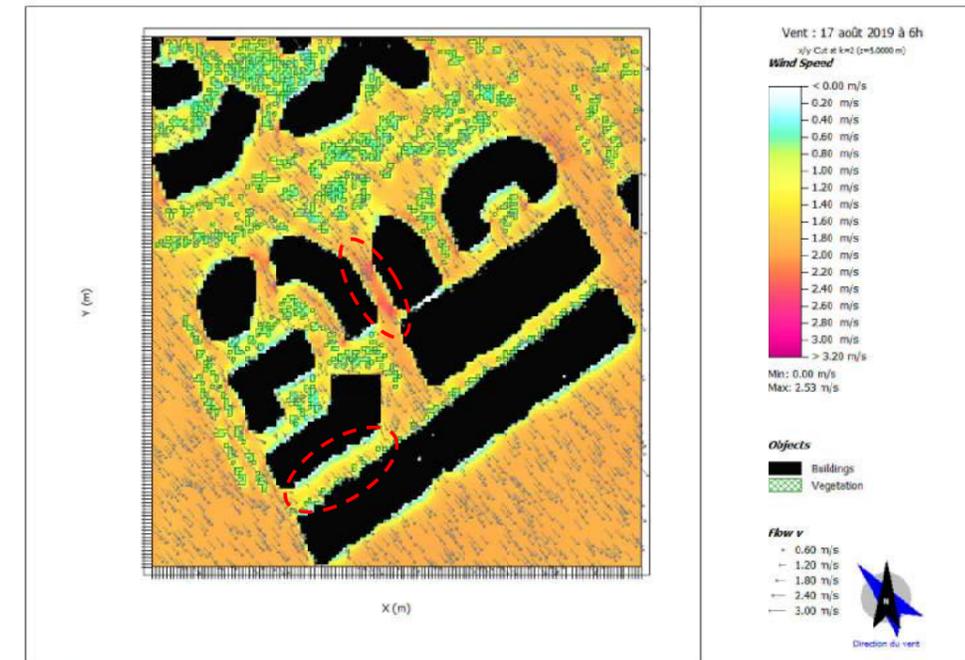


Figure 32 : Simulation température et vent (17 août à 6h)

La carte des températures indique des écarts importants avec des zones fortement soumises aux îlots de chaleur pour les façades sud principalement.

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses et où le vent nocturne ne peut circuler pour rafraîchir.

Après-midi

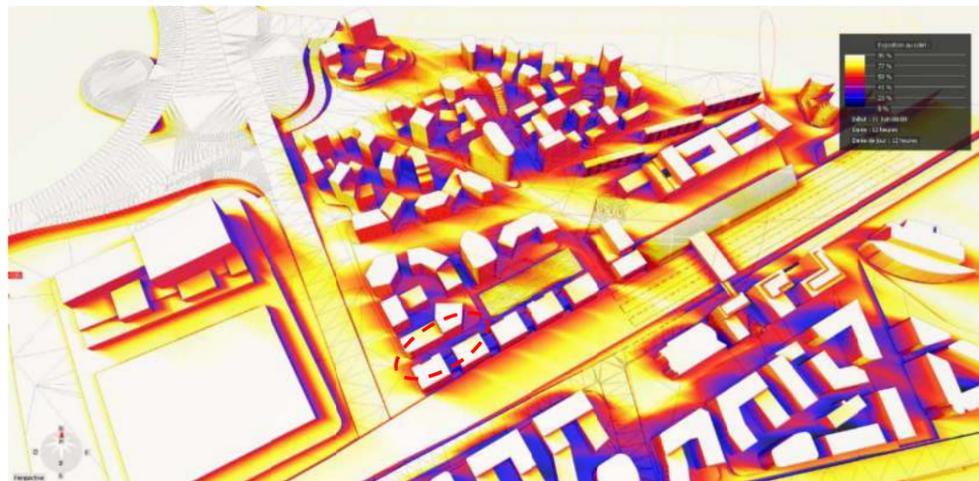
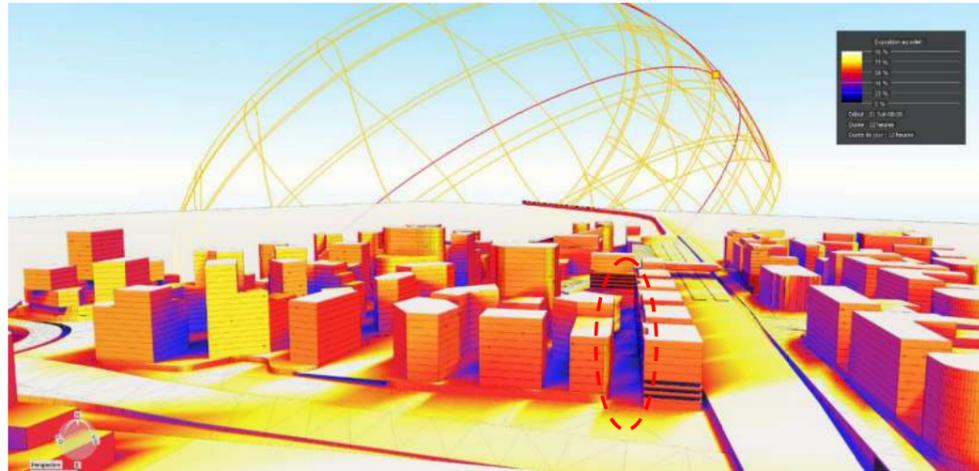


Figure 33 : Simulation ensoleillement (21 juin aout pendant 12h)

La carte des simulations d'ensoleillement indique des espaces très fortement ensoleillés (toiture, place centrale, parvis) et des espaces plus ombragés (cœur d'îlot et rue Est/ouest avec des ombres portées importantes).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses mais la forme urbaine génère de forte ombre portée.

Simulation pour le confort d'été Après-midi

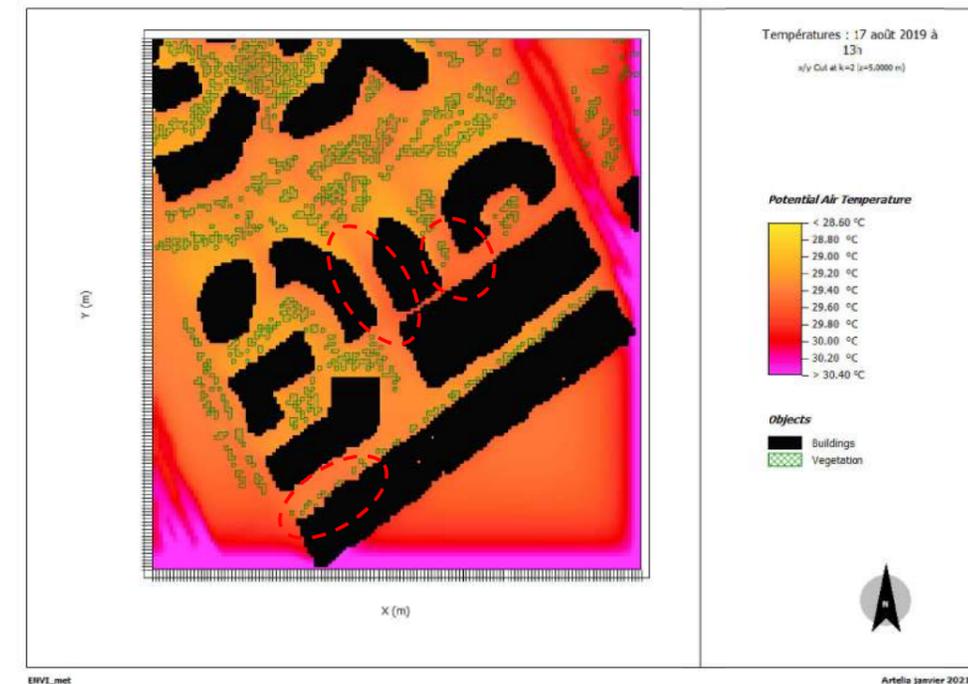
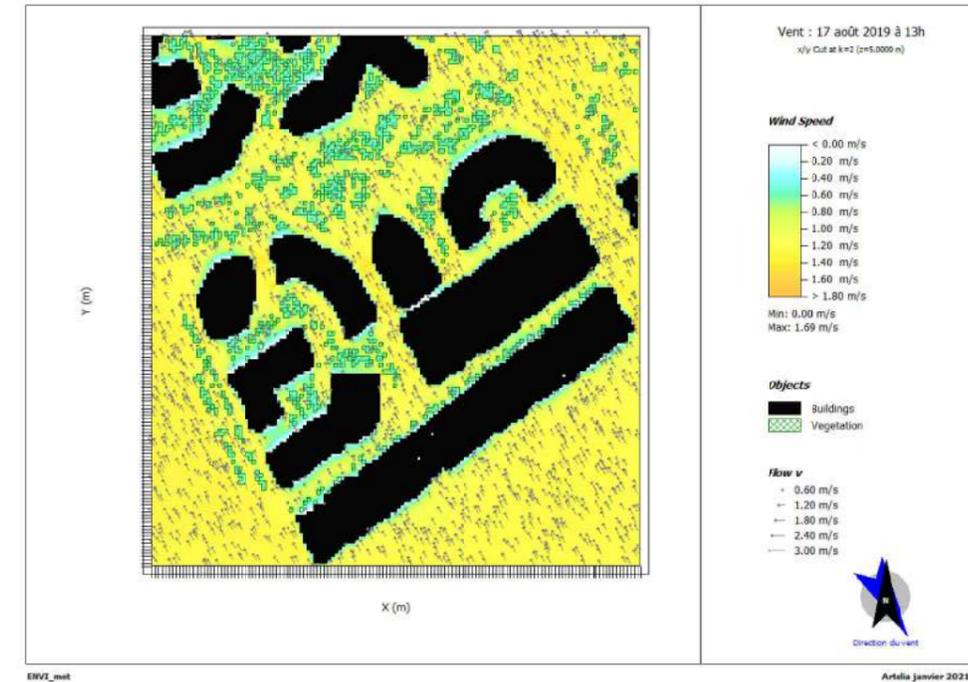


Figure 34 : Simulation température et vent (17 aout à 13h)

La carte des températures indique des écarts importants avec des zones fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façades sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses qui seront soumis à des îlots de chaleurs localisés.

Simulation pour le confort d'hiver :

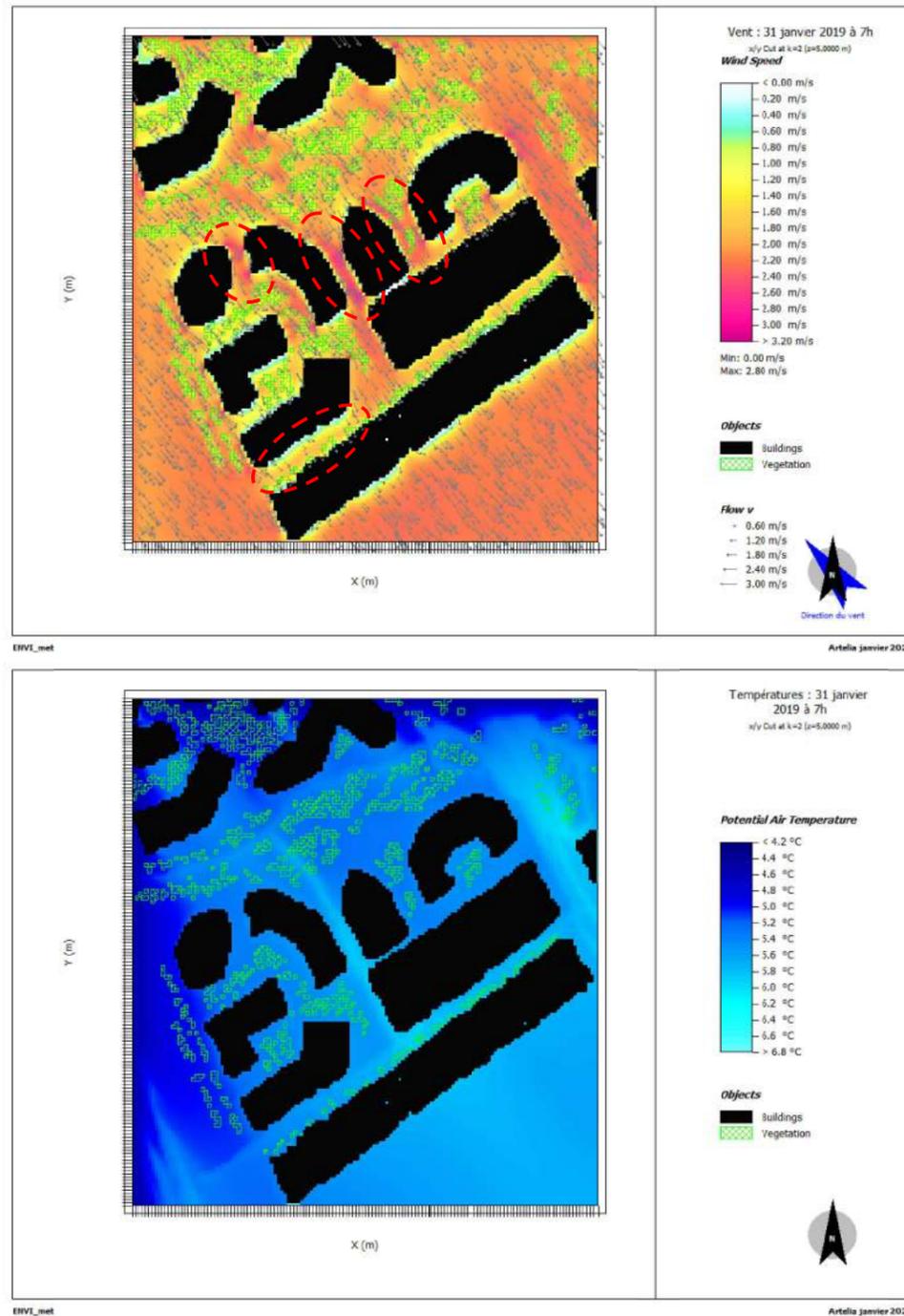


Figure 35 : Simulation température et vent (31 janvier à 7h)

La carte aéraulique indique une circulation du vent dans ce secteur satisfaisant qui ne générera pas d'inconfort dans l'espace public. Cette situation est assumée afin de ne pas empêcher le vent de circuler pour rafraîchir ces espaces en périodes estivales.

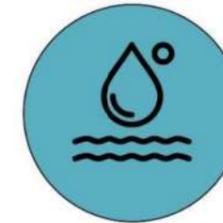
Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent cependant en évidence des zones localisées où le vent circule de manière plus intense dû à la forme urbaine.

Synthèse des leviers d'actions à mobiliser pour le secteur



Leviers verts:

- Densité végétal : diversifier les espèces végétales et les strates de végétation en cœur d'îlots pour obtenir des îlots de fraîcheur pour l'ensemble de l'îlot
- Pleine terre : privilégier la pleine terre et en particulier près des façades exposés sud pour augmenter au maximum la plantation et la faible inertie thermique.
- La promenade PEM/PEX devrait favoriser un parcours de fraîcheur avec des spots végétaliser avec des arbres en haut jet pour garantir de l'ombre et une évapotranspiration suffisante. Cette promenade permet de diminuer jusqu'à 3, 5 degrés l'écart entre les espaces végétalisés de la promenade et les espaces proches des façades sud.
- Concernant le carreau des producteurs : la simulation doit être complétée par un maillage plus fin pour confirmer la ventilation et les enjeux de pleine terre / végétation à mettre en place.



Leviers bleus:

- Gestion des EP : privilégier les noues le long des cheminements et le long de la promenade PEM/PEX



Leviers bruns:

- Types de matériaux : privilégier des matériaux à forts albédo pour la promenade puis des matériaux intermédiaires sur des lieux de pauses qui seront plus ombragés.
- Trame brune et relation au sol : renaturer et maximiser les surfaces poreuses de pleine terre
- Formes urbaines : un abaissement de la hauteur du lot 5.6 permettrait au lot 5.4 de bénéficier de plus d'apport solaire naturel.



Leviers rouges:

- Activités et programmation urbaine : différencier les matériaux pour la circulation et le passage des matériaux (albédo fort) pour les espaces de repos ou de jeux (albédo intermédiaire)

SECTEUR 3 : Ilots 2.1 – 2.2 - 2.3 – 2.4 et jardin Fella

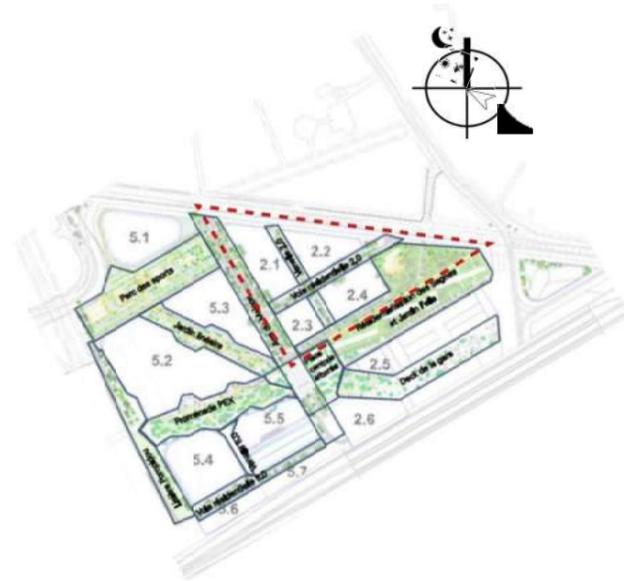
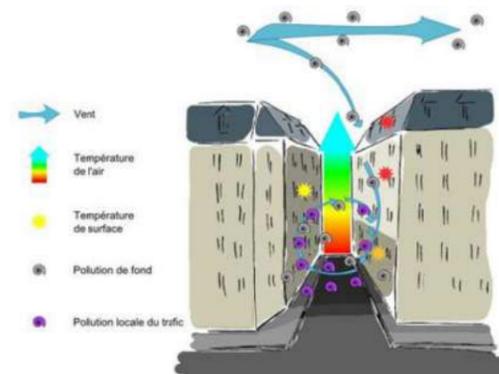


Figure 36 : Secteur 3 comprenant le jardin Fella

Les enjeux du secteur 3 :

- Jardin Fella : ce square existant doit bénéficier d'une extension et d'une programmation ludique.
- Voie résidentielle 2.0 : La rue orientée Est-Ouest présente un rapport hauteur de bâtiment / largeur d'espace public pouvant favoriser un effet de rue canyon favorable aux îlots de chaleur urbain.
- Venelle 2.0 : la venelle orientée au vent dominant Nord-Nord-Ouest présente un risque de channeling.
- Bâti : l'exposition solaire de certains logements impose une vigilance sur l'îlot de chaleur local. A contrario, quelques sujets sur le droit au ciel sont également à regarder.



Stratégie pour le secteur 3 :

- Jardin Fella : La morphologie des îlots permet une extension du jardin Fella d'environ 2450m² ce qui lui permettra de presque doubler sa taille actuelle. Son extension sera l'occasion d'intégrer une aire de jeux unique, sur le thème de la colline et de l'eau, en écho à l'image du site (dévaléement des coteaux jusqu'à la Méditerranée). Cette approche sur l'eau et le végétal permettra de créer des conditions favorables à un îlot de fraîcheur. L'apport des vents augmentera la capacité du site à tempérer les épisodes de forte chaleur.
- Voie résidentielle 2.0 / Venelle 2.0 : L'effet de channeling de la venelle ne présente un enjeu d'usage majeur sur l'axe. Il est alors possible d'envisager plutôt de conserver un rôle de « distributeur du vent » pour cette venelle vers des zones de réchauffement comme la voie 2.0 et la résidentialisation des Sagnes.
- Bâti : le rafraîchissement nocturne des bâtiments doit être réfléchi finement. Il pourra également être regardé une distribution des vents de la venelle vers les cœurs d'îlots.

Simulation pour le confort d'été Matin

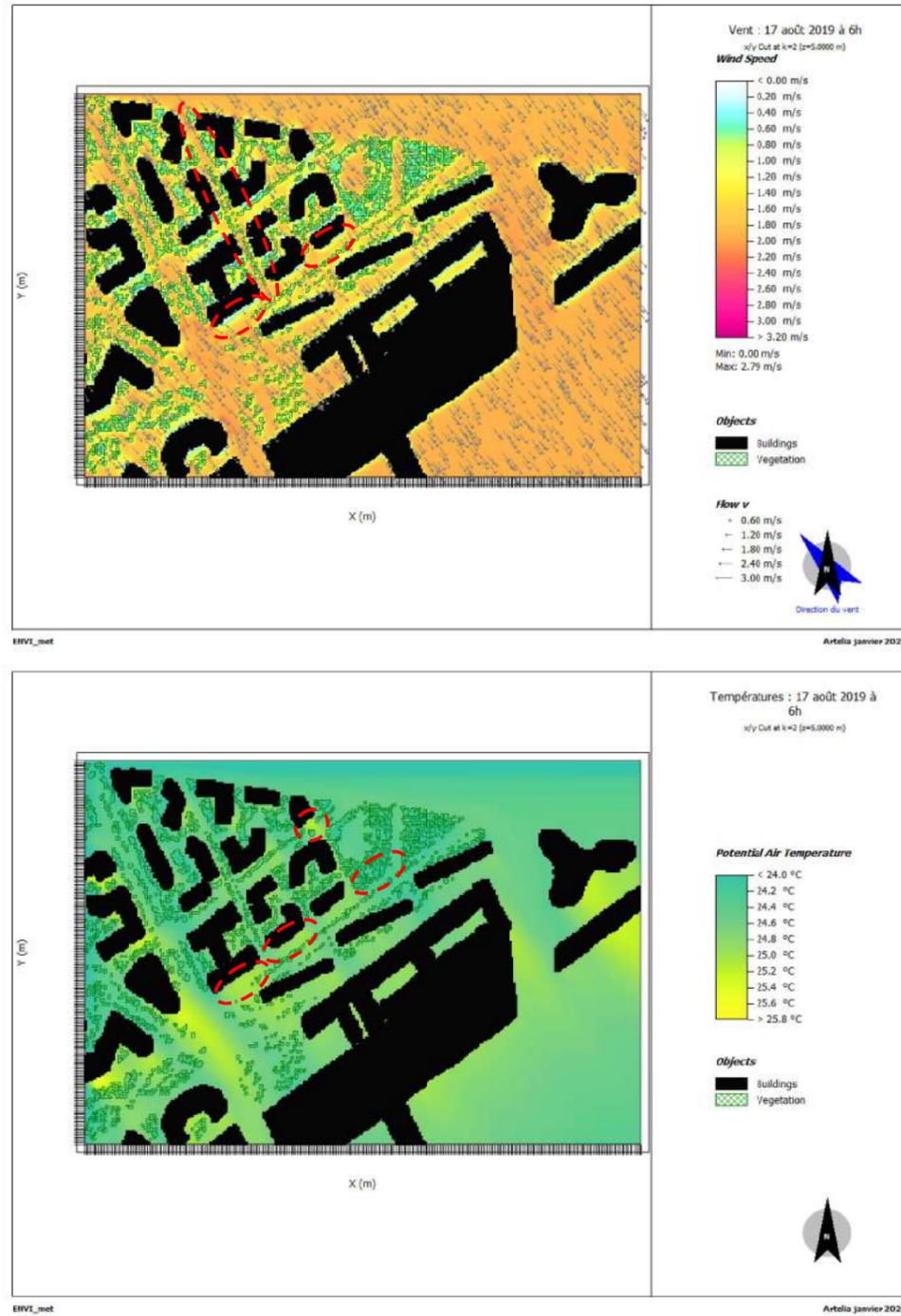


Figure 37 : Simulation température et vent (17 aout à 6h)

La carte des températures indique des écarts importants avec des zones fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façades sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses mais ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

Après-midi

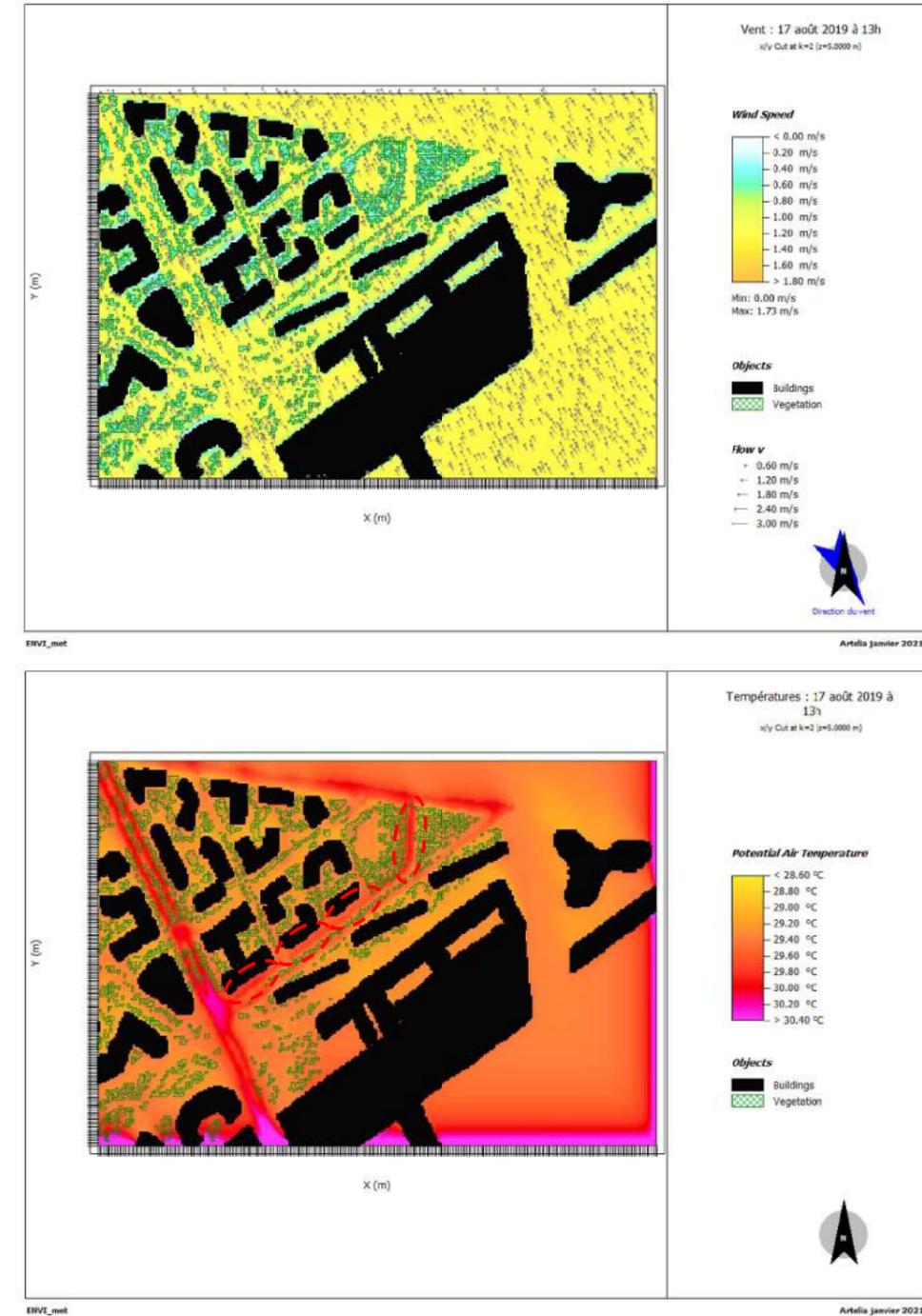


Figure 38 : Simulation température et vent (17 aout à 13h)

La carte des températures indique des écarts importants avec des zones fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façades sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses mais ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

Simulation pour le confort d'hiver :

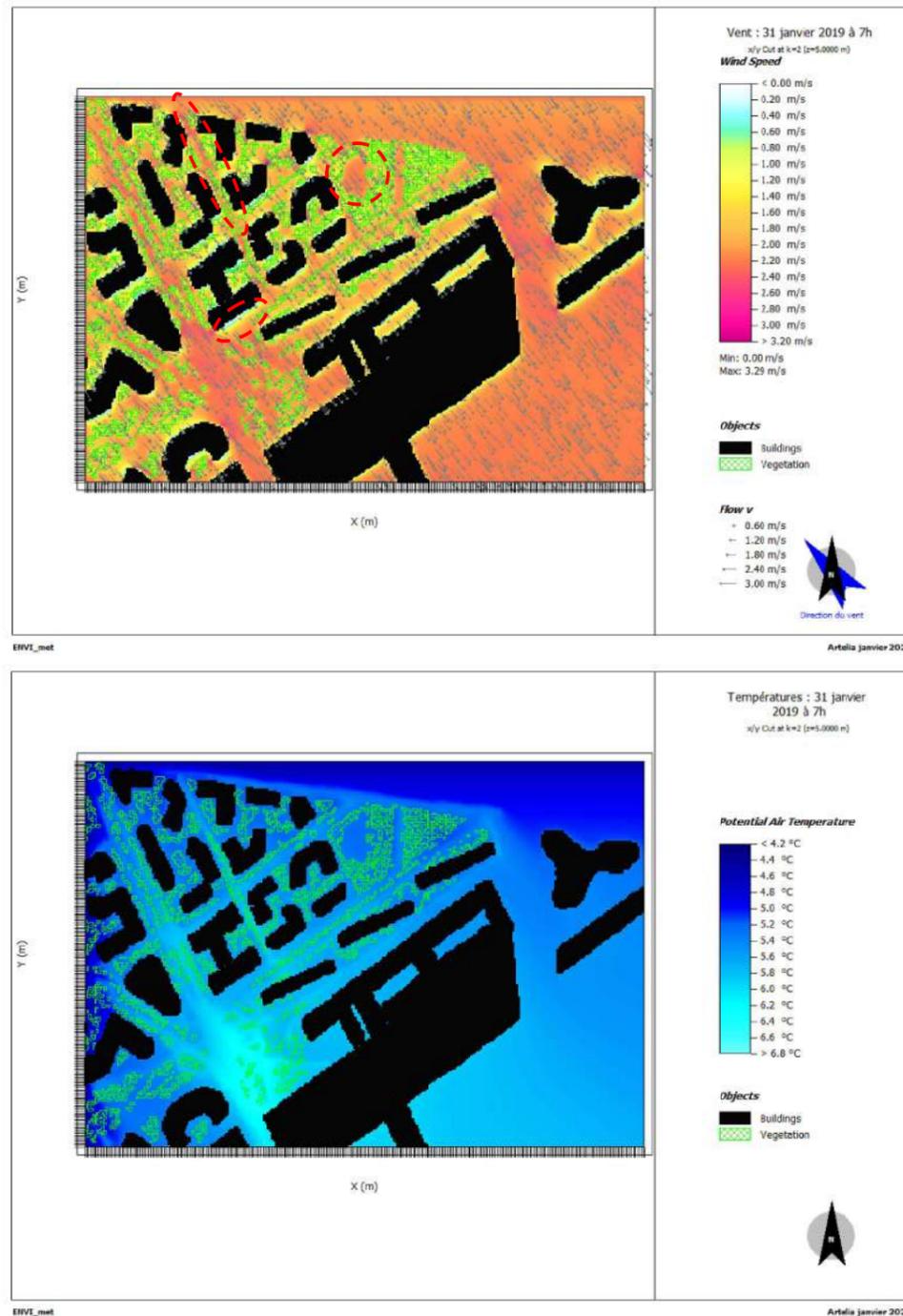


Figure 39 : Simulation température et vent (31 janvier à 7h)

La carte aéraulique indique une circulation du vent dans ce secteur assez faible qui ne générera pas d'inconfort dans l'espace public ;

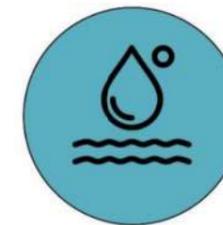
Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent cependant en évidence des zones localisées où le vent circule de manière plus intense dû à la forme urbaine et à la présence ou non de végétation.

Synthèse des leviers d'actions à mobiliser pour le secteur



Leviers verts:

- Trame verte et milieux vivants : les espaces plantés (parc, cœur d'îlot, venelle) devront être en cohérence entre eux pour garantir des parcours de fraîcheur et avoir un impact favorable important pour les usagers et le confort urbain.
- Variétés des strates de végétations : les venelles devront être végétalisées par des arbres de haut jet en alignement pour garantir un couloir de vent, favoriser au maximum la circulation de l'air et ainsi apporter un rafraichissement jusqu'en partie sud.



Leviers bleus:

- Gestion des EP : des noues plantées pourraient être suggérées dans le parc à l'est et le long des cheminements.



Leviers bruns:

- Types de matériaux : privilégier des matériaux à forts albédo pour les venelles puis des matériaux intermédiaires sur des lieux de pauses qui seront plus ombragés en particulier ceux disposés au sud.
- Trame brune et relation au sol : renaturer et maximiser les surfaces poreuses de pleine terre en particulier près des façades exposés sud



Leviers rouges:

- Activités et programmation urbaine : différencier les matériaux pour la circulation et le passage des matériaux (albédo fort) pour les espaces de repos ou de jeux (albédo intermédiaire)

SECTEUR 4 : Résidentialisation des Sagnes, deck de la gare et îlots 2.5 – 2.6

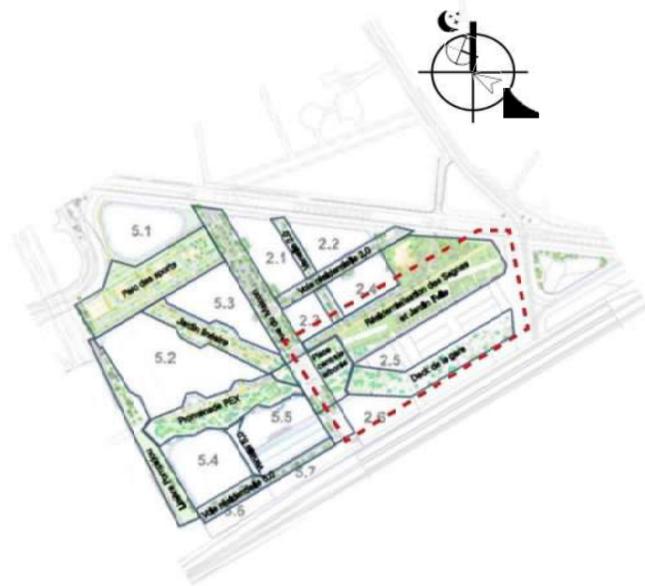


Figure 40 : Secteur 4 comprenant le deck de la gare et la résidentialisation des Sagnes

Les enjeux du secteur 4 :

- Sagnes : l'amélioration du cadre de vie des logements existants est un enjeu du projet urbain. La densité d'usages attendue par la résidentialisation est notable. L'introduction des îlots 2.5 et 3.1 pose des questions de droit au ciel ou d'ombre portée sur l'existant. Les abords des bâtiments sont peu exposés au vent.
- Deck gare : L'intensité d'usage de l'espace public est très fort ici. Un risque notable d'îlot de chaleur urbain est pressenti sur le Deck de par son exposition au soleil et une circulation aérolaue relative faible.
- Bâti : voir Sagnes.

Stratégie pour le secteur 4 :

- Sagnes : se pose la question d'un travail sur l'épannelage des bâtiments de l'îlot 2.5. La stratégie végétale sera une priorité sur le site pour limiter l'effet de réchauffement. On peut imaginer une aération nocturne relativement favorable venant de la venelle 2.0 et de la route de Grenoble / jardin Fella.
- Deck gare : La stratégie végétale et le choix des matériaux vont jouer un rôle primordial sur le deck. Si ces apports ne se révèlent pas suffisants pour limiter le réchauffement, il conviendra d'envisager des mesures plus contraignantes sur l'espace public (ombrières, casquettes en façades sud d'immeuble, etc.). Les vents en provenance de l'axe Maicon pourraient être judicieusement dirigés vers le deck mais le nivellement ne favorisera peut-être pas cette approche. Les ombres portées des îlots 2.6 et 3.4 limiteront quant à eux le réchauffement au sud du Deck.
- Bâti : favoriser un épannelage haut des îlots 2.6 et 3.4 et limiter les hauteurs des îlots 2.5 et 3.1

Simulation pour le confort d'été Matin

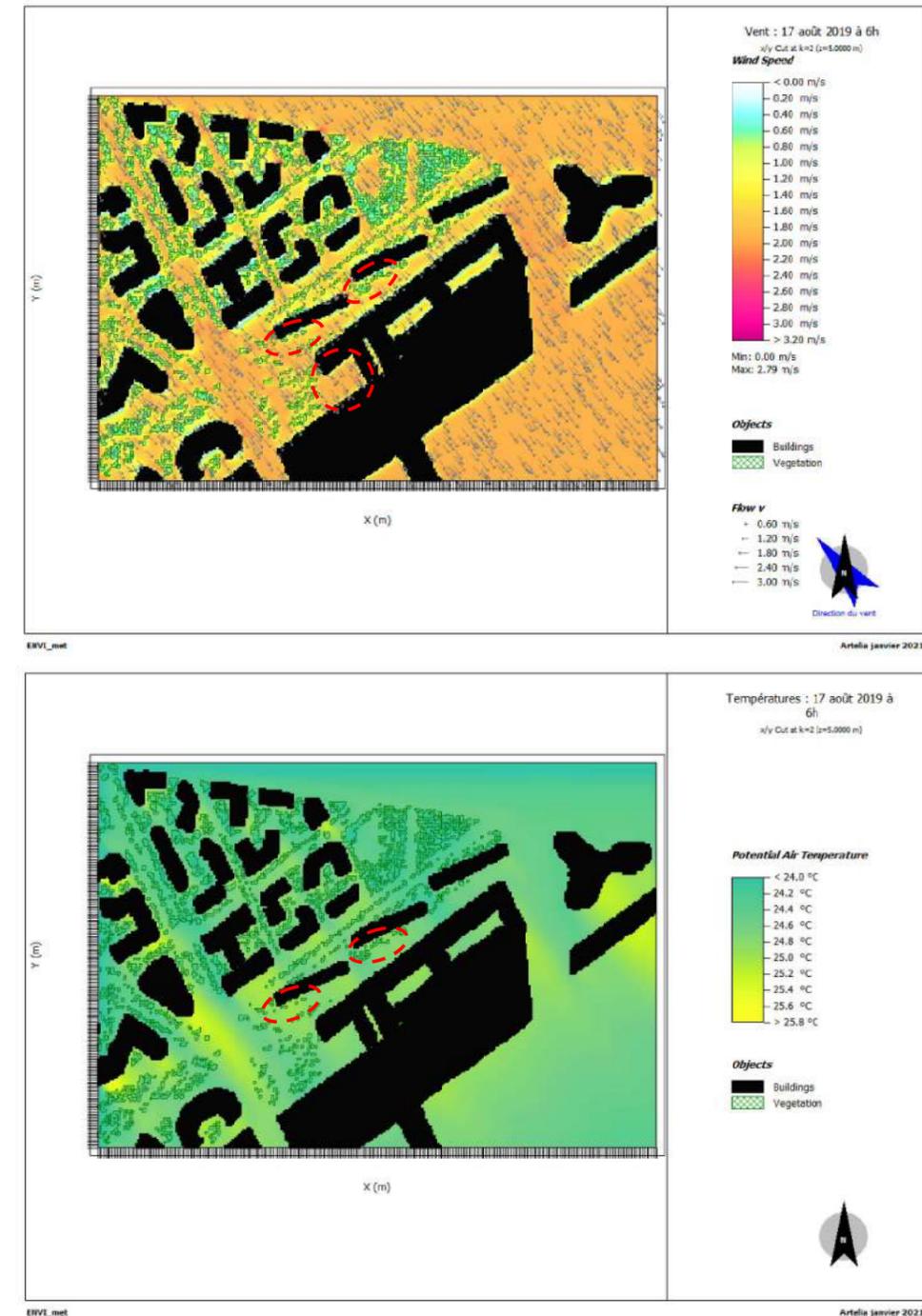


Figure 41 : Simulation température et vent (17 août à 6h)

La carte des températures indique des écarts faibles mais indicateurs de zones qui seront fortement soumises aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façades sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont présents mais ne pouvant être rafraîchis par le vent nocturne.

Après-midi

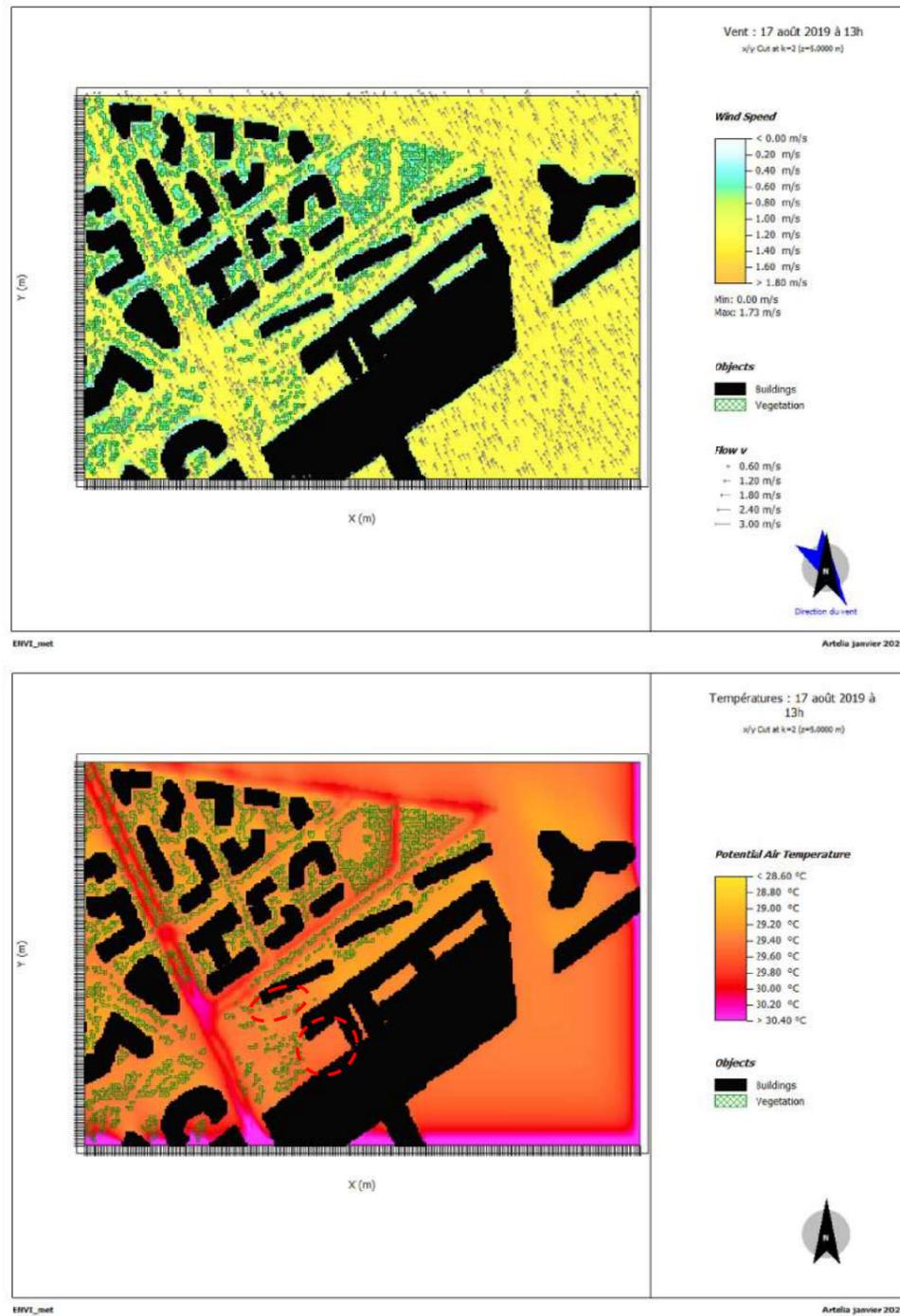


Figure 42 : Simulation température et vent (17 août à 13h)

La carte des températures indique des écarts importants avec des zones fortement soumises aux îlots de chaleur (parvis, espace minéral, façades sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones où les usages sont intenses mais ne pouvant être rafraîchi par le vent nocturne.

Simulation pour le confort d'hiver :

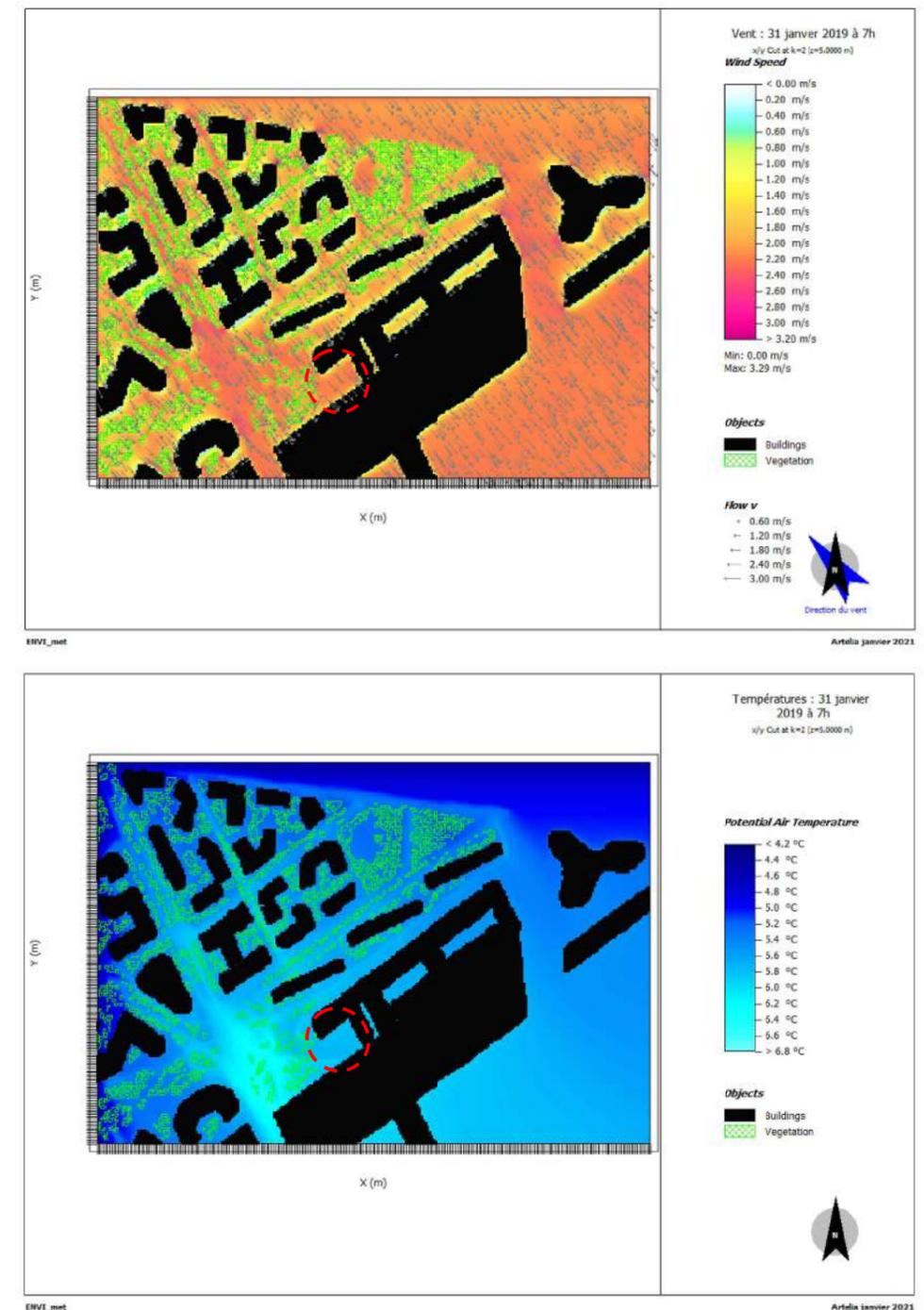


Figure 43 : Simulation température et vent (31 janvier à 7h)

La carte aéraluque indique une circulation du vent dans ce secteur assez forte mais qui ne générera pas d'inconfort dans l'espace public.

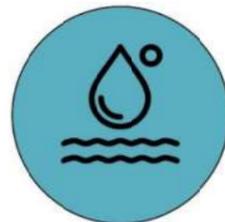
Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent cependant en évidence des zones localisées où le vent circule de manière plus intense dû à la forme urbaine et à la présence ou non de végétation en particulier sur le parvis menant à la gare.

Synthèse des leviers d'actions à mobiliser pour le secteur



Leviers verts:

- Densité: les espaces plantés (place et parvis) devront être en densifier au maximum pour garantir des îlots de fraîcheur importants et avoir un impact favorable pour les usagers traversant ou empruntant ces espaces. L'espace ouvert au sud du bâtiment Sagnes le plus à l'ouest pourrait bénéficier d'un couvert végétal plus important afin de limiter sa surchauffe notable dans le plan actuel.
- Variétés des strates de végétations : les îlots végétalisés devront comportés toutes les strates pour garantir de véritable écosystème diversifié et ainsi apporter un rafraîchissement pour ces espaces.



Leviers bleus:

- Gestion des EP: des noues plantées pourraient être suggérées le long des cheminements.



Leviers bruns:

- Types de matériaux : privilégier des matériaux à forts albédo puis des matériaux intermédiaires sur des lieux de pauses qui seront plus ombragés en particulier ceux disposés au sud.
- Trame brune et relation au sol : renaturer et maximiser les surfaces poreuses de pleine terre en particulier près des façades exposées sud (en particulier le sud des lots 5.3 et 5.4 et le bâtiment Sagnes le plus à l'ouest).



Leviers rouges:

- Activités et programmation urbaine : différencier les matériaux pour la circulation et le passage des matériaux (albédo fort) pour les espaces de repos ou de jeux (albédo intermédiaire)

SECTEUR 5 : Axe du Maicon, Place centrale

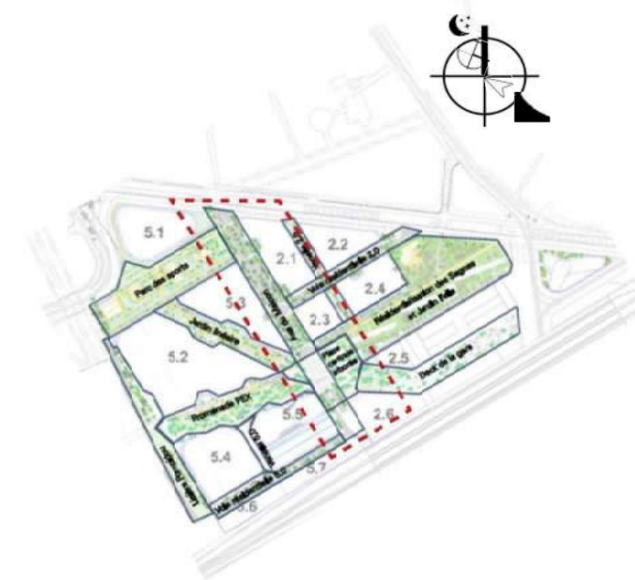


Figure 44 : Secteur 5 comprenant l'axe Maicon et la place centrale

Les enjeux du secteur 5 :

- Axe Maicon : L'axe Maicon constitue l'axe de desserte privilégié du quartier Grand arénas, aussi bien pour les riverains que pour les bus qui se rendent à la gare routière. Il est orienté sur le vent dominant Nord-Nord-Ouest pouvant engendrer un inconfort hivernal notable. A l'inverse, l'axe pourrait distribuer des vents vers la voie résidentielle 2.0 peu ventue (angle peu favorable toutefois) ou encore la place centrale très exposée au soleil.
- Place centrale : Séquence particulière de l'axe Maicon, au croisement avec la promenade PEM/PEX, sont ensoleillement important et sa densité d'usages rendent sensible son confort. L'exposition au vent dominant peut limiter naturellement le risque d'îlot de chaleur urbain.

Stratégie pour le secteur 5 :

- Axe Maicon : On cherchera à traiter les façades en favorisant les irrégularités des formes, la mise en place d'alcôve de protection (abri du vent l'hiver, zone de fraîcheur l'été).
- Place centrale : La stratégie végétale et le choix des matériaux vont jouer un rôle important pour le confort d'usage de la place. Les vents Nord-Nord-Ouest vont apporter un refroidissement nocturne pour ce lieu de passage.

Simulation pour le confort d'été Matin

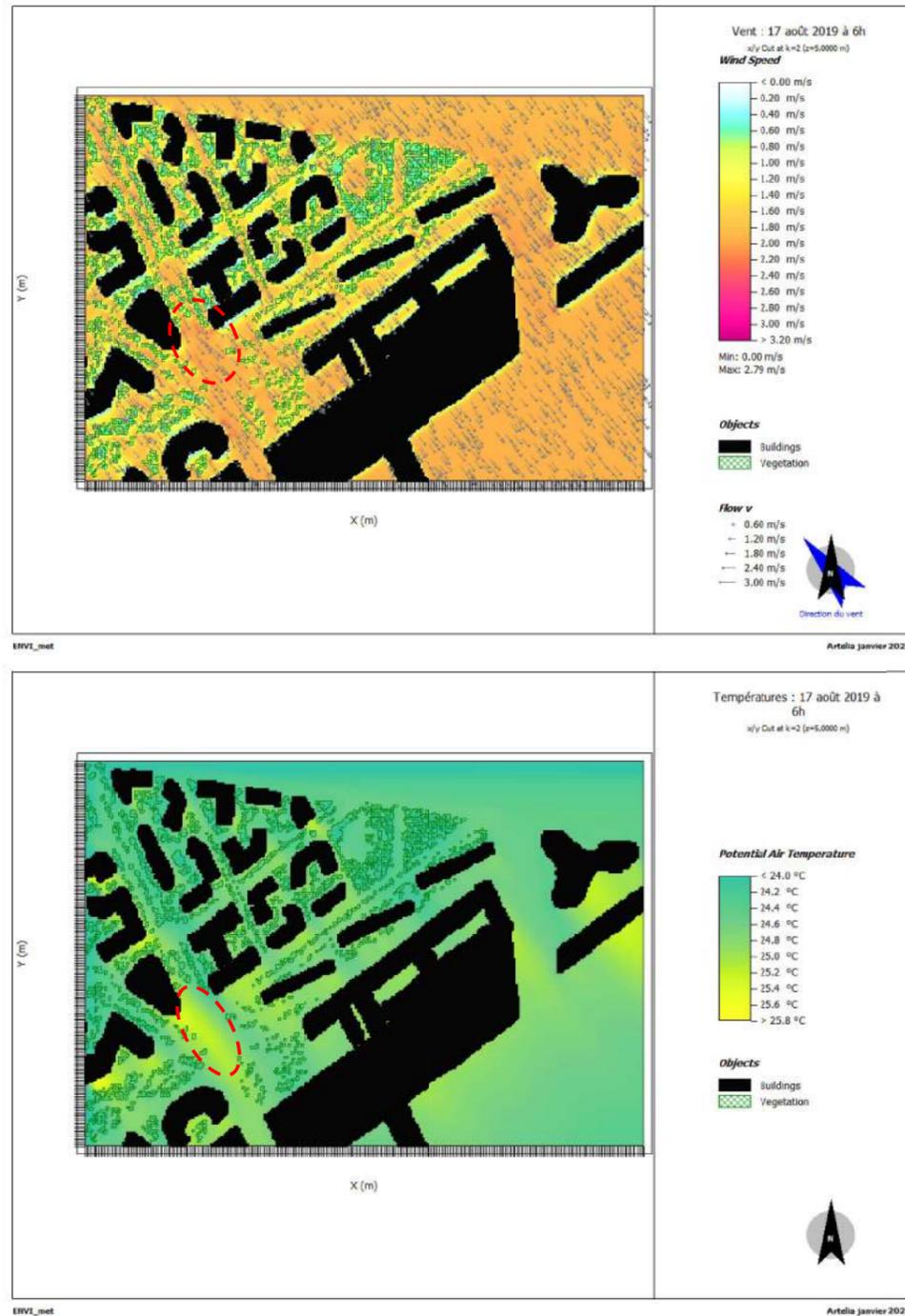


Figure 45 : Simulation température et vent (17 aout à 6h)

La carte des températures indique des écarts importants de zones qui seront fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, place centrale).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont intenses de passages et de circulation ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

Après-midi

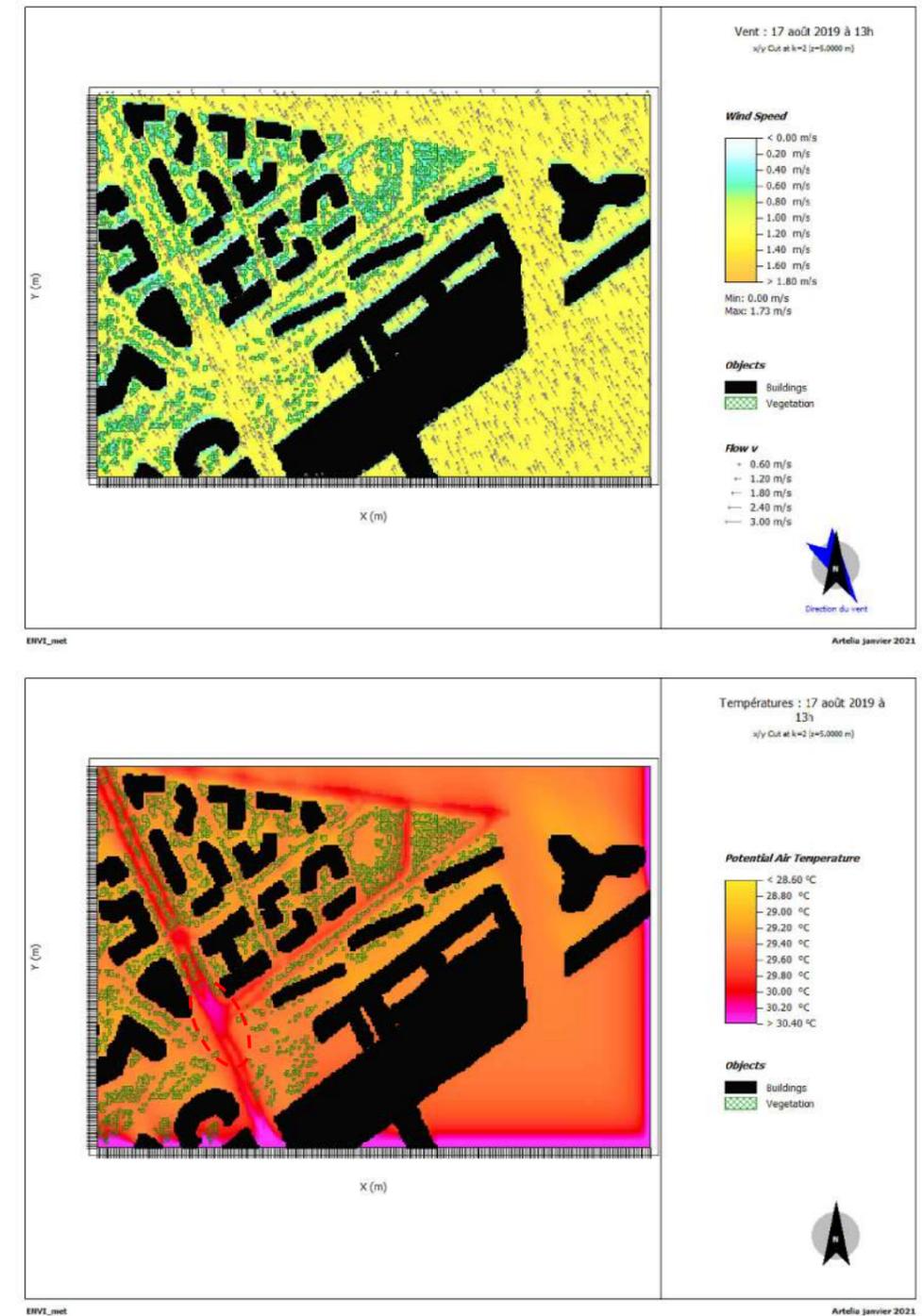


Figure 46 : Simulation température et vent (17 aout à 13h)

La carte des températures indique des écarts forts de zones qui seront fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, place centrale).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont présents en particulier sur la place centrale fortement soumis aux îlots de chaleur.

Simulation pour le confort d'hiver :

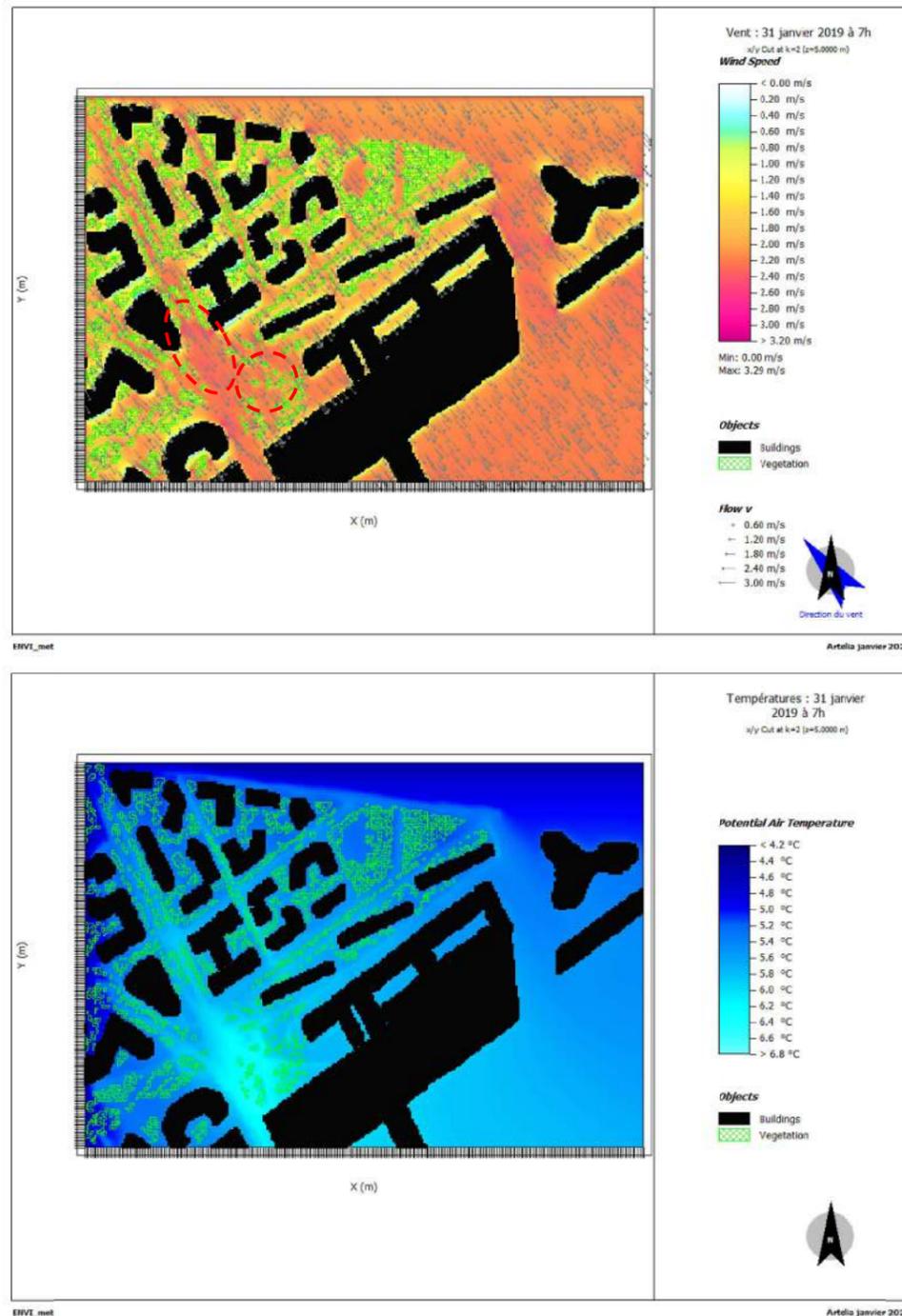


Figure 47 : Simulation température et vent (31 janvier à 7h)

La carte aéraulique indique une circulation du vent dans ce secteur assez forte qui peut générer de l'inconfort pour les usagers.

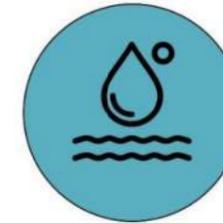
Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones localisées où le vent circule de manière plus intense dû à la forme urbaine et à un espace ouvert.

Synthèse des leviers d'actions à mobiliser pour le secteur



Leviers verts:

- Densité: les espaces plantés (place et parvis) devront être en densifier au maximum pour garantir des îlots de fraîcheur importants et avoir un impact favorable pour les usagers traversant ou empruntant ces espaces.
- Variétés des strates de végétations : les îlots végétalisés devront comportés toutes les strates pour garantir de véritable écosystème diversifié et ainsi apporter un rafraichissement pour ces espaces.



Leviers bleus:

- Gestion des EP: des noues plantées pourraient être suggérées le long des cheminements.



Leviers bruns:

- Types de matériaux : privilégier des matériaux à forts albédo pour la place centrale puis des matériaux intermédiaires sur des lieux de pauses qui seront plus ombragés en particulier ceux disposés au sud.
- Trame brune et relation au sol : renaturer et maximiser les surfaces poreuses de pleine terre en particulier près des façades exposés sud



Leviers rouges:

- Activités et programmation urbaine : différencier les matériaux pour la circulation et le passage des matériaux (albédo fort) pour les espaces de repos ou de jeux (albédo intermédiaire)

Secteur 6 Sud gare : ilots 3.5, 4.1, 4.2, 4.3



Figure 48 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare et l'Ecoparc

Les enjeux du secteur 6 :

- Rue Bellonte : la rue Bellonte joue un rôle important dans le confort urbain du secteur. Sa densité d'usages en sud Gare et son rôle de continuité Est-Ouest entre les archipels et l'Ecoparc constituent des enjeux forts pour la stratégie bioclimatique.
- Côté Nord : Le front Nord du secteur est soumis au bruit ferroviaire et routier. Une mutation avec le futur T4 est à anticiper.
- Côté Sud : La promenade des Anglais délimite la partie sud du secteur, avec un trafic notable sur 7 voies à forte minéralité malgré un terre-plein central arboré.
- A l'est : le secteur a déjà fait l'objet d'un aménagement avec le tramway et l'Ecoparc

Stratégie :

- Bellonte et Archipels : prolongement de la figure du Delta en nord-sud. Les vents NNO nocturnes doivent pouvoir irriguer les lots et l'espace public de la rue Bellonte. Le faisceau ferroviaire est suffisamment large pour permettre au vent de retomber au sol malgré les formes urbaines denses du nord du quartier Grand Arenas. La stratégie végétale de la rue Bellonte doit donc pouvoir faciliter la distribution des vents depuis les entrées venant du nord-nord-ouest.



Figure 49 : Rafraîchissement du secteur par circulation du vent

- Malgré la largeur importante de la rue Bellonte d'environ 30m, les ombres portées des bâtiments au sud (lots 4.2 et 4.2b) et au cœur du lot 4.1 pourront engendrer des apports solaires faibles en hiver et ne préserveront pas des fortes radiations estivales. Un ajustement de l'épannelage des lots sud est à rechercher :
 - Hauteur importante côté Promenade pour éviter la remontée des nuisances sonores vers le cœur du secteur
 - Abaissement des hauteurs en bordure sud de la rue Bellonte pour augmenter l'apport solaire vers les bâtiments en bordure nord.
 - Traitement des façades sud des bâtis pour limiter la surchauffe estivale et bénéficier de l'apport solaire hivernal (casquette, double enveloppe, ...). La mise en place d'une végétation à fort ombrage ou pleine terre en pied de façade permettra également d'apporter de l'ombre et de la fraîcheur en pied de bâtiment. L'espace public au sud des bâtiments doit faire l'objet d'une attention particulière en matière de choix des matériaux pour ne pas générer d'îlot de chaleur à proximité des façades déjà fortement irradiées. Enfin, le choix des matériaux du bâtiment lui-même doit être défini de manière à limiter l'absorption de chaleur (fort albédo).

Simulation pour le confort d'été Matin

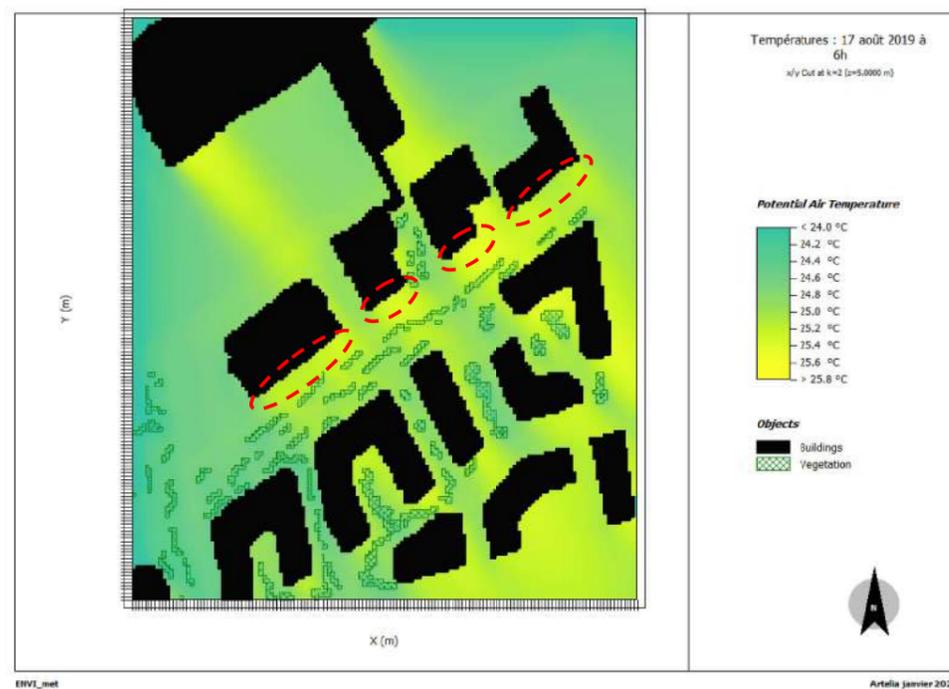
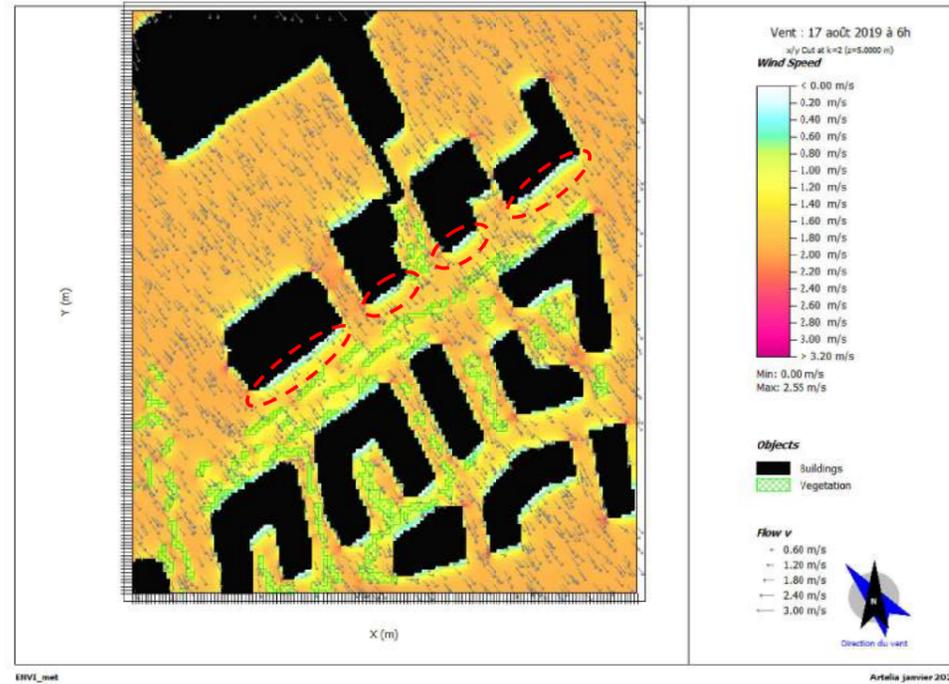


Figure 50 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare à l'est

La carte des températures indique des écarts importants de zones qui seront fortement soumises aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façade sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont intenses et ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

La circulation du vent nocturne s'opère correctement au travers de la forme urbaine Nord-Sud.

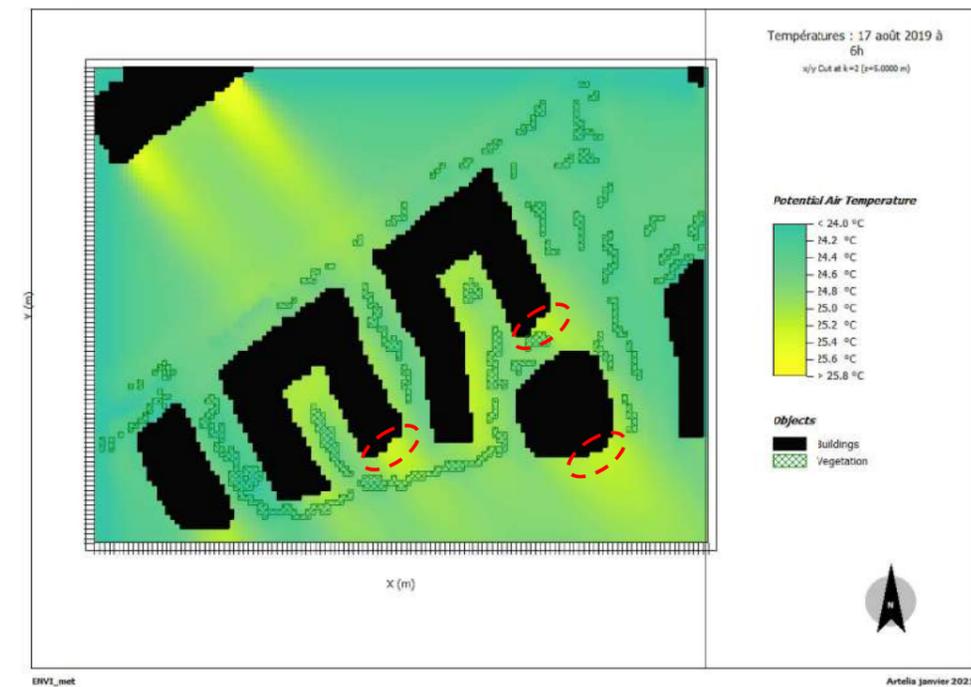
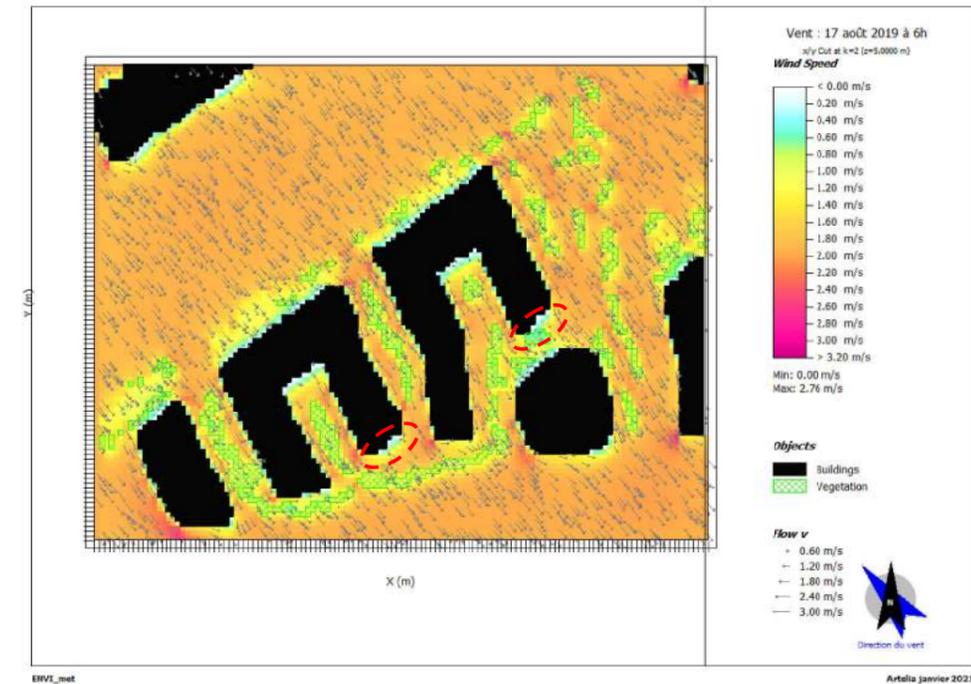


Figure 51 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare à l'ouest

La carte des températures indique des écarts importants de zones qui seront fortement soumises aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façade sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont intenses et ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

La circulation du vent nocturne s'opère correctement au travers de la forme urbaine Nord-Sud

Après-midi

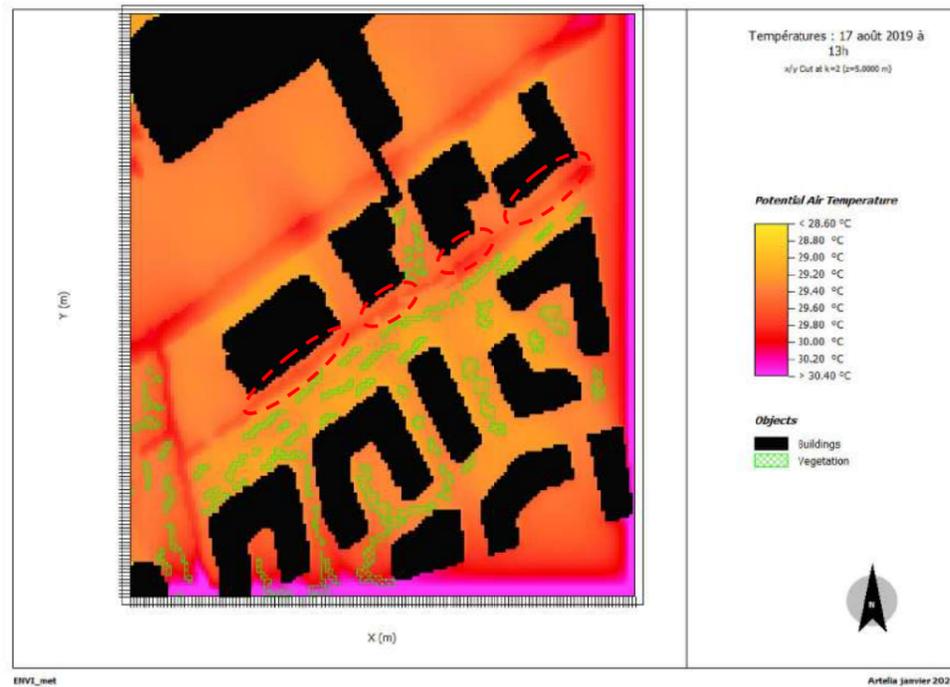
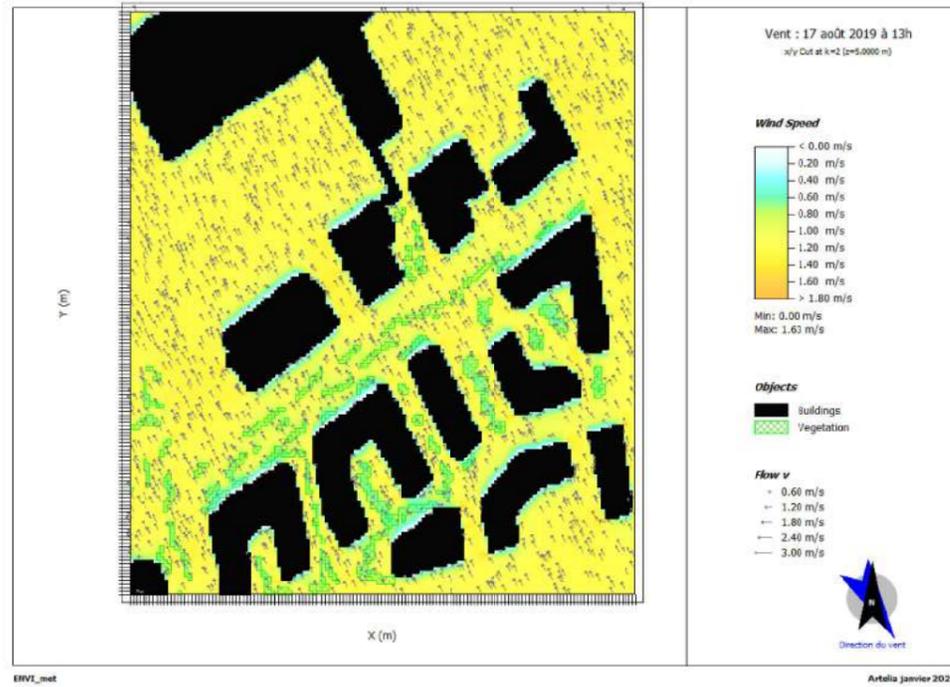


Figure 52 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare à l'est

La carte des températures indique et confirme des écarts importants de zones qui seront fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façade sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont intenses et ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

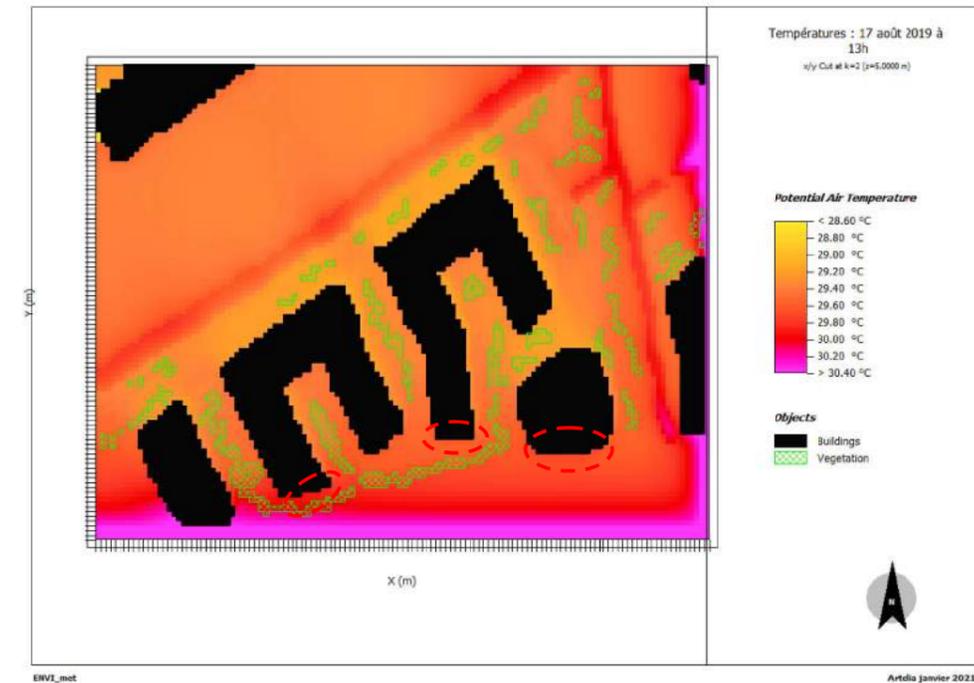
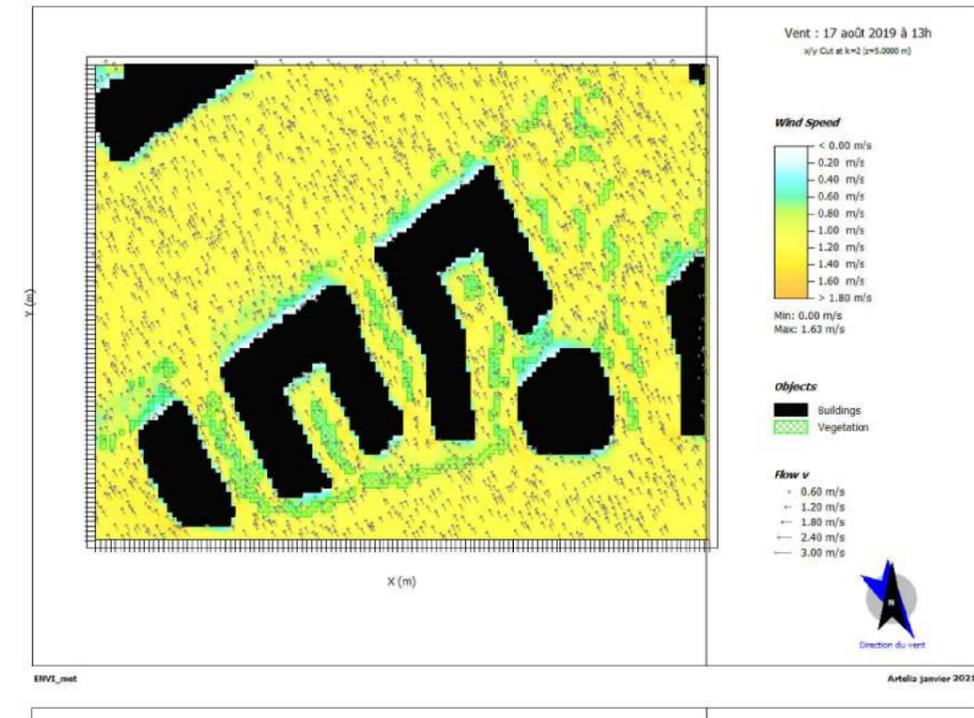


Figure 53 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare à l'ouest

La carte des températures indique et confirme des écarts importants de zones qui seront fortement soumis aux îlots de chaleur (voirie, espace minéral, façade sud).

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence ces espaces où les usages sont intenses et ne pouvant être rafraîchit par le vent nocturne.

Simulation pour le confort d'hiver :

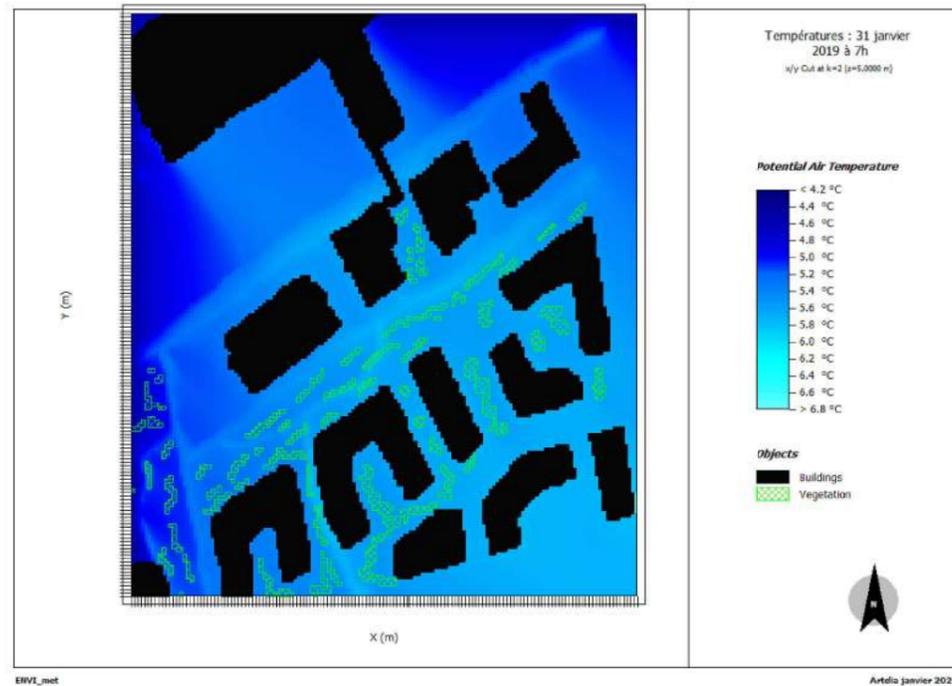
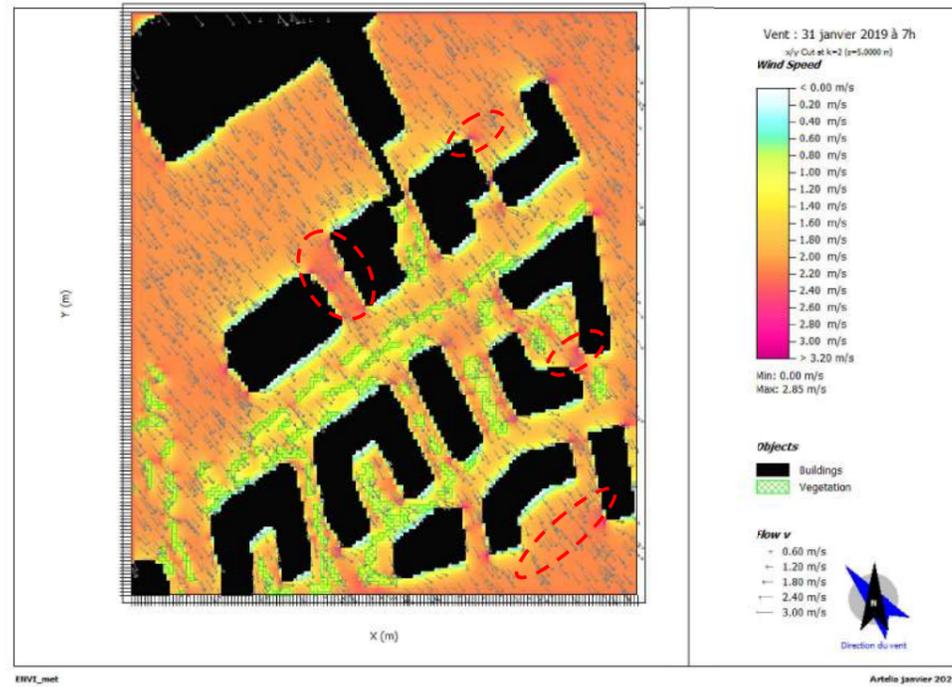


Figure 54 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare à l'est

La carte aéralique indique une circulation du vent dans ce secteur assez forte qui peut générer de l'inconfort pour les usagers dû à l'orientation de la forme urbaine.

Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones localisées où le vent circule de manière plus intense dû à la forme urbaine.

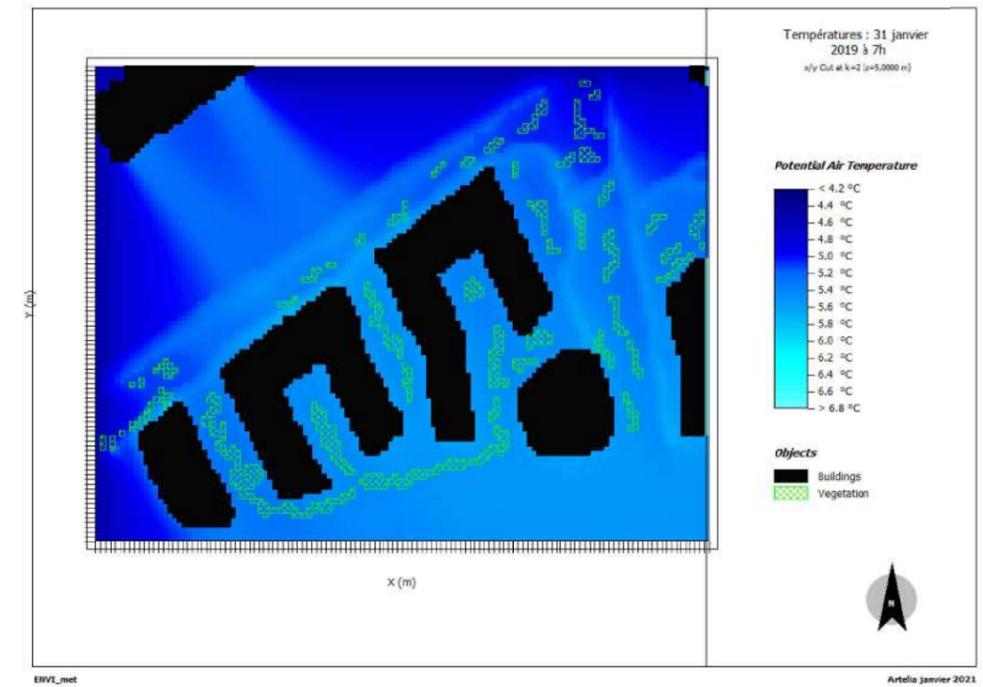
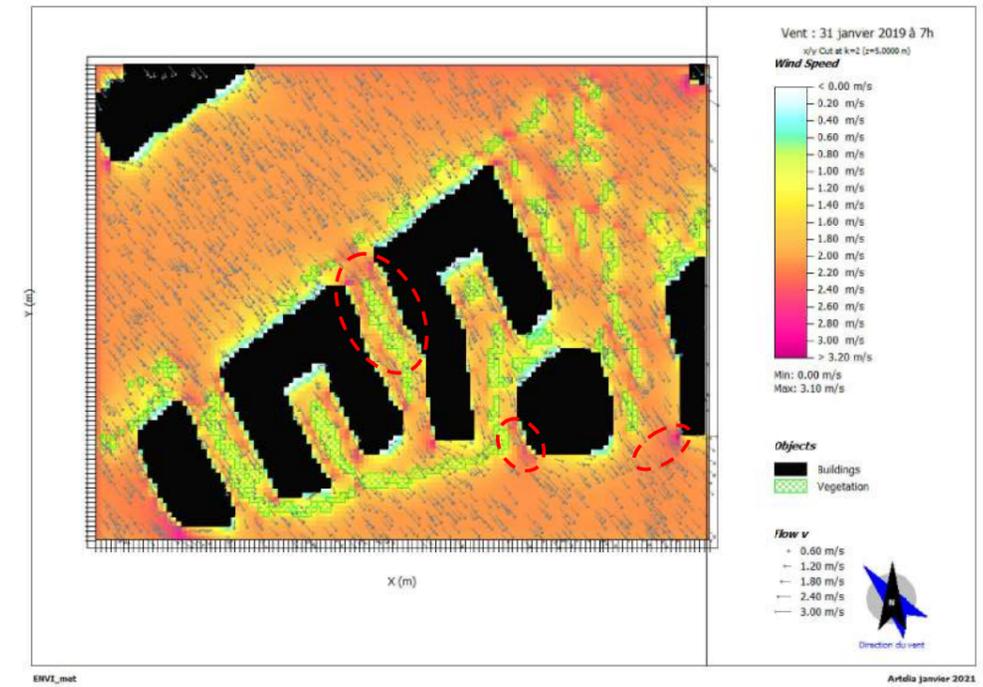


Figure 55 : Secteur 6 comprenant le sud de la Gare à l'ouest

La carte aéralique indique une circulation du vent dans ce secteur assez forte qui peut générer de l'inconfort pour les usagers.

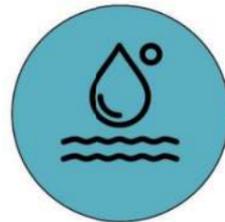
Les espaces indiqués en pointillés rouges mettent en évidence des zones localisées où le vent circule de manière plus intense dû à la forme urbaine.

Synthèse des leviers d'actions à mobiliser pour le secteur



Leviers verts:

- Densité végétal : favoriser l'implantation d'arbres de haut jet le long des cheminements piétons et cyclables afin de garantir un parcours ombragé. Eviter le blocage des vents NNO qui vont s'infiltrer dans le secteur.
- Variétés des strates de végétations : diversifier les strates végétales en cœur d'îlots pour augmenter les apports d'îlots de fraîcheur pour les bâtiments
- Pleine terre : privilégier au maximum la pleine terre et en particulier le long des façades exposées sud



Leviers bleus:

- Gestion des EP : privilégier des noues le long des cheminements et dans les parcs.



Leviers bruns:

- Types de matériaux : privilégier des matériaux à forts albédo pour la rue Bellonte puis des matériaux intermédiaires sur des lieux de pauses qui seront plus ombragés en particulier ceux disposés au sud.
- Formes urbaines (morphologie, densité, orientation, hauteur) : l'épannelage du 4.2 pourrait être optimisé pour apporter une meilleure circulation de l'air, un apport de l'ensoleillement pour les espaces publics en hiver. Cette proposition de forme urbaine apportera une réelle plus-value pour le 3.5 BIS en terme d'ensoleillement. Il conviendra toutefois de traiter les façades orientées sud pour éviter la surchauffe estivale.



Leviers rouges:

- L'intensité d'usage de la rue Bellonte doit être finement défini pour bénéficier d'ombrage par le végétal tout en obtenant un rafraîchissement aéraulique nocturne.
- Activités et programmation urbaine : différencier les matériaux pour la circulation et le passage des matériaux (albédo fort) pour les espaces de repos ou de jeux (albédo intermédiaire)

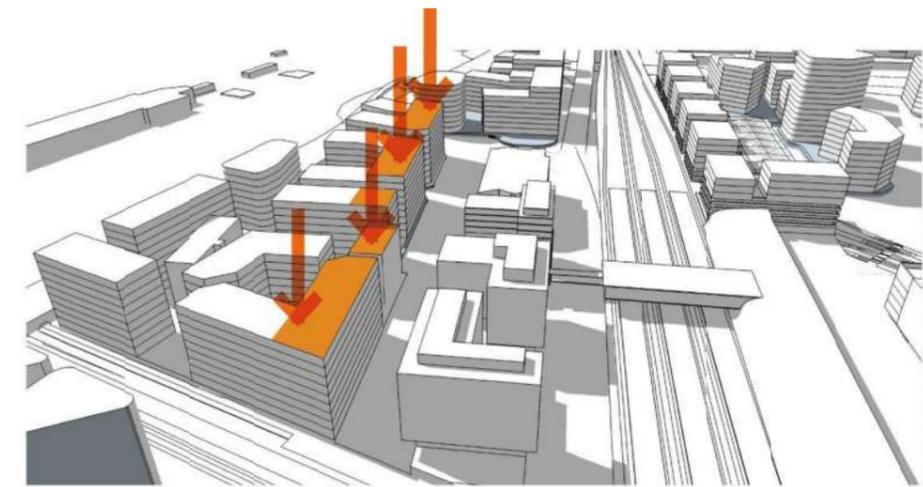


Figure 56 : Vue du secteur Sud gare et l'optimisation de l'épannelage

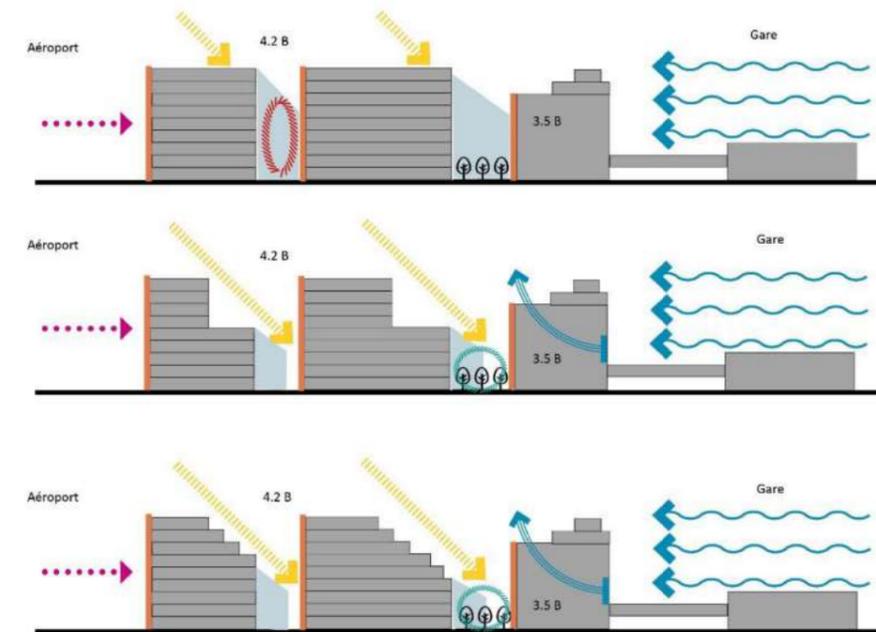


Figure 57 : Coupe de principe de l'approche bioclimatique du secteur sud gare

Simulation du plan guide pour l'exposition au soleil

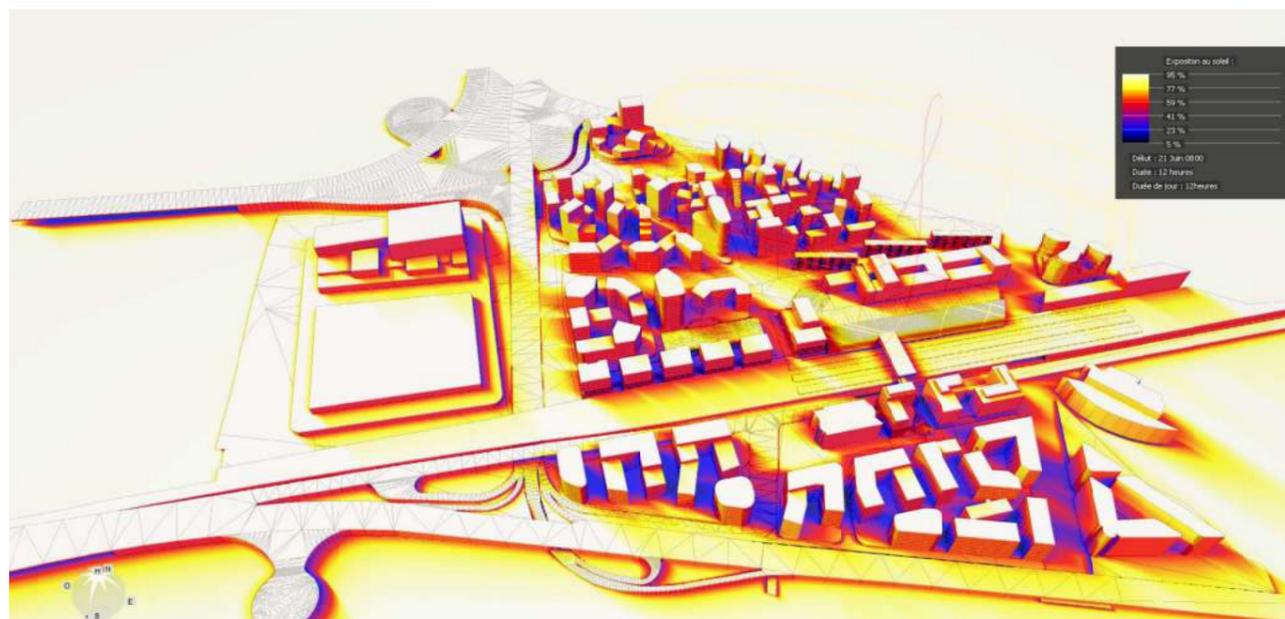


Figure 58 : Simulation exposition au soleil (21 juin pendant 12h)

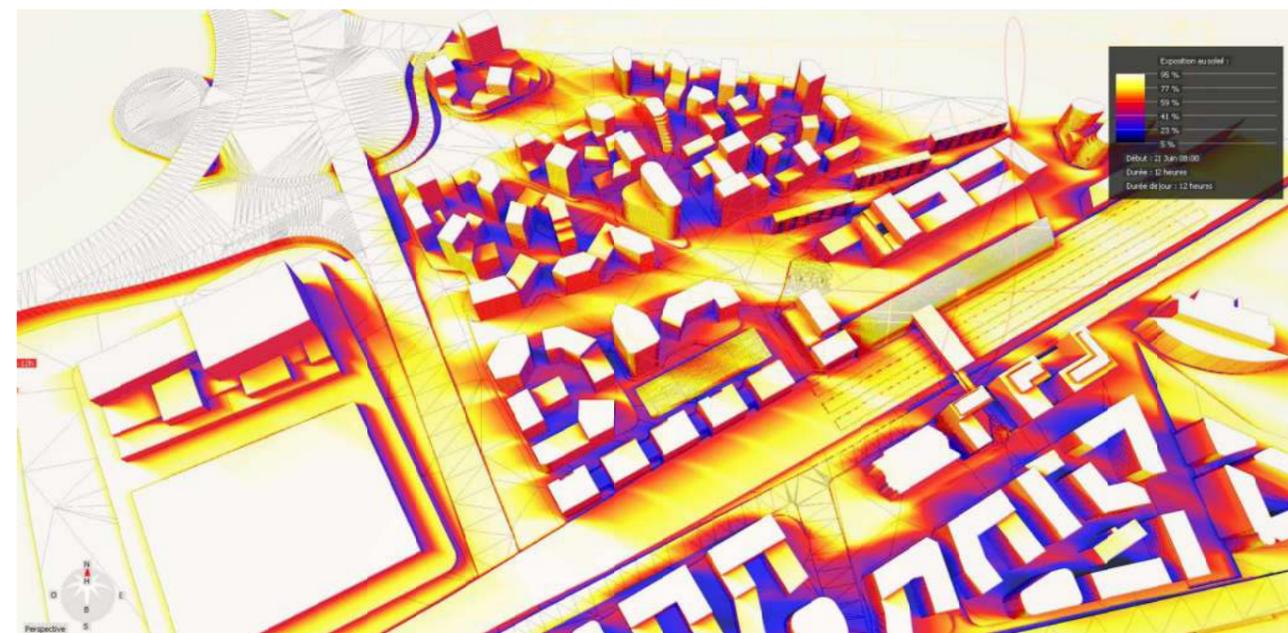


Figure 59 : Simulation température et vent (21 juin pendant 12h)

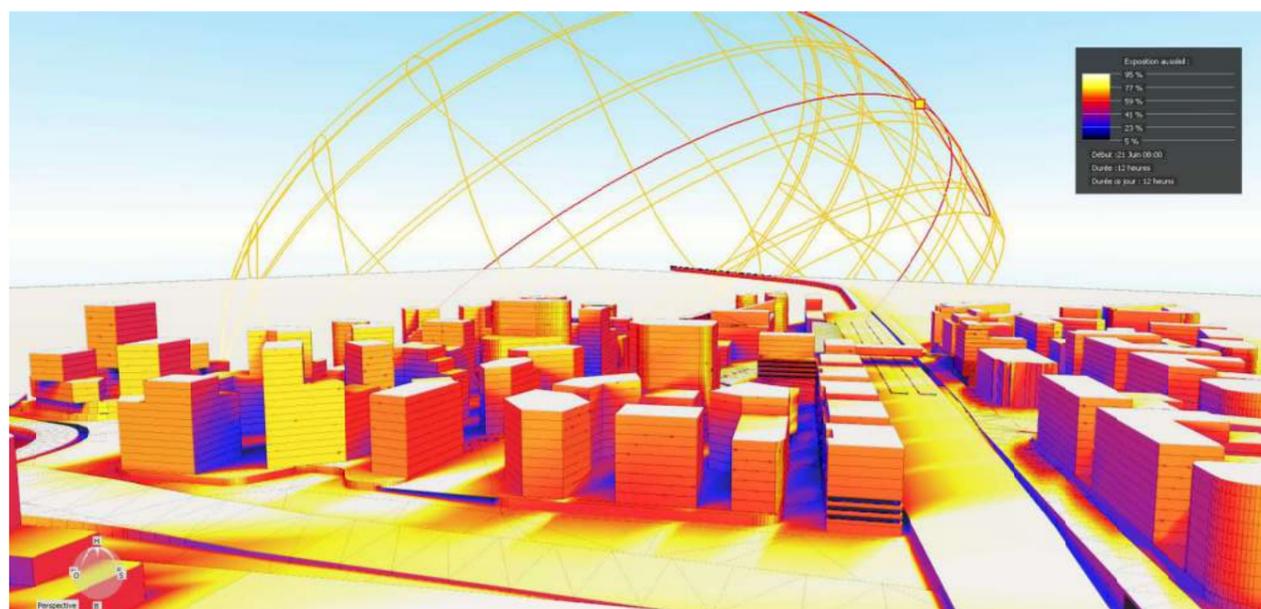


Figure 60 : Simulation température et vent (17 août à 13h)

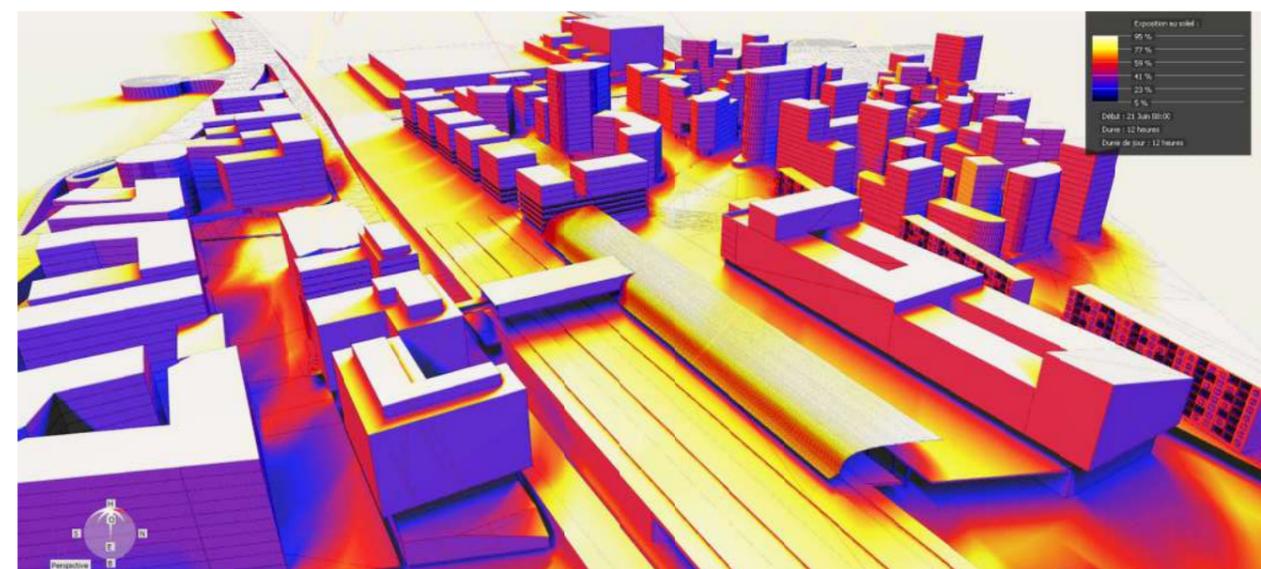


Figure 61 : Simulation température et vent (21 juin pendant 12h)

Simulation du plan guide pour l'exposition au ciel

